

ÁLTALÁNOS GEOLÓGIA

ÍRTA: DR. SCHAFFER X. FERENC
EGYETEMI TANÁR,
A BÉCSI UDV. TERMÉSZETRAJZI MÚZEUM
GEOLÓGIAI-PALEONTOLÓGIAI
OSZTÁLYÁNAK VEZETŐJE.

FORDÍTOTTA:
PAPPNÉ DR. BALOGH MARGIT.
AZ EREDETIVEL ÖSSZEHASONLÍTOTTA,
KIEGÉSZÍTETTE ÉS FÜGGELÉKKEL ELLÁTTA:
DR. PAPP KÁROLY,
TUDOMÁNY-EGYETEMI TANÁR.

500 SZÖVEGKÖZTI KÉPPEL

BUDAPEST, 1919.
KIADJA A MAGYAR TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

TARTALOM

ELŐSZÓ

A SZERZŐ ELŐSZAVA A MAGYAR KIADÁSHOZ.

MI A FÖLDTAN?

I. A FÖLD ÉS ERŐFORRÁSAI.

- A Föld keletkezése.
- A Föld alakja, nagysága és felülete.
- A Föld sűrűsége.
- A Föld melege.
- A Föld belseje.
- A Föld erőforrásai.
- A Föld mágnesessége.
- Radioaktív folyamatok.
- Meteoritek.

II. A FÖLD BELSŐ ERŐINEK MŰKÖDÉSE.

- A) A vulkáni jelenségek.
- B) A földkéreg zavargásai.
- C) Földrengések.

III. A FÖLD FELSZÍNI ERŐINEK MŰKÖDÉSE.

- Az exogén erők hatása.
- A) Az elmállás.
- B) A letarolás.
- C) Az üledékes kőzetek képződése.
- D) A megkövesedés (fossilizáció) folyamata.

IV. A BELSŐ (ENDOGEN) ERŐK ÖSSZAHATÁSA A FÖLD FELSZÍNÉNEK ARCZULATÁN.

- A hegyképződést magyarázó elméletek.
- A földrengések eloszlása a Föld felszínén.
- A múlt és a jelen vulkánossága.

FÜGGELÉK.

- I. fejezet. A földmelegségi mélységi fokozat (geotermikus grádiens) Magyarországon.
- II. fejezet. A Szent Anna-tó vulkáni krátere.
- III. fejezet. A torjai Bűdös-hegy posztvulkános jelenségei
- IV. fejezet. Hazánk nagyobb földrengései.
- V. fejezet. Magyarország artézi kútjai.
- VI. fejezet. A magyar birodalom ásványos vizei.
- VII. fejezet. Magyarország ércztelepei.
- VIII. fejezet. Hazánk ásványszéntelepei.
- IX. fejezet. A földgáz jövője hazánkban.
- X. fejezet. Gipsz- és sóbányáink.

MESTERSZAVAK JEGYZÉKE.

ELŐSZÓ

Az általános földtan az utóbbi évtizedekben hatalmas fejlődésnek indult. Elméleti részében a geográfiai, fizikai és kémiai tudományok, alkalmazott részében a technika csodás vívmányai, a bányakutatások és a mélyfúrások egyengették nagyarányú előrehaladása útját. A világháború sem bénította meg a földtani vizsgálódást s a rettenetes és mindent lenyűgöző világégés közepette a geológiának főképpen gyakorlati ága lendült fel. A hadviselő államok egymással versenyre kelve iparkodtak hegységeik kincseit felkutatni s különösen a kőszén, vasércz, aluminium és egyéb hasznos fémek geológiai kutatására vonatkozó vizsgálatok jelentenek e téren nagy haladást. Mindezek a kutatások, bár a geológiának csak egyes ágait fejlesztették, természetesen nagy hatással voltak az általános geológiai ismeretekre is.

A magyar geológiai irodalom az utóbbi időkben vaskos monográfiákkal gyarapodott, melyek hazánk egyes vidékeinek földtani szerkezetéről és hasznosítható anyagainakról szólnak. Ezek az értékes munkák, valamint földtani folyóirataink becses tudományos anyagot tartalmaznak, azonban nem alkalmasak arra, hogy a Földről szóló tudomány alapvető ismereteibe vezessék be azt, aki a Föld keletkezéséről, anyagáról, változásáról és fejlődéséről összefoglaló képet akar kapni. Ez utóbbi célt szolgálták hosszú ideig SZABÓ JÓZSEF, *Geológia* (Budapest, 1883), PAPP KÁROLY - TREITZ PÉTER, *A Föld* (Műveltség Könyvtára, Budapest, 1906) és BÖCKH HUGÓ, *Geológia* (Selmeczbánya, 1909, 2 kötet) című könyvei, melyek közül a legelső már teljesen elavult, az utóbbi kettő pedig elfogyott. Ugyancsak teljesen eltűnt a könyvpiacon WALTHER J., *A Föld és az élet története* (Budapest, 1911) című kiadványunk, mely nagy vonásokban és mesteri összefoglalásban tárta az okolni vágyók elé a Földnek és a földi életnek izgatón érdekes múltját és fejlődését.

Ilyen körülmények között Társulatunk Választmánya szükségesnek ítélte, hogy oly általános irányú földtani művet juttasson a magyar közönség kezébe, mely közérthető összefoglalásban nemes egyszerűséggel ismerteti a bolygónkra vonatkozó általános geológiai ismereteket. Választása SCHAFFER X. F. bécsi egyetemi tanárnak »Általános geológiá«-jára esett, mely megítélése szerint leginkább alkalmas arra, hogy tartalma népszerűvé váljék.

Kérésünkre SCHAFFER tanár úr nemcsak örömmel adta meg az engedélyt a mű kiadására, hanem a német szöveget számunkra tetemesen kibővítette úgy, hogy a magyar fordítás tulajdonképpen e mű második, javított kiadása. Értékét nagyban fokozzák a revizornak: DR. PAPP KÁROLY egyetemi tanár úrnak nagybecsű pótlásai, melyeknek során többek között a tektonika alaptanaiban (131. lap) a bányásziránytűk, geológus-kompassok használatát, a karsztvizek fejezetében hegységeink karsztos jelenségeit (337. lap), továbbá a Nagy Magyar Alföld hajdani pusztáit (435. lap), a németországi és keletgalicziai kálisótelepeket (449-452. lap), azonkívül a 484. lapon a szicíliai kéntelepek eredetét, saját kutatásai alapján, eredeti szelvényekkel értelmezi és magyarázza. A Függelék tíz fejezetében húsz képpel illusztrálva magyarországi példákkal világosítja meg mindazt, amit a szerző főképpen osztrák és német példákkal világított meg, ezért a Függelék hasznos útmutatásokkal szolgál az elméleti és az alkalmazott geológiával foglalkozó szakembereknek is.

Miként az eredeti német munkának finomságait ADAMETZ LOTTI kisasszony nagy mértékben elősegítette, úgy a magyar fordítást is női kéz végezte. A mű fordításának nehéz munkájára PAPPNÉ DR. BALOGH MARGIT úrasszonyt sikerült megnyernünk, a ki mint LÓCZY LAJOS és KÖVESLIGETHY RADÓ tanítványa az általános geológia és fizikai földrajz terén észak-szaharai kutatásaival szerzett érdemeket. Gondos és szakavatott munkájával nagy hálaára kötelezte Társulatunkat.

Azzal a reménnyel bocsátjuk ezt a nehéz időkből készült művet útjára, hogy kedvező fogadtatásra talál.

Budapest, 1919. augusztus havában.

Dr. Gorka Sándor,
titkár.

A SZERZŐ ELŐSZAVA A MAGYAR KIADÁSHOZ.

A Magyar Természettudományi Társulatnak az az elhatározása, hogy *Általános geológia* cz. könyvemet magyar nyelven kiadja, több oknál fogva az élénk öröm és elégtétel érzését ébresztette fel bennem. Mindenekelőtt nagyra becsülöm azt a megtisztelő elismerést, a melyben Magyarország vezető természettudományi társulata munkámat részesítette, éppen az a társulat, a mely a hazai tudományok terén oly hosszú időn keresztül folytatott sikeres működésre tekinthet vissza és szabad választásával azokat a szempontokat méltányolta, a melyek engem művem megfogalmazása alkalmával vezettek. Ide tartozik az anyag elrendezésének sorrendje, a melyet úgy választottam meg, hogy elkerüljem az ismétléseket s mindig a már ismertekre építsek, továbbá olyan fejezetek beható tárgyalása, a melyek sem az előadókteremben, sem a kirándulások alkalmával nem vehetők eléggé tekintetbe, mint pl. a földrengés, a vulkánizmus, a meteoritek stb. Az így biztosított szabatos előadás a könyvnek talán szintén egyik sajátos előnye. Kíváncsnak találtam, hogy a fordítást kisebb változtatásokkal és kiegészítésekkel pótoljam.

Úgy hiszem, hogy munkám nemcsak a hivatásos geológusoknak és a geológiával foglalkozó főiskolai hallgatóknak, hanem a természettudományok minden barátjának ösztönzésül fog szolgálni arra, hogy a geológia egyes fejezeteibe mélyebbre hatoljanak, s ezáltal Földünk múltjának még számos rejtett és titkos, kérdését felderíteni segítsenek.

Kelt Bécsben, 1918. februárius havában.

Schaffer X. Ferencz.

MI A FÖLDTAN?

A földtan a természettudományok legfiatalabb ága. Száz esztendőnél alig több idő telt el azóta, hogy a műkedvelésből komoly tudomány lett és hogy a ritkaságok s furcsaságok gyűjteménye rendszeres múzeummá fejlődött. Alig százharmincz évvel ezelőtt hirdette a freibergi bányászati akadémián WERNER GOTTLÖB ÁBRAHÁM a »geognózia«¹ alapvonalait. DE LUC ugyan már előbb »geológiá«-nak nevezte az új tudományt, de ez az elnevezés csak később vált általánossá. A fiatal tudomány azonban rövid idő múlva messze szétágazó szaktudománnyá fejlődött, a melynek a közre is nagy jelentősége van, mert minden más tudománynál mélyebben hat a modern államok életműködésére, különösen a hidrográfia, a közegészségtan, a bányászat, a földművelés és a mérnöki tudományok terén.

Nagyon meglepő, de talán mégis természetes, hogy az összes természettudományok között éppen a geológia fejlődött ki legutoljára és példátlan diadalmenetben előrehaladva, csakhamar a természettudományok koronája lett.

Az emberiség legrégibb idejében foglalkoztatta már az elméket a csillagászat, a fizika és a chemia s mindezek egyes alaptanaikban már igen korán exakt tudományokká alakultak ki s a zoológiát, a botanikát és a mineralógiát is mint tudományokat tanították már, de e módszer dolgában különböző két tudománycsoport között áthidalhatatlan maradt az ellentét kutatásaik alapvonásában, a mely az egyiknél számításokra és kísérletekre, a másiknál megfigyelésekre támaszkodik. Az említett két csoportot föld fölötti és földi természettudományoknak nevezhetnők. A csillagászat, a fizika és a chemia a maguk törvényeivel a Földtől függetlenek, működésük köre a nagy mindenség, függetlenül attól a kis bolygótól, mely számunkra a világot jelenti s a melyről azt is mondhatnók, hogy nem más, mint a Földön kívül rejtőző természeti törvényeknek egyik véletlen alkotása. A chemiai folyamatok, a fizikai erőnyilvánulások, a csillagászati törvények függetlenek a Föld porszemecskéjétől, a melyet ők maguk alkottak, a saját helyére állítottak s meghatározták szerepét a világegyetem életében.

A végtelenségből a térbeli korlátokhoz vezet, a világűrből a Földre hoz bennünket a geológia, s ezáltal a földtan a világmindenségnek előbb említett tudományaihoz kapcsolódik. Megismerteti velünk bolygónknak mint égi testnek s mint a mi világunknak történetét és jelenlegi állapotát. A mit a Föld létrehoz, ami rajta nő, tenyészik és él, mindez a földi természettudományok körébe tartozik, a melyek valamennyien szorosan összefüggnek a geológiával, amennyiben a szerves élet - s ehhez számíthatnók úgyszólván a kristályegyéneket is - és a földkéreg alkotása között a kölcsönös vonatkozások a lehető legbensőbbek. A geológia adja meg e tudományszakok működési körét; ez az igazi alap, a melyre azok támaszkodnak.

Miként a Földön kívüli természeti törvények az emberi tudás számára magában a Földben testesülnek meg s így a geológia mindezeknek tanulságait adott esetre vonatkoztatja, éppen így viszont a geológia a leíró természettudományoknak az alapja. Összekapcsolja a két természettudomány-csoportot, amennyiben mindkettőt támogatja, de egyúttal mindkét csoportra támaszkodik is. Természettudományunk büszke épületének a geológia az alapfala és a tetőzete. A többi tudományokhoz is különféle szálakkal kapcsolódik, azokat segíti, munkájukat irányítja. Az asztronómia és az asztrofizika arra tanít, hogy milyen a Föld helyzete a világegyetemben, fölvilágosít bennünket arról, hogy milyen volt a Földnek mint önálló égitestnek első fejlődése s melyek azok a földön kívüli hatások, melyeknek alá van vetve,

¹ Megjegyzés. A legfontosabb idegen nyelvű szakkifejezéseket a Függelék magyarázza.

összehasonlítva a világegyetem: a kozmosz többi tagjaival (*kozmosz, összehasonlító geológia*)². A fizika és chemia kimutatják azokat az erőket, a melyekkel a Föld rendelkezik (*dinamikai geológia*) és lehetővé teszik, hogy hatásukat kísérletekkel megfigyelhessük (*kísérleti geológia*). Ezenek alapul a földkéreg szerkezetének ismerete, a geotektonika köre és a térfelszíni formák eredetének magyarázata (*geomorfológia v. geomorfogénia*), a mely a földrajzi kutatások egyik fontos alapja. A mineralógia a *petrografiát*, vagyis a *kőzetek leírását* állította a geológia szolgálatába. A zoológia, a botanika és a biológia *paleontológiai és származástani részükkel (phylogénia)* ugyancsak értékesen támogatják a geológiát. Az üledékes kőzetek képződményeinek kutatásán alapul a *sztratigrafia*, vagyis a kőzetrétegekről szóló tudomány, különös tekintettel a bennük előforduló kövesült maradványokra. Ezen alapszik viszont a *történeti geológia, a Földnek és a szerves világnak a története*, a mely a geológiai kutatások végcélja. Végül fiatal sarjai: a *paleogeografia és a paleoklimatológia* támogatásával a mai természeti erők vizsgálatából kiindulva, a geológia körültekintően visszapillant a szürke multba. A geológia tehát a legtágabb értelemben véve a szilárd Föld kialakulásának a tudománya.

Miként a geológiához kapcsolódó szaktudományok, azonképpen a geológiát támogató kutató módszerek is különbözők. A geológiának az adott tényeket és törvényeket kell megmagyaráznia és a megfigyelések tömkelegéből kell a törvényeket levezetnie, ezért az induktív és deduktív módszert egyaránt fel kell használnia. Egyrészt a kísérletekből kell felvilágosítást keresnie, másrészt a gondolat útján kell haladnia, következtetnie és merész vonásokkal föltevéseken nyugvó hidakat kell építenie ott, a hol a talaj a lábai alatt még nem olyan szilárd falazat, a mely a biztos következtetéseket megbírná, mindamellett mindig a természetet kell megfigyelnie, mert a megfigyelés a geológus egyetlen tanítómestere s ez szolgál mindig a legjobb módszerekkel. A természet maga óriási laboratórium, a melyben valóban korlátolt rövid időtartam alatt csaknem az összes folyamatokat megfigyelhetjük, a melyek a nyílt kérdések értelmét megvilágítják. A mérhetetlen hosszú időszakokon át működő összes erők hatásának végeredményét látjuk abban a képben, a melyet ma a Föld felszíne tár elénk s a melynek megértése érdekében fáradozunk. Az *ontológiai* módszernek jut az a feladat, hogy a jelenkor folyamatai alapján értelmezzük a mult idők nyomait.

Mindazok a jelenségek, a melyek vala mikor a Földön előfordultak, ma is folyamatban vannak, persze erejükben gyakran megváltozva; ugyanazok az erők működnek ma is, a melyek egykor s csupán egy tényezővel kell számolnunk, a mely fogalmaink fölött áll s ez a mérhetetlen *hosszú idő*, melynek hatását egyre többre becsülik. Az ismeretek haladásával kapcsolatosan a különböző folyamatokat egyre nagyobb időközökkel iparkodnak magyarázni s ezek a folytonosan nagyobbodó időmértékek mindinkább az örökkévalósághoz közelednek, a melyhez nincsen mértékünk.

² Fizikai geológiának (*geofizika*) nevezzük a Föld természetének alapvonalairól szóló tudományt, a melyet a matematika és a fizika támogat. Ez a tudomány Földünk nagyságáról, alakjáról, sűrűségéről, hőmérsékletéről, a víz és a levegő tulajdonságairól, a felszíni formák alaptanairól stb. szól.

I. A FÖLD ÉS ERŐFORRÁSAI.

A Föld keletkezése.

A Föld története a KANT-LAPLACE-féle elmélet szerint azzal az időponttal kezdődik, amikor Naprendszerünk központi világ-anyagából egy rész levált. Naprendszerünk e folyamat előtt még spirális ködszerű állapotban volt. A levált új bolygó először is - mint formátlan anyag - számos hasonló képződmény, vagyis a többi bolygó őstörzsei között önálló helyzetet foglalt el. Folytonos összegomolyodás és sűrűsödés által fejlődött tovább a bolygónkat alkotó gömb, amely eredetileg sokkal nagyobb méretű volt, mint ma. Ekkor még tündöklő csillag volt és folytonos lehűlés közben fehér, sárga és vörös színű fénykévéit a világűrbe sugározta. Izzó gáztömegének ekkor jóval nagyobb volt a tengelyforgási sebessége, vagyis a földi nap akkor csak néhány óra hosszát tartott, a Föld alakja pedig a mainál sokkal erősebben lelapult forgási ellipszoid volt. Ebben az *asztrális* korszakban a Földről egy egyenlítőjáki gyűrű vált le, amely eleinte - hasonlóan a Saturnus gyűrűjéhez - a Föld körül keringett, későbbben a mi Holdunkká gomolyodott össze. A Hold Földünknek későbbben izzó-folyós tömegében rendkívül erős árapályt idézett elő, ezáltal árapályfékezést okozott, amely a forgási időt meghosszabbította. Ezáltal jobban kikerekedett a lapultság, a Föld alakja mindjobban közeledett a gömbidomhoz s ezzel egyidejűleg a folytonos kihűlés következtében összeránczosodott, összehúzódott s így térfogatából veszített.

Csillagkorában a Földnek hőmérséklete hosszú időszakon keresztül 7000° -on felül lehetett. Hőfoka azonban a hideg világűrben rohamosan csökkent s a hőmérséklet megcsappanása gyakran olyan kitörések (protuberanciák) kíséretében történt, mint amilyeneket ma a Napon észlelhetünk. Mindez olyan lehűlést eredményezett, hogy az eredetileg szétválasztott, disszociálódott gáznemű elemek vegyületekké egyesülhettek és folyékony s végre szilárd halmazállapotba kerülhettek. Áramlások keletkeztek, mert a kihűlő tömegek fajsúlyuk szerint igyekeztek elhelyezkedni. Akkoriban még csak az izzó-folyós magma volt meg: a *piroszféra* és a *fotoszféra*, amely izzó gázokból állott s ezek burkolták be a Föld testét. Azok a kőzetek, amelyek ma a Föld kérgét alkotják, ebben a 2000° -on felüli hőségben még nem tudtak megalakulni. Azokat az ásványtömegeket, amelyek Földünk kérgének jelentékeny részét alkotják, *kőzeteknek* nevezzük, tekintet nélkül arra, hogy vajon valóban szilárd kőből, vagy csak puha agyagból, avagy laza homokból állanak.

Végre a hőmérséklet a kőzetalkotó ásványok olvadáspontja alá szállott, mire megmerevedett rögök keletkeztek, amelyek eleinte többször beolvadtak, fölemészthetők, míg végre átmene-tileg szilárd földkéreg (*litoszféra*) alakult, amely természetesen még nem volt elég erős ahhoz, hogy ellentálljon a belső gázok nyomásának. Óriási izzón-folyós tömegek (*magma*) törték át s árasztották el felszínét és megmerevedve vastagították a *pánczéltakarót*, amely lassanként mai vastagságára nőtt. Azonban még mindig számos összekötő-csatorna állott fenn a piroszféra és a felszín között, amelyeken keresztül izzón-folyó tömegek nyomultak be a pánczéltakaróba és elszigetelt, periferikus tűzhelyekké alakultak, vagy pedig a felszínre törve, valamely megmerevedett kéregrészt alatt alkottak ilyeneket (1-3. kép) Ezek közül a csatornák közül úgy látszik egyik-másik hosszú időn keresztül összeköttetésben volt a Föld belsejével s valószínűleg még a jelenkorban is van néhány csatorna, amely a periferikus tűzhelyeket táplálja. Legnagyobb részben azonban már elszakadtak a központi magmatűzhelytől. A hőcsökkenés következtében alakult ki a szilárd földkéreg és a litoszférán keresztül a hőcsökkenés tovább haladt. A kihűlés folyamata a belső erőknek hatására annyira csökkentette, hogy a vulkáni tünteményeknek csak csekély töredéke maradt fenn. Ezek a

tűnemények azonban lehetővé teszik, hogy némi képet alkossunk magunknak azokról az összehasonlíthatatlanul borzalmasabb tűneményekről, a melyek akkoriban a Föld felületén végbementek.

Az első földkéreg kialakulásával, a melyből egy darab sem maradt meg eredeti mivoltában, bolygónk csillagkori (*asztrális*) állapotából, a melynek kutatása az asztrofizika és a kozmikus geológia körébe tartozik, a *planetáris* állapotba került. Ezzel megindul Földünknek a saját, tulajdonképpeni története, a melynek megismeréséhez a szükséges alapok előttünk vannak. Itt kezdődik a geológia munkája, a mely nem elmélkedésekkel, hanem kézzelfogható bizonyítékokkal dolgozik.

[001-003.JPG]

- 1-3. kép. A szilárd földkéreg képződése (STÜBEL A. szerint.) 1. Az első megmerevedési rögök képződése a piroshféra határán; protuberanciák a fotoszférában. 2. A megmerevedés előre haladása; csatornák közvetítik a nagy magmatömegek kifolyását s areális erupciók és periferikus tűzhelyek keletkeznek a páncéltakaróban. 3. A mai állapot. A periferikus tűzhelyek, a melyek részben a Föld belsejével vannak összeköttetésben, a kitörések székhelyei.

A litoshféra a Föld belsejének azokat az izzón-folyós és gázalakú tömegeit, a melyek csak időnként törnek elő a felszínre (*az eruptozék*), mint amilyenek a magma, vulkáni gőzök, stb., elválasztja azoktól a vizektől és gázoktól, a melyek részint a Föld felületén, részint pedig a felszíni közetrétegekben vannak elterjedve (*a vadozék*).

Miután a korábbi heves áramlások megbénultak, a mozgékony piroshféra elkülönülése a nehézségi erők hatása alatt gyorsabban ment végbe. A specifikusan nehezebb elemek a Föld középpontja körül gyűltek össze és ily módon a súlyos központi mag: a *barishféra* keletkezett. E körül helyezkedik el a szorosabb értelemben vett *piroshféra*, a melyet ismét a *litoshféra* zár körül.

A korábbi fotoszféra a maga gázaival és gőzeivel a földkéreg keletkezése után gyorsan lehűlt. Egyúttal tömegében meg is nagyobbodott, mert a Föld belsejéből gázkitörések gyarapították. A fotoszféra eredetileg legalább 200 légköri nyomás alatt állott, a mely egyenlő azzal a gáznyomással, a melyet ma a Föld felületén felgyülemlett vizek és a különféle módon kötött gázok gőzállapotukban akkor kifejthettek. E nyomás alatt az akkori őslégkörből csak akkor csapódhatott le a víz, a mikor a hőmérséklet körülbelül 365°C alá süllyedt (kritikus hőmérséklet). A süllyedő nyomás és a folytonos sűrűsödés következtében akkoriban keletkezett egyre növekedő, sőt katasztrofális súlylyal a vízburok, a *hidroszféra*, a mely világtengert alkotott és a litoshférának legnagyobb részét, sőt talán időnként az egészet is elborította. A lehűlés tovább is tartott és megszabadulva a lecsapódott gőzöktől és gázoktól, megalakult a légkör, az *atmoszféra*. Ettől az időtől fogva megszűnt a levegő, a víztömegek és a szilárd Föld felszíni rétegeinek saját hőmérséklete s a világűr hőmérsékletét kellett volna felvenniök, ha a Nap hősugarainak elnyelése következtében az éghajlati övek szerint különböző hőmérsékletet nem vettek volna fel.

Földünk fejlődéséből önként következik, hogy bolygónkon nem lehetett élet mindaddig, míg a magasabb hőmérséklet a szerves vegyületek keletkezését lehetetlenné tette. Ez már csak akkor vált lehetségessé, a mikor a hőmérséklet 100°C alá süllyedt. Az élet megszületésének mikéntje természetesen mindig foglalkoztatta az emberi elmét, a felelettel azonban a természet mindig adós marad.

Az élet birodalma, a *bioszféra*, tágas burok, a mely a litoszférát körülveszi és úgyszólván az egész földfelületet, szárazföldet, tengert és a légkör mélyebb rétegeit magában foglalja. Mindenüvé kiterjed, a hol megvannak a szerves életnek legszükségesebb létfeltételei, a hol a hőmérséklet nem süllyed tartósan a 0°C alá és nem emelkedik 100°C fölé, s a hol víz van. Itt mehetnek végbe a növényi szervezetek legegyszerűbb vegyi folyamatai s az élet diadalmasan, sokféle alakban, mélyen nyúlik bele a halál birodalmába, amellyel a szerves világban találkozunk. És ezzel kezdődik az a csodálatos fejlődési folyamat, a mely anyaföldünket szemünkben a csillagok milliói között kivételessé és hiú felfuvalkodásunk szerint az ész megszületésére méltóvá teszi. A szerves élet megjelenésével kezdődik a Föld geológiai *történelmi korszaka*. Ennek eredményeit azon mérték szerint állapíthatjuk meg, a melyet az állat- és növényvilág fejlődése nyújt. Előtte van a geológiai *történelemelőtti korszak*, a melyben nyomon követhetjük a Föld előbbi képződését, ez azonban az időmértékre vonatkozólag még nem ad biztos támaszpontot. A történelemelőtti korszak végül a geológiai *őstörténelem* homályában mosódik el, melynek időmértékéről még a mérész becslés sem adhat pontos felvilágosítást.

A Föld alakja, nagysága és felülete.

Az összehasonlító vagy kozmikus geológia a Földön kívüli égitesteken tett tapasztalatok analógiája alapján valószínű föltevésekkel szolgál bolygónk ifjú koráról s elárulja az elemek megegyezését az egész világűrben, a meddig a színképelemzés fekete elnyelési vonalat mutat. Azokat az ismereteket, a melyek a Földről, mint a világegyetem egyik egyedéről szólnak, a matematika és a fizika azon ágának köszönhetjük, mely *geofizika* néven a földtan szolgálatában áll.

Már PYTHAGORAS felismerte a Föld gömbalakját, MAGELHAES pedig bebizonyította azt első világgörülű útjával. A másodpercz-inga hosszának növekedése az egyenlítőtől a sarkok felé, azután a délkörön végzett fokmérések és a többféle kisebb eltérés az erre vonatkozólag előre kiszámított értékektől: mind azt bizonyítják, hogy Földünk belapult sarkaival forgási ellipszoidhoz hasonló test, úgynevezett *geoid*, melynek alakját nem tudjuk egyszerű matematikai kifejezéssel meghatározni, mivel a Föld alakja a belsejében levő tömegek elosztásától is függ s ebben úgy látszik nincs törvényszerűség. Céljainkhoz elég annyi is, hogy Földünk félátmérője az egyenlítőn CLARKE szerint 6378.2 km, sarki félátmérője pedig 6356.5 km, s így a lapultság értéke $1/293$. Ez az utóbbi érték azonban túlságosan nagynak látszik s ha a sarki félátmérő részére valamivel többet számítunk, akkor $1/298$ -at tesz ki. A geoid-felületnek eltérése a forgási ellipszoidtól a szárazföldön alig 50, az Óceánon pedig 150 méter, s e két érték - összehasonlítva a Föld nagyságát a domborzatával, - csak csekélység.

[004.JPG]

4. kép. A Föld felszínének hipszografikus görbéje (KRÜMMEL O. szerint). A szárazföld magasságának, felszínének és tömegének viszonya a világtenger mélységéhez, felszínéhez és tömegéhez.

A Föld felülete 510 millió négyzetkilométer s ebből kereken 149 millió négyszögkilométer (29 %) a szárazföld (4. kép). A szárazföld kiemelkedéseire és az óceánok mélységeire vonatkozó mértéket *abszolút magasságnak és mélységnek (tengerszínfeletti magasságnak vagy tengerszínalatti mélységnek)* nevezzük, ha az értéküket a tenger tükrére mint nullapontra vonatkoztatjuk. *Viszonylagos magasságon* értjük valamely pontnak egy önkényesen felvett szintről való kiemelkedését. A legnagyobb abszolút magasság a Mount Everest (Gaurisankar)

a Himalayában 8840 m, s az Óceánnak legnagyobb megmért mélysége a »Planet-mélység«, Mindanao szigettől északkeletre 9788 m. Ezek a 18 km-t meghaladó magasságkülönbségek a Föld felületén, összehasonlítva a horizontális méretekkel és a Föld átmérőjével, csak alig észrevehető ránczok, a melyek egy olyan gömbön, melynek félátmérője 1 m *hosszú*, körülbelül csak 3 mm-es kiemelkedések volnának. Tehát a nekünk annyira jelentékenynek látszó magas hegységek szinte elenyésznek a Föld tömegében. Ezt a körülményt föltétlenül figyelembe kell vennünk akkor, a midőn a Föld háztartásában a hegyképződés folyamatainak jelentőségét mérlegeljük.

A szárazföld közepes magassága körülbelül 825 m; ez azt jelenti, hogy a szárazföld tömege egész kiterjedésében egyenlően elosztva, több mint 800 m magasságban állna ki a tengerből. Ezzel ellentétben a közepes tengermélység körülbelül 3700 m, tehát négy és félszer akkora. A tengerek együttes űrtartalma mintegy 13-szor nagyobb, mint a tenger szintája fölé kiemelkedő szárazföldé. Az óceáni mélységek 50 %-a 3000 m alatt van s a Föld felületének több mint felét mély tenger borítja.

[005.JPG]

5. kép. A Föld felszínének görbülete, a szárazföldek közepes magassága és a tengerek közepes mélysége a Föld félátmérőjéhez (6378 km=1 m) való természetes viszonyában.

Ha a Föld felületét vízburok nélkül vizsgáljuk, azt látjuk, hogy a szárazföld nem mindjárt a szélein szakad le nagy mélységekbe, hanem laposan folytatódik a tenger színe alatt vagy 200 m mélységig. Itt végződik a *kontinentális tábla* és utána meredek leszakadás következik körülbelül 3000 méter mélységig. Ez a *kontinentális lejtő*, a mely a mélységi régiókba esik le. A mély tengerekben a legnagyobb tengeri mélységek árokszerűleg sülyednek le. A szárazföldeket tehát mintegy röögöknek tekinthetjük, a melyek közepes értékben 4500 m-rel magasabban fekszenek, mint az óceánok kiegyenlített feneké s a tenger tükréből éppen úgy merednek fel, mint az úszó jégrögök a víz felületén. Ha azonban ezeket a nekünk annyira jelentékenynek látszó magasságkülönbségeket a Föld méreteihez hasonlítjuk, azok ismét elenyésző csekélyek és az 1 méteres félátmérőjű glóbuson csak 0.7 mm-es kiemelkedések lennének (5. kép).

A Föld sűrűsége.

Különösen érzékeny mérőmódszerek segítségével már sok kutató meghatározta a Föld fajsúlyát, a melyet jelenleg az igazsághoz legközelebb járva, 5.56 számmal fejezhetünk ki. Azonban azok a leggyakrabban előforduló kőzetek, a melyekhez a Föld kérgében hozzáférkőzhetünk, csak 2.7 közepes sűrűségűek (gránit gnájsz, mészkő, homokkő, agyagpala 2.5-2.8; bazalt, diabáz 3.3), úgy, hogy nagyobb mélységekben olyan tömegeknek kell lenniük, a melyeknek fajsúlya sokkal nagyobb (*bariszféra*). Hosszú időn keresztül tisztán elméleti alapon azt állították, hogy a sűrűség a Föld középpontja felé lassankint növekedik s ott 10-14-et ér el. Későbbben látni fogjuk, hogy különféle tapasztalatok segítségével, mint például a földrengéshullámok folyamatának megfigyelésével, fogalmat alkothatunk magunknak a Föld belsejének mineműségéről.

[006.JPG]

6. kép. A nehézség intenzitásának görbéje a hegység alatt tömeghiánnyal, s a tenger és a síkság alatt tömegfelhalmozódással.

E szerint a Föld körülbelül 1500 km mélységig kovasavas kőzetekből, és pedig a külső burok gránitból és gnájszból van alkotva, a melyeknek főalkotórésze a kovasav és az aluminium. Ez a burok körülbelül 100 km vastag és kőzeteit »*Sal*«-nak (Szilícium + Aluminium kezdőbetűiről) nevezzük. Ez alatt főképpen szilíciumból és magnéziumból (*Sima* = a *Si*+*Ma* kezdőbetűiről) álló kőzetek, mint a bazalt stb. következnek. A Föld magva nehéz ásványokból, különösen nikkelből és vasból (*Nife* = a *Ni*+*Fe* elemek kezdőbetűiből) áll s 2500 km mélységbe nyúló gömbhéjat alkot.

Ingakísérletek segítségével sikerült kimutatni, hogy a Föld kérgében a tömegek nincsenek egyenletesen elosztva. A hegységek alatt tömeghiány mutatkozik, mintha a kőzeteknek egyrésze hiányoznék, föltéve, hogy a sűrűség egyenletes. Síkságok alatt, különösen pedig a tengerek alatt, tömegfölhalmozás mutatkozik, a mely 1000 méternél vastagabb kőzetrétegnek felel meg.

Mindebből az következik, hogy a földkéreg a hegységek alatt tetemesen könnyebb, mint a síkságok alatt és a szárazföldek alatt is könnyebb, mint az óceánok alatt (6. kép). A vulkánok és a vulkáni szigetek alatt a nehézség a rendesnél nagyobb. Ezeket a nehézségi eltéréseket csak azzal magyarázhatjuk meg, hogy a *Sal* nem borítja be tökéletesen a *Sima*-t, hanem szét-szaggatott rögökben telepedtek le a könnyebb tömegek a nehezebbekre, mintegy 4-5 km-nyire kiállva, hasonlóan a vízen úszó jégrögökhöz (7-8. kép). Megterhelés esetében mélyebbre merülnek le ezek a rögök, a kontinensek viszont tehermentesítés esetében, pl. ha letarolás következik be, ismét kiemelkednek. A Föld felületétől 120 km mélységben levő szintájon a nyomás kiegyenlítődnék. A merev »*Sal*«-rögök a magasabb hőmérsékletük miatt plasztikusabb »*Sima*«-rögökön úsznak, ami csakis úgy lehetséges, hogy olvadáspontjuk 200-300°-kal magasabb. A »*Sima*« képlékenységet talán a szurokéhoz hasonlíthatjuk legjobban, s ezzel összhangzásban van az a körülmény, hogy a Föld az árapállyal és a földrengéshullámokkal szemben aczélmerevséget tanúsít, míg a tengelyforgásnak enged s ehhez képest ellapul.

[007.JPG]

7. kép. A kontinentális perem vázlatos keresztmetszete WEGENER A. szerint. Látható a *Sima*-köpenyen úszó kontinens-rög (*Sal*) és ennek kiemelkedése a tenger színe fölé.

Ma még vitás, hogy a Föld felszínének képe nagy vonásokban tanúsított-e valamely állandóságot a Föld története folyamán, továbbá, hogy a nagy óceáni mélységek és a szárazföld talpazatai régebben is hasonlóan voltak-e elosztva, mint ma, vagy pedig a mai viszonyokat csak a későbbi időkben érték el. Van olyan vélemény is, hogy csakis a Csendes-óceán régi depresszió, míg az Atlanti- és az Indiai-óceánok fiatalabb képződmények s az ezeket körülzáró szárazföldeket valamikor »szárazföldi hidak« kötötték össze, a melyek azonban leszakadtak. Ezzel a föltevessel megmagyarázhatjuk az állat- és növényvilág vándorlásait is. Az előbb említett vélemény azonban nem egyeztethető össze a már közölt nehézségi mérésekkel, a melyek azt bizonyítják, hogy az óceánok alatt nagyobb fajsúlyú földkéreg-rögök vannak, mint a szárazföldek alatt, és nem valószínű, hogy ezek a rögök valamikor egy szintájon feküdtek a szárazföldi tömegekkel és csak utólagosan sülyedtek le az egyensúly törvényei szerint. Erre támaszkodik a nagy óceáni mélységek állandóságáról szóló tan.

[008.JPG]

8. kép. A Föld vázlatos keresztmetszete az egyes gömbburkokkal. (SUESS E., WIECHERT E. és WEGENER A. szerint.)

A két, egymással ellenkező nézetet csak WEGENER A. nagyon is könnyen támadható elmélete próbálja kiegyenlíteni. E szerint a »salikus« kéreg valamikor 30 km vastagságban Földünknek egész felületét beborította. Ez azonban szétszakadt, feltüremlett és összegyűrődött, úgy, hogy az alatta fekvő »Sima« előbukkant. A Csendes-óceán és Tethys régi Földközi-tengere jelölnék ennek a medencének a legrégibb beszakadásait és tátongó mélységeit, a melyekre csak később következtek más óceáni mélységek. A »Sal« rögei, a kontinensek, úgy távolodtak el egymástól, mint a szétrepedező jégrogók és továbbszöve a gondolat fonalát, ezt a jelenben Európára, Grönlandra és Észak-Amerikára lehet vonatkoztatni. Ez az elmélet azonban fölöslegessé válik, mihelyt sikerül megállapítani a világóceánok ősi korát: ez pedig azokkal a tényekkel, a melyekre bennünket a történelmi geológia tanít, valóban összhangzásba hozható.

A Föld melege.

A légkörhöz hasonlóan, a felszíni talajrétegeknek sincsen saját hőmérsékletük. A Föld kérgének rétegei bizonyos mélységig valószínűleg felvették volna a világűr dermesztő hidegségét, ha a hősugarak elnyelése következtében a Nap nem melegítené fel őket. Bármily csekély is a kisugárzott napmelegnek Földre jutó része - hiszen csak 1/2250 milliommódra a világűrbe jutó hőnek -, mégis a Föld felszínén levő valamennyi mechanizmusra nézve ez a leglényegesebb erőforrás. A Föld felszínének területességére eső napmeleg-mennyisége - egyébként ugyanazon föltételek mellett - attól a szöglettől függ, a mely alatt a hősugarak a Földre esnek. Ugyancsak ettől függnék az éghajlati övek és az évszakok váltakozásai is, a melyek egyúttal a Föld geológiai folyamataira a legnagyobb hatással vannak. A hőmérsékletnek a nappal és az éjjel, a tél és a nyár váltakozásaiból eredő ingadozásai a Földnek csak a felszíni rétegeiben érezhetők. A mi éghajlatunk alatt már csekély, alig 1-1½ méteres mélységben eltűnnek a napi ingadozások, 20 méternél valamivel nagyobb mélységben pedig az évi ingadozások is, mert ebben a mélységben már a *változatlan rétegre* bukkanunk. A párizsi csillagvizsgáló intézet 27.6 m mély pinczéjében már több mint 100 esztendeje 11.6°C° a hőmérséklet, valamivel több, mint a felszíni évi közép-hőmérséklet. A közömbös réteg ott mélyebben fekszik, ahol nagyobb hőmérsékleti ingadozások vannak, az inkább egyenletes hőmérséklet mellett pedig közelebb fekszik a Föld felszínéhez (az egyenlítői vidékeken körülbelül 6 méternyire). A magas Északon, ahol az évi középhőmérséklet a 0° alatt van, a talaj mélyen meg van fagyva. A *Tjäle*, a talajjég, Kelet-Szibériában egészen az 50. szélességi fokig terjed dél felé. Nyáron legföljebb 1.5 méternyire enged föl, ez alatt pedig a talaj örökké meg van fagyva. Jakutsk mellett 116.5 m mélységben még -3° fagyott talajra bukkantak, úgy hogy a *Tjäle* vastagságát itt vagy 200 méternyire becsülhetjük. Ezek a vidékek fogalmat adhatnak arról, hogy milyen lenne Földünk sorsa, ha a Nap melege hiányoznék. A Nap melege nélkül Földünk hófoka rövid időn belül -200C°-ra csökkenne, ezzel szemben ma Földünkön a legnagyobb hideget -70C°-ban állapíthatjuk meg.

A változatlan rétegtől kezdve azonban a mélységgel együtt a meleg is növekedik. Annyi szembetűnő és oly sok pontról származó bizonyítékunk van már erre nézve, hogy ezt az ismeretünket már a legrégibbekhez számíthatjuk. A bányákból és a kutakból kiinduló első megfigyeléseket kiegészítették a későbbi mélyfúrások és alagútmunkálatok, a melyek egyre nagyobb mélységeket tártak fel. A hőforrások, a melyek Földünknek oly sok pontján részben forró állapotban a felszínre törnek, továbbá a vulkáni kitörések alkalmával az 1000C°-nál is magasabb hőmérsékletű izzón-folyós megolvadt kőzetek kitörései még jobban megerősítették azt a nézetet, hogy a Föld belsejében fölötte magas hőmérsékletnek kell lennie.

A csehországi Příbram, az Adalbert-aknában 889 m mélységben 22°-ban állapították meg a kőzet hőmérsékletét, úgy, hogy a hőmérséklet minden 57.5 m mélységre 1C°-al emelkedik. Ez az érték a *geotermikus grádiens*, a Föld melegségének *mélységi foka*. Ez a grádiens Mons bányakerületben (Belgium) 29.6 m volt, Newcastlenál pedig 33.3 m, a porosz bányákban 15.5 m, és 115.3 m között ingadozott. Nevada aranybányaiban, a Comstock-telérén 610 m mélységben a levegő 40C° meleg, és még 50C°-nál is dolgoznak (a mélységi fok itt 15.25 m). Egy és ugyanazon aknában sokszor ismételtlen változik a hőmérséklet növekedése. Azok a legcsekélyebb mélységi fokok, a melyeket a bányákban megfigyeltek, a toszkanai Monte Massi szénbányájából (13.7 m) és a csehországi Ossegg barnaszénbánya területéről (5.2 m) származnak. Ezek a számok a maguk változatosságában aligha alkalmasak arra, hogy belőlük általános érvényességű következtetéseket vonjunk le.

A forrásokban és a bányákban észlelt hőmérsékletnövekedési mérések csak óvatossággal használhatók, amennyiben bizonyos munkálatok által, meleg és hideg levegő beengedésével és vízáramlásokkal mesterséges változások is előidézhetők. Már azt is megállapították, hogy az említett mesterségesen előidézett megfigyelési hibák mellett főképpen a hegység természetén alapuló körülményeknek is nagy szerepük van. Így például a Comstock-telérben a hőforrások megváltoztatják a hőmérsékletet és éppen így változásokat okoznak a mélységi fokban a kémiai folyamatok is, mint pl. a kéntartalmú fémek oxidációja, azután az a hő, mely az elszénesezés folyamán szabadult fel, vagy a rétegek mozgása következtében, vagy esetleg más különböző okokból (kőzetek vezetőképessége) keletkezett. Mindezek a hatások a mélységi fok kisebbedését idézik elő. A kőszéntelepekben levegő (oxigén) hozzájárulásával hő fejlődik, a mely szintén hat a mélységi fok mérésére.

Pontosabb méréseket, a melyek sokkalta nagyobb mélységekbe nyúlnak, a mélyfúrásokba bevezetett hőmérővel végezhetünk. Különösen legújabb időben az Északnémetalföldön végzett mélyfúrások gyarapították ez irányban ismereteinket. A fontosabb mélyfúrások a következők³:

Grenelle, Párizs mellett: mélysége 547 m, mélységi foka 32.6 m;

Sperenberg, Berlin közelében: mélysége 1273 m, mélységi foka 33.7 m, 1268 m mélységben észlelt legmagasabb hőmérséklete 48.1°;

Lieth, Altona mellett: mélysége 1338 m, mélységi foka 35 m, megmért legmagasabb hőmérséklete 35°;

Schladebach, Leipzignél: mélysége 1748.4 m, mélységi foka 35.7 m, 1716 m mélységben mért legmagasabb hőmérséklete 56.6°;

Paruscsowitz, Felső-Sziléziában: mélysége 2003 m, mélységi foka 31.82 m;

Czuchow, Felső-Sziléziában: mélysége 2239.72 m, mélységi foka 31.8 m, 2220 m mélységben mért legmagasabb hőmérséklete 83.4°.

[009.JPG]

9. kép. A geoizotermák iránya (szakgatott vonalakkal ábrázolva) a Simplon-alagút tengelyének hosszában készített szelvényben. A teljesen kihúzott vonalak a rétegek települését mutatják. (NIETHAMMER G. szerint.)

³ Hazánk fúrásainak földmelegségi mélységi fokozatairól, vagyis geotermikus-gradienseiről a Függelék I. Fejezetében szólnak.

Továbbá azt is megfigyelték, hogy a nagyobb és mélyebb vízmedenczék szomszédsága növeli a mélységi fokot, mint pl. Észak-Amerikában a Lake Superior mellett mélyedő bányákban. A nagy tavak víztömege a talajrétegekben 4° -nyi hőmérsékletet idéz elő s ezért a környezetre hűtő hatással van. (Mélyiségi foka 67-70 m.) Angliában megállapították, hogy a mélységi fok 10 és 33 m között ingadozik. Igen feltűnő adatokhoz jutottak a neuffeni fúrás alkalmával Württembergben; itt vulkáni vidéken 338 m mélységig hatoltak le és 11.1 m-nyi csekély mélységi fokot észleltek. Azt kell föltennünk, hogy valamely magmatűzhely közelsége okozza ezt a jelenséget. A pechelbronni fúrás Alsó-Elszászban, kőolajtartalmú rétegekben, 305 m mélységig 12.2 m mélységi fokot mutatott, 620 m mélységig pedig 8.2 m-t. Itt valószínűleg kémiai folyamatok mozdították elő a hőfok gyors növekedését.

A nagy alagutak, különösen azok, a melyek az Alpokat metszik keresztül, fontos megfigyeléseket szolgáltatnak a mélységi fokra vonatkozólag. A Mont-Cenis-alagút építésekor sajnos, csak olasz részről történt néhány hőmérsékletmérés. A legmagasabb hőmérséklet 29.5° volt 1607 méteres rátelepülés alatt. A Gotthard-alagútnál (14.920 m hosszú) ellenben már nagyon pontos méréseket végeztek, a hol a legmagasabb hőmérséklet, 1752 m vastag fedő tömeg alatt 30.4° , s a földhőmérsékleti mélységi fok 47 m volt. Ebből az következik, hogy a hőmérséklet a rátelepüléssel együtt növekedik, de vele semmi szorosabb viszonyban nincsen. A 10.249 m hosszú Arlberg-alagútban a legmagasabb hőmérséklet 715 m vastag rátelepülés alatt 18.5° volt. A legnagyobb alagútépítkezés, a mely jelentékeny technikai nehézségeket is okozott, a Simplon-áttörés volt (19.729 m.) (9. kép). Itt azután kitűnt, hogy a rétegek fekvése nagy hatással van a *geoizotermák* haladására, vagyis azon vonalakra, illetőleg síkokra, a melyek az ugyanazon földhőmérsékletű pontokat kötik össze. A Rosswald alatt, a hol a rétegek függőlegesen állanak, messze eltérnek egymástól (35-37 m a mélységi fok) és a főkiemelkedés alatt, a hol a rétegezés laposan halad, szűkebben szorúlnak egymáshoz a *geoizotermák* (28-29 m a mélységi fok) és itt találták a nem várt 55.4° legnagyobb hőmérsékletet. A geotermikus mélységi fokot 37 m-ben állapították meg. Az Alpe de Valle alatt a mélységi fok feltűnően nagy, mert ott hideg források törnek fel. A 8505 m hosszú Tauern-alagút fedő hegytömege 1325 m vastag, legnagyobb hőmérséklete 23.9° , a földmelegségi mélységi foka 37 m.

[010.JPG]

10. kép. A *geoizotermák* vonulata (szakgatott vonalakkal jelezve) a Föld felszínének domborzatához simulva.

Az összes hasonló megfigyelések között különösen a mélyfúrásokban végzett mérések bizonyultak a legmegbízhatóbbaknak s ezek alapján az egész Föld közepes geotermikus mélységi fokát 33 méterben állapították meg. A *geoizotermák* általában követik a földfelület domborzatának körvonalát, de azért kisebb eltéréseket itt-ott mégis mutatnak (10. kép). Ugyanis emelkedések alatt messzebbre térnek el egymástól, mert az elszigetelt, kiemelkedő hegyben nagyobb a kihűlés, völgyek alatt viszont a *geoizotermák* ismét közelednek egymáshoz. Ha a kőzetek rossz hővezetők, akkor a fok kisebb. A Föld felszínétől nagyobb távolságban az azonos földhőmérséklet felületei szinte gömbhéj alakjában rendezkednek. A mélytengerek és a nagyobb belső tómedenczék az $5-10^{\circ}$ *geoizotermák*at a talajban 5-10 km-nyire nyomják le a tenger felszíne alá, tehát olyan mélységekbe, a hol a szárazföldek alatt $150-300^{\circ}$ hőmérsékletnek kell lennie. Ezek alatt a víztömegek alatt azonban a hőfok gyorsabban emelkedik, mint a szárazföldek alatt.

Olyan megfigyeléseink, melyek szerint a növekedő mélységgel együtt a Föld hőmérséklete is emelkedik, természetesen csak a Föld kérgének felszíni rétegeire szorítkoznak, mert hiszen a 2200 méteres legmélyebb fúrás a Föld sugarának csak 1/3000 része. A felszín alatt a legmélyebb pont, ahová az ember behatolt, a Simplon-alagútban van, 2135 m vastag fedő alatt. Nagyon kérdéses és alig valószínű, hogy sikerülni fog-e tetemesen nagyobb mélységeket kikutatni, a melyek egyébként teljesen megfejthetetlen kérdésekre adhatnának közvetlen felvilágosítást.

Ide tartozik az a gondolat is, vajjon a geotermikus fok a növekedő mélységben kisebb lesz-e, vagy nagyobb, vagyis vajjon a Föld belseje felé a hőemelkedés gyorsabb lesz-e, vagy meglassúdik. Ezt a kérdést ebben az esetben azok a kísérletek döntötték el, a melyek öntött golyók kihülésének megfigyeléséből állottak. Ugyanerre az eredményre vezettek azok az elméleti megfontolások is, hogy a kihülő testben a hőveszteség a felszínen a legnagyobb és azért itt a mélységi foknak a legkisebbnek kell lennie. A fokok tehát a mélységgel együtt növekednek. Azt, hogy mily nagy ez a növekedés, nem tudjuk; bizonyosan igen csekély.

A geotermikus mélységi fok értékeiből, alapul véve a Föld egykori izzó állapotát, számításokat végeztek az azóta eltelt időről, vagyis a Föld koráról. Az értékek 20 és 400 millió év között váltakoznak, tehát oly tág határok között, hogy így csaknem, értéktelenek.

Ma annyit tudunk, hogy a hőmérséklet a Föld belseje felé minden 33 méterre 1°C -kal emelkedik, hogy tehát 66 km-nyi mélységben körülbelül 2000° hőmérsékletnek kellene lennie, a melyen a Föld felszínén szerzett tapasztalataink alapján úgyszólván az összes ismert kőzeteinknek meg kellene olvadniuk.

A Föld belseje.

A Föld belsejének mibenléte bizonyára mindig azok közé a kérdések közé tartozott, a melyek az emberi szellemet leginkább foglalkoztatták. Az előbb már említett jelenségekből arra következtethetünk, hogy a hőmérséklet a megfigyelt területeken túl is fokozódik és így a Föld belsejében igen magas hőfok van. Ez a következtetésünk összhangzásban van a Föld keletkezéséről és fejlődéséről szóló véleménnyel. Mivel föltették, hogy ilyen magas hőmérséklet mellett az összes kőzeteknek megolvadt állapotban kellene lenniök, így keletkezett az izzón-folyós földmagról szóló tan. Ez a tan hosszú ideig tartotta is magát, újabban azonban elejtették. E mellett szinte azt képzelték, hogy a Földnek csak vékony szilárd kérge van, a mely héjacskához hasonlóan feszül rá a belső tüzes tömegekre. Számításon kívül hagyták azonban azt a rettenetes nyomást, a mely a Föld középpontja felé állandóan növekedik s a melynek szinte elképzelhetetlen halmazállapotot kell teremtenie. Az a jelölés, hogy szilárd, folyékony és gáznemű, amit t. i. a Föld felszínén használunk, bizonyára éppenséggel nincs helyén az egészen elképzelhetetlen nyomás és hőmérsékleti viszonyok között. Abból, hogy a vulkáni kitörés alkalmával izzón-folyós anyag tör elő, még nem következtethetünk a Föld belsejének ehhez hasonló állapotára, mert, amint látni fogjuk, a kitörő magma már bizonyára nem azok alatt a fizikai hatások alatt áll, mint a belső magma. ARRHENIUS tisztán elméleti alapon úgy vélekedik, hogy a Föld belseje olyan gáznemű állapotban van, mely a nagy nyomás és a magas hőmérséklet miatt minden eddig ismert állapottól különbözik. Ha föltesszük, amint ezt már a kísérletek be is bizonyították, hogy az olvadáspontnak egy fokkal való emelkedéséhez 40 légköri nyomásnövekedés szükséges, akkor a szilárd földkéregnek 50-60 km vastagnak kell lennie.

DARWIN G. H. a Föld belsejét szilárdnak tartja, melynek nagyfokú merevsége (*ridegsége*) az aczéléhoz hasonló, mert ha könnyebben engedő tömeg volna, akkor a hold és a Nap vonzása következtében erősebb árapályt mutatna. Kísérletek is kimutatták, hogy rendkívül magas nyomás mellett bármely test, kritikus hőmérsékletén felül is szilárd maradhat.

WIECHERT a Föld belsejének hőmérsékletét 4000-8000C°-ra becsüli, nyomását pedig körülbelül 3 millió légköri nyomással egyenlőnek tartja. Ezen az alapon a szilárd földmag lehetőségét nem tagadhatjuk.

KELVIN lord egészen hasonló eredményhez jutott a Föld merevségére vonatkozólag, figyelembe véve az árapályok kisebbedését, a mely viszont a Föld alakjának deformációjából vezethető le, s ez pedig a hold és a Nap vonzásának következménye (*földárapály*).

A földrengéshullámok megfigyelése is arra vezetett (lásd »A földrengés« cz. fejezetet), hogy a Föld belsejét szilárdnak tekinthetjük. Több koncentrikus gömbhéjból állónak tekinthetjük a Földet; ezek a gömbhéjak különböző súlyú anyagból vannak alkotva s közülök a legsúlyosabbak a középpont körül helyezkednek el. WIECHERT véleménye szerint a külső földkéreg 1500 km vastag s ezt a felszíniekhez hasonló kőzetek alkotják. Ezután 1500-2500 km között nikkelveszből álló burok következik, míg a Föld magvát még nehezebb fémek alkotják. A földrengéshullámoknak újabb megfigyelései egymásra három fokozatban következő sebességnövekedést mutattak ki, a melyeknek három határsíkja 1194 ± 50 , 1677 ± 100 és 2436 ± 150 km mélységbe helyezhető el (a kettős jelzéssel ellátott értékek a valószínű hibák mértékei). Ezek a fokozatok valószínűleg a különböző sűrűségű öveket jelzik.

Ha a nézetünkkel legjobban megegyező tapasztalatokat összefoglaljuk, akkor ezen az alapon 100-200 km vastag merev kéregnek tekinthetjük a Föld külső burkát. Ez alatt 1400 km vastagságig a magmaréteg s végre belül a fémag következik.

A Föld felületén történt egyes megfigyelések szintén bizonyítják, hogy a Föld belsejében nehéz fémek vannak. Kanadában, Sudbury nikkelérczbányáiban legfelül gránitos kőzetek találhatók 67 % kovasavval, lefelé fogy a szilícium-, nátrium- és káliumtartalom, ellenben szaporodik a magnézium és a kalcium, a legfelsőbb részek alatt 2000 m-nyire szürke norit található körülbelül 55 % kovasavval, utóbbinak bázisán azután különféle más súlyos fémekkel együtt nikkelérczek települnek.⁴

A Föld erőforrásai.

A világűr tagjaként elhelyezett Föld az erőforrásoknak olyan kincseit hozta magával, melyeknek kikutatása a földtan első feladatai közé tartozott, mert bolygónk multjának megfejtéséhez főképpen ezek adták a vezérfonalat. Az anyag a nehézségi erő hatása alatt áll, s ez az erő a világűrben mint vonzás nyilvánul. Az izzó központi anyagból levált egyik rész magában rejtette a Földet s az izzó cenztrális anyag hőjétől elválasztva, keringett naprendszerünk középpontja körül és egyidejűleg a saját tengelye körül is azon kozmikus erők törvényei szerint, melyek helyzetét a világrendszerben megszabták. A kozmikus erők még ma is hatnak

⁴ Régebben a termésvasnak pikkelyek, törmelékek, sőt 21 tonna súlyú tuskók alakjában való előfordulását a bazaltokban és a bazaltok közelében Uifaknál (Ovifak), Nyugati Grönlandban a *Nife-zóna* bizonyítékának tekintették; ebből a zónából kerültek volna föl felszínre ezek a vasroncsok. Újabban Weimar közelében, Cassel mellett a Bühli dombocska bazaltjában is találtak ilyen vastuskókat. Jelenleg ezeket a leleteket úgy értelmezik, hogy organikus anyagok (áttört barnaszéntelepek) közvetítésével redukció által keletkeztek.

mint a többi égitestnek, különösen pedig mint a Napnak és a holdnak vonzóerői. A világűr hidege ma is elvonja Földünköt azokat a hő alakjában felhalmozott kincseket, amiket egykor útjára magával hozott, de ezért a veszteségért kárpótolja őt a Nap, a hő és a világosság forrása.

A Föld saját erőforrásai: a nehézségi erő, saját hője, tengelyforgása és keringése saját pályáján a Nap körül. Ezekkel ellentétben a Nap és a hold vonzása, a Nap hő- és fénysugarai s a világűr hidege kívülről hatnak a Földre. A Föld erőforrásai egyrészt tehát *endogén* vagy *tellurikus*, illetőleg másrészt *exogén*, *kozmikus* vagy *sziderikus* erőforrások, a melyek vagy a Földben gyökereznek, vagy a Földön kívül székelnek s a melyekkel a földtannak számot kell vetnie.

Amennyire Földünk történetét visszafelé követhetjük, a most említett erők hatásával minden jelenséget megmagyarázhatunk. Ugyanazok az erők működnek ma is, mint egykoron, ezért a földtan mint tudomány akkor indult a legnagyobb fejlődésnek, amidőn a Föld felszínén szemünk láttára végbemenő jelenségeket a ma működő erőkből kezdték magyarázni.

Azok az energiaforrások, a melyeknek Földünkön az előttünk lefolyó változásokban szerepük van, sokfélék. A tengelyforgás a geoid lapultságát idézte elő, s ez régebben, a mikor Földünk még ifjúkorát élte s a mikor a forgási idő jelentékenyen rövidebb volt, sokkal nagyobb mértékű volt. A tengelyforgás egyúttal az árapályt is előidézi, amennyiben Földünk felszínének mindig más-más részét fordítja a hold és a Nap felé. Az árapály fékező hatása következtében a tengelykörüli forgás veszít sebességéből s ezáltal a Föld az eszményi gömbalakhoz iparkodik közeledni, majd kéregmozgások keletkeznek, melyek a Föld felszínének átalakulására nézve nagy jelentőségűek s hatásukban egyesülnek az összehúzódas eredményeivel. A tengelykörüli forgás következménye a nappalok és az éjjelek váltakozása, vele együtt jár a napsugárzás és a hőmérséklet ingadozása is.

A Föld tengelykörüli forgása sajátos hatást gyakorol a felszínen, vagy a felszín fölött mozgásban levő testekre, ha ezeknek mozgási iránya nem párhuzamos az egyenlítővel. Ezek a mozgó testek az északi féltekén eredeti irányuktól jobbra, a déli féltekén pedig balra térnek el.

Földünknek saját pályáján való mozgása a földtengelynek a földpálya síkjára (*ekliptika*) való ferdeségénél fogva az évszakok, a nyár és tél váltakozását idézi elő s az utóbbi hatás éghajlati jelenségekben és sokszor geológiai folyamatokban is nyilvánul. A földtengely nutációja és a nap-éjegyenlőség preczessziója alárendeltebb jelentőségűek, mintsem hogy valamely szembe-tűnő hatást tulajdoníthatnánk nekik. A sarkok helyzetének ingadozásai, a melyeket újabban mérhetünk, oly csekélyek voltak, hogy a geológiai ősmúltban nem voltak elegendők arra, hogy az éghajlati övek eltolódását okozhatták volna. Kézzel fogható bizonyítékaink azonban erre vonatkozólag nincsenek. Földünk egész mozgása, mely látszólag zárt görbék vonalán halad, a kozmogóniai elmélet szerint valamikor a központi tömeggel való egyesülésben fog véget érni. Tehát a földpályán bizonyára előrehaladó változások vannak folyamatban, a melyek ezen végcél felé törnek. Megfigyeléseink azonban nem elegendők ahhoz, hogy ezt felfogjuk.

Csak egyszer veszített a Föld saját tömegéből, mikor a hold elvált tőle. A nehézségi erő megakadályozza, hogy anyagából többet is veszítsen, mert semmiféle földi erő sem tud adni valamely testnek egy másodperc alatt 11 km-es kezdősebességet, a mely szükséges volna a Föld erőköréből való távozáshoz. A nehézségi erő a világűrben mint vonzás nyilvánul: ez tartja a holdat a saját pályáján s ez vonzza a röptükben megbénult meteoriteket Földünkhöz. Földünk tömege egyedül a kozmikus testek által növekedik, ami által a nehézségi erő is gyarapszik, a gyarapodást azonban még megmérni nem tudjuk. A nehézségi erő hatása következtében egyes szabadon álló közettömegek maguktól elmozdulnak (*hegyomlás*); a vizek azon törekvése, hogy a tenger szintjét elérjék, szintén csak ennek következménye, valamint az is a nehézségi erő műve, hogy a könnyen mozgatható közegekben - mint pl. a

levegőben vagy a vízben - lebegő tömegrészesecskéket sík területeken irányára merőlegesen halmoz fel. Sokszor egész földrögök elmozdulását idézi elő, hogy a megzavart egyensúlyt helyreállítsa. A Föld felületén végbemenő valamennyi tömegeltolódás e tömegek vonzó ereje következtében a szomszédos mozgatható víztömegekben is eltolódást okoz. A nehézségi erő folytonosan és egyenletesen működik mindaddig, amíg a Föld léte tart.

A Nap és a hold vonzása a nutáció és a preczesszió (talán a pólusingadozások) által is változásokat idéz elő a Föld mozgásában; az árapály is innen ered s vele együtt a Föld tengely-körüli forgási idejének a meghosszabbodása (a nap hossza). A rendkívül érzékeny horizontális inga kimutatta földgömbünkön az apály és dagálnak megfelelő árapályt is, a mely a függőön elmozdulásában nyilvánul. Ezeknek az erőnyilvánulásoknak egyre nagyobbaknak kell lenniük s bár biztos mértéket még nem találtunk rájuk, annyit mégis tudunk, hogy a Föld lassan a központi csillagzathoz közeledik és holdját mindjobban magához húzza. A tengelyforgási sebesség lassabbodásával azonban az árapályok is lassúbbak lesznek, hatásuk pedig gyengül, miáltal részleges kiegyenlítődés történik.

A Nap hősugarai a legnagyobb erőforrások, a melyeknek hatását a Föld felületén megfigyelhetjük. Ez azonban szintén nem állandó hatás, amennyiben a Nap maga is folytonosan hűl. A Nap hővesztesége azonban bizonyára oly csekély, hogy a Föld fejlődésének történelmi idejében ezt nem is tudjuk kimutatni. A régebbi állítással szemben, mely szerint a Nap kihűlőfélben van, újabban az a nézet terjedt el, hogy a Nap hőmérséklete az összehúzódás következtében emelkedik. Ezzel a dologgal is úgy vagyunk, mint sok más ilyen problémával, nevezetesen itt is két bebizonyíthatatlan elmélet áll egymással szemben. A Nap megmelegíti a Föld felszínét és a légkört, előidézi a fizikai elmállásokat, továbbá megindítja a víz körútját s ezáltal a legtöbb chemiai folyamatot; fenntartja a levegő és a tenger áramlásait s ezáltal különösen előmozdítja ezek hatását: a letarolást és a lerakódást.

A Nap fénye teszi lehetővé a növények testében a chemiai átalakulásokat, a melyek az első életet s az élőlények változatos kifejlődését és a Föld felszínére gyakorolt különféle hatásaikat tették lehetővé. A Föld felszínének rombolásában ugyanis a szervezetek éppen úgy részt vesznek, mint a felépítésében, amennyiben a szervezetek a mészkőnek, a dolomitnak, a kovasavnak, a kénnek, a foszfátoknak és a szénnek egész raktárát tartalmazzák. Bennük ezek az anyagok fölöttébb bonyolult és még sok tekintetben nem ismert körutat végeznek, mely a világegyetem legnagyobb titkát: az élet keletkezését és a holt anyagnak az élőbe való átmenetét is magában rejti.

Semmi másféle erőnyilvánulásnál nem nyilatkozik meg világosabban az a tény, hogy Földünk ifjúságát, sőt már érett korát is túlélte és az öregkorba lépett, mint a saját melegében, melyről a Föld felszínén csak mindjobban csökkenő vulkáni és termális működése útján értesülünk. E működések hatása alatt azonban a földkéregben a kőzetek a legnagyobb mértékben megváltoznak. A hőveszteség következtében a hideg világűrben aránylag gyorsan előrehaladó lehűlés a Föld összehúzódását idézi elő. Ebből feszültségek keletkeznek, melyek, mint látni fogjuk, a földkéregben zavarokat idéznek elő.

Ilyenfajta tömegeltolódások az egész földgömb egyensúlyát megzavarhatják, sőt talán a földtengely helyzetében is változást idézhetnek elő.

Úgy vélekedve, hogy a Föld egyéb erőit ezzel nem tagadják meg, kísérletet tettek a Föld saját hőjének a kikapcsolására s minden ennek tulajdonított geológiai folyamatot a Nap melegével próbáltak megmagyarázni. Ez azonban éppen olyan szerencsétlen gondolat, mint az a magyarázat, hogy a Föld hője nyomás vagy sűrűlődség következtében a Föld belsejében keletkezett. A Föld melege az összes energiakincsek között a legmúlékonyabb és ha az ember a

legkülönbözőbb utakon arra a vigasztaló gondolatra jön, hogy a Föld melege összehúzódás vagy radioaktív jelenségek okozta folyamatok következtében megmarad, sőt talán növekedik, mégsem zárkozhatunk el attól a gondolattól, hogy a Föld melege éppen a Föld fejlődésének legmagasabb nyilvánulásaira és életére nézve csekélyebb jelentőségű és hogy az életet adó középponti csillagzathoz képest háttérbe szorul. A Föld csak holt tömeg a szervezetek életére nézve, mert sem fényt, sem meleget nem ad nekünk.

A Földön mindenütt az ellentétek harca tombol, a melyet a régi filozófusok az elemek ellentétének tulajdonítottak s a mely alapja volt a legrégebb vallásos érzéseknek is, mikor a fényt és sötétséget, a tüzet és vizet, a jót és gonoszt, mint istenséget megszemélyesítették.

A Nap melege a nehézségi erő törvényével ellentétben a vizet pára alakjában felemeli, de a víz cseppfolyós vagy szilárd alakban ismét leesik s ezzel az értékesíthető energiának a legnagyobb és felülmúlhatatlan kincsét állítja elő, a melyet bolygónk ma nyújtani képes. Földünk felületének egyenlítői részeiben a fölmelegedett levegő felszáll és a sarkok felé áramlik, a hol bizonyos mértékig ismét lehül és alászáll, hogy mint alsó-áramlat ismét a kisebb szélességek felé áramoljon és körútját befejezze.

A tűzhányó hegyek a megolvadt kőzeteknek porrá vált tömegét a légkör legmagasabb rétegéig földobják, ahonnan azok vagy hirtelen, vagy pedig hosszas vándorlás után ismét lehullanak a földre. Földrengés alkalmával a földkéreg egyes részei felemelkednek, más helyeken ismét lesüllyednek és ha a hegységalkotó erők hegyvonulatokat gyúrnek fel, más vidékeken ismét a földkéreg egyes részei beszakadnak és míg itt a tenger ölében anyag rakódik le, más ponton ismét a romboló erők a szárazföld anyagát hordják le. Törvény tehát az, hogy minden tömegeltolódás megzavarja az egyensúlyt és egy más ponton ellenkező nyilvánuláshoz vezet.

A légnemű, a folyékony, sőt a szilárd elemek is állandóan mozgásban vannak, a Föld középpontjától eltávolodnak és ismét közelebb jönnek, vagyis állandóan ingadoznak a nyugalmi állapot körül, a melyet azonban soha sem érnek el. Az anyagnak ezt a centrifugális és centrípétális törekvését két különböző erőcsoport idézi elő. Az egyikhez tartozik a Föld saját hője és tengelykörüli forgása, a kozmikus meleg (különösen a Napé) és az égitestek vonzóereje (különösen a Holdé és Napé). Ezek valamennyien arra törekednek, hogy a földi anyagok kifelé hatoljanak s amennyire lehetséges, a Földtől elszakadjanak. Ezek centrifugálisan hatnak. Ezekkel az erőkkel ellentétben csupán csak a nehézségi erő működik, a melynek potenciális energiája éppen a többiek működése folytán megy át mozgásba. Ez az erő, a mely az anyagot ismételten a Földhöz köti s a világegyetemben mint vonzóerő működik.

Az endogén (tellurikus) erők a Föld domborzatát iparkodnak megszilárdítani. A tengelykörüli forgás a lapultságot idézi elő, az erupciók a Föld belsejének tömegét a felszínen halmozzák fel, míg a Föld belsejében működő erők a Föld kérgének egyes részeit fölemelik és lesüllyesztik, felgyúrik és egymásra tolják.

Az exogén erők hatása a kiegyenlítés; a Földnek eszményi gömbalakot iparkodnak adni: erre törekszik a kozmikus vonzóerő az árapály mérséklésével. Ezek az erők tarolják le a kiemelkedéseket s egyúttal a mélységeket is kitöltik; ezt a munkát végzi a napsugaraktól állandó körforgásban tartott víz, valamint a légkör is.

Ezek azok az erők, a melyek Földünket megváltoztatják s az átmeneti arczulatot rányomják, de a melyek egyúttal öregítésén is fáradoznak. Ezek az erők azonban nem állandók, a Föld történelmi korszakainak folyamán maguk is megváltoznak működésükkel együtt, anélkül, hogy lehetséges volna megállapítani ezeknek a változásoknak összeségét, mert az erre vonatkozó számításaink nem terjednek túl a puszta föltevéseken. Ezek közül az erők közül egyesek bizonyos mértékig együttesen hatnak és egymás működését fokozzák: ilyenkor

kifejtett hatásuk rendkívül nagy; azonban egymás ellen is dolgozhatnak s ilyenkor egymást gyengítik vagy teljesen megsemmisítik. Ez az oka annak, hogy a Föld történelmében vannak egyes korszakok, melyekben nyugodt a fejlődés, más periódusokban pedig ugrásszerűek a változások (*anasztrófák*). Ezeket a jelenségeket régebben föltevéses energiaforrásokkal magyarázták, azonban mindinkább kiderül, hogy mindezeket a jelenségeket a ma működő erők váltakozása okozhatta, kiváltképpen ha az idő hatását mindjobban megismerjük. Azt azonban sohasem látjuk, hogy a Földön szünet és nyugalom állana be, bár korlátolt eszközeinkkel a jelenségek folyamatát felfogni nem is tudjuk.

A *dinamikai földrajz* a Földön működő erők hatásának kimutatásával foglalkozik, míg a *dinamikai geológia* csak azokat a változásokat kíséri figyelemmel, a melyeket ezeknek váltakozó játéka szemléltethetővé tesz és ezeknek az erőknek a természetét csak annyira ismerteti, amennyire ezen hatásoknak a megértéséhez, szükséges. A geológia és a fizikai földrajz ezen a ponton a legszorosabban érintkezik egymással.

Könyvünk hű képet akar nyújtani ezen erők működéséről és azokról a változásokról, a melyeket a most említett erők a Föld felszínén előidéznek. Ezen erők segítségével egyúttal lehetséges azokat a jelenségeket is megmagyaráznunk, a melyek hosszú, fejlődési sorozat végeredményei gyanánt állanak előttünk.

A Föld mágnesessége.

Az olyan mágnesestű, mely csakis vízszintes síkban mozoghat, az észak-dél iránytól eltér; ez a *mágneses deklináció*. Földünk felszínén azokat a vonalakat, melyek az azonos deklinációk pontjait kötik össze, *mágneses délköröknek* vagy *izogonoknak* nevezzük. Ezek két *mágneses sarkban* metszik egymást, a melyek a Föld sarkaitól különböznek s a melyeken a deklinációs tű minden helyzetben nyugalomban marad. Ha a mágnesestűt úgy függesztjük fel, hogy a mágneses délkörre függőlegesen, vagyis a vízszintes tengely körül forogjon, akkor ez a horizontális sík felé hajlik, még pedig a helyek szerint váltakozó mértékben (*inklináció*). Azok a vonalak, a melyek az azonos inklinációk pontjait kötik össze s a melyek az izogonokat derékszög alatt metszik, *mágneses parallelkörök* vagy *izoklinák* néven ismeretesek. A mágneses egyenlítőn az inklinációs tű vízszintes helyzetben marad, míg a mágneses sarkon függőlegesen áll. Mindkét adat a Föld mágneses vonzásának az irányát adja meg. A Föld mágneses vonzásának is van erőssége, *intenzitása*, s ez a különböző helyek szerint szintén változó. Mind a három mennyiség ingadozik, napi, évi és valószínűleg még hosszabb periódusokban. Úgy vélik, hogy a napfoltok tizenegyéves periódusa egybeesik a földmágnességi periódussal.

A földmágnesség iránya és erőssége a talaj domborzatától és főképpen geológiai fölépülésétől függ. Így különösen a kőzetek hirtelen változása hat rá, úgy hogy nagyon érzékeny mágnesestű segítségével a földkéreg mineműségére is következtethetünk.

A földmágnesség oka ismeretlen; annyi azonban bizonyos, hogy összefügg a Nappal és a holddal. Így kimutatták, hogy a földmágnesség változása, különösen a hirtelen ingadozások beköszöntése, az úgynevezett *mágneses vihar*, a napfoltok felbukkanásával van összefüggésben. Az ez alkalommal keletkező elektromos földáramok hasonlóképpen kozmikus eredetűek.

Vannak kőzetek, a melyek egyszerűen mágnesesek s a mágnesestű mindkét sarkára egyformán hatnak, vagyis vonzzák vagy taszítják. Más kőzetek *orientált pólusokat* mutatnak: ezek *poláris mágnesesek*. Azok a mondák, a melyek a mágneshegyekről mesélnek, bizonyítják, hogy az emberek már régen ismerik a kőzetek mágneses hatását. A legtöbb vastartalmú *vulkáni* kőzet (így pl. a láva) *mágneses*, gyakran poláris mágneses. Ahol a földben mágneses ásványoknak,

különösen magnetitnek és mágnesvaskovandnak nagyobb tömegei fekszenek, az érzékeny mágnesűk, az úgynevezett *magnetométerek*, elárulják jelenlétüket s ez a bányászatra nagy-jelentőségű. Az ércztömegben a mágneses sark helyzete rendszeren egybeesik a Föld mágneses erővonalával, ami azt jelenti, hogy az ércztelep a Föld mágnességének indukáló hatása következtében lett mágnesessé. A napi változások ezeken is megfigyelhetők. Minthogy a Föld mágneses ereje a sarkoktól az egyenlítő felé csökken, azért a magas északon fekvő ércztelep erősebb hatást fejt ki, mint a hasonló, de jóval délibb fekvésű ércztömeg.

Radioaktív folyamatok.

A radioaktív anyagok és hatásaik a legutóbbi időben a fizika és a chemia terén oly nagy jelentőségre tettek szert, hogy erre támaszkodva a következőket mondhatjuk. A radioaktív anyagok a Föld összes közeteiben általánosan el vannak terjedve s így feltehetjük, hogy a radioaktív folyamatoknak a Föld háztartásában is van bizonyos szerepük. A mai elméleti megfontolások szerint a Föld belsejében nincsenek, vagy csaknem hiányoznak a radioaktív anyagok, a melyeket csak a körülbelül 300 km vastag külső kéregben találhatunk. Hatásuk többek között abban nyilvánul, hogy bomlásuk eredményeként a Föld hőmennyiségét gyarapítják. Ez a folyamat a Földnek a kihülés következtében beálló hőveszteségét legalább részben pótolja. Azt már bebizonyították, hogy sok ásványnak színe radioaktív sugaraktól ered. A radioaktív anyagok bomlására vonatkozó vizsgálatok alapján megkísérelték a kőzetek, sőt a Föld korának a becslését is (100-600 millió év).

Azokból a *pleochroitikus* (megváltozott színű) udvarokból, a melyek egyes ásványokon a zirkon, titanit és érczek kicsiny zárványai körül láthatók, szintén megkísérelték ezen kőzetek korát megállapítani. Ezek azonban még csak tapogatózó kísérletek és semmi bizonyosat sem nyújtanak s így a tankönyvek keretén kívül állanak.⁵

Meteoritek.

Amióta Földünk mint önálló égitest pályafutását megkezdte, a nehézségi erő hatásának köszönheti anyagának egyetlen módon való gyarapodását, s ez a meteoritek hullása. A Föld háztartásában talán jelentéktelenek a meteoritek, az összehasonlító geológiában azonban nagy jelentőségűek. Már a legrégibb időben magukra vonták az emberek figyelmét ezek a világ-űr-ből érkezett idegenek és sokszor babonás vagy Istent illető tiszteletben részesültek, miként még ma is a kaábai Adsar el Asvad nevű óriás meteorit Mekkában. Csak a tizenharmadik század végén kezdték valódi természetüket felismerni. Míg régebben azt tartották róluk, hogy a hold kráteréből repültek ki, utóbb a Nap körül keringő kozmikus testeknek nézték őket, a melyek a légkörbe való lépésük alkalmával (több mint 100 km magasságban) a súrlódás és a levegő összenyomása következtében izzó állapotba kerülnek és a legszorosabb összefüggésben vannak a *hulló csillagokkal*, a *meteorokkal* és a *fénylőgömbökkel*. Bebizonyították, hogy a hullócsillagrajok szabályos bolygópályájukon keresztezik a földpályát. Egyes kutatók azt a nézetet vallják, hogy a meteoritek abból a bolygóanyagból származnak, a mely egykor a Mars

⁵ A radioaktív folyamatokat összefoglalóan tárgyalja *Weszelzky Gyula* „*A radioaktivitás*” című munkájában (Budapest, 1917; kiadta a Kir. Magy. Természettudományi Társulat).

és a Jupiter között állott, s a melyből a planetoidok is származtak. Mások ismét azt állítják, hogy elszigetelt összegöngyölődés által a naprendszerben önállóan keletkeztek. Állítólag naponta 10-12 millió hullócsillag halad át légkörünkön keresztül. A legtöbb közülök ismét kilép a világűrbe, a kisebbek, vagy a kevésbé ellentállók egészen elégnék, csak egy csekély töredéküket vonzza magához a Föld annyira, hogy meteoritek alakjában a Föld felszínére esnek. Európára évenként alig három esés jut, ha azonban a tengereket és a lakatlan területeket is figyelembe vesszük, arra az eredményre jutunk, hogy naponta 2-3 meteorit esik le. Összesen mintegy 1000 meteoresésről van tudomásunk. Hozzávetőleges becslések szerint a Föld a meteorit esések következtében évenként 450 tonna anyaggal gyarapodik.

A meteorhullás lehetősége nagyrészt attól a sebességtől függ, amellyel a meteorit a Föld vonzása körébe jut. A szerint, amint útjának iránya egybeesik a Föld mozgásával, vagy pedig ezzel ellenkező, a meteorit sebessége a földpálya sebességével gyarapodik, vagy pedig részben csökken. A sebesség elérheti a 100 km-t másodpercenként. Csak csekélyebb sebesség mellett szabadna a meteoriteknek a Föld vonzása körébe jutni. Körülbelül 40 km magasságban a légkör sűrűlódása következtében a meteorit saját mozgása megakad, úgy látszik, mintha egy pontban állva maradna és azután szabad eséssel éri el a Földet. A gyors mozgás és a meteor nyomában utána nyomuló levegő következtében zúgás, csattanás, sustorgás vagy mennydörgés hallatszik. Legtöbbször füstfelhőcske is mutatkozik, a mely azonban valószínűleg finom, levált részecskékből ered. Sokszor a meteoritek szétrobbannak a levegőben, valószínűleg a belsejükben áttüzesedett gázok következtében, vagy pedig a robbanást az a feszültség is okozhatja, a melyet a hőmérsékleti különbség idéz elő. Ugyanis nagy az ellentét a világűr dermesztő hidegét magával hozó mag és az izzó kéreg hőmérséklete között. Hatalmas csattanás hangzik s a meteorit darabokra törve hull le a Földre.

Erős, 1600°-ot elérő áttüzesedés alkalmával a felületen levő részek megolvadnak és a meteorit többnyire fekete, fénytelen, csak ritkán fényes megolvadt kéreggel vonják be, a mely a repedéseken behatol a kőzetbe. A megolvadás természetesen erősebb, ha az áttüzesedés hosszabb ideig tartott. Eszerint meg lehet ítélni, hogy valamely töredék felületének melyik része öregebb s melyik része keletkezett később a szétpattogzás alkalmával. Továbbá a megolvadt rétegnek ott vastagabbnak kell lennie, a hol a sűrűlódás és így az áttüzesedés is nagyobb volt. Ez a hatás a mozgásban levő darab előrészen és oldalpárkányain mutatkozik. A megolvadt kéreg rendszeren fölötté vékony, ritkán vastagabb 2 mm-nél, mert repülés közben a levegőáramlat a megolvadt részt izzó állapotban lesodorja. Az előrészen ezáltal folyó sávok keletkeznek, a melyek többnyire a középpontból sugarasan ágaznak széjjel (az úgynevezett *megolvadt zománczfolyások*), az oldalakon pedig átcsapódó megolvadt duzzadások keletkeznek, míg a meteorit többi, hátulsó részein csak alárendelt jelentőségű megolvadás mutatkozik. Ily módon néha sikerül megkülönböztetnünk a meteorit elülső részét a hátulsótól (irányított, ú. n. *orientált kövek*). Ha azonban repülés közben a súlypont helyzete megváltozik és a kő megfordul, akkor a hátulsó rész kerül előre, s ugyancsak azon mutatkozik a megolvadás is (*átfordult kövek*).

Csak a legutóbbi években BERWERTH kezdte megmagyarázni a meteoritek alakját és felszíni képződményeit. Meg kell különböztetnünk a *meteorköveket* a *meteorvasaktól*. A meteorvasak kristályos képződmények szabályos lapokkal, éllel és csúcsokkal, míg a meteorkövek tömeges szerkezetűek és mindig csak véletlenül alakult, sokszögű, poliéderes darabokat alkotnak. A légkörben szerzett olvadási tünetmények dolgában azonban nincs közöttük lényeges különbség.

A meteorkövek törési lapjai a meteoritek szerkezetétől függnének; többnyire érdesek, néha mélyedések fődik. Az áttüzesedés alkalmával legelőször a csúcsok és az élek olvadnak meg, a felszín kifényesedik, majd életlen lesz s sima domború és homorú lapok keletkeznek rajta. Azokat a köveket, a melyek így hullanak a Földre, az *elsődleges (primér) lapok* határolják s ezeket »egész köveknek« nevezhetjük. Az egész kövek tehát a levegőben nem robbantak széjjel. Ha azonban a meteorit szétrobban, akkor rajta törési lapok keletkeznek, a melyek ismét megolvadnak. Ezek rövidebb időre tüzesednek át s így csekélyebb mértékben olvadnak meg, felületük érdeesebb, árktolt vagy hullámos és *másodlagos lapoknak* nevezhetjük őket. Ha a kő ismét megoszlik, akkor egyre fiatalabb lapok keletkeznek, melyek még frissebb törésűek. Így a *harmadlagos* és a *negyedleges* lapokat még jól megkülönböztethetjük (11-14. kép). Ugyanazon hullás alkalmával az összes átmenetek előfordulhatnak: a gumóidomú alaktól kezdve az élekkel ellátott poliéderéig, meteorkövek árktolásokkal, csészeszerű mélyedésekkel és azok nélkül.

[011-014.JPG]

- 11-14. kép. A kolozsmegyei Mocs határában hullott meteorkő széttört darabjai.
11. kép. Elsődleges lap.
12. kép. Elsődleges lap felül, másodlagos lap jobbra, harmadlagos lap balra.
13. kép. Elsődleges lap balfelől, másodlagos lap jobbra, harmadlagos lap alul.
14. kép. Másodlagos lap alul jobbra, harmadlagos lap balra, negyedleges lap felül.

Azok a meteorvasak, a melyeknek felszínén gyakran kristálylapok vannak, szerkezetüknel fogva horgas töréssel hasadnak; ezeken felismerhetők a kristálylapok, a melyeket szabálytalan mélyedések határolnak. Az olvadás következtében a vékony élek és csúcsok vastagabbak lesznek, azonban a mélyebb részek kevésbé vannak megtámadva, amit már a simaság különbsége is igazol. Az éleken sokkal vastagabb a megolvadt kéreg, mint a mélyedéseken. Ezáltal a nyárshegyű törés elmosódik. Lapos árktokcskák keletkeznek, melyeket megolvadt szegélyek vesznek körül és az egész felületen keresztül az elülső részre hatol a sokszor nagyon jelentékeny olvadásfolyamat (15. kép). A hátulsó oldal rendesen simább és lapos, kagylószerű, szívóssága következtében ez ritkább jelenség. Olyankor azután magasabbrendű fiatalabb és frissebb töréslapok keletkeznek.

[015.JPG]

15. kép. A Cabin Creek-en leesett meteorvas előrésze.

Mint hogy a megolvadt vas anyaga híg folyós és a meteorvas töréslapjai durvábbak, azért a beárktolások és széleik hullámos domborzattá alakulnak. Egyes alkotórészek kiesnek és kiolvadnak, miáltal néha mély lyukak keletkeznek. A meteorköveknek ritkábban van árktos felületük.

Míg a meteorkövek ellentállóképessége jóval nagyobb, addig a meteorvasakat a megpörkölődés nagyon elmállasztja, úgy hogy felszínük díszítése csakhamar megsemmisül s nem alkalmas a megfigyelésre. Csakis egészen frissen hullott darabokat tehetünk vizsgálatunk tárgyává, ezek azonban nagyon ritkák. Csak tíz ilyen esetet figyelhettek meg, pedig 250 vasmeteorit-lelettel rendelkezünk.

Eddigél a meteoritek felszínének árktos szerkezetét *piézoglypteknek* (nyomás által kimélyített felületnek) nevezték, mert DAUBRÉE kísérletei alapján tévesen azt állították, hogy ez a szerkezet a sűrített, összenyomott izzó levegő eróziós hatására keletkezett. Itt azonban

megolvadt törési felületekről van szó, a melyeknek jellemzésére a *rhegmaglyptek* (törés által kimélyített felület) elnevezést használjuk újabban.

A meteoritek merevsége miatt sokkal több apró szétrobbant meteorkő hull le, mint vasmeteor. A legnagyobb, 550 kg súlyú meteorkő a kansasi Long Islandról származik. A legnagyobb meteorit, a melyet hullani láttak, hazánkban esett le, 1866. június 6.-án, ez a híres Knyahinyai meteorkő 300 kg súlyú volt; azonban már a 100 kg súlyú kövek is ritkábbak. A legtöbb ököl nagyságú, diónagyságú, vagy még ennél is kisebb, sőt sokszor egészen poralakban hull a meteorkő. Gyakran nagyszámú meteor hull alá, néha több ezer is egyszerre. Erdélyben Mócs mellett 1882-ben állítólag 100 000-nél is több esett. Sokszor nagy területen vannak széjjel-szórva; sőt egy és ugyanazon meteorit szétrobbant darabjainak egyidejű hullását egymástól 1000 kilométernyire eső pontokon is megfigyelhették. A meteorvasak között gyakran több száz kilós darabok is vannak. A legnagyobbat a mexikói Ranchitó mellett találták s ez 50 000 kg-ot nyom.

Úgy látszik, hogy a *kryokonit*-por is kozmikus eredetű. Ilyen kryokonit-por Grönlandban, a Spitzbergákon s más magas fekvésű sarkvidéken, a belföldi jégtakarón nagyon vékony réteg alakjában, található. Nem más ez, mint finom, szürke, nedves állapotban szürkés fekete por, mely a földieken kívül kozmikus alkotórészeket (magnetit, fémes kobaltnikkelvas) is tartalmaz. Olyan vidékeken, a hol az évi hó nyaranta megolvad, gyarapodni látszik. Ebből azt következtethetjük, hogy a Föld felületének egyéb részein is történnek ilyen porhullások, azonban csekély mennyiségüknél fogva eddig még nem igen figyeltek rájuk. A téli hótakarón már más helyütt is kimutatták. A mély tengereknek nagyon lassan lerakódó iszapjában szintén találtak kozmikus gyarapodást. (Lásd a III. C fejezetet.)

A meteoritek adják az egyetlen alkalmat a földönkívüli anyagok vizsgálatához. Olyan elemet azonban nem tartalmaznak, a mely a Földön elő nem fordulna. Ez tehát azt bizonyítja, hogy világrendszerünk egy és ugyanazon anyagból van. A meteoritek alkotórészei csak részben egyeznek meg a földi ásványokéval. Az anyaguk néha egynemű, gyakran elegyedett, szövetük kristályos, szemecskés, vagy porfíros s szegletes törésű darabok vannak benne, klasztikus vagy breccsiás szerkezettel. Kristályos szövetük a vulkáni kőzetekére emlékeztet, a klasztikus szerkezetűek pedig a vulkáni tufákhoz hasonlítanak.

[016.JPG]

16. kép. A Quesai meteorvas Widmannstätten-féle rajzai. (KÖCHLIN R. fotográfiája szerint.)

A meteoritek leggyakoribb alkotórésze nikkellel kevert *termés-*, *szín-vas* (nikkelvas). Tartalmuk szerint megkülönböztetünk *holosziderit*-et (csak termésvasból álló meteorvas), *syssziderit*-et, a melynek nagyrésze nikkellel, és *sporadosziderit*-et, a mely csak kevés nikkellel tartalmaz. Ha a meteorvas símára vágott felületét salétromsavval étetjük, akkor rajta többnyire damaszszerű rajzok jelennek meg, melyek olyanformán keletkeznek, hogy a nagyobb ellentállóképességű, nikkellel gazdagabb ikerlemezek előtűnnek és ebből oktaéderes szerkezetet állapíthatunk meg (WIDMANSTÄTTEN-féle rajzok, 16. kép). Egyéb gyakori alkotórészek a foszfornikkelvas (schreibersit), a cohenit (szénvas), troilit (egyszerű kénes vas), kromit, magnetit, tridymit, kvarcz, olivin, bronzit, pyroxen, plagioklasz, gyémánt, grafit, szén stb. Barna üveget már sokszor megállapítottak benne. Gyakran elnyelt gázok is vannak benne, pl. hidrogén, hélium, argon, szénoxid, széndioxid, nitrogén és szénhidrogén.

A meteoritokban gyakran számos gömbölyded kristályos zárvány található (chondrák), amelyek a földi kőzetekben nem fordulnak elő. Megmerevedési termékeknek, megmerevedett cseppeknek tartják őket és túlnyomóan nikkelvasból, troilitből, olivinből, bronzitból és üvegből állanak. Ezeket a kőveket *chondrit*-nek nevezzük.

Ha a meteoritokat a földi előfordulásokkal hasonlítjuk össze, akkor azt találjuk, hogy a vulkáni termékekhez állanak legközelebb. Tömeges kőzetek, azonban a gránitfajták hiányoznak belőlük.

Földünkön alkotott fogalmaink szerint a meteoritok az égitestek belsejéből származnak, amelyeknek kérge bizonyára vasban szegény meteoritotömegből áll. Azt, hogy miképpen ment végbe ezeknek az égitesteknek a szétrombolódása, nem tudjuk. Lehetséges, hogy összeütközés következtében, vagy pedig vulkáni természetű gázexplóziók következtében robbantak szét. Egyes meteoritokban fluidális szerkezetet észleltek, ami azt bizonyítja, hogy valamikor ezek a tömegek magma-állapotban voltak. A rajtuk látható sűrűlódott (harnikus) felületek és a törmelékes szerkezet viszont a mellett szól, hogy a szétrobbant égitesten valamikor tömegmozgások mentek végbe.

A meteoritok szabad eséssel nagy magasságból jelentékeny sebességgel érnek a Föld felszínére és többé-kevésbé mélyen bevágódnak a talajba. Csekély tömegűknél fogva ezek a mélységek jelentéktelenek. Eddig csak egy helyen találtak olyan mélyedést, amelynek keletkezését meteoritesésnek tulajdoníthatjuk. Észak-Arizonában, nem messze a Diablo-kanyóntól, a vízszintesen települt meszekből és homokkővekből felépült platón, körülbelül 4000 láb széles és 600 láb mély kör alakú üst van meredek falakkal besüllyedve, amelyet körülbelül fél angol mérföld széles földsáncz vesz körül. A sánc a plató fölé 120-160 láb magasságban emelkedik ki és rétegei 80°-ig emelkedő dőlést mutatnak (17-19. kép). A földsánczot kőtörmelékek borítják, közöttük háznagyságú tömbök is vannak. Az üst köbtartalma körülbelül 62 millió köbméter lehet. Ezzel a tömeggel egyenlő a látható kidobott anyag. A tömbök, amelyeknek súlya 50-től több száz fontig terjed, 0.5-2 angol mérföldnyire vannak szétszórva. Az üst fenekét homok és édesvízi képződmények borítják.

[017.JPG]

17. kép. A meteoritok eloszlása a Meteor kráter körül Arizonában. (HOLSINGER S. I. szerint, BARRINGER D. M. munkájából.)

[018.JPG]

18. kép. A Meteor kráter belseje, Arizonában. (BARRINGER D. M. szerint.)

[019.JPG]

19. kép. A Meteor kráter szelvénye. (DARTON N. H. szerint.) Láthatók a kráter felé emelkedő rétegek, a törmeléksáncz, az üst feneké alatt megváltozott részek és a fűrt lyukak.

Ezt az üstöt eredetileg maarhoz hasonlóan gázrobbanás következtében keletkezett kráternek tartották, különösen azért, mert a közelében vulkáni kúpok is vannak. Az üstből azonban a vulkáni anyag teljesen hiányzik. A kráterben és a környékén végzett fúrások pedig kimutatták, hogy a rétegeket kürtő sehol sem töri át. Továbbá a kráter körül számtalan meteoritot találtak, amelyek a több száz kilogrammos daraboktól kezdve a legfinomabb szemecskékig váltakozva, a krátertől 5.5 mérföldnyi távolságra szóródtak szét. A legtöbbet közvetlenül a kráter szélén találták, amelyek mint a Diablo-kanyon vasai ismeretesek és összesen négy

tonnánál is többet nyomnak. Újabban az a vélemény alakult ki, hogy a lyuk egy nagy meteorit esése alkalmával keletkezett, a mely talán még a mélységben fekszik. Ennek megállapítása céljából a kráterből több helyütt lefúrtak s ekkor kiderült, hogy a fenék alatt 8-900 lábnyira már a szálbanálló szilárd szikla következik, a felette levő rétegek pedig nyomás és hőség által palás homokkővé vagy horzsakőhöz hasonlatossá váltak. 600 láb mélységig számtalan nikkelas-részecskét találtak benne. Ezen meteoritek között számos héjas gumó akadt, melyek belsejükből nikkelasat rejtettek és oxidált kéreggel voltak körülvéve.

Föltehetjük tehát, hogy itt valóságos meteoritraj zuhant le: volt közöttük egy 500 láb átmérőjű darab is. Az üstöt pedig az a forró levegőáramlás mélyítette ki, mely a tömegek előtt haladt és robbanásszerűleg oldalt is kihatott. Azt, hogy a meteoritek főtömegével mi történt, csak sejtethetjük. A fúrások eddig még nem jelezték, hogy a meteorit tömege a mélységbe süllyedt volna. Azt sem állíthatjuk, hogy oxidáció következtében teljesen eltűnt, mert hiszen sok apró részecske megmaradt és a vidék éghajlata száraz. Éppen olyan kevésbé mondhatjuk, hogy apró darabokra tört, mert azokat meg kellett volna találni. Még arra az esetre is gondoltak, hogy a meteorit ismét visszapattant, s egy más helyen, talán a Csendes-óceánba esett le. Szóval ez a kérdés ma még megoldatlan.

[020.JPG]

20. és 21. kép. Erősen díszített felszínű moldavitok.

A vas- és kőmeteoriteken kívül, a melyeknek kozmikus eredetét kimutatták, *üvegmeteoriteket* (SUESS F. E. szerint *tektitok*) is említene. Eredetüket eddig még nem ismerjük. A Föld felszínének különböző, egymástól messzefekvő részein, úgymint Dél-Csehországban és Morvaországban, a Hátsó-Indiai félszigeten, Ausztráliában és Tasmániában, azonkívül egyes más pontokon is, a Föld felszínének legfiatalabb rétegein, részben legömbölyített darabokban, számtalan áttetsző, zöldesfekete üveget találtak. Alakjuk, felszínük szerkezete és kémiai összetételük - többnyire savas mész- és káliüvegek - a lelőhelyek szerint nagyon különböző. Éppen ezért a lelőhelyük szerint különböző néven jelöljük őket: a cseh- és morvaországiakat: *moldaviteknek*, a hátsó-indiaiakat *billitoniteknek*, az ausztráliaiakat és a tasmániaiakat *australiteknek*, illetőleg *queenstowniteknek* nevezzük (20-27. kép). Ritkán érnek el tyúktojás nagyságot. Alakjuk nagyon különböző: szimmetriátlan csészeszerű és táblás vagy lepényalakú üvegcserepek, kocsányszerű darabok vagy szimmetriás köralakú korongok, ellipszoidok, körte-, lencse- és homokóra alakúak, sőt gömbalakúak is vannak közöttük. Üveges golyók is előfordulnak. A most felsorolt alakok töredékek, vagy pedig sokszor teljesen egész testek. A moldavitek és a billitonitek erős szculpturájukkal tűnnek ki; a szculptura gyakran éles taréjokban nyilvánul s az egyes taréjokat mély barázdák választják el egymástól. A szculptura gyakran összhangzásban van az alakkal, például a köralakú darabokon sugarasan halad. A szculptura legmagasabb pontját összekötve, megkapjuk azt a felületet, a melybe az egész domborzat (relief) be van dolgozva. Sokszor a szculptura gyengébb. Fölötte rendszeren valamely hozzá hasonló fekszik, kisebb kiadásban. Az egész felszínnek tompa, lakkszerű fénye van, melyet finom gödröcskék okoznak s ezt az összes tektitokban megtalálhatjuk. Ez bizonyára valami marási tünet eredménye. Az australitekről és a queenstownitekről többnyire teljesen hiányzik az erős szculptura; az australitek fénytelen szemecskés felszínűek, mint amelyet gyakran a sivatag görgetegein látunk.

[022-023.JPG]

22. és 23. kép. Billitonitek.

[024.JPG]

24. és 25. kép. Ausztralitek. (SUESS F. E. szerint.)

[026-027.JPG]

26. és 27. kép. Queenstownitek. (SUESS F. E. szerint.)

A most említett leleteknek magyarázatát még nem derítették ki. Arra is gondoltak már, hogy mesterséges üvegekészítmények, mások ismét vulkáni, sőt holdkráterből származó eredetre gondoltak, vagy pedig kozmikus üvegeknek (*üvegmeteoriteknek*) tartották. A vulkáni eredet ellen több bizonyítékunk van. Ilyen bizonyítékok, hogy a vulkáni kőzetben még sohasem találtak üvegmeteoritet, továbbá hogy a tűzhányó hegyek az üvegmeteorit lelőhelyeitől nagy távolságban vannak és hogy az üvegtermékek alakra, chemiai és fizikai tulajdonságukra nézve nagyon különböznek egymástól. Vulkanai eredetüket az is valószínűtlenné teszi, hogy előfordulásuk csak kevés és egymástól nagy távolságokban levő helyekre szorítkozik. Továbbá az sem valószínű, hogy előfordulásuk szerint oly feltűnő különbség mutatkozzék a külső alakban. Nem hasonlítanak még a meteoritekhez sem, melyek többnyire olyan töredékek, melyek átrepülve a légkörön, eközben megolvadtak, mialatt éppen a csúcsok és az élek voltak megtámadva. A domborzat, melyet olvadással (levegő-korrázio) nem magyarázhatunk meg, ezeken a felszínbe van bedolgozva, míg a meteoriteken eredeti volt és eltörlődött. Továbbá üvegmeteorit hullását még senki sem figyelte meg s az egyetlen megfigyelés, melyet eddig jelentettek, tévedésen alapult. Így nagyon nehéz a meteoritek hasonló alakja és összetétele mellett a tektitek alakban, díszítésben és chemiai tulajdonságokban való különbségét az egyes vidékek szerint megmagyarázni. Sokszor annyira sajátosságosan ugyanazok az alakok fordulnak elő (pl. gomb- és piskótaformák Ausztráliában), hogy természetes eredetük nem valószínű.

Az is nehézségekbe ütközik, hogy a tektiket mesterséges üvegeknek nyilvánítsuk. Nagyon feltűnő, hogy a Földnek csak olyan kevés vidékére szorítkoznak, bár a legutóbbi időben a lelőhelyek gyarapodtak. Nehezen tudjuk megmagyarázni előfordulásukat olyan vidékeken, a hol régi üvegiparnak semmi nyomát sem találjuk, s a hol a régi emberi kultúrának semmi jele nincs meg. Nagyon csodálatos, hogy gyakran nagy kiterjedésű vidéken, pl. Ausztrália nagy részén, a tektitek chemiai összetételükben, fizikai tulajdonságukban és alakjukban egységesek. Sok darabnak oly sajátosságos domborzati díszítését, továbbá a lelőhelyek szerint mutatkozó különbségeit még ma sem tudjuk megmagyarázni. Mindez talán az éghajlattal függ össze; a szivárgó vizek a moldaviteket a legerősebben marták ki, a billitoniteket és a queenstowniteket pedig gyengébben (a rovátkás kővek analógiájára; lásd a III. A) fejezetet), míg az australitek szélkorrázióját már ismerjük. Ezek a kérdések azonban a mai kutatások alapján még nem dönthetők el.

II. A FÖLD BELSŐ ERŐINEK MŰKÖDÉSE.

A) A vulkáni jelenségek.

Vulkanizmusnak nevezzük azokat a jelenségeket, melyek a megolvadt folyékony közettömegeknek (*magma*) a Föld belsejéből a Föld szilárd kérgére való kitörésével kapcsolatosak. Ha ezek a Föld felszínén egyáltalában nem mutatkoznak, akkor *mélységbeli vulkáni jelenségeknek* (*mélységbeli vulkánosság*) nevezhetjük. Ha a Föld felszínén is észrevehetők, akkor a jelenségeket *felszíni vulkánosságnak*, vagy röviden *vulkanizmusnak* nevezzük. A mint későbbben látni fogjuk, a vulkánosságot a felszínen gyakran csak forró vizek és gáznemű anyagok kitörése jelzi.

Mélységbeli vulkánosság.

A mikor a szilárd földkéreg képződött, a Föld belsejének a világűrbe való szabad hőkisugárzása megakadt.

Előbbi tárgyalásunk szerint a leginkább kielégítő adatok alapján a Föld kérgének vastagsága körülbelül 100-200 km lehet. Ez alatt körülbelül 1400 km vastagságban a magmazóna következik, mely a nehéz és merev földmagot zárja körül. A magmazóna állapotáról csak sejtelmünk van, azonban mégis azt állíthatjuk, hogy az itt uralkodó óriás nyomás a több ezer fok hőmérsékletű kőzetoldatokat bizonyos fokig megszilárdult állapotban tartja, ezek a kőzetoldatok azonban nyomáscsökkenés alkalmával azonnal folyós állapotba mennek át. A piroszféra tömegei valószínűleg fajsúlyuk szerint különválva helyezkednek el, a fajsúly pedig az ásványösszetétel és a gáztartalom szerint változik. Az is lehetséges, hogy a piroszféra tömegei súlyuknak megfelelőleg kéreghéjasan, vagy pedig *slir*-szerűleg egymást átszöve, helyezkednek el. *Slir* (Schlier) elnevezéssel valamely testnek azt a részét jelöljük, a mely a többi tömegtől különbözik ugyan, de vele átmenetekkel összefüggésben van. A folyékony anyagok ritkán egészen egyneműek, hanem majdnem mindig szabálytalan slírekkel vannak átszöve, a miknek más fizikai tulajdonságaik vannak.

Abban a régi korszakban, amidőn a Föld belseje még rohamosabban veszítette melegségét, valószínűleg magából a piroszférából tódultak ki a tömegek, áttörve a pánczéltakarót, vagy ha ezt nem voltak képesek megtenni, akkor ebben merevedtek meg. Úgy látszik, hogy a magmazóna ma már hatástalan a Föld felszínére; kitörései ma csak egyes periferikus tűzhelyekre szorítkoznak, melyek a szilárd földkéregbe zárva, izzó-szilárd vagy izzó-folyékony állapotukat megőrizték. A tűzfészkek talán már összeköttetésben sem állanak a magma-zónával, tehát folytonosan előrehaladó megmerevedés mellett létük csak bizonyos korlátolt időre szorítkozhatik. Ezt bizonyítja, miként látni fogjuk, az a körülmény, hogy egyes vulkáni jelenségek nagyon is mulékony jellegűek, továbbá, hogy a Föld történetének nagy erupciós periódusai, amennyire visszafelé pontosan követhetők, a vulkáni működéseknek feltűnő megbénulását árulják el. Az egymáshoz aránylag közel fekvő vulkáni vidékek anyaga merőben különböző és a szomszédos erupciós középpontok gyakran teljesen függetlenek egymástól. Egyes vulkáni vidékeken a hőmérséklet a mélyben feltűnő gyorsan növekedik; ez a körülmény szintén valamely izzó tűzhely közelségét sejteti velünk. Azt is megfigyelték, hogy az ugyanazon helyen kitódult magma-anyagok minéműségében nagy a változatosság. Ezt szintén csakis az egyes korlátolt tűzhelyek megkülönböztetésével magyarázhatjuk meg. Hogy ezt az ügyet egészen durva példával világítsuk meg, azt mondhatjuk, hogy talán először a

legmélyebb vagy a legmagasabb részek tódulnak ki s a többiek bizonyos sorrendben nyomulnak fel egymás után.

A földkéreg kőzetei sülyedés által is olyan régiókba kerülhetnek, hogy ismét megolvadnak. Állítólag 40 km-nyi mélység elegendő ahhoz, hogy a legtöbb ásvány megolvadásához szükséges hőmérsékletet (körülbelül 1200°C fokot) elérjük.

Azt, hogy milyen körülmények mozgatják a magmát s irányítják útját a Föld felszíne felé, nem tudjuk. Lehetséges, hogy a szilárd földkéreg háborgásai hatnak annyira a hatalmas nyomás alatt álló tömegre, hogy ezek egyszerre folyékony halmazállapotba mennek át, éppen úgy, mint a hogy a nyomás alatt álló túlhevített víz robbanásszerűleg válik gőzzé, mielőtt kellő nyomáscsökkenés áll be. A hőmérséklet emelkedése fizikai vagy kémiai úton is bekövetkezhetik, a mely a magmát arra képesíti, hogy sugárirányban, a Nap protuberanciáihoz vagy valamely szúrólánghoz hasonlóan, kergét megolvassza. Ez a *megolvasztási elmélet* azokra a többször tapasztalt megfigyelésekre támaszkodhatik, a melyek szerint a mélységből feltóduló magmák a Föld felszínének kőzeteit csak részben emésztették fel, úgy hogy ezeket, ha mindjárt megváltozott állapotban is, a feltódult tömeges kőzetek vidékein végig nyomozhatjuk. A sok száz méter vastag réteges kőzeteken keresztülhatoló és csekély átmérőjű lávacsatornák, a melyek nem hasadékon fekszenek, csakis a kőzeteknek nagy nyomás alatt végbe ment fölemésztésével magyarázhatók meg (V. ö. a 115. képpel).

Ezen elmélet ellen azt hozták fel, hogy a Föld felszínén levő áttörési kőzetek összetétele független a már áttört s ezáltal fölemésztett kőzetek összetételétől. Ezen nem csodálkozhatunk, ha arra gondolunk, hogy a magmában áramlások is vannak, a melyek a Föld felszínén a hővesztéséget pótolják és hogy az ennél számbavett magma-tömegek a feloldott kőzetek tömegét többszörösen felülmulják.

Olyan elmélet is van, mely szerint a Föld belsejének nyomásjelenségei, pl. a kéregrögöknek bizonyos sülyedése, a magmát kisajtolják. Ez az elmélet egyes esetekben helyénvaló.

Nagyobb magmatestek magyarázatául a tető mechanikai beszakadását veszik föl, melynek rögei lesülyednek és beolvadnak (*rátámaszkodási elmélet, feltolódás*). Figyelmet érdemel az az elmélet is, mely szerint a magma a folytonos megmerevedés közben gáztól mentes lesz és a feltájtékozó gázok okozzák a feltöréseket.

A magmamozgás mechanikájában tehát bizonyosan nagy szerepe van a magma gőz- és gáztartalmának. Elképzelhetjük, hogy már az eredetileg izzón-folyó földtest tetemes gáz- és gőztömeget tartalmazott elnyelve, a melyekből részben a szilikátoknak, mint a földpát, a csillám s ehhez hasonló ásványoknak kémiaiilag kötött vize ered s a melyek részben az előrehaladó megmerevedés alkalmával szabadulnak fel. Így egy liter megolvadt ezüst 22 liter oxigént nyel el. Azt, hogy a kőzetekben mennyi vízgőzmennyiség van lekötve, kísérletekből tudjuk. Így 1 kg gránitpor, melyet először 200°-on kiszárítunk, vörösizzó állapotban és léghíjas térben 10 gr vizet ad, gázokból pedig saját tömegének 6-7-szeresét. Egy köbméter gránit tehát, melynek súlya 2664 kg, 26.64 kg vizet ad, egy köbkilométer gránit 26.64 milliárd kg, vagyis 27 millió köbméter vizet és vagy 7 milliárd köbméter gázt ad 150°-on s vagy háromszor annyit vörösizzó állapotban. A gránit gázában 77 % hidrogén, 15 % széndioxid, 5 % szénoxid, 2 % metán és 0.83 % nitrogén és argon van.

Az Európában észlelt vulkáni kitöréseknek egyik legnagyobbika volt az Etnáé 1865-ben. A kitörés 200 napig tartott és naponta 10.000 tonna vízgőzt adott, az egész idő alatt tehát 2 millió tonnát, vagyis ennyi gőzmennyiség előállításához, tehát ekkora vulkáni kitörés előidézéséhez, vörösizzó állapotban ¼ köbkilométer gránit elegendő. Azokhoz a kőzettömegekhez képest, a melyek a szilárd földkérget fölépítik, sőt még a kisebb hegytömegek köbtartalmával

szemben is, a szóban forgó közettömeg oly csekély, hogy elképzelhetjük, minő alárendelt tünetények Földünk háztartásában még ezek az óriás vulkáni folyamatok is. Láthatjuk tehát, hogy a földkéreg aránylag csekély részének fölolvadása hatalmas gőz- és gáztömegeket tesz szabaddá, a melyek centrifugális irányban fognak nyomást gyakorolni takarójukra.

Annak a víztömegnek is, a mely a Föld felszínéből beszivárog, bizonyos jelentőséget tulajdonítottak a kitörések fizikájára nézve, de ha ezt a folyamatot valóban figyelembe vesszük, akkor tartsuk szem előtt, hogy az ebben közreműködő tömegek jóval csekélyebbek, mint azok, a melyek a magmából erednek. Azt is nehezen tudjuk elképzelni, hogy miképpen jut a magma cseppfolyós állapotba anélkül, hogy nagy nyomás alatt álló gázai elillannának. A felszálló magma csak a hegynyelvesség tömegeit találja, a melyek bizonyára robbanásokat okozhatnak.

Mindenesetre számolnunk kell tehát a Föld belsejének magmájával, melynek az a törekvése, hogy a Föld kérgén áthatoljon. A megolvasztási elmélet szerint ez több esetben megtörténik, különösen ott, a hol nagyobb kiterjedésű tömegekről van szó és a közetburkolat fölemésződik. Más esetekben ismét a már meglevő rések és hasadékok egyengetik a magma útját, a melyen keresztül a magma gyorsabban s minden erősebb lehülés nélkül tud előtörni. Azt azonban határozottan hangsúlyoznunk kell, hogy a Föld kérgét gyakran törik át olyan keskeny magmacsatornák is, a melyek nem hasadékokat követnek. Ez az erekhez hasonló benyomulás a szilárd közetbe az izzó anyag gyors mozgását tételezi fel és az ilyen csekély magma mennyiség gyors megmerevedése miatt akadályokat gördít a megolvadási elmélet elé.

[028-029.JPG]

28. kép. A Föld kérgébe benyomuló batolit; *a, b, c, d* a folyton előrehaladó letarolás által keletkező térfelszínek (vonalkázva), miáltal a Földből (29. kép) először *a b*, majd *a c, c,* *c* és végre egységes tömegben *a d* hatol a Föld felszínére.

Ha a Föld felszínére törekvő magmatömegek nem tudnak annyi hőt vagy erőt fejleszteni, hogy a Föld kérgét áttörhessék, hanem abban némiképpen megakadnak, akkor *kriptovulkáni* tünetényekről (*intratellurikus* vagy *mélyégi erupciókról*) beszélhetünk, a melyeknek keletkezése természetesen rejtve marad előttünk. Csak akkor közelíthetjük meg ezeket, ha a földkéregnek takaró felső részei már eltávolodtak. Ilyen mélységi kitöréseket tehát a Földnek csakis régebbi korszakaiból ismerünk. Ezek közé tartoznak először is a *tömzsők* vagy a *batolitek*; nagy, szabálytalan magmatömegek, melyeknek keresztmetszete a mélységgel együtt növekedik és amennyire a megfigyelések eddig terjednek, a földkéregnek semmi öregebb rétege nincsen alattuk, vagyis fekszenek az örök mélységben van; tehát látszólag tágas összeköttetésben vannak a föltevéses magmatűzhellyel (28. kép).

[030.JPG]

30. kép. Működő és kialudt vulkánok batolit felett. (DALY R. A. szerint, WOLFF F. munkájából.) A nyilak az áramlások irányát jelzik.

Fedő takarójuk - a mely nem más, mint a Föld kérgének át nem tört része - néha dómszerűleg boltozott, azonban mellékközetük nem mutat semmiféle feltüremlést vagy egyéb nagyobb települési zavarokat. A folytonos letarolás mellett horizontális kiterjedésük egyre szélesbbedik s a szomszédos tömbök egyesülnek (28. 29. kép). Minthogy batoliteket csak a Föld régebbi korszakaiból ismerünk, ezért nem tudjuk, hogy miképpen emelkedtek ki a Föld felszíne felé s vajjon az egykori vulkánok tűzhelyeinek, vagyis az úgynevezett *vulkános forradásoknak* tekintsük-e őket (30. kép), vagy pedig nem volt elég erejük ahhoz, hogy takarórétegeiket

áttörjék. Külső tömegeik gyakran óriásiak, mint pl. a Harzban, az Óriás-hegységben, a Mont-blancban stb. Minthogy a hatalmas magmatömegek kitódulása néha felgyűrt hegységekkel kapcsolatos, régebben ezeket a hegyképződés okainak tekintették. Ez a kapcsolat azonban csak egyes jelentéktelen esetekben észlelhető. Az előbb említett vélemények szerint a batolitek legtöbbször nyugodtan nyomultak bele a Föld kérgébe.

Azt is figyelembe kell vennünk, hogy néha a batolitek teljesen át is tudták törni a takarójukat s ilyenkor nagy kiterjedésű nyíláson át nagy magmatömegek léphettek ki. Ezeket a folyamatokat *areális erupcióknak* nevezzük. Ezek a Földnek abban a kezdetlegesebb fejlődéskorszakában mentek végbe, mikor bolygónk kérge még vékonyabb volt és így a páncéltakaró képződését támogatták (31. kép). Eddig olyan erupciókat még nem mutattak ki, melyeknek megfigyeléséhez hozzáférhettünk volna, még a földkéreg legfelsőbb részeiben sem.

[031.JPG]

31. kép. Areális erupció (WOLFF F. szerint). A magma (fekete) áttöri a Föld kérgét (vonalkázott rétegeket) és kiömlik a Föld felszínére.

Észak-Amerikában, a Henry Mountains-ben a földkéregbe nyomult magmatömegnek sajátos típusával találkozunk. Ezek a réteghézagokba vannak sajtolva (*intruzív tömegek*) és kifejtett nyomásuk következtében a felettük levő rétegeket kúpszerűleg felemelték. Ilyen módon gomba- vagy kenyérialakú közettömegek keletkeztek, melyeket a mélység tűzhelyével nyél köt össze. Ezeknek az intruzív tömegeknek megnevezésére a *lakkolit* kifejezést használjuk (32. kép). A lakkoliteknek többféle alakját különböztethetjük meg, A fedőrétegek *periklinális dőlése* (minden oldal felé irányuló dőlés) már a felszínen jelzi a még föl nem tárt lakkolitokat. Ha a magmanyomás felülmúlja a felette települő rétegek ellenálló erejét, a takaró felhasad vagy pedig az intruzív-testnek esetleges sülyedése alkalmával beszakad.

[032.JPG]

32. kép. Lakkolit keresztmetszete apofizisekkel és rétegintrúziókkal, vagyis teleptelésekkel. (GILBERT G. K. szerint.)

Észak-Amerikában a legfiatalabb harmadkorban intruzív-magok által egész hegységek keletkeztek s ezek az intruzív-magok 3500 m vastag közettakarót is felemeltek. Ma már a mélyreható erózió a napfényre hozta ezeket a magokat a melyeken a letarolás összes folyamatai láthatók. Egyes lakkolitek 2300 m vastagok és 20 km területűek. Ezenkívül sok más ponton, pl. az Alpokban (Adamello), Skandináviában, Mexikóban és még más helyeken különböző képződményekben, azonban többnyire kristályos palákban mutattak ki lakkoliteket. Az intruzív-formák alakjából önként következik, hogy folytonos letarolással a lakkolitek egészen a nyélig eltűnnek. Éppen ebben különböznek a batolitektól.

A csekélyebb ellenállás miatt a magmatömegek könnyebben hatolnak be a Föld felszínének megzavart rétegei közé és ezért a hegységekben gyakrabban fordulnak elő. Ilyen módon magyarázzák az Alpokban előforduló zöldkövek keletkezését is, melyek látszólag az egyes hegyrögök közé vannak beszorítva.

[033.JPG]

33. kép. Apofizisek a kőzetben.

A mélységbeli nagyobb magmatömegek csatornákat, *teléreket* vagy *ereket* bocsátanak ki, melyeket *apofíziseknek* nevezünk (32. 33. kép). Néha elágaznak és ágakban végződnek (*telérág*) mint *széttördelt telérek*. Abból a körülményből, hogy messzire elnyúlnak s amellet vastagságuk csekély, azt következtethetjük, hogy behatolásuk nagyon gyorsan történt. Nem is volt szükséges, hogy a hasadékok már előbb keletkeztek légyen, a melyeket a magma csak kitöltött volna (*injekció*), hanem valószínű, hogy a nyomás következtében a hasadékok föl-szakadása és ebbe a magma benyomulása egyidejűleg ment végbe (*intrúzió*). Többször megfigyelték, hogy a már meglevő teléreket ismét fiatalabb hasadékok keresztezték, melyekbe a magma ismét behatolt. Ilyen módon meg tudjuk különböztetni a különböző telérek viszonylagos korát, amennyiben a keresztező telér (*a vető*) mindig fiatalabb a keresztezett (*elvetett*) teléernél (34. kép). Az intrúziók közé számíthatjuk a szétfeszített réteghézagokba sajtolt csekély vastagságú magmatömegeket is, az ú. n. telepteléreket. A leghatalmasabb példány közülök Whin Sill 20 m vastag bazalttáblája, mely Northumberland horizontális rétegei közé települve több mint 100 km-nyire követhető (35. kép).

[034.JPG]

34. kép. Egymást metsző telérek. (GEIKIE A. szerint, WOLFF F. munkájából.)

[035.JPG]

35. kép. A nagy Whin Sill keresztmetszete, teleptelér. (GEIKIE A. szerint, WOLFF F. munkájából.)

A földkéregbe hatoló magmatömegek hőveszteségük következtében megmerevednek és a Föld kérgét vastagítják. Ilymódon *megmerevedett, áttörési* vagy *tömeges kőzetekké* válnak. E kőzetek minemősége az olvadt anyag összetétele szerint különböző, de még ugyanaz a magma is a különböző körülmények között különböző megmerevedési termékeket szolgáltat. Ennek a tapasztalatnak nagy és értékes jelentősége van, mert a geológus ebből ismerheti meg azokat a viszonyokat, melyek között a magma megmerevedett. Alapvető jelentősége van a megmerevedés lefolyásának is. Sok függ attól, hogy a megmerevedés lassan, nagy nyomás alatt létesült-e, továbbá hogy a magmában levő gőzök és gázok közreműködésével, vagy pedig hirtelen történt-e miután a gázok elillantak. Az első eset akkor következik be, ha a magma nem tudja áttörni a Föld kérgét, vagyis a mélységben merevedik meg (*mélységbeli vagy plutonikus kőzetek*). Ezek kristályos - szemecskés, *gránitos* szerkezetűek, a mi azt jelenti, hogy a kristályosan kiképződött kőzet-alkotórészecskék minden kötőanyag nélkül, egymással közvetlenül össze vannak növe. Ha a magma nem a mélységben merevedik meg lassacskán, hanem a telérekben, vagy a Föld felszínére való kiömlése után, akkor a lehűlés már annyira előrehaladott lehet, hogy az egyes alkotórészecskék már kikristályosodtak, még mielőtt a gőzök hirtelen eltávozása által kristályosodás nélküli üvegszerű megmerevedés következne be, vagy pedig valamely parányi kristálymagocskákból álló, makroszkóposan sűrűnek mutató tömeg (*felzit*) keletkezne. A kifejlődött kristályok mint *zárványok* ülnek ebben az alaptömegben. Az ilyen szerkezetet *porfírosnak* nevezzük. A porfíros szövet a *telér*-, és az effuzív *kiömlési kőzetek* sajátja, s ezeket a kőzeteket általában vulkáni kőzeteknek szoktuk nevezni. Ha a kihűlés oly hirtelenül megy végbe, hogy kristályképződés nem történhetik, akkor *üveges szerkezet* jön létre.

[036.JPG]

36. kép. A vasban (fekete) és kovasavban gazdag (világos) alkotórészekből álló magmatömb a Föld kérgébe hatolt és a szomszédos részeket a kontaktusban (finoman pontozott) megváltoztatta.

[037.JPG]

37. kép. A metamorfózison keresztül ment kőzet letarolás által a felszínre ér és magmatömböt sejtet a mélységben, miközben folytonosan előrehaladó merevedés mellett a tömegrészecskék specifikus fajsúlyuk szerint helyezkednek el.

A batoliteket és a lakkoliteket lassú megmerevedés által keletkezetteknek kell tekintenünk, s azért többnyire a mélységbeli kőzetek szerkezetéhez hasonlítanak. Azok a telérek azonban, a melyek belőlük kiágaznak és azok a részek, a melyek valamely áttörésnél a Föld felszínén merevedtek meg, a vulkáni kőzetek szerkezeti formáját mutatják. Tehát az is lehetséges, hogy ugyanabban a tömzsben a felszíni részek porfíros szerkezete átmehet lassankint - az alaptömeg szemecskéinek gyarapodásával - a mélységi tömegek gránitos szerkezetébe.

[038.JPG]

38. kép. A kovasavban gazdag mélységi kőzet kontakt-udvarral körülvéve a felszínre ér és mállási termékeket szolgáltat. A mélységbeli vasban gazdag magma még nem merevedett meg.

Mikor a magmatömb a Föld kérgébe hatol, akkor a vele érintkezésbe jövő kőzetrészek a hőség és a túlhevített s nagy nyomás alatt álló gázok hatása következtében az érintkezés helyén, a *kontaktus*-ban, *megváltoznak* (kontaktmetamorfózis; 36-38. kép). A nagy hőség és nyomás hosszú ideig tartó hatása következtében, továbbá a gázok és gőzök közreműködésével (*pneumatolitikus metamorfózis*), valamint a túlhevített víz munkájával (*hidatotermikus átalakulás*) a mélységi kőzetek különösen erős hatást fejtenek ki. Sok anyag megolvad és más helyen mint *kontaktásvány* kikristályosodik; átkristályosodás és a kőzetek kémiai átalakulása (*metaszomatikus átalakulás*) megy végbe, a külső alak és gyakran a szerkezet megmaradása mellett. A mészkő márvánnyá, részben mészszaruszirtté alakul át és mészszenesedésként gazdag szilikátok keletkeznek, mint pl. a wollastonit, a vezuvián, a gránát és a csillám. A tömött agyagos kőzetek, mint az agyagpala és a márga, elveszítik palás szerkezetüket és kristályossá válnak, a biotit, a kordierit, az andalúzit, a staurolit és a többiek pedig kiválasztódnak. A változások a kontaktustól gyakran 3 km-nyire is kiterjednek. Ebben a *kontakt-udvarban* gyakran több övet különböztethetünk meg, a melyek 500° és 1000C° közötti hőmérséklet hatása alatt állottak. A külső öv *foltos* vagy *csomós palákból* áll, melyeknek festékanyaga (megszenesedett részecskék vagy kloritpikkelyecskék) kicsi fekete konkrécziókat alkot; majd gabonaszemekhez hasonló kiválások lesznek gyakoriak, azonkívül kriptokristályos szemecskézet, selyemfény, nagy keménység és kagylós törés jelenik meg (a *csomós csillámpalák öve*), a kontaktus közelében pedig rétegzetlen *szarukövet* találunk, a mely nem más, mint kvarcz, csillám, kordierit vagy andalúzit, sőt gyakran turmalin tömött, kristályos elegye. A pneumatolitikus metamorfózisok különösen a mészkövekben metaszomatikus átalakulásokat idéznek elő, a melyek érczek felhalmozódását, pl. ónérczek és vasérczek keletkezését mozdíthatják elő. A palákból kiválik a nikkel, az arany, a mágnesvaskovand (pirrhotin) stb., főképpen pedig a magnetit nagy tömegben mint *magmatikus kiválás* keletkezik. Az ércz-előfordulások tehát nagyrészt az intruzív-telérekhez vannak kötve (*ércztelérek*).

Egyes kutatók szerint a *kristályos palák* intruzív-tömegekkel olvadási kontaktus által keletkeztek, a hol a magmatömböknek gyakran nem is kellett látszaniuk. Mégis különösen az Alpokban arra jöttek rá, hogy a hegyképződés nyomását mint döntő működést kell hozzászámítanunk. (Lásd a metamorfózisokról szóló részt a földkéreg zavargásairól szóló fejezetben.)

A magmatömegben az alkotórészek specifikus fajsúlyuk szerint különválnak; a vasban gazdagok a mélységbe süllyednek, a kovasavban gazdagok a magasabb telepeken gyűlnek össze és mint teli kristályos gránitos kőzetek merevednek meg (36-38. kép). A mélységbeli nehéz bázisos magmarészek hosszabb ideig megolvadt állapotban maradhatnak s alkalomadtán ismét kitörhetnek.

Ezeket a plutói folyamatokat már csak akkor figyelhetjük meg, a mikor a takaró közettömegeket a letarolás eltávolítja. Először a kontakt-udvar ér a felszínre és csak sejteti még a mélységbeli magmatömböt, majd megjelennek az alatta levő gránitos kőzetek, a melyeket a kontakt-udvar vesz körül. A plutói és vulkáni kőzetek természetesen mindig fiatalabbak, mint azok a rétegek, a melyeket áttörtek és a melyek a kontaktusban megváltoztak. Ezáltal a teleptelések is különböznek a rétegek közé benyomult kiömlött tömegektől, mert a teleptelések az alattuk és a felettük fekvő réteget is megváltoztatják a kontaktusban, míg a kiömlött kőzetek természetesen csakis arra a talajra hathatnak, a mely fölé kiterjeszkedtek és már régen megmerevedtek, mielőtt még az új kőzetréteg rájuk telepedhetett volna.

A tömeges kőzetekben a megmerevedés alkalmával, még ha repedésnélkülieknek látszanak is, a slírek szerint rétegszerűen elhelyezett különféle szemcsék láthatók (*folyós, fluidális szerkezet*) és ezen rétegek szerint könnyen hasadnak. Ezeket az elválási lapokat *pályáknak, hasadékoknak, való lapoknak, gare-oknak* nevezhetjük, melyek gyakran csak kalapácsütésekre tűnnek elő. A magma megmerevedése után a további kihülés a tömeg összehúzódása által feszültséget idéz elő, melyet a hasadékok fölszakadása egyenlít ki. Ezek a *kihülési repedések, entokinetikus litoklázisok*, melyeknek keletkezésekor külső erők nem működtek közre. Ismerünk olyan hasadékokat, melyek a magmatömb határfelületével mint kihülési felülettel párhuzamosak és a kőzetet különféle vastagságú, gyakran több méter vastag táblákra vagy gömbhéjakra osztják fel. Néha többé-kevésbé horizontálisan fekszenek vagy pedig gömbhéjak alakjában boltozottak (39. kép).

[039.JPG]

39. kép. A gránitnak gömbhéjas-elválása a Yosemite-völgyben Kaliforniában. (SCHAFFER X. F. szerint.)

A belső folyamatokon alapuló hasadási lapokon kívül ismerünk olyanokat is, a melyek kívülről ható (exokinetikus) nyomás által keletkeztek. Az alkotórészeknek rétegszerű elhelyezkedése arra utal, hogy a magma megmerevedése nyomás alatt történt, minek következtében a nyomás irányára rostosodás keletkezett: ez nem más, mint a nyomást kiegyenlítő tünet. Legnagyobb részt két hasadási irányt különböztethetünk meg, melyek egymást néha csaknem derékszög alatt metszik s többé-kevésbé függőlegesen állanak. Ezeket *diaklázisoknak* nevezzük. A diaklázisok mellett vannak még többé-kevésbé vízszintesen elkülönített felületek, melyek nyomás által keletkeztek és *batroklázisoknak* nevezzük őket, mert padokhoz hasonló alakulatokat alkotnak (40. kép). A háromféle hasadék sokszor koczkaalakú kiválásokat idéz elő, melyeknek felületét a mállás, továbbépítve a tömeges kőzetet, tömbökre osztja. Ezekben a hasadékokban az egymást határoló kőzetrészek között eltolódás, vagy vetődés nem mutatkozik. Erről csak a következő, a földkéreg zavargásairól szóló fejezetben lesz szó.

40. kép. Batroklázisok és diaklázisok az Eggenvölgy porfirjében Bozennél. (KILOPHOT fotográfiája.)

A Föld felszínének vulkáni jelenségei.

A Föld erőinek egyetlen megnyilvánulása sem foglalkoztatta már a legrégibb időktől fogva akkora mértékben az emberi képzeletet, mint a vulkánok működése. E tüneményekben látták a fény világának kapcsolatát az alvilággal, a melynek sötét hatalmait működésük alapján könnyebben tudták megszemélyesíteni, mint a földfölötti istenekét, a melyeknek fényalakjai csak nagyon elmosódott alappal szolgáltak képzelőtehetségüknek.

Már régen kimutatták, hogy az istenek műértő kovácsa, *Vulkánus*, a ki mesterségével a Föld alatt fáradozik, nevét attól a néptől kapta, a melynek állandóan szeme előtt volt műhelyének kéménye, az örökké izzó Stromboli, az Etna pusztító kitöréseivel, a Lipari szigetek, melyek közül egyik, a Vulkáno, magának az Istennek a nevét viseli; az a nép nevezte el tehát, a mely örök városának közvetlen közelében látta a Mons Albanus tűzjeleit világítani. A Vezúv ezekben az ősidőkben még rejtegette valódi természetét.

Az ősnépek démonokat és óriásokat képzeltek a tűzhányó hegyek alá lánczolva, míg a keresztény világnézet a poklot és a tisztító tüzet sejtette bennük. Ezeknek a jelenségeknek tanulmányozása már igen régen megkezdődött. A természetbölcselek kozmogóniájukban sokszor innen merítették vizsgálódásuk kiinduló pontját. A dolog természete szerint kutatásaik azonnal a helyes úton haladtak, mert nyilván mindezeknek a tüneményeknek a Föld belsejében rejlő tűz az okozója. Így megérthetjük, hogy HERAKLITOS szerint a Kosmos legfontosabb, őseredetű elemei: a tűz meg a víz, melyek szüntelenül a többi elemekbe mennek át, a nagy mindenség minden részét áthatják, a dolgokat megteremtik és ismét elnyelik. E gondolatmenetben szinte benne van a legmodernebb atomisztikus világnézet sejtelme. Ezekből az ellentétekből fejlődött ki az a szakadás, mely a plutói és neptuni világnézetet egészen a mult századig egymástól elválasztotta és melyet csak e két nézet összeolvasztásával sikerült áthidalni.

Az agrigentumi EMPEDOKLES behatóan foglalkozott az Etna tanulmányozásával, miközben elragadtatásában a kráterbe zuhant s ott lelte halálát. STRABO leírta a Santorin kitörését, mely alkalommal egy új sziget keletkezett. A hermioni tengeröbölben, Methone mellett levő kitörést is megörökítette, ahol tűzkitörés és kénes gőzök közben hét stadion magas hegy keletkezett. Ebből azt következtette, hogy a tengerben távol fekvő szigetek a földalatti tűz hatására emelkedtek ki. Szerinte a vulkánok a Föld biztosító szelepei és Sziciliát most kevésbé háborgatják a földrengések, mint régebben, a mikor még az Etna, a lipari Vulkán és Ischia még nem nyitottak utat a Föld belsejének feszült gázai előtt. STRABO már a Vezúvban is felismerte a tűzhányó hegyet, pedig az akkoriban emberemlékezet óta nem működött.

STRABO gondolatait SENECA szötte tovább, aki *Quaestiones naturales* című munkájában a földrengést azzal magyarázta, hogy ezt a Föld belsejében összegyülemlett gázok hatalmas kiterjeszkedése idézi elő, vagy pedig földalatti üregek szakadnak be s ez okozza a tüneményt. Szerinte a földrengéstünemények fokozódása vulkáni kitörésekben nyilvánul és a vulkánok összekötő csatornák a belső izzótűzhelyek és a Föld felszíne között. Ismeretes IDŐSB PLINIUS tragikus halála a Vezúv kitörése alkalmával Kr. u. 79-ben, a melyet IFJABB PLINIUS, TACITUS-hoz intézett két levelében olyan szemléltetően ismertetett.

Az ókor természetbölcselei a vulkanizmust a Föld izzófolyós belsejével vagy földalatti tűzhelyekkel hozták okozati összefüggésbe s az ő idejüktől kezdve a vulkanizmusról szóló ismeretek az egész középkoron át egészen korunkig nem változtak, sőt végső okainak felfogásában ma sem jutottunk tovább. Csak azok a kérdések szaporodtak meg hasonlíthatatlanul, a melyeket ma a Föld belsejének fizikai minemiségére, az eruptív erők székhelyére és természetére nézve fölvetünk, persze anélkül, hogy akár ma, akár a jövőben is e kérdésekre biztos feleletet várhatnánk.

E kérdések egyikét-másikat csak a legújabb időben értelmezték helyesen. Közéjük tartoznak olyanok is, a melyekre a feleletet pedig, mint hinnünk kellene, a közvetlen megfigyelésekből kifogástalanul meg tudnók adni. Ide tartozik az annyszor emlegetett vitás kérdés, hogy vajjon a vulkánok mint *kiemelkedő kráterek*, boltozódtak-e föl (*fölemelkedési elmélet*), a mint ezt BUCH és HUMBOLDT magyarázták. Ma tudjuk, hogy a valódi vulkáni hegyek feltöltődés által (*feltöltési elmélet*) keletkeztek. Azonban éppen a legutóbbi időben ismertünk meg olyan eseteket, melyekben az előtörő magma a rétegeket jelentékenyen felboltozta, úgy hogy éles határt itt sem igen vonhatunk.

A kitörések középpontjai.

A Föld belsejének izzón-folyós és gáznemű magmája vagy azokon a *repedéseken* keresztül jön ki, melyek a Föld kérgét metszik, vagy pedig azokon a többé-kevésbé kerek csatornákon át közlekedik, melyeket *kéményeknek* (*kürtő*) szoktunk nevezni. A Föld felszínének azt a helyét, a hol a kitörés kéménye nyílik, *vulkánnak* nevezzük. A vulkán fogalma a nyelvhasználatban a *kráter* előfordulásához van kötve, mely többnyire kerek, tölcséralakú mélyedés és a kémény tölcsértorkolatát alkotja. Itt természetesen a kitöréseknek olyan középpontjaira gondolunk, melyek még ma is működnek, vagy pedig alakjukat jól megőrizték. Azokon a vulkánokon, a melyek régen nem adtak magukról életjelt - t. i. a *kialudt* vulkánokon - a krátert a legtöbb esetben nem lehet felismerni. A kráter többnyire nem közvetlenül az eredeti térszíni területbe sülyed, hanem annak a hegynek a csúcsán keletkezett, a mely a kürtőből kitört közettömegek felhalmozásából épült fel. Az ilyen hegyeket nevezzük szorosabb értelemben vett *vulkánoknak*, helyesebben *vulkáni hegyeknek*. Keletkezésük természete szerint többé-kevésbé kúpalakjuk van, különbözően hajlott oldalakkal. Már a tájképen is kitűnnek, amint elkülönítve vagy csoportokban együtt állanak a nélkül, hogy összefüggő hegyvonulatot alkotnának. A ma általánosan elfogadott feltöltési elmélet szerint valamely *kitörés*, *erupció*, *paroxysmus* alkalmával a Föld belsejéből előtörő anyag a kitörés kéményétől minden irányba lehullva, *periklinálisan*, sokszor a maximumot elérő lejtési szög alatt halmozódik fel (41. kép).

[041.JPG]

41. kép. Többször megismétlődő kitörések révén keletkezett vulkán eszményi keresztmetszete. (SCROPE P. szerint.)

Az alaptalaj rétegeinek emelkedését többször megfigyelték így Auvergneben, a Puy Chopinen is (42 kép), ahol a kitörő magma egy gránitögöt emelt ki. A kitörések alkalmával keletkező parti tölcsérek kiemelkedései, melyeknek eredete még vitás, a magma nyomására és gőzeire vezethetők vissza. Ezek a jelenségek azonban a vulkánhegynek az alakjára legfeljebb csak alárendelten hatnak, mert a vulkán nem az alaptalaj emelkedése és fölboltozása által keletkezik, miként ezt az *emelkedési elmélet* föltette.

[042.JPG]

42. kép. A Puy Chopine Auvergne-ben felemelt gránitröggel. (SCROPE P. szerint.)

Sokszor a kitörések következtében a vulkán alatt tömeghiány keletkezik, mire az alaphegység lesüllyed. Ilyenkor az alaptalaj rétegei a kürtő felé is dőlhetnek, amint ezt több megfigyelt esettel bizonyíthatjuk (43. kép).

[043.JPG]

43. kép. A kitörési kürtő felé lejtő harmadkori rétegek Auckland-nál, Új-Seeland szigetén. (HEAPHY C. szerint, SCROPE P. munkájából.)

A kráterek átmérője és mélysége különböző méretű lehet. A szélső részek utólagos leszakadása, valamely heves kitörés vagy letarolás (erózió) által nagy kiterjedést érhet el s ilyenkor kalderának (*beszakadási-, kitörési- vagy explóziós- és eróziós- vagy letarolási-kaldera*; 44. és 45. kép) nevezik. A mély sugaras völgyek (*barranko*) eredete többnyire erózióra vezethető vissza, csak ritkán keletkeznek valamely kitörés által. A kaldera és barranko elnevezés a kanári La Palma szigetről származik, a hol az egyik kráterüst $1\frac{1}{2}$ földrajzi mérföld átmérő mellett 1600 m mélységű és egy szakadékos mély völgy által nyitva van a tenger felé (46. kép).

[044.JPG]

44. és 45. kép. A kaldera keletkezése (STÜBEL A. szerint.)

[045.JPG]

46. kép. Barrankó és kaldera La Palma szigetén. (HARTUNG G. szerint.)

Vulkáni termékek.

A felnyomuló magma izzón-folyós állapotban, többnyire fehérizzóan jut a Föld felszínére, itt *lávának* nevezzük és a hőveszteség következtében többé-kevésbé gyorsan megmerevedik. Folyékonyságának fokozata nagyon különböző lehet. Vannak lávák, a melyek olyan folyékonyak, mint a víz. Az ilyen láva a fölemelkedő és szétrobbanó gőzbuborékok hatására fölfreccsen és úgynevezett lávaforrás lesz belőle, ilyen pl. a Hawaii szigetbeli Halemaumau lávatóban levő szökőláva, mely esőhöz hasonlóan cseppekben esik szét, miközben a szél szerteszéjjel viszi. Más lávák ismét mindenféle nyúlóssági fokot mutatnak a viszkózus és plasztikus állapotig, s ez a tulajdonság lehetővé teszi, hogy valamely nyílásból kisajtolva felszínükön hirtelen megmerevedjenek s azokat a sávokat megőrizték, a melyeket a nyílás falai nyomtak beléjük. Ezek mint meredek obeliszk (lávatók) maradnak meg (77. kép). *A kovasavban gazdag (savas)* lávák vastagon folyósak, míg a *kovasavban szegény (bázisos)* lávák híg folyósak. A lávák folyékonysága továbbá még a hőmérséklettől, valamint az elnyelt gázok mennyiségétől is függ.

Chemiai és petrográfiai minemőségük szerint külsejük is nagyon változatos. A bázisos lávák sötétszínűek, a savasak világosak. Szerkezetük vagy tömött és üvegmemű, vagy pedig az elillanó gázok következtében likacsos és salakra emlékeztető. Gyakran világosan *folyósos (fluidalis)* szerkezetűk van, mely a hosszában kihúzott likacskák által még jobban kitűnik.

Felszíni alak szerint a lávának főképpen két megmerevedési alakját különböztetjük meg. Az egyiknek felszíne sima, vagy duzzadásos, esetleg kötélformájú domborzattal van fedve, a melyen hosszú repedések húzódnak végig és megmerevedett rögei, mint valami jégzajlás, áttolódásokat mutatnak. A folyási-dudorok (*duzzadások*) és az elnyújtott lyukacsok az áramlás irányát mutatják. Ezek a könnyen folyó magmák, melyek nyugodtan emelkednek föl és kifolynak, gyorsan mozognak és hosszabb ideig folyékonyak maradnak. Olvadási pontjuk 1000° körül van. Ezek a lávák hosszú, kevésbé vastag folyókat és széles lávamezőket alkotnak. Felszínük alakját az a körülmény szabja meg, hogy gőzképződésük csekélyebb és hígfolyékonyságuk következtében belőlük a gázok akadálytalanul elillanhatnak (*lepényszerű-, duzzadékos-, kötél-, fodorszerű-, vagy röviden fonatos-láva*, 47. kép).

[046.JPG]

47. kép. Lepényszerű- vagy fonatos-láva a Vezúv obszervatóriuma alatt. (SOMMER G fotográfiája szerint.)

A nyúlósan folyó láva, melynek olvadási pontja 1300° -ig emelkedik, folytonos kisebb robbanások közben folyik ki, a gázok elillanásuk közben a láva felszínét *szétpattantják*. A gőzképződés erős, a láva hirtelen megmerevedik, a mi megakadályozza a gázok teljes elillanását. A láva tehát szivacsos, ágas-bogas, lyukacsos lesz és fölhalmozott vassalakra emlékeztet (*rögös-, salak-, ágas-bogas-, sustorgó- vagy röviden tuskós-láva*, 48. kép).

[047.JPG]

48. kép. Rögös- vagy tuskós-láva az Etna 1892. kitöréséből. (Vásárolt fotográfia szerint.)

A Hawaii szigeten a lepénylávát *pahoehoe*-nek, a rögös lavát *aa*-nak nevezik, Izland-szigetén pedig ugyanezeket a lávákat *helluhraun*-nak (ejtsd: hedlühreun) és *apalhraun*-nak nevezik.

A láva vagy a földfelület hasadékaiból ömlik ki, vagy a vulkánokban a kráter telik meg lavával s mikor a szélére ér, kifolyik belőle, vagy pedig azokból a hasadékokból tör ki a láva, a melyek a vulkáni hegy lejtőin nyílnak meg (49. kép). *Hasadékömlések* a jelenkorban általában nagyon ritkák és főképpen Izland-szigetén figyelhetők meg. A Föld megreped s a nagyon hígfolyós láva kibuzog belőle. A láva kifolyása a vulkáni hegy kráteréből aránylag szintén ritka. Csak Hawaii szigeten gyakoriak az ilyen kráterből való kifolyások.

[048.JPG]

49. kép. Kitörési hasadék működő kúpokkal a Vezúv oldalán. (SCHMIDT J. szerint, WOLFF F. munkájából.)

Gyakran megtörténik, hogy a hegy oldalai nem tudnak ellentállni a nagy nyomásnak és hasadékok szelik át azokat (50. kép). Ha a láva hígfolyós, akkor izzó sellőkben rohan le, ha pedig vastagfolyós, akkor tészta gyanánt borítja be közvetlen környezetét. Megfigyelték, hogy bázisos, pl. bazaltos lávák óránként 30 km-es gyorsasággal folynak és még a talaj $\frac{1}{2}$ fokos lejtőjén is előrehaladnak. Ilyen lávafolyók 50 km hosszúságot is elérnek és a Föld régebbi idejéből ismerünk olyan eseteket is, melyekben a felszíni kiterjedés még sokkal hatalmasabb volt. Az ilyen fajtájú lavatakarók nagyon vékonyak és ismerünk arra is példákat, hogy a láva csak 10 cm vastag volt. Ezek a gyorsan folyó lávák a talaj fölött végigáramlanak és csak a megmerevedett anyag vékony takaróját hagyják hátra, a mely burkolathoz hasonlóan fedi a talajt. Kiálló tárgyakon, pl. sziklákon vagy fatörzseken is, csak vékony bevonat marad vissza belőlük.

[049.JPG]

50. kép. A Vezúv modellje. Látható a kúp rétegzése, a sugaras telérek, a kráter, a parazita kúpok és a lávafolyók az oldalakon.

A vastagon folyó láva lassan és csak meredek lejtőn hömpölyög tova, belső összefüggését még 40°-os esésnél sem veszíti el és egy kilométeres úthoz több órára van szüksége, vagy még lassabban halad. Gyorsan merevedik meg, vastagabb s csak néhány kilométeres hosszú folyamot alkot, melynek felszíne azonnal salakszerű megmerevedett kérget visel, annyira, hogy a mozgásban levő lávafolyón biztosan keresztülhaladhatunk, mialatt a számos repedésből izzó lávatűz világít ki. Pánczélszerű láva-kéreg keletkezik itt a folyam körül, mely útját ezzel olyképpen burkolja, hogy felületének rögei a homlokzaton fémcsörrenéshez hasonló zajjal lehullanak és a lávafolyam előtt az oldalakra fekszenek, úgy hogy a lávafolyás útját a saját salakján át folytatja, miáltal a talaj lehűtő hatását elkerüli. Ha az ilyen lávafolyam nyugalomba jön és teteje bizonyos szilárdságot ér el: bizonyos magma utánatódulása által homlokzata áttörhet s belőle a láva kifolyhat. Ezáltal folyószerű boltozat - *lávacsatorna* - marad vissza benne (51. kép). Néhol a lávacsatorna cseppkőszerű lávaképződményekkel van kibélelve.

[050.JPG]

51. és 52. kép. Lávacsatornák keresztmetszete megmaradt és beszakadt takaróval. (SCHMIDT J. szerint.)

Ha a tető beszakad, kimagasló vályuszerű meder keletkezik (52. kép). A mondottakból kitűnik, hogy gyakran csak az áramlás végeinek van nagyobb vastagságuk, úgy hogy erősebb letarolás esetén csakis ezek maradnak meg. Nagyon nyúlós, kitóduló lávák úgynevezett *földagadt kúppá* (dagadókúp) boltozódhatnak fel. Régebbi vélemények szerint úgy keletkeztek, hogy a későbbben kinyomuló tömegek a már először kitódult anyagot feltolják, mire ezek oldalt lecsúsznak (53. kép). Minthogy a kitódult kúpokon gyakran központi besülyedést találhatunk, ezek csakis a feltörő magmának minden irányban való lefolyása által keletkezettek (54. és 55. kép). A megmerevedett lávák többnyire üveghólyagocskákkal vannak kitöltve és nagyszámú lyukacsákat tartalmaznak. Különösen ha kovásvanban gazdagok, akkor üvegesen, vagy kristályosan merevednek meg.

[051.JPG]

53. kép. Dagadó kúp (REYER E. szerint.)

[052.JPG]

54. kép. Lefolyás által keletkezett dagadó kúp.

[053.JPG]

55. kép. Mamelon Central, Réunion szigeten. (BORY DE ST. VINCENT szerint, MERCALLI G. munkájából.)

Ha a lávafolyam sok vízgőzt tartalmaz, a megmerevedés alkalmával a gázok hevesen távoznak, a lyukakból gázbuborékok törnek elő, a láva felszíne pedig lyukacsos, salakos lesz. A robbanó buborékok gyakran apró lepényeket ragadnak magukkal, melyek kiélesednek, kiduzzadnak, míglen néhány méter magas kúpot, *kéményt*, *lávakúpot*, *hornitot* építenek föl,

melyekből aztán a gázok elillannak (56. kép). Nagyon folyékony lávákon ezek a földagadó képződmények elérik a 10-12 métert, sőt még a 40 méter magasságot is.

[054.JPG]

56. kép. Földagadt lávatornyok a Halemaumau partján, Hawai szigeten. (HEIM ARNOLD szerint.)

A teljes lehűlés nagyon lassan történik, és a nagy áramok csak évtizedek múlva merevednek meg tökéletesen. A lehűlés közben különféle ásványok kristályosodnak ki. Ilyen módon minden oldalról szép, kifejlődött kristályok keletkeznek, legtöbbször leucit, augit, olivin stb. A gőzök sűrűsödése alkalmával is többféle kristályképződmény alakul, így szanidin, leucit, augit, biotit (*pneumatogén-kristályok*), valamint kősó, szalmiák és vaskloridbevonatok is keletkeznek. Ha a lehűlés továbbfolyik, a vízgőz már csak sósavat és kénessavat, ha a hőmérséklet 300° alá süllyed, akkor még csak kénhidrogént és széndioxidot tartalmaz. A kénhidrogénből szétbomlás által kén válik ki, illetőleg szublimálódik és a vízgőz hatására a vaskloridból vasfényle és sósav keletkezik. A megmerevedett láva kihűlése alkalmával feszültség támad, melynek hatására a láva szövete szétválik. A tömeges kőzetekéhez hasonló *lehűlési repedések* keletkeznek, melyek gyakran csak mint csekélyebb kohéziós felületek vehetők észre.

[055.JPG]

57. kép. Gömbhéjas alakban elváló bazalt Lukareczen Temes megyében. (LÓCZI LAJOS fotográfiai fölvétele.)

Gyors lehűléskor, amint ez a lávafolyam legfelső és legalsó részein történik, a felülettel párhuzamos lemezes részek válnak el, még pedig a lemezek annál vékonyabbak, mennél gyorsabban történik a lehűlés. Kisebb lávatömegek ezáltal gömbhéjas elkülönülést alkothatnak (57. kép). A mélység felé a kőzetek rossz hővezető tulajdonsága következtében a lehűlés csak lassan megy végbe, az elkülönítés pedig parallelepipedikus darabokban vagy oszlopos formában történik. A hasadékok a kihűlési felületre merőlegesek. Az így keletkezett 4-6 oldalas, sokszor nagyon karcsú oszlopok vízszintes fekvésű felszínen függőlegesen állnak; ha azonban olyan lávafolyamról van szó, mely szűk csatornában folyt, akkor szárnyas állásban is rendezkedhetnek (58., 59. kép).

[056.JPG]

58. kép. A Herrnhaus-i kő Steinschönau-nál Csehországban. Oszlopokban elkülönült bazalt. (ECKERT H. A. fotográfiai fölvétele.)

[057.JPG]

59. kép. A Humboldtszikla Aussig mellett Csehországban, szárnyasan helyezkedett bazaltoszlopokkal. (Vásárolt fotográfia szerint.)

Ahol a láva régebbi kőzetekkel érintkezik, ott a magas hőmérséklet hatása következtében a kőzetben *kontaktmetamorf változások* keletkeznek, melyek azonban csak néhány méternyi távolságig ismerhetők fel; *kausztikus átalakulás* az, a melyben a víznek és a gőzöknek sokkal csekélyebb szerepe van, mint a mélységi kőzetekben. A márga és a homokkövek megpörkölődnek (*megpetyhednek*), részben megüvegesednek, vastartalmuk következtében vöröses színt kapnak és a *száradási repedések* négy- vagy többoldalú oszlopokra bontják fel a kőzetet

(60. kép). Az agyagok az úgynevezett bazaltjás pist adják. A meszek elveszítik rétegzésüket, a kövületek és az összes szerves hozzákeveredések (pl. szenes vagy bitúmenes színezés) eltűnnek (61. kép), a kőzet kristályosodás által fehér márvánnyá válik s benne kontakt-ásványokat láthatunk. A barnaszén salakszerű koksszá válik, vagy pedig a hidrogén és oxigén eltávoztása által széntartalma gazdagabb lesz és fekete szénné, illetőleg *antracittá* alakul át.

[058.JPG]

60. kép. Prizmaszerűen elkülönült tarka homokkő, bazalt közelében.

[059.JPG]

61. kép. Bitúmenes agyag, külsején a hőség következtében színét veszítette.

A lávák mellett, melyeket *reumatitikus termékeknek* nevezünk, kitörések alkalmával a felszínre szilárd anyag is kerül. Ez a szilárd anyag az alaptalaj kőzetéből, a vulkán régi tömegeiből is kikerülhet, vagy pedig a megmerevedett fiatal láva anyagából áll, melyet a robbanás vetett szét, illetőleg pattantott széjjel (*klazmatikus termékek, kirepített tömegek*). A friss lávából kerülnek ki a bombák. Ha a láva anyaga rongyok, vagy lepények formájában a levegőbe repül, tengely körüli forgása által kisebb vagy fejnagyságú, de egy vagy több méter átmérőjű testek is keletkeznek, melyek golyó, vagy orsóalakúak. Ezek gyorsan megmerevedett kéreggel veszik magukat körül. Így keletkeznek a *bombák* (62. kép). A kéreg gyors lehűlés közben gyakran szabálytalan cserepekre szakad (kenyérkérgű bombák, (63. kép). Lezuhanás alkalmával gyakran akkor ellapulnak, a mikor belsejük még nem hűlt ki. Ha a lávadarabok még képlékeny állapotban esnek a Földre, akkor szegletes, buborékos, salakos tömeget alkotnak (helytelenül *salaknak* nevezik), a melyek még összeforrasztathatók (*forrasztott salak*). A finomabb részek por, hamu vagy *lapilli* (*rapilli*) alakban hullanak, a földre. A »hamu« elnevezés egészen hibás, mert a hamu égési maradványt jelent, míg a »vulkáni hamu« és a »vulkáni homok« finom szemecskéjű, lyukacsos, salakszerű szétporladt terméke a megolvadt kőzetnek.

[060.JPG]

62. kép. Körtealakú lávabomba. (WOLFF F. szerint.)

[061.JPG]

63. kép. Kenyérkérgű bomba a Mt. Peléerről. (HOVEY E. O. szerint, WOLFF F. könyvéből.)

A *lapillik* buborékokban gazdag, szegletes vagy gömbölyű üvegsalakmorzsácskák, a borsóalaktól egészen a diónagyságig. A savanyú lávák olyan anyagot dobnak ki, melyet a vízgőzök tajtékosan felfujtak. Ebből keletkezik a fehér vagy világosszürke, selyemfényű *tajtkő*, vagy horzsakő, mely hosszú ideig úszik a víz felszínén. Kísérletekkel kimutatták, hogy az obszidián, mely kavasavban nagyon gazdag vulkáni kőzet (vízben szegény üveg), vulkáni hőmérséklet mellett, térfogatának 12-15-szörös megnagyobbodása alkalmával tajtkővé alakul át. A nagyon híg folyós lávák finom cseppeket képesek felhajtani, a melyek a levegő mozgása következtében könnyekhez hasonló rotációs testekké (105. kép) alakulnak át, vagy pedig hosszú fonalakká válnak, melyek fonott üveghez hasonlóak (Pelé istennő hajszálai). Ha a finomabb kirepített anyagok nagy tömegben halmozódnak fel, akkor részben réteges lerakódások keletkeznek, melyeket *vulkáni tufáknak* nevezünk. Ezekbe tuskók és bombák vannak beágyazva. Ha az alkotó részek durvábbak, akkor *vulkáni konglomerátról* és

breccsáról beszélünk. Később megszilárdulnak és sokféle változáson mennek keresztül, melyekről az üledékekről szóló fejezetben lesz szó. Bennök szabad földpát-, leucit-, augit-, magnetit- stb. kristályokat is találhatunk, gyakran üveges bevonattal, melyek szintén kirepültek.

[062.JPG]

64. kép. Palatörmelék a Kammerbühl vulkáni bombájába zárva, Franzensbad mellett.

Kitörések alkalmával nagyrészt a régebbi kitörésekből eredő anyag is kirepül, vagyis az az anyag, melyből a vulkánhegy föl van építve. Ez egyenesen robbanás által következik be. Hatással van rá a heves légáramlás szivattyúszerű működése is, melyről később még behatóbban fogunk szólni. Érthető, hogy a tömbök, a szegletes morzsák, a lapilli, a hamu és a finom por nagyrésze még ebből a régi anyagból származik. E mellett még több száz mázsa súlyú tömböket figyeltek meg, melyeket a robbanás több kilométer távolságra hajított.

A kitörés ereje gyakran az alaptalaj közettörmelékeit is magával ragadja és azok, természetesen elenyésző mennyiségben, a vulkáni tömegek alá keverednek. Az ilyen darabkákat néha a láva egészen beburkolja s ezekből lesz a bombák magja (64. kép). Ezen az úton értesülünk arról is, hogy milyen kőzetek vannak lent a mélységben, egyébként hozzáférhetlenségük miatt nem tudnánk őket megfigyelni. Az az anyag, melyet a kitörés a levegőbe hajít fel, szélcsendben szabályos kúpalakban halmozódik fel a kürtő körül (*hamu-salakkúp*). Ez alkalommal a szemecskék nagysága szerint bizonyos elkülönítés (szitálás) történik, mely a középponttól való távolság szerint csökken. Erős szél, különösen valamely uralkodó légáramlás (pl. passzátok) mellett szabálytalan kúphegyek keletkeznek. A lejtő az anyag szemecskéjétől függ s eléri a 30-35°-ot. A minden oldalon kifelé irányított réteghajlás néha eltérést mutat, amennyiben a széles kráterbe ismét visszaeső darabok a rétegek hajlását a kémény felé irányítják (quaqua-verzális rétegzés lásd az 50. és 65. képet).

[063.JPG]

65. kép. A vulkáni hamukúp eszményi keresztmetszete. (SCROPE P. szerint, LINCK G. könyvéből.)

A szilárd vagy folyékony állapotban kitóduló magma a vízgőzök és gázok nagy tömegét löki ki magával (*pneumatikus termékek*). Úgy látszik, hogy a robbanás jelenségeinek ezek a főokai és összesűrűsödésükből keletkeznek a kitörések alkalmával sokszor előforduló heves záporosók.

A gránit gáztartalmának meghatározásakor kitűnt, hogy ennek a kőzetnek 1 km³-e megolvadás alkalmával 31 millió tonna vizet fejleszt, a mely részben a vízgőzökből sűrűsödik, részben a hidrogén égése által a levegőben keletkezik.

Nem tekintve a rohamszerű változásban robbantó erővel kitörő vulkáni gázömléseket, vannak olyanok is, a melyek bizonyos viszonylagos nyugalmi állapotban sokszor hosszú időn keresztül megmaradnak (*emanáció, exhaláció*). Megkülönböztetjük a *fumarolákat*; ezek forró gáz- és gőzkitódulások, melyek többnyire nyomás következtében és bizonyos zaj kíséretében a talaj hasadékaiból és lyukaiból illannak ki. A *szolfatarák* vízgőzök és kénvegyületek exhalációi. A *mofetták* úgyszólván száraz, többnyire alacsony hőmérsékletű szénsavas kilehelések. Sokan azt állítják, hogy a fumarolák és szolfatarák között csak hőmérsékleti különbség van.

Exhalációk törnek elő a kráterből, a vulkán lejtőiről, a lávaáramokból és a klazmatikus termékekből. A gázokat és szublimációs termékeiket pontosan tanulmányozták és több csoportra osztották. 1. A kloridok csoportja: különösen klórhidrogén, nátriumklorid, klórkálium, szalmiák, klórmagnézium, vasklorür, vas-, ólom-, réz- és nikkelkloridok stb. Hozzájuk csatlakoznak a jód és fluór, vegyületeikkel. 2. A kén csoportja: kén, a mely gáz-, folyékony és szilárd alakban fordul elő, kénhidrogén, kénessav, kénsav, kénsavas anhidrid a megfelelő sókkal, realgár, szelén, foszfor és bórsav, a melyek alacsonyabb hőmérsékleten, 200° alatt, gőzölögnek ki. 3. A szén csoportja: széndioxid, szénoxid, a metán. Továbbá még hidrogén, szabad nitrogén, oxigén és nemes gázok, mint az argon és a hélium is előfordulnak. Az exhaláció idézi elő a már említett pneumatogén kristályok és bevonatok keletkezését. A hidrogén, a kén, a szénoxid, a kénhidrogén és a metán éppen úgy, mint az egyéb szénhidrogének, a levegőben elégnének és így okozói azoknak a tűzjelenségeknek, melyek egyik-másik kitörés rendes kísérői. Sokszor azonban a kilökött gőzfelhőket csak a kráter izzó lávájának fénye világítja meg, anélkül, hogy lángok keletkeznének.

Az exhalációk chemiai összetétele hőmérsékletüktől függ s megfigyelték, hogy természetük egy bizonyos időpontban a középponttól való távozással és egy bizonyos helyen a kitörés kezdetével, idő múltán megváltozik. És pedig először is a klórcsoport, azután a kéncsoport exhalációja szűnik meg és többnyire csak a szénsav marad meg, a mely utoljára a rendes hőmérséklet mellett távozik el. Ennek a hővesztésnek megfelelően megkezdődik az illó alkotórészek sűrűsödése. A mondottak alapján valamely vulkánnak mindenkor állapotát az a legmagasabb hőmérséklet határozza meg, melyet az felszínének valamely részén mutat. Azt mondják, hogy valamely vulkán szolfatara állapotban van, ha már csak a fentebb megnevezett jellegű gőzök és gázok árulják el csekély működését. A nyugalmi állapotban levő (kialudt), vulkánok új működésének kezdetén a fumarola-működés fokozódik, még pedig összetételének fordított sorrendjében.

A vulkáni kitörések működésének típusai.

A vulkánok típusa hosszú időn keresztül a Vezúv volt, mert az európai szárazföldnek ez az egyetlen működő »tűzhányó« hegye. Későbbentől eltérő példákat is megismertek, a legújabb időkben pedig e jelenségeknek beható tanulmányozása alapján kifejlődött a vulkánoknak jólhangzó elnevezésekkel kapcsolatos, bonyolult rendszertana is. Ez a rendszertan természetesen kiterjeszkedik minden gyakorlati szükségletre, de még ingadozásoknak van alávetve, mert gyakran valamely újonnan tanulmányozott vulkán az eddig ismert típusoktól eltérést is mutathat. A kivételekre nem is terjeszkedünk ki, hanem csak az általános nagy vonásokat ismertetjük.

A vulkán legegyszerűbb formája a *maar*. Az elnevezés az Eifel-hegységből származik, a hol ezzel a névvel a többé-kevésbé köralakú, meredekfalú, a sík talajon az alapba lesülyedt mélyedéseket jelölik, melyek itt-ott vízzel megtelve, kicsiny tavakká (66. kép) alakulnak. Ezeket számos vidéken gyakran a nem vulkáni aaptalajban találták és explóziós, robbanásos krátereknek tartották, melyek nagyfeszültségű gázok kitörése által keletkeztek. Kísérletekkel kimutatták, hogy ezen az úton repedésekkel áttört kőzetekben ilyen *felrobbant (explóziós) csatornák, kúrtők vagy diatrémák* keletkezhetnek. Ehhez valamely hirtelen felszabaduló és nagy nyomás alatt álló gáztömeg (vízgőz) szükséges. A gáztömeg (vízgőz) származását némely kutató a felhatoló magmának a talajvízzel való találkozásából magyarázza, míg mások szerint e gázok keletkezésének okai a magma megmerevedése közben végbemenő gázvesztésekre vezethetők vissza. A maarokat *vulkánembrióknak* is nevezhetjük, mert látszólag csak erősebb vulkáni működés bevezetését jelentik, a mely azonban némely vidéken ennél az állapotnál nem fejlődött tovább. A maarok nagysága nagyon változatos; egyes esetekben az

átmérő nem nagyobb 60 m-nél, de elérheti a 3.5 km-t (Laachi tó), sőt még többet is. Mélységük a megfigyelések szerint 100 méterig terjed (Weinfeldi maar). Rendesen az alaptalaj kőzetének törmelékeiből álló alacsony párkánydomb veszi körül s a törmelék között gyakran klazmatikus vulkáni anyagot, salakot és tufát is találhatunk (67. kép). A maarok vagy szabálytalanul helyezkednek el, vagy néha sorokban rendezkedve nagyobb számmal találhatók együtt. A maarok közül óriás nagyságú a nördlingi Ries, a sváb-bajor Albba sülyesztett köralakú üst, körülbelül 25 km átmérővel. Auvergne-ben, Közép-Itáliában (Lago di Bracciano salakkal és hamuval, Lago di Albano, Lago di Nemi tavak, továbbá a Valle di Ariccia és a Laghetto szárazzá vált maarjai), Anatóliának a kappadókiai steppéin (69. kép), Mexikóban és más helyeken találhatunk hozzá hasonló példákat.⁶ Későbbi kitörés kitágíthatja a maarokat. A Sváb-Alb szélén 125, többé-kevésbé köralakú kürtöt találhatunk, melyek 900 m mélységbe nyúlnak és az alaptalaj törmelékeivel vagy bazalttal és tufával vannak kitöltve. Egyik-másik a föld felszínén maarban végződik. Ezek a *diatrémák*, kipuffant csövek (070. kép).

[064.JPG]

66. kép. A Lago di Nemi nevű krátertő (maar) az Albanoi hegységben. (SOMMER G. fotografiai főlvétele szerint.)

[065.JPG]

67. kép. Az Eifeli maar eszményi keresztmetszete. (WOLFF F. szerint.)

[066.JPG]

68. kép. A Daun-vidéki vulkáni tavak (maarok) keresztmetszete; mérték 1:30000. (SCHULTE L. szerint, WOLFF F. könyvéből.) A maarok fölé írt számok az átmérőt, a beírt számok a mélységet jelzik méterekben kifejezve.

[067.JPG]

69. kép. Maar Karabunárnál Kappadókiában, a melynek tavából hamukúp emelkedik ki. (SCHAFFER X. F. fotografiai főlvétele.)

[068.JPG]

70. kép. A Rauhi Alb keresztmetszete. (BRANCO W. szerint.)

A többnyire egyenes vonal mentén fekvő és gyakran 200 km-nyire húzódó tömzsöket (pálczákat, pipes) Dél-Afrikában kitörési kürtőknek nevezik. Sötétszürke, elszerpentesedett peridotit-breccsával (blue ground, Kimberlit) vannak kitöltve, a melyek gazdag gyémánt-lelőhelyek. Köralakú vagy ovális korrajzuk van, átmérőjük 20-100 m s ritkán 600 méter. Főnt tölcsérszerűen kitágulnak. A környezet vízszintesen fekvő rétegei a tömzs szélein kissé felhajlanak. A kitöltő anyagban a gránit, gnájsz, csillámpala, diabáz és az üledékes kőzetek törmelékeit is megtalálhatjuk, közöttük olyanokat is, melyek magasabban fekvő szintben fordulnak elő s melyek részben ma a környéken már egyáltalában nem találhatók, úgy hogy itt valamely egykori maarhoz hasonló lesülyedésre kell gondolnunk. Az Anio völgyében, Róma mellett található és vízálló vakolat készítésére használt *pozzolana* sem más, mint egy kilótt csatorna tufatölteléke.

⁶ A primitív vulkánok gyönyörű példája hazánkban a Szent Anna-tó, melyről a Függelék II. fejezetében bővebben szólunk.

Nevezetesen, hogy a maarok keletkezése a jelen időkben a legritkább jelenségek közé tartozik. 1882-ben Japánban a Shiranesan keletkezett: ez 200 méter átmérőjű maar, melyet egy gőzkitörés teremtett meg és keletkezése alkalmával semmiféle vulkáni anyag sem tört ki, hanem a gőzök csak sziklát, törmeléket, iszapot és homokot fújtak ki. A kürtőt éles, meredek falak vették körül és az egész kirobbantott anyag látszólag porrá vált.

A vulkáni működésnek a maarokkal legközelebb álló rokonalakja a *peléei típus*, melyet csak néhány év óta ismerünk, mikor a *Montagne Pelée* Martinique szigetén, eddig még nem tapasztalt kitörési jelenségek kíséretében 1902. május 8.-án eddigi ismereteink szerint a legnagyobb vulkáni katasztrófát idézte elő; ez alkalommal egyszerre 30,000 emberélet s a virágzó Saint Pierre város pusztult el. A hegy körülbelül olyan nagy volt, mint a Vezúv (1351 m magas volt a kitörés előtt) és növénytakaró fedte egészen a csúcsáig. Ez alatt egy platón 200 méter átmérőjű kis tó állott kalderában helyezkedve el, valószínűleg egy régebbi kürtő helyén. Innen délnyugati irányban széles völgy nyílt a tenger felé. Fél száz éven át nem működött a hegy, s ez után is mindössze két jelentéktelen kitörés történt, melyekről hírt kaptunk. 1889-ben a kalderában fumarolák jelentkeztek, melyek 1901-ben erősebben működtek; az 1902. év első hónapjaiban a hegy közelében erős kénhidrogénszagú bűzt éreztek. Április 22.-én elszakadt a kábel Martinique és Guadeloupe között s a következő napon könnyű földlökést lehetett érezni. Április 24.-én a kalderából hamufelhő emelkedett ki, mely később dőrej és földlökések kíséretében erősebbé vált. Május 3.-án elszakadt a kábel Dominica felé, a kitörések erősebbek lettek, a kalderából folyó víz pusztító folyamává vált, míg egy iszapkitörés rombolva tódult völgyében a tenger felé. Május 7.-én a kráterből izzó tuskók repültek ki. Május 8.-ára virradó éjszakán villámlás és mennydörgés kíséretében felhőszakadásszerű zápor jött le a hegyről és iszapfolyamok pusztították el a hegyről kisugárzó völgyeket. Május 8.-ának reggele tiszta volt s a kráterből magas gőzoszlop emelkedett ki, mire 8 órakor a főkitörés következett be, mely St. Pierre-t 26.000 lakosával együtt elpusztította. A néhány megmaradt szemtanú szerint heves detonáció közben fekete felhő tört ki a kráterből s másodpercenként 130-150 m közepes sebességgel a barrankón keresztül lerohanva, néhány perc alatt elérte a várost és egészen a zenithig fölemelkedett (71. kép). A pusztítást részben a hatalmas légnyomás okozta, mely forgószélhez hasonlóan elsepert mindent, részben pedig a romboló felhő gázai és gőzei, melyeknek hőmérsékletét a kráternél körülbelül 1100°-ra, s még a tengernél is 450C°-ra becsülték. Látszólag egy pillanat alatt megsemmisült minden élet és az egész város a környék gazdag növényzetével együtt lángba borult (72. kép). Heves hamu- és lapillieső árasztotta el az egész vidéket s találtak 100 m³ nagyságú tuskókat is, 4 km távolságra hajítva. Május 20.-án és 26.-án, június 6.-án és augusztusban hatszor ismétlődött meg a kitörés, részben hasonló hevességgel, miközben végül irányát kelet felé fordította s ezáltal felkereste azt a környéket is, melyet eddigelé megkímélt volt. A kitörések, bár kisebb mértékben, még az 1903. év folyamán is megismétlődtek. A lavinaszerűen lerohanó izzó felhők főképpen vízgőzből, kénhidrogénből és talán még más gázokból is álltak s hamuval, lapillivel és tuskókkal voltak megterhelve. Az első kitörés után néhány hónap múlva a régi kaldera talajából andezites lávadóm emelkedett ki, mely feldagadó nyúlós lávából állott (felduzzadt kúp). Október 10.-én belőle sziklatű emelkedett ki, mely belsejében még vörösen izzó volt és felszínét függélyes barázdák díszítették. A tű 100 m átmérővel a következő héten 324 m magasságig nyúlt fel s belőle gőzök áramlottak ki. Meredek falai időközben letöredeztek, mire ismét alacsonyabb lett, azonban később újból felemelkedett, úgy hogy 1903. május havában 375 m-ben érte el a legnagyobb magasságát. A dóm lassanként fölemelkedett és a sziklatű az erősebb kitörések következtében beszakadt. Ezt a páratlan tűneményt több megfigyelő behatóan tanulmányozta és megállapították, hogy itt nyúlékony utánlökések megmerevedő andezittömeget sajtoltak ki, mint ahogyan a kenőcsöt szokás a dugaszos csőből kinyomni (73-77. kép).

[069.JPG]

71. kép. A Montagne Pelée 4000 m magas izzó felhője a tengerhez ér. (LACROIX A. szerint.)

[070.JPG]

72. kép. A romba dőlt St. Pierre. (LACROIX A. szerint.)

[071.JPG]

73-76. kép. A Montagne Pelée dómjának és tujének fejlődése. (LACROIX. A. szerint.)

[072.JPG]

77. kép. A Montagne Pelée látatúje 1903. márczius 15.-én. (LACROIX A. szerint.)

Ezek után foglaljuk össze a jelenségeket. A fent leírt vulkáni kitörések jellemző sajátosságai: igen vastagon folyó savas lávák, melyek csekélyebb mennyiségben mint szilárd tömegek szabadon sajtolódhatnak ki, a vízgőzök és gázok nagy tömegei magas hőmérséklettel, finomabb és durvább kirepített anyagokkal megterhelve, melyek lavinaszerűen zúdulnak le. A vulkáni kitörésekhez kell számítanunk a szintén nyúlós lávák feltöréséből származó felduzzadt vagy *torlaszos-kúpokat*, mint amilyenek a *Puy de Sarconi* és a *Puy de Chopine* a Francia központi fennsíkon, vagy a Mamelon Centrale kúpja Reunion szigetén (55. kép) és a többi.

Megjegyzésre méltó, hogy a Mont Pelée nagy kitörésével egyidőben (május 7.-én, d. u. 2 órakor) a tőle 63 angol mérföldnyi távolságban levő St. Vincent szigetén a Soufrière-vulkán, a mely 1812-ben működött volt utoljára, s a melynek kráterét nagy tó töltötte meg, szintén katasztrofálisan tört ki és egészen az 1903. év végéig működött. Itt is egész vidéket pusztított el az izzó, finom anyagokkal megterhelt felhő, mely a tengerpartig gördült le. Heves hamueső és földrengés kísérte a kitörést és követte hosszú időn át. Nevezetes az a dolog is, hogy míg a Mont Pelée és a Soufrière 1902. tavaszán működtek, a közöttük fekvő és szintén vulkános *St. Lucia* nyugodt maradt.

Ehhez hasonló kitörés, a melynél csak finoman szétoszlott anyag és semmiféle láva sem tört föl, a Szumátra és Jáva között fekvő Krakatau vulkán-szigeten történt 1883-ban. 200 évi pihenés után május 20-22.-én a működés újraébredése mutatkozott, a melyet augusztus 27.-én hatalmas gőzkitörés követett. A 78-82. képek a kitörési hely térképvázlatát és keresztmetszetét mutatják be. Azt látjuk e képeken, hogy valamikor itt nagy andezit-vulkánhegy állott, melyet egy kitörés elpusztított, úgy hogy csak három nagyobb és több kisebb sziget maradt meg belőle, közöttük a Krakatau a fiatalabb bazaltos vulkánnal, a Rakatával (800 m). A régi kürtő helyén új kitörés keletkezett, mely a Krakataunak nagyobbik részét a levegőbe röpítette, azonkívül 75 km² területen a tengert is kimélyítette, helyenként 360 m mélységig. A sziget épségben maradt részén 60 m magasságig halmozódott fel a hamu. 827.000 területen, tehát csaknem háromszor akkorán, mint Magyarország, 18 km³ hamu és horzsakő szóródott szét, miközben ökölnagyságú darabok még 80 km távolságra is hullottak. A kitörés mennydörgés-szerű robaja 3400 km távolságra - az egész földfelület 15-ödrésére - hangzott. A kitörés hatalmasan megrázkódtatta a levegőt is, a keletkezett lég hullám óránként 1000 km-es sebességgel a Földet többször megkerülte. Szumátra és Jáva partvidékeire 36 m magas tengeráramlás tört be, a mely 36.000 emberéletet pusztított el egyszerre. A hullámozást az egész Csendes- és Indiai-óceánban, sőt még az Atlanti-óceánban is észlelték.

[073.JPG]

78. kép. A Krakatau térképe az 1883. évi kitörés előtt. (VERBEEK R. D. M. szerint.) A külső kör a régi kúp méretét jelzi, a belső pedig a régi kúrtőét.

[074.JPG]

79. kép. A Krakatau keresztmetszévénye az 1883. évi kitörés előtt *A B* irányban a 78. kép szerint (VERBEEK R. D. M. szerint.); *a* az eredeti kúp maradványai kiegészítve, *b* fiatalabb vulkáni kúpok, *c* láva a régi kalderában.

[075.JPG]

80. kép. A Krakatau térképe az 1883. évi kitörés után. A 6 km átmérőjű egykori vulkáni sziget helyén 150 m mély tenger támadt. (VERBEEK R. D. M. szerint.)

[076.JPG]

81. kép. A Krakatau keresztmetszévénye az 1883. évi kitörés után *A, B* irányban a 80. kép szerint (VERBEEK R. D. M. rajza). A régi kaldera ismét helyre állott.

A hamufelhő 30 km-nél magasabbra nyúlt fel, de a legfinomabb részecskék egészen 70 km magasságig repültek fel és a légkör legmagasabb részeiben éveken át keringtek a Föld körül, pompás színezetű alkonyati jelenségeket idézve elő. Ez a tünet arra a nagyszerű színjátékra emlékeztetett, melyet sós pusztákon heves szelek után lehet megfigyelni és mely a legfinomabb poron keresztül eső fénytörésen alapul.

[077.JPG]

82. kép. A Krakatau (Rakata 832 m) észak felől, az 1883. évi kitörés után. A kúrtő és a periklinálisan dülő rétegek láthatók. (VERBEEK R. D. M. szerint.)

A laza termékek hasonló tömegeit ismételten megfigyelték más kitörések alkalmával is. *Szumbava* szigeten a *Tambora* 1815-ben 150-300 köbkilométernyi, a *Consequina Közép-Amerikában* 1835-ben 50 km³ tömeget repített föl. Ezek a laza tömegek tízszeresen, illetőleg százszorosan felülmúlják a lávák mennyiségét.

Ha kitörés közben a nagy hamutömegek összekeverednek a krátertő víztömegével, akkor pusztító iszapáramlások keletkeznek, mint pl. Jáva-sziget vulkánjain, hol ez gyakori jelenség (*Genung Gelungung* 1822).

A kitöréseknek egy másik típusát *vulkanóinak* nevezzük a *Vulcano* nevű Lipari-sziget után. Ezt nyúlékony magma jellemzi, mely megmerevedve a kúrtőt hirtelen eldugaszolja (obstrukció). A felszabaduló gázok és gőzök azonban idővel akkora feszültséget érnek el, hogy heves robbanással áttörik az eldugaszoló magmát és a megmerevedett kirepített anyagot szétrobbantott állapotban hamu, lapilli és bomba alakjában nagy tömegben hajtják föl, miáltal a sűrű gőzfelhők sötét színezetet öltenek. A kisebb kirepített darabok éppen ezért főképpen szegletes törmelékek. A rongyokban kirepített lávából repedezett bombák alakulnak.

[078.JPG]

83. kép. A Vezúv a Sommával északnyugat felől. (AURELI A. modellje szerint.)

A Vulcano működő krátere fent szélesre letompított kúpon a tenger színe felett 386 m magasságban van és ismételten hosszú ideig tartó heves működésben volt. A legutolsó nagy kitörési időszak 1888. augusztusától 1890. tavaszáig tartott. A füstoszlop 3 km magasságot ért el, a hamu pedig elárasztotta a szomszédos Kalábria és Szicília arrafelé eső részeit. Belőle láva nem került a felszínre.

A vulkánoknak ehhez a típusához számítjuk az Etnát és a Vezúvot is, bár mindkettőn még olyan jelenségeket is tapasztalhatunk, a melyek miatt ez a beosztás elmosódik. Hosszú időn keresztül a vulkánok típusa a Vezúv (Vesuvio) volt mindaddig, míg más formákat meg nem ismertünk, de a mai napig is a Vezúv a legjobban ismert vulkán és az egyetlen maradt, melyet hosszú idő óta állandóan megfigyelnek. Bár a Vezúv lejtőjén épült obszervatóriumot mindig a legkiválóbb vulkánkutatók vezették, mégsem vittek bennünket előre az alapvető kérdések ismeretében, ami valóban azt bizonyítja, hogy eszközeink megakadnak, ha a természet okszerű működését kutatni akarjuk. Semmi sem bizonyítja jobban ismereteink hiányait, mint a Vezúv 1872. évi váratlan nagy kitörése, mely éppen, akkor történt, mikor PALMIERI, aki évek hosszú során át a tűzhányó hegy őre volt, elhagyta obszervatóriumát, hogy egyszer már Nápolyba mehessen, mert szerinte a legközelebbi időben semmiféle működés nem volt várható az általa annyira ismert hegyen. Azt is megismerhetjük a Vezúv működéséből, hogy a természetet a maga nagy változatosságában az ember hiába akarja rendszerekbe foglalni, mert éppen ezen a tűzhányón észlelték a vulkánói kitörési típus mellett időnként a *stromboli*-típust is.

A Vezúv jellemző alakulata a kettős kúp; a nagyobbik a *Somma*, melyből oldalainak csak köralakú romja maradt meg és félkörívben veszi körül a belőle kiemelkedő tulajdonképpeni *Vezúv*-kúpot (83-86. kép). A Somma ahhoz az Ősvezúvhoz tartozik, melynek keletkezése a kövületi maradványok szerint a pliocénbe nyúlik vissza s a legrégebbi történelmi idők óta békés, erdőségekkel borított kúpalakú hegynek látszott, míg valódi természetét STRABO fel nem ismerte. A Kr. u. 63. évben történt heves földrengés után, 79. aug. 24.-én következett be a kitörés, melyet az ifjabb PLINIUS TACITUS-hoz írt két levelében örökített meg s ezért *pliniánikus* kitörésnek is nevezzük. Hatalmas, a magasban szétterülő füstoszlop emelkedett föl. Ebből az úgynevezett *pinia-felhőből* (84. kép) oly nagy mennyiségű hamu, lapilli és horzsakő hullott alá, hogy a napokig tartó hamueső a tenger felé eső községeket, *Pompeji*-t és *Stabiae*-t egészen betemette. Pompejiben e hamutakaró alján 3 m vastag fehér horzsakő fekszik, köztük diónagyságú darabok is. E felett 5 m vastagságban váltakozva jól rétegezett hamu és lapilli következik. A heves esőzés a laza anyagokat tufává ragasztotta össze. A város 25000 lakójából eddig csak körülbelül 700 csontvázat találtak meg, s így nem történhetett valamely hirtelen katasztrófa, a mely megghiúsíthatta volna a lakosság menekülését. A kitörés a tűzhányóhegyet a Somma romjáig a levegőbe röpítette (85. kép). A Somma 1132 m magasságba nyúlik fel és míg a külső oldalán 25° a lejtője, befelé 300 m mélységig 70° dőléssel esik le az Atrio del Cavallo félköralakú völgye felé. A »*Somma*« és »*Atrio*« elnevezések éppen a Vezúvról mentek át a vulkánológiai műnyelvbe. Ezek a sziklafalak szép szelvényt tárnak elénk, melyben az összesült, forrasztott salak és a lávpadok váltakozó települését szemlélhetjük, a mint külső kerület felé dőlnek. A réteges települést számtalan, néha 5 m vastag, különböző hajlású lávatelér töri át s ezek a lávatelérek nagyobb keménységüknél fogva élesen előtűnnek. Ez a régi Vezúvkúp tehát nem a *vulkánói*-típust képviseli, hanem *stromboli*-típusú működés közben épült fel.

[079.JPG]

84. kép. A Vezúv kitörése 1822. október havában Nápolyból nézve, piniafelhővel. (SCROPE P. szerint.)

A régi Vezúvkúp köralakú fala azonban délen és nyugaton nem maradt meg, hanem körülbelül 600 méterig lerombolódott. Ennek a résznek a domborzata terraszszerű és *Le Piane* nevet visel. Egyik kiemelkedésén épült az obszervatórium. Az Ősvezúvnak ebből a roncsából, a tenger felé nyitott, széles *kalderából* emelkedik ki a tulajdonképpeni Vezúvkúp. Átmérője 2800 m, lejtője 30°-os és hamuból meg salakból van felépítve (85. és 86. kép).

[080.JPG]

85. kép. A Vezúv és a Somma keresztmetszete. (LÖWL F. szerint.) 1. A régi Somma vulkán maradványai lávafolyásokkal, 2. törmelékes tufával megtöltött kürtő, 3. a Vezúv kúpja lávafolyásokkal, 4. a mai kürtő, 5. parazita lávakúp az Atrióban.

[081.JPG]

86. kép. A Vezúv a Sommával madártávlatból. (AURELI A. modellje szerint.)

A Vezúv mai kúpja a Kr. u. 79-ik évi kitörés alkalmával keletkezett s ez idő óta bár számos, heves kitörése volt, alakját lényegesen nem változtatta meg. A mérsékelt működés szakában orma 1300 m fölé emelkedik és csúcsosabb lesz, egy-egy paroxizmus alkalmával azonban ismét veszít magasságából és laposabbá válik. Ez a hamukúpok sorsa általában. Az 1906. kitöréskor a Vezúv csúcsa leszakadt és 150 méterrel lett alacsonyabb, úgy hogy jelenleg körülbelül csak 1182 méter magas (87., 88. kép). A csúcson levő kráternek meredekfalú tölcséralakja van, melynek átmérője 500 méter s mélysége 300 méter. Falai tufából és lávarétegekből alakultak. A csúcskráter alakjáról minden leírásnál jobb és szemléltetőbb felvilágosítást ad a 89. kép, melyet az obszervatórium kutatói készítettek, a kik vakmerően szálltak le első ízben 1911-ben a kráter fenekére. Ugyanakkor a vulkáni kilehelések (exhalációk) hőmérsékletét 295°-nak mérték. A kürtőben lávaoszlop emelkedik fel, mely mulékonyan átmenetileg izzón-folyós lávatavat alkot. Ingadozásait 70 méterben állapították meg. Többnyire áttöri a kúp falait s mint lávafolyam bukkan a felszínre. A Somma feltartóztatja az Atrióban a feléje törő lávakiömléseket s így az Atrio talaja magasságban növekedik. A tenger felé azonban minden akadály nélkül haladhatnak a lávafolyamok. Esésük csekély és nemsokára megmerevednek, ezért csak ritkán érik el a kitörési helyüktől 4-8 km távolságban levő tengerpartot. A láva hőmérséklete 1000-1070° s így 150-300 km mélységből kell származnia. Egyszer *rögös*-lávát (az 1872. és 1906. évi lávafolyásban), máskor ismét *lepény*-lávát (az 1859., 1891-94. évi lávaáramban) figyelhetünk meg. A kráterből láva csak nagyon ritkán folyik ki. A Vezúv legrégebbi kitörései savas trachitot szolgáltatottak, míg a Somma felső része és az összes fiatalabb lávák és törmelékek bázisos leucittartalmú magmából állnak. A láva nyúlósága nagyon különböző; többnyire szívós, téasztaszerű, 1794-ben azonban olyan híg volt, hogy zuhatagokban rohant le ugyanígy 1631-ben is, a mikor 1 óra alatt érte el a 8 km távolságban levő tengert.

[082.JPG]

87. kép.

[083.JPG]

88. kép. A Vezúv az 1906. évi kitörés után, Nápoly felől nézve. (a nápolyi egyetem földtani intézetének fotografiai fölvétele szerint.)

[084.JPG]

89. kép. Vázlatos keresztmetszet a Vezúv kráterén keresztül. (MALLADRA A. vulkanológus fölvétele szerint, SIEBERG A. könyvéből.)

A Vezúvkráter heves gőzkitörései nagy tömeg finom hamut szórnak 7 km magasságba, sőt még feljebb is, a miáltal a kitörés sötét, söt fekete színt kap úgy, hogy a környéken tüstént nagy sötétség keletkezik. A 79. évben történt kitörés alkalmával Capo Misenumnál, a krátertől 30 km távolságra, a hamu oly nagy tömegben hullott alá, hogy az egész nappalon át sötét éjszaka volt. A gyakran említett iszapfolyamok a heves esőzések következményei, melyeknek víztömegei a hamuval keveredve, mindent elpusztítva a völgybe rohannak. Ilyen iszapfolyók temették el Herculánomot. Minden kitörés után száraz hamulavinák is gördülnek lefelé a kúp meredek oldalain, valamint a Sommáról is és segítik a sugaras irányban rovátkolt felszíni forma kialakulását (86. és 90. kép).

A kitörés alkalmával a kráterben fölemelkedő levegőáramlás, keletkezik, mely szivattyúszerű működésével a laza anyagot magával ragadja.

A magasban, a hol a felhajtó erő gyengül és a szél oldaláramlásai is érvényesülhetnek, a hamu szétterjeszkedik. A hamu szétterjeszkedésének alakját PLINIUS *piniához* hasonlította (84. kép). A hamu 472-ben Konstantinápolyig repült, míg más kitörések alkalmával az afrikai partokig, sőt a Keleti-tengerig jutott. A Vezúv 12 m³ űrtartalmú és több száz mázsa súlyú tuskókat több kilométernyire hajított.

Feljegyzések szerint a Vezúv 1631-ben nagy lávafolyamok után algákkal, kagylókkal és halakkal együtt iszonyú víztömeget lövellt ki. Ezt a jelenséget talán úgy magyarázhatjuk, hogy a légkör heves mozgása következtében hatalmas víztölcsér keletkezhetett, mely a tengerből a szárazföldre húzódott.

A 79. évtől a 17. századig a Vezúvnak nyolcz erősebb kitörését jegyezték fel, miközben a 12. századtól 1631-ig 500 éves nyugalmi szünete volt s ez idő alatt a hegyen szép erdőség fejlődött és a kitöltött, kisimult kráter valódi természetét csak a gőz- és gázexhalációk, azután a meleg és sós vizekkel telt gödrök árulták el. 1660 óta ismét működik a Vezúv úgy, hogy egy évtized sem múlik el kitörés nélkül. Azt is megfigyelték, hogy a kitörések annál hevesebbek, mennél hosszabb ideig tartott a nyugalmi állapot.

[085.JPG]

90. kép. A Vezúv kúpja 1906. május havában. (PERRET F. A. fotografiai fölvétele szerint, FRIEDLÄNDER I. könyvéből.)

A Vezúv kitöréseit mindig helyi földrengések kísérik, melyek típusos vulkáni rengések s nyomban alább hagynak, mihelyt a kitörés tetőpontját elérte. A 10 km távolságban fekvő Nápolyban a földlökések még erősen érezhetők.

[086.JPG]

91. kép. A Phlegrei mezők térképe. (NEUMAYR M. szerint.)

A Nápolytól nyugatra fekvő *Phlegrei mezők* vidéke teljesen független a Vezúvtól, bár csekély távolság van köztük (91. kép). Itt kizárólag a trachitos kőzetek az uralkodók és a számos, körülbelül 20 kitörési középpontból csak hamu repült ki. Itt az oly hosszú időn át megszakítás nélkül működő Vezúvval ellentétben csak átmeneti kitöréseket jegyeztek föl. A többnyire nagyon tágas kalderák széle erősen le van tarolva, egyes kráterek beszakadtak, mire a tenger elborította őket, a mint ezt a *Capo Miseno*-n és *Nisida* szigeten jól megfigyelhetjük. Az óriás *Piperno-vulkán* az egész vidékből nagy területet foglal el; átmérője 12-13 km és a tenger felé nyitva van. Külső lejtője 2-3°-os és köralakú sáncza a Camaldoli-kolostornál 458 m-ben éri el legnagyobb magasságát. Benne több kisebb krátert találhatunk, közöttük az *Astroni*-t. Tufából

felépült körsánczának kiterjedése 2:1.3 km és alapján a szilárd lávakőzet lép előtérbe, Közeliében van a *Solfatara*, 500 m átmérőjű kráter, melynek gyűrűs sáncza 70 méternyire emelkedik a talaj fölé (92. kép). A kőzet likacsossága miatt a talaj tompán dobban s benne számos nyílás tátong (*bocche*), melyeknek egyikéből zúgó vízgőz és kénhidrogén száll föl. Erről az előfordulásról nevezték el az ilyen jelenségeket *szolfatarák*-nak. A vulkáni működés nyugalmi szünetének, vagy végső nyilvánulásának szokták tartani. A gőzök széjjelbontják és *alunittá* halványítják a tufákat és a lávákat. A Solfatara 1198. óta működik anélkül, hogy itt azóta egyéb kitörések mutatkoztak volna. Ezek a szolfatarák az egész Földön el vannak terjedve, így a Yellowstone-parkban is hatalmas szolfatarákat találunk.

[087.JPG]

92. kép. A Solfatara kialudt krátere, Pozzuoli fölött. (Vásárolt fotográfia szerint.)

A vulkán keletkezésének típusos módjára példa a *Monte Nuovo* Pozzuoli mellett. Kúpja nagyon szabályos és 139 méterrel emelkedik a tenger fölé, átmérője 370 m, és krátere 120 m mély. 1538-ban a szeptember 29.-éről 30.-ára virradó reggelen heves földrengések közben a sík talajon hamukitörés halmozta fel.

[088.JPG]

93. kép. Az Etna nagy krátere és északi csúcsa. (Vásárolt fotográfia szerint.)

Kitűnő példája a *monogén*, vagyis az egy kiömlésből keletkezett vulkánnak, míg ezzel ellentétben a *poligén* vulkán több, ismételten kiújult működés eredménye, váltakozó termékekkel.

Maarhoz hasonló krátermedenczét tölt ki az Avernusi-tó. A vidék különböző pontjain gáz- és gőzexhalációk bizonyítják a Föld belsejének szunnyadó erőit. E kigőzölgések kémiai összetétele különböző hőmérsékletű, forró vagy hideg. Ilyen pl. a »Kutyabarlang« (Grotta del Cane) szénsavkiáramlása, melyet a többi hasonló előfordulással együtt *mofettá*-nak nevezünk. A kutyabarlang elnevezés onnan ered, hogy a fenéken összegyűlő széndioxid elkábítja és megöli a kutyákat és más kisebb állatokat, míg embermagasságban a levegőt be lehet szívni. Sokkal nagyszerűbb természetes széndioxidkiáramlásokat találhatunk Jáva szigetén a »Halottak völgyé«-ben és a Yellowstone-parkban Észak-Amerikában: a »Halál torká«-ban és egyéb helyeken.⁷

A tengerparton Pozzuolinál a szárazföld emelkedéseit és süllyedéseit évezredekre visszamenőleg lehetett megállapítani; erről a következő fejezetben részletesebben szólunk.

[089.JPG]

94. kép. Kitörés az Etna oldalán, hasadék mentén fekvő adventív-kúpon, 1892. nyarán. (Vásárolt fotográfia szerint.)

[090.JPG]

95. kép. Monti Nuovi az Etna 1892. évi kitörése után. (Vásárolt fotográfia szerint.)

⁷ A vulkáni utóhatások egyik legszebb példáját, a torjai Bűdösbarlang környékét, a Függelék III. fejezete ismerteti.

A legjobban ismert példák közül még csak egyet említek s ez az Etna. Azok a folyamatok, melyek mai alakját megadták s a melyek még most is működésben vannak, sokkal bonyolultabbak, mint a Vezúví. Az Etna Európa legnagyobb vulkánja és 3274 m magasságával a földkerekség legmagasabb vulkánjai közé tartozik. Az Etna lába a 30 km távolságra levő tengerig ér, átmérője 45 km, köbtartalma 850 köbkilométer. Lejtője az alapján 50 magasabban 18-25°. 2000 méterig érő talpzata reumatikus lávából áll, kúpja pedig főképpen kirepített klazmatikus anyagokból épült fel. Régebben tehát csakis, vagy pedig főképpen lávát szolgáltatott, míg jelenleg túlnyomóan laza anyagokat szór ki. Kombinált működést mutat, amennyiben oldalán hasadékok tátognak, ahonnan lávafolyamok törnek elő, míg a 450 m átmérőjű központi kráter (93. kép) és a számos *parazita (adventív)* kráter, kirepített anyagokat szolgáltat. A parazita-kráterek az Etna oldalain helyezkednek el s számuk vagy 1000 (94.-96. kép), gyakran hosszú sorban követik egymást valamely hasadás mentén s salakból és hamuból állanak; néha csak néhány méter magasak, de van közöttük több száz méter magas kúp is. A rétegek fekvéséből, nevezetesen az ellenkező irányú dőlésből kitűnik, hogy a főkürtő régebben messze keleten feküdt, ott, a hol ma a széles *Valle del Bove* tátong. Ezt a régi kürtőt azonban egy heves kitörés felrobbantotta és a történelem előtti időben ezen a vonalon a hegy oldalát teljesen elpusztította (97. kép). Itt egy vonal mentén követhetjük a kitörés nyílásának ismételt eltolódását.

[091.JPG]

96. kép. Az Etna asszimetriás adventív-kúpja az 1892. évi kitörés alkalmával. (Vásárolt fotográfia szerint.)

[092.JPG]

97. kép. A Valle del Bove keresztmetszete az Etnán (LYELL CH. szerint). *A* a mai kürtő, *B* a Trifoglietto régi kürtője, *a' c*, *b' i d* régebbi, különösen trachitos lávák, *c e*, *d f* az *A* kürtő doleritos lávái (régebbi, mint a Val del Bove), *g g* salak és láva (fiatalabb, mint a Val del Bove), *h i k* a Val del Bove (a domborzat vékonyabb vonalakkal van kiegészítve).

A lávakiömlések azokból a repedésekből jönnek ki, a melyek sugaras irányban nyílnak a talapzaton és nagy kiterjedésűek. Az 1869. évben 18 km hosszú hasadás keletkezett, melyen a Monti Rossi 250 m magas salakkúpjai ülnék. Belőlük 10 km hosszú lávafolyam tört elő 50 km² felszínnel s Katániának legnagyobb részét 12 faluval együtt elpusztította. 500 m szélességben és 10 m magasán ömlött a láva a tengerbe, a mely ennek izzó melegétől nyomban forni kezdett. Ebből az ömlésből körülbelül 1 km³ láva került a felszínre. A főkráter a történelmi idők óta állandóan működik, azonban láva még sohasem ömlött belőle. Az a hatalmas repedés, a mely 1911. szeptember havában keletkezett, több száz új kitörési nyílást mutat; közülök többnek csak 12 m magas kúpja volt, vagy pedig csak tölcseralakú mélyedést alkotott.

Más kitörési típushoz tartozik a *Stromboli* szigetvulkán a Tyrrheni-tengerben. Ez a vulkán 2300 m mély tengerfenékről 900 m magasra emelkedik a tenger színe fölé. A történelmi időkben, természetesen hosszabb megszakításokkal, állandóan működött, bár csak mérsékelten. A régi görög mondák szerint Aiolos-nak, a szelek istenének volt a székhelye, a mennyiben a tengerészek a Stromboli füstoszlopát a mai napig is barométerül használják. A modern tudomány ugyan nem ismeri el az időjóságnak ezt a módját, mégis bizonyos jelentőséget kell tulajdonítanunk ez évezredes hagyománynak, mert tudásunk azokról az okokról, a melyek a gőzexhalációkat s ezáltal a legfinomabb klazmatikus anyagoknak csekély kilökését előidézik,

oly felületes, hogy a barométer ingadozásaival való közvetetlen összefüggést előzetesen nem vethetjük el. Csak arra a hasonló kérdésre kell utalnunk, a melyet a gejzirműködésnél fogunk érinteni.

Stromboli szigete egészen vulkáni eredetű, de csak a külső északnyugati részén van egy kis krátere, mely 700 m magasra emelkedik. A krátert félköralakban somma veszi körül, mely a tenger felé nyitott. A legrégebb kőzetek andezites lávák, erre bazaltos lávák következnek, míg ma láva kitörések csak ritkán fordulnak elő. A vulkán az 1897. év óta megszakítás nélkül működik s így kitűnő iskolai példa gyanánt szolgál, mert minden kutatónak bizonyos látványosságot nyújt. Ezért természetes, hogy működési folyamatait pontosan tanulmányozták. A vulkáni működés következőképpen megy végbe. A kráter fenekén több nyílás (bocche) mutatkozik, melyeknek száma és alakja változó. A gőzökkel telített híg folyós láva fölemelkedik a kürtőben, mire nagy gőzbuborékok keletkeznek; ezek csattanás vagy tompa dörgés közben szétpukkadnak, mielőtt felülmúlják a feltörő magma nyomását. A magmát izzó lepény alakjában repítik ki. Élénk működés alkalmával a kitörések minden 3-26 perczen következnek be. A kitörést a szigeten földrengések kísérik. A kidobott anyagok visszahullanak a kráterbe vagy pedig már megmerevedve arra a meredek lejtőre esnek, mely a körsáncz nyílásában a tenger felé ereszkedik és ezen az u. n. sciarra-lejtőn a bombák sutorogva gurulnak le. E közben a sötétszínű, felül világosabb hamufelhő vagy 200 méternyire emelkedik föl. A kitörések annál hevesebbek, mennél hosszabb szünet után következnek be s néhány hónaponként a tünetények megélnék, a kitörések erősebbek és sűrűn követik egymást. A már szilárdná vált láva darabokban és morzsákban repül ki, homokkal meg hamuval együtt és a szigetre köröskörül lerakódik. Ugyanakkor az egész szigeten földrengések is észlelhetők.

Összefoglalva az előbbieket, a *stromboli-típusú* működést a láva nagyobb híg folyóssága jellemzi, mely a gyakori kitörések alkalmával rendszeren rongyokra szakadva repül ki. Hamukidobás és lávakiömlés ritkán fordul elő és a világos gőzfelhők éjjel az izzó tűzhely visszfényében világítanak.

E kitörési jelenségek és a forró szökőforrások működése között szembe tűnő a hasonlóság. Miként említettük, ezek a jelenségek a vezúvi típusú vulkánokon is megvannak.

Legközelebb áll a Stromboli kitörési formához az a típus, mely nevét a *Hawaii* szigeten levő hatalmas vulkánhegytől kapta, bár attól lényegesen különbözik. Már a sziget fölfedezése óta ismerjük azt a mesébe illő tűztavat, melyet mindig a legkülönösebb természeti csodának tartottak. A *Hawaii-vulkán* mai napig semmit sem veszített még érdekességéből, melyet a geológiai kutatások a legnagyobb mértékben fokoznak.

A 10000 km² területű *Hawaii* sziget egész terjedelmében öt vulkántól szolgáltatott lávából épült föl. Ezek a vulkánok az 5000 m mély óceánból több, mint 4000 m magasságba emelkednek. Számos lávaömlésből keletkeztek s éppen ezért - egymással mintegy összeolvadva - nagy magasságuk mellett is, körvonaluk csaknem egészen lapos pajzsalakú, legfeljebb 10°-os lejtési szöggel. Történelmi időkben többé-kevésbé csak a *Hualalai*, a *Mauna Loa* és a *Kilauea* működik; az első közülök 1800 óta nyugalomban van.

A *Mauna Loa* 4100 m magas vulkán, melynek 13-10 km méretű csúcskrátere 1000 láb magas, függélyes, lávatarakókból fölépült falakat mutat. Nyugalmi állapotában lávakéreg zárja el a krátert, melyen a *Vezúv-kráter* bokkájához hasonlóan a 200-300 m magas kitörési kúp helyezkedik el. Kitörések alkalmával a láva nyugodtan emelkedik föl a kráterben, míglen a szélein lefolyik, vagy pedig, ami még gyakoribb, a lejtő hasadékein folyik ki. Ha a magma a kürtőben sülyedni kezd, ennek falai utána szakadnak, miáltal a kráter megnövekszik. Azok a gőzrobbanások (paroxizmusok), a melyek az eddig említett típusokon gyakoriak, itt teljesen

hiányoznak. A hamu és a finomabb kidobott anyagok jelenleg szintén teljesen hiányoznak; a régebbi kitörések alkalmával keletkezett hamukúpot azonban ismerjük. Azok a heves exhalációk, a melyeket a telített kráterekben mindenütt megtalálhatunk, itt csak a rendkívül hígfolyós lávát fecskendezik föl szökőkútszerűleg, átlag 300 m magasságig. A láva bazaltos és sötétszínű, folyékonyságát az olajéhoz vagy a vízéhez hasonlíthatjuk, úgy hogy már $\frac{1}{2}^{\circ}$ -os esésnél is bizonyos sebességgel mozog tovább, melyhez hasonló jelenséget eddig még sehol sem figyeltek meg. Olyan eseteket is ismerünk, a mikor a láva óránként 30 km sebességgel haladt s a talaj szakadékaikról izzó kaszkádokban esett le. Ezért tehát a lávafolyamok itt jóval hosszabbak, mint a legtöbb vulkánvidéken. Egyik közülök 32 km hosszú és köbtartalma 1 km^3 , viszont más lávafolyamok 42 és 53 km hosszúak. A lávafolyamok ismételten elérték a tengert, a hol a két ellenséges elem között nagyszerű harcok mentek végbe.

[093.JPG]

98. kép. A Kilauea-kráter térképe (DANA I. D. szerint). Látható a nagy kráter a Halemaumau-val a belsejében és a két kisebb kráter keleten.

A sziget második működő vulkánja a *Kilauea*, valamivel több, mint 1200 m magas a tenger színe fölött. Szintén lapos pajzs-alakja van, kráterének kiterjedése körülbelül 6-4 km, melyet lávarétegekből álló függélyes falak szegélyeznek, több mint 200 méternyire lesüllyedve (98. és 99. kép). A koncentrikus repedésekről felismerhető, hogy ezt a hatalmas üstöt utólagos beszakadások tágitották. Fenekét megmerevedett láva borítja, melybe számos hasadék nyílik. Délnyugati részéből lapos lávakúp emelkedik ki, melybe körülbelül 350-300 m kiterjedésű másodlagos kráter van sülyesztve. Jelenleg az eruptív jelenségeknek ez az egyetlen helye s neve: *Halemaumau* (a tűz székhelye). Ez a híres tüztó, melynek tükre nagy ingadozásoknak van alávetve (100. kép). A lávató működésében 3 szakaszt különböztethetünk meg: nevezetesen a láva lassan fölemelkedik és a széleken lefolyik, miközben magassága ingadozik és egy lapos kúpot épít föl; azután hirtelen esni kezd s esése óránként 20 lábat is elér és a felület tükrét 250 méternyire is lesülyeszt, végül közben a falak is leszakadnak (101-103. kép). A láva nagyon hígfolyós bazaltláva, sok olivintartalommal. A fölszálló gőzök sustorgó mozgásban tartják a lávatavat, melyből lávaszökőkútak emelkednek ki és ismét visszaesnek. Közülök legállandóbb az, a mely a tónak bizonyos meghatározott helyén rövid időközökben (az 1899. évben $\frac{1}{2}$ percenkint) emelkedik föl. Ez az *Old Faithful* (az öreg hűség). A lávában áramlásokat figyelhetünk meg (*termikus konvekciós áramlások*), melyeket, mint a 104. képen látható, a fölszálló, gázzal telített, forró tömegek tartanak mozgásban. A kihűlő láva gáztartalmát átadja a légkörnek és visszasülyed a kürtőbe. Az erősebb szél a cseppekre feloldott lávát hosszú szálakba húzza ki, melyek fonott üvegszálakhoz hasonlítanak és a lávamező mélyedéseiben felhalmozódnak. Ezeket a szálakat *Pelé (Pelée) hajának* nevezték el, a régi kanakok tűzistennője, Pelé után. A nagyobb cseppek körben forogva többé-kevésbé hegyes orsóalakot öltenek (Pelé könnyei, 105. kép). A kifolyó láva egyszer lepényláva, máskor ismét rögzös láva. A kitörések alkalmával a lávatóban a megmerevedett salakból kúpalakú szigetek keletkeznek, melyek úszva fenntartják magukat és a tó tükrének sülyedése alkalmával a partra kerülnek. A Halemaumau működése nagyon változó. Az 1886. évtől fogva egész sor megfigyelésünk van róla. Nem tekintve tükrének kisebb ingadozásait, a lávató erősebb kifolyás után teljesen eltűnik, nagy mélységben lávakéreg keletkezik a fenekén, majd különösebb előjelek nélkül ismét megjelenik. A megfigyelt esetek között olyanok is vannak, hogy a tó csak 35 napra tűnt el és csak 3 napra tért vissza. Úgy látszik, hogy itt ritmusos kitörések mennek végbe, a melyek a Stromboli működésére és a gejzirekre emlékeztetnek. Hasonló ingadozásokat mutat az olvasztóművekben az öntött anyag (ingot) - az öntőtégely (coquille, kokilly) tartalma - felszíni tükrén, a gázok elillanása következtében.

[094.JPG]

99. kép. A Kilauea kráter, Hawaii szigetén, a Volcano-House-ból nézve. (DUTTON C. E. szerint.)

[095.JPG]

100. kép. A Halemaumau 1894. márciusában. (BRIGHAM W. T. szerint.) A láva megtölti a tavat és kifolyik belőle.

[096.JPG]

101-103. kép. Keresztmetszetek a Halemaumau-n át. A rajzokon láthatók a láva ingadozásai és utána szakadásai. (BRIGHAM W. T. szerint.)

[097.JPG]

104. kép. A Halemaumau konvekciós áramlásai. (DALY R. A. szerint.)

A gőzexhalációk akkor a legnagyobbak, mikor a tó eltűnik; az exhalációk tetemes kénhidrogént tartalmaznak (106. kép). A legutóbbi időben sikerült fölötte szellemes módokon a gázokat a lávából való eltávozáskor közvetlenül felfogni és megvizsgálni.

[098.JPG]

105. kép. Pele istennő könnyei, kilueai lávacseppek, körülbelül 3 természetes nagyságban. (PERRET F. A. szerint, FRIEDLÄNDER I. könyvéből.)

Kitűnt, hogy főalkotórészük a vízgőz, a melyhez kénessav, széndioxid, szénoxid, nitrogén, hidrogén, kén, klór, fluór keverednek, nemesebb gázok nélkül. Azt is megfigyelték, hogy a gázok kékes lánggal égnék. A láva hőmérsékletét 1000-1100°-ban állapították meg, a gázokét pedig körülbelül 1000C°-ban. Ez a hőmérséklet pedig alacsonyabb, mint a magma némely ásványának olvadáspontja, melyeknek beolvasztását csakis oldási folyamatokkal magyarázhatjuk meg.

A tűztó felett vízgőzökből álló felhő lebeg. Finom részecskékből álló kén és kénessav van hozzákeveredve, úgy hogy fizikai jelenségei egészen eltérőek s ez a körülmény arra vezetett, hogy sokan tagadják a vízgőzök jelenlétét. Így a felhő a kén miatt nem tud olyan gyorsan a levegőbe illanni és a higrométer a kénessav miatt feltűnően csekély nedvességi fokot mutat.

A Halemaumau mellett a kráterben átmenetileg hasonló kisebb lávatavak keletkeztek, melyek azonban nem voltak ilyen állandóak, sem pedig ekkora terjedelműek. 1913. márciusában eltűnt a lávató s feneke 240 m mélységben feküdt. A kráterben és környékén számos szolfatára, mofetta és fumarola van, exhalációiból azonban hiányoznak a kloridok.

[099.JPG]

106. kép. A Halemaumau 1913. nyarán. (DIENERNÉ fotografiai fölvétele szerint.)

A Kilauea oldalain, éppen úgy, mint a Hawaii sziget többi vulkánjain, kisebb üstkráterek vannak besülyedve, melyek a Halemaumauhoz hasonlóan nem valamely robbanás következtében nyíltak meg, hanem a feltóduló láva olvasztotta ki azokat. Közülök kettő még a legutóbbi időben is lávatavat zárt magában, közvetlenül a kráter széléhez illeszkedve.

A lávafolyamok gázexhalációik által számos kisebb salakkúpot (*hornitot*) alkotnak, ha pedig valamely megmerevedett takaró alól kifolynak, akkor barlangok keletkeznek. Ezek bájos, stalaktitszerű lávaképződményekkel vannak kibéelve, a melyek kívül kristályos, belül pedig sejtes szerkezetűek.

Paroxizmussal egybekötött hamukitörések fölötté ritkák. A Kilaueáról csak 1789-ben jelentettek egyet, a mely biztosan paroxisztikus kitöréssel volt összekötve. Minthogy a Mauna Loáról is jelentettek ilyen kitöréseket, azt kell föltennünk, hogy ezek a vulkánok mégis bizonyos átmenetet mutatnak az előbb tárgyalt kitörési formák felé.

Évekig tartó megfigyelések kiderítették, hogy a Kilauea és a Mauna Loa kitörései egymástól teljesen függetlenek, mert ha összeköttetésben volnának egymással, akkor a Kilauea mindig előbb kiömlene, mielőtt a Mauna Loa sokkal magasabb krátere megtelnék. Minden követelményt kielégítő véleményt nehezen lehet adni ezen folyamatok belső okairól. A 107. kép szemléltet egy ilyen magyarázó kísérletet. A kráter működésének 90 esztendőn keresztül megállapított lanyhulását az a csekély magmatömeg magyarázhatná, a mely a Kilauea alatt befecskendezve fekszik. A lakkolit tömegét 250 km^3 -re és további élettartamát 2000 évre becsülték, természetesen elég bizonytalan alapokból. Ezt a nézetet talán az a számos repedés támogatja, a mely földrengés közben nyílik meg és az intruzív-tömeg födeléből származik. E szerint a Kilaueát nyugodt gázáramlásoktól nyitva tartott nyílásnak: (ventil) kell tekintenünk, mely a még folyékony állapotban levő: magmatüzhely tetőzetén keletkezett, míg a Mauna Loában sokkal mélyebbre kell helyoznünk az éltető erők székhelyét.

[100.JPG]

107. kép. A Kilauea és a Mauna Loa vulkáni működésének forrásaiként szereplő föltevéses lakkolitek. (DALY R. A. szerint.)

A vízgőztömegek eredetének megállapításánál nagy jelentőségű az a tapasztalat, hogy mindkét vulkán legtöbb kitörése (7-8) az esős évszakban megy végbe, midőn nagy csapadékmagasság mellett a légköri eredetű vizek jelentékeny tömege jut be a felszíni földrétegekbe.

Izland szigetén is találhatunk Hawaii-típusú paizsvulkánokat, a melyek azonban már kialudtak.

A vulkáni működésnek igen sajátos alakja a láva *felületi-* vagy *takarókiömlése*. A lávatakarókat nagy kiterjedés mellett azonos dőlési irány és teljesen sík felület jellemzi. Kitörési középpontjuk nincsen, vulkánhegyet vagy nagyobb krátert sem találunk, hanem repedésekből ömlenek ki, melyek gyakran éppen nem vulkáni altalajon keletkeztek. Számos vulkáni takaró egymásra településéből platóvidékek, az úgynevezett *trapphegységek* keletkeztek. Csaknem valamennyit megkövesült állapotban ismerjük, kevés közülök a történelmi időkből való. A *Dekkantrapp* Elő-Indiában a legnagyobbak közé tartozik. Itt a lávatakarók kiterjedése több mint 300.000 km^2 , melyek közé klasztikus és tavi rétegek váltakozva települtek 2000 méter maximális magasságig. Vastagságuk átlag 600 méter. Az északamerikai vulkáni tábla 400000 km^2 területű s betakarja Washington, Idaho és Oregon államok legnagyobb részét, Kalifornia északi részével együtt. A közéje települt harmadkori rétegekkel együtt eléri az 1600 m vastagságot. Valamikor az Északi Atlanti-óceán legnagyobb részét is ilyen hatalmas takaró boríthatta. Romjait felismerhetjük a Far Oer, Izland szigeteken Grönlandban (108. kép) és Ferencz József-földjén. Mexikóban, Izland szigetén és Szíria északi részén fiatalabb felszíni kiömléseket találhatunk.

[101.JPG]

108. kép. Bazalttakaró a Dickson-Bay-ben, a Spitzbergákon. (HALLADIN O. fotografiai főlvétele szerint.)

Izland szigeten 1783-ban heves földrengés közben keletkezett a *Laki-hasadék*. 34 nagyobb és 60 kisebb kúp helyezkedett el rajta és a legnagyobb közülök 150 m magas volt. Két lávafolyam ömlött ki e hasadékból; az egyik elérte a 90 km-t, a másik 40 km hosszú lett. Naponta 15 km sebességgel haladtak és 900 km² területet takartak be. Köbtartalmukat 27 km³-re becsülték (109. kép). E mellett még 2-3 km³ hamut és salakot is szolgáltatott a hasadék. Egy másik lávakiömlés 150 km hosszúságot ért el. A következő évben éhínség és ragály következtében 9000 ember, vagyis a sziget összes lakosságának egyötödrésze pusztult el. A hasadékok gyakran egészen egyenes vonalban haladnak hegyen-völgyön át, párhuzamos rendszerre fejlődtek ki s mentükön a vidék árokszerűleg lesüllyedt. A repedésekből kiömlő és takaróvá fejlődő lávák általában bázisosak és fölötté hígfolyósak. A hasadékokból kiömlő savas, vastagon folyó tömegek dagadó kúpok gyanánt halmozódnak fel és hegyvonulatokat alkotnak, mint például a Kárpátok belső peremén a Vihorlát-Gutin-hegység harmadkori hasadék vulkán kúpjai.

[102.JPG]

109. kép. A Laki-hasadék a rajta ülő vulkáni kúppal. (HELLAND A. szerint.)

A vulkánok felosztása.

Régebbi időben a vulkánokat *kumulo-* (*felhalmozott*) és *sztrato-* (*réteges*) vulkánok csoportjára osztották fel. Réteges vulkánoknak nevezték az olyanokat, a melyek láva, hamu és salak váltakozó településéből vannak felépítve; ezeket egyes vulkánok néven is emlegették. A felhalmozott (*homogén* v. *kumulo*) vulkánok csoportjába azok tartoztak, a melyek a láva egyenletes fölhalmozódásából dagadó kúppokká alakultak, vagy pedig lávatakarókból állottak (pajzsvulkánok). Ezek közé számították a Mont Pelée dómját és a Hawaii-sziget vulkánjait, míg a réteges vulkánok típusa aránytalanul nagyobb számban fordult elő. Ezt a felosztást ma már nem használjuk.

Más csoportosítás szerint vannak *monogén-vulkánok*, a melyek valamely kiömlés által hirtelen keletkeztek (Monte Nuovo, egyes dagadó kúpok) és *poligén-vulkánok*, a melyek hosszantartó, időszakos működésekből eredtek és sokféle anyagból vannak fölépítve. Közéjük tartozik a Vezúv, az Etna és a vulkánok többsége. Ismét más szempontok szerint megkülönböztettek *egyszerű vulkánokat* egységes kúppal (az Eifel vulkánjai, Monte Nuovo, Etna stb.) és *összetett vulkánokat*, a melyek középponti kúpból s az ezt körülvevő köralakú sánczból állanak (Vezúv, Pic de Teneriffa).

Legczélszerűbbnek látszik a vulkánokat szolgáltatott anyaguk szerint csoportosítani. Eszerint megkülönböztethetünk *tiszta hamukúpok*at, mint a Monte Nuovo és *tiszta lávahegyeket*: amilyenek a dagadó-kúpok. A két csoport közé ékelhetjük a hamuból és lávatakarókból fölépült *vegyes vulkánokat*.

A vulkáni kitérősek tűzhelyeinek újabb beosztása származástani és morfológiai alapokon nyugszik és a belőlük kikerült anyag által teremtett felszíni formákat is figyelembe veszi. Így SCHNEIDER szerint megkülönböztethetünk:

I. *Reumatitikus vulkánokat* (a magmakifolyásából keletkeztek). a) *Pedionitek* (felszíni kiömlések). b) *Aszpitek*: pajzsalakú formák, *pajzsvulkánok*, Izlandban és Hawaii-szigeten nagy alapzattal, igen csekély, 5-10°-os lejtővel. A hegy csúcsán széles, lapos besülyedés észlelhető. A tengeralatti vulkánok közül sok vulkánsziget tartozik ide. c) *Toloidok*: tulajdonképpen meredek lejtőjű aszpitek (kúpok, dagadókúpok, pl. a Puy de Sarcoui, Puy de Dôme a Francia Központi Fennsíkon, Csimborászó, Pico de Teyde). d) *Belonitek*: csaknem függélyes falú toloidok, a Montagne Pelée tornya, Puy de Chopine Auvergneben, 70°-nál nagyobb lejtővel.

II. *Klazzmatikus vulkánok* (kirepített anyagból vannak fölépítve). a) *Konidok*: homorú körvonallal, lejtési szögletük az anyag belső súrlódási együtthatójától függ (körülbelül 35°-ig), például a Vezúv. b) *Homatok*: nagy, széles kráterük van alacsony gáttal, (gáthegek), pl. Piperno-vulkán, Astroni a Flegrei-mezőkön, Askja (Izland), Santorin, az Eifel vulkánjai. c) *Maarok*: kirobbantott tölcserék.

Homogén, vagyis ugyanabból az anyagból keletkezett vulkánhegyek nagy ritkán fordulnak elő és jobbra az első csoporthoz tartoznak. Kombinált folyamatok által a vulkánok felsorolt csoportjai közé ékelhető közbülső formák keletkeznek. Sok működő vulkán reumatitikus és klazzmatikus anyagból van fölépítve, s ezek az anyagokat termelő folyamatok nemcsak a vulkán történelmében, hanem egy és ugyanazon kitörés tartama alatt is váltakozhatnak (*reuklazzmatikus* képződmények, pl. Vezúv, Etna). Mindkettő alapzata kiömlésekből áll, melyen a kúp épült föl (aszpikonidek). Ehhez hasonlóan keletkeznek az *aszpihomatok*. A Mont Pelée dómalakú kúpját *tolobelonitnak* nevezhetjük. A homatotípus széles kráterében levő kis kúpok a *homakonidok*. Természetesen ezek a mesterszavak nem alkalmazhatók minden egyes esetben, hiszen a természet maga annyi sok átmenetet teremt, hogy a megkülönböztetés ugyancsak nehéz.

Tengeralatti kitörések.

Könnyen megérthető okokból a tengeralatti kitörések csak nagy ritkán figyelhetők meg, bár bizonyára elég gyakoriak. Ezt bizonyítja az a tény, hogy termékeiket be kellett iktatni a geológiai korszakok tengeri üledékei közé. Talán a tengerrengések nagy részét is ezekre lehetne visszavezetni. Számos óceáni sziget vulkáni működésnek köszönheti eredetét és tengeralatti kitörésekből kellett keletkeznie. Egyesek közülök úgyszólván szemünk láttára keletkeztek, majd rövid idő múlva ismét a hullámok rombolásának estek áldozatul. Az egyik legismertebb esetet Pantellaria és Szicília között figyelték meg, ahol 1831. előtt 100 öl mélységben még nem érték el a tenger fenekét. Ebben az évben ezen a helyen vulkáni kitörés indult meg: vízoszlopok emelkedtek ki a tengerből, majd ismét füstfelhők szálltak föl és a hevesen rengő, tajtkővel és hamuval fedett tengerből egy hamuból képződött új vulkáni sziget bukkant föl kráterével együtt, melynek átmérője 2000 láb és magassága 200 láb volt. Elnevezték *Juliának*, *Ferdinandának* s még más neveket is kapott. Az év végén egészen eltűnt s a helyén 24 lábnyi tengermélységet mérhettek.

Sziciliától délre gyakran fordulnak elő ilyen tengeralatti kitörések. 1890-ben Pantellarián a partvonal 10 km hosszúságban 0.8 méternyire emelkedett, míg a következő évben kitörés keletkezett. Úgy látszik, hogy a gőzök és a magma feszültsége itt valamiféle kisajtolást okozott.

Az Égei-tengerben a *Santorin* vulkáni sziget (110. kép) a Sommára emlékeztető gyűrűből áll, melyet két nagyobb és több kisebb sziget alkot. A gyűrű közepén is több kisebb sziget van. Eredetileg itt egy nagy vulkán állott, mely a történelem előtti időben egy kitörés alkalmával a levegőbe repült. Krisztus születése előtt 198-ban a kráter gyűrűjében több szigetvulkán halmozódott fel, melyeknek száma és alakja folyton változott. 1866-ban erősebb kitörés történt itt, miközben a tengeralatti lávakiömlések új szigeteket építettek fel.

[103.JPG]

110. kép. Santorin sziget. (SEEBACH K. szerint.)

A legjelentékenyebb tengeralatti kitörések egyike teremtette 1796-ban a *Bogoszloffszka* szigetet az Aleuták ívében, melynek kerülete 4 földr. mérföld és eléri a 2000 láb magasságot is. Közelében a legújabb időkig újabb szigetek is keletkeztek, a melyek azonban részben ismét elpusztultak. Torlaszos kúpoknak tekinthetjük őket. Itt 8 hónap alatt az összes szigeteknek 7.6 méteres emelkedését figyelhették meg.

A különböző kitörési típusok tárgyalása után néhány általános eredményt állapíthatunk meg. A bázisos magmák olvadáspontja alacsony, hígfolyósak, nehezebbek, lassabban merevednek meg és csekély gázmennyiségük kiválása is nyugodtan megy végbe. A savas lávák viszont csak magas hőfokon olvadnak meg, nyúlósfoltyékonyak, könnyebbek, gyorsan megmerevednek és erősebb gázkiválásuk élénk kitöréseket idéz elő. Ezek a körülmények egyúttal a lávák összes többi viszonyait is megszabják. A szerint, amint bazaltosak vagy trachitosak, felszínük is különböző képet nyújt és a Föld domborzatának változásaiban különféle szerepet visznek. A hasadékkiömlések és a Hawaii-típusok sorozatában csekély gázmennyiséggel találkozunk, melyek többnyire minden paroxizmus nélkül nagy tömegben szolgáltatják a hígfolyós lávát és lapos pajzs- vagy táblaalakú kiömlési formákat teremtettek. Másfelől a savas lávákban a gáztömegek gyarapodását ismerhetjük fel. Az ilyen lávák nyúlósfoltyósak, megszakítások közben többnyire robbanásokkal kapcsolatban kerülnek a felszínre, miközben a kürtő reumatikus termékeivel azonos mértékben fogynak; a klazmatikus anyagok felszaporodnak és végre többé-kevésbé egyedül jelennek meg. Továbbá azt is megállapíthatjuk, hogy mennél hosszabb két kitörés között a nyugalmi szünet, annál jobban emelkedik a kitörés hevéssége.

A vulkáni hegyek letarolása.

Könnyen érthető, hogy az olyan laza anyagból fölépült domborzatformák, mint a vulkánok hamukúpjai, erősen ki vannak téve a letarolás támadásainak. Már a kitörések alkalmával a heves esőzések a hegy oldalain sugaras irányú barázdákat vésnek ki, melyek későbbben mindjobban bemélyednek (86., 90. és 111. kép). Egész iszapfolyamok rohannak le sokszor egymás után. Nagy szárazság alkalmával sokszor a legnagyobb lejtési szöglet alatt fölhalmozódott hamu és lapilli lavinaszerűleg rohan a mélységbe. Az erősebb szelek elhordják a finomabb anyagot, miáltal nagyobb darabok leszakadnak. Ezek a sugárvölgyek a kráter köpenyét néha egészen keresztülvágják (*barranko*) s így a krátert (*kaldera*) megnyitják. Oldali kitörés vagy lejtőn keletkezett kitörés következtében, avagy a kitörési középpont eltolódása alkalmával a hegy egyik része el is pusztulhat, miközben előkészíti a patkóformájú alak alapjait, amint ez a Vezúv szommájával történt. Ha a körgát megnyitása valamely szigetvulkánon történik, a tenger vize behatolhat, mint például a Krakataunál történt; ilyenek még Szt. Pál szigete az Indiai-óceánban, Santorin és Nisida sziget Nápoly közelében. Kisebb hamukúpok rövid idő alatt teljesen eltűnnek, különösen a tengeralatti hamukitörésekből keletkezett vulkáni szigetek.

[104.JPG]

111. kép. Az Erdsias-Dagh délről nézve. Kezdődő letarolás, mélyen bevágódott sugaras völgyekkel. (ZEDERBAUER E. fotográfiája szerint.)

[105.JPG]

112. kép. A Venda vulkán letarolt sugaras telérei az Euganeákban Észak-Olaszországban. (REYER E. szerint.)

Mihelyt az összes laza anyagok eltávolodnak, többé-kevésbé csak a lávatakarók maradnak meg, a melyek gyakran a vulkán alapját építik föl, valamint megmaradnak a nagyobb ellenállású lávatelérek is, a melyek sugarasan szelik át a kúpot. A hegyoldalakra kiömlött lávafolyamokról eltűnnek a magasabb, kevésbé vastag részek és csak a bizonyos vastagságú folyamvégek maradnak meg. A vulkánok ilyen mértékben való letarolására szép példa a fiatalabb harmadkorban működött Venda-vulkán az Euganeákban. Körülbelül az Etna nagyságával egyezhetett meg ez a vulkán, a melynek hatalmas radiális telérei sziklafalak gyanánt maradtak meg s körülöttük az áramlások végeinek maradványai a környék dombjain nyomozhatók (112. kép).

[106.JPG]

113. kép. Keresztmetszet a Largo Law vulkáni kürtőin, neckjein át, Fifeben. (GEIKIE A. szerint.)

Hatalmas hamuesők kiemelkedéseket halmozhatnak fel, melyeket a lávakiömlések megszilárdíthatnak. A takarókiömlésekből az erózió következtében tagozott hegységek (*trapphegységek*) keletkeznek. A nyúlós folyós lávák *kúphegységeket* alkotnak, melyek gyakran a kitörés nyílása fölé magasra emelkednek és a letarolással szemben nagyobb ellentállást tanúsítanak. Valamennyit *vulkáni* vagy *felhalmozott hegységnek* nevezzük.

Végül ezek az alaphegységre települt, kiömlött tömegek is eltűnnek és a kürtő szabadon marad. A kürtőt vagy a láva tölti ki (*lávanyél*), vagy pedig a visszahullott klazmatikus anyag *morzsás tufává* sült benne össze. Ez olyan állapot, melyben ezeket a letarolt maradványokat gyakran nehezen lehet megkülönböztetni a hozzájuk nagyon hasonló maaroktól. Urach körül a Rauhi Alb-ban egész sereg ilyen félig megtöltött köralakú vagy tojásdad kitörési üstöt találhatunk, melyek 20-30 m mélyek és átmérőjük 250-1000 m-ig terjed. Egyes nyelvek 900 m mélységig vannak feltárva, úgy hogy ezekből megállapíthatjuk, hogy a csatorna felső része tufával van kitöltve, míg a bazalt csak bizonyos mélységben jelenik meg (70. kép). A vulkáni tufákkal, bombákkal és a szomszédos kőzetek törmelékeivel kitöltött kürtőket *neck*-eknek nevezzük; e kifejezés Angliából ered (113. kép). Ebben az állapotban van a már előbb említett *kimberlitkürtő* (Pipes) Dél-Afrikában. A mélyen letarolt vulkáni maradványok segítségével bepillanthatunk a kitörések mechanizmusába, a mely különben rejtve, maradna előttünk. Így most számos olyan nyelet ismerünk, melynek átmérője csak néhány méter, de van 1 km átmérőjű is. Nagyobb ellentállóképességüknél fogva mint *meredek felszíni* formák tűnnek ki s így feltűnő kúpok vagy szirteket alkotnak, mint a Borschen Bilinnél, a Milleschauer, a Schreckenstein a Cseh-Középhegységben, a Hegau festői várakkal koronázott hegyei a Hohentwiel, a Stoffeln, a Hohenhöwen stb., a Mont St. Michel a Le Puyben (Auvergne, 114. kép) és sok más vulkáni hegy.

[107.JPG]

114. kép. A Mt. St. Michel Le Puy-ben, Auvergneben (a képen balra). Kitért kúrtó, melyet az erózió láthatóvá tett. (Vásárolt fotográfia szerint.)

[108.JPG]

115. kép. Vulkáni nyelvek a Colorado Grand Kanyon-ján Észak-Amerikában. (DUTTON C. E. szerint.)

Különösen a Colorado Grand Kanyon-jának meg nem zavart, mélyen feltárt rétegsorozatában figyelhetők meg a nagyon vékony nyelvek, a melyek ezer meg ezer láb vastagságú kőzettelepüléseken hatoltak keresztül a nélkül, hogy bármilyen kis hasadást lehetne fölfedezni, a melyen keresztül a magma kinyomulhatott volna (115. kép).

[109.JPG]

116. kép. A Teufelsmauer falszerűen kiálló bazalt-telére Észak-Csehországban. (WURM szerint, LÖW F. könyvéből.)

Az alaphegység hasadékaiban a benyomult magma kőzettáblákat alkot, a melyek kimállasztva falakhoz hasonlóan emelkednek ki, mint a csak 2 m vastag Teufelsmauer a Leitmeritzi Középhegység délkeleti részében, a mely nem más, mint vízszintesen fekvő oszlopokra tagozott bazalttelér a krétahomokkőben, mely 10 m magasságig ér és 25 km távolságban nyomozható (116. kép).

A vulkánosság a Föld háztartásában.

A vulkáni jelenségek nagy hatással vannak a Föld felszínének alakulására. Az areális kitéréseknek a maguk eredeti, minden képzeletet felülmúló formáikkal a szilárd földkéreg, a páncéltakaró képzésében tetemesen nagy részük van. Az óriás batolitek és lakkolitek, a melyek a réteges kőzeteket felboltozzák és áttörik, egész hegységeket alkotnak és a régebbi geológiai korszakok takaró-kiömlései nagy kiterjedésű fennföldeket építettek föl. Azok a régebbi kőzetek, a melyek e kitérési tömegekkel érintkezésbe jutottak, az érintkezés (kontaktus) következtében megváltoztak. A mai vulkáni folyamatok csak árnyékai egykori nagyságuknak. Jelenleg ugyanis a Föld felületének csak 1½ millió négyszögkilométernyi területére esik egy működő vulkán. A lávafolyamok, a melyek egykor szörnyű kiömléseikkel megváltoztatták a Föld domborzatát, jelenleg a klazmatikus termékekkel szemben erősen csökkenőben vannak és csak a legkritább esetekben érnek el olyan kiterjedést, hogy a Föld felületén említésre méltó változásokat okozhatnának. Talán semmiben sem ismerhetjük fel világosabban Földünk öregségét, mint a vulkáni működések kihalásában. Ámbár a Föld történelmében az erősebb működések korszakai nyugalmi szakokkal váltakoztak, mégis különböző jelek arra vallanak, hogy a Föld belsejének folytonos hővesztesége és a földkéregnek növekedő vastagsága a pirostérának nyilvánulásait a felszín felé kioltja.

A vulkáni folyamatok nagy mennyiségű *juvenilis* (vagyis a felületre először kitérő) kőzettömeget telepítenek a Föld felszínére. Ezáltal a litoszféra vastagodik. Sok formációban gyakran hatalmas rétegtörések keletkeznek belőlük, másfelől pedig elmállásuk az üledékek részére szolgáltat nyers anyagot. Az ezáltal újonnan felszínre került tömegek megváltoztatják a Föld domborzatát. Hatalmas hegyek keletkeznek, melyek a többnyire könnyen elpusztítható anyagok következtében gyakran gyorsabban esnek a letarolásnak áldozatul és későbbi kitérések következtében ismét megváltoznak. A vulkáni vidékeken rövid idő alatt megváltozik a

szárazföld és a tenger eloszlása. A vulkáni anyag egyes tengerrészeket feltölt, más pontokon ismét a tenger tör be az újonnan keletkezett mélységbe, a feltorlódások következtében tavak keletkeznek vagy eltűnnek; ha a kirepített anyag tömege betemeti a folyókat, ezek új irányban folytatják útjukat. Sok sziget a vulkáni működésnek köszönheti keletkezését, úgyszólván szemünk láttára merül föl, hogy ismét a habok nyeljük el. E folyamatok alkalmával nagyon jelentékeny tömegek jönnek mozgásba. A Hawaii-szigetnek felülete 17000 km^2 , köbtartalma a tenger színe felett 11000 km^3 , és ha meggondoljuk, hogy az egész sziget 5000 méteres tengerszemélysből emelkedik ki, akkor a talán tisztán lávakiömlésekből álló köbtartalmát 400000 km^3 -re kell becsülnünk. Ma általában az izosztázia alapján az a nézet az uralkodó, hogy a kiemelkedések főtömegét a *salikus* kőzetekből álló mag alkotja.

A kirepített laza anyagokat a szél és a víz tovább szállítja és a szárazföldön vagy pedig a vízben mint tufát lerakja. Ezek még a lávánál is jobban tudják a domborzat meglevő mélyedéseit kitölteni. A körülbelül egyforma minőségű klazmatikus termékek nagy tömegei az egész Föld kerekén gyarapítják a lerakódásokat vagy pedig magukban is egész rétegtagokat építenek fel. A harmadkor óta a szárazföld felszínének vagy 3%-át borították el az eruptív tömegek a nélkül, hogy a tengeralatti kitöréseket figyelembe vehettük volna. Kiszámították, hogy e tömegek köbtartalma 8 millió köbkilométer lehet s ezzel a tömeggel Európát 800 m, az egész Föld felületét pedig 15.5 m magasan betakarhatnók. Ezek az értékek, miként később látni fogjuk, például a tengeri lerakódásokkal összehasonlítva, csekélyek. Azáltal, hogy a vulkánok gyakran az alaphegység talpazatán ülnék, továbbá mivel szelíden hajló lejtőjük van, többnyire nincsen feltűnő alakjuk a tájképen. Ez alól csak kevés a kivétel; feltűnő alakúak azok a vulkánok, a melyek közvetlenül a tenger színéből emelkednek ki, mint a japáni *Fuzsi Jama*, az olasz *Etna* vagy a *Mount Rainier (M. Tahoma)* Washington-államban.

A szilárd kitörési törmelékekkel együtt nagy tömegű juvenilis gázok és gőzök kerülnek a Föld felszínére. Nem számítva azokat a vízgőzöket, a melyek a magma gázainak elillanása közben válnak szabaddá, a levegőben a szabad hidrogén égése alkalmával is keletkezik víz. Ezzel magyarázhatjuk meg azokat a záporosókat, a melyek a kitöréseket kísérik. Ezek a folyamatok a Föld felszínének víztömegeit, melyek a víz megkötése által az ásványok átalakulásakor, továbbá egyéb folyamatok alkalmával csökkennek, ismét kiegészítik vagy talán gyarapítják is. A vulkáni gázillanás következményeinek tarthatjuk a *juvenilis forrásokat* is, melyekről későbbi fejezetünk szól.

A vulkáni gázok részben ártalmasak (klór, kénessav-gőzök stb.) az élő szervezetekre, részben pedig hasznosak, mint a Vezúv kitöréseinek ammóniumtartalma, mely Nápoly mellett a Campagna Felice-t oly termékennyé tette s melytől egyúttal nevét is kapta. Éppen így Közép-Amerikában a finom vulkáni hamut kitűnő trágyának tartják. Állítólag egyes sótelepek szintén vulkáni eredetűek. A klórammoniumot és a bórsavakat fumarolákból kapják és némely kutató a világóceánok sótartalmát is a Föld belsejének gázellillanásaiból származtatja.

A vulkáni kilehelések szublimációs termékei között sok ásványt mutattak ki, melyek a vulkáni kőzetekben is megvannak. Újabban azt tartják, hogy az érczelőfordulások a legszorosabb kapcsolatban vannak a vulkáni működésekkel s ez az összefüggés az arany, ezüst, réz, ólom, vas, kobalt stb. fémásványokra nézve be is bizonyosodott. Természetesen ezek az elsődleges (primaer) előfordulások gyakran csak a tudomány szempontjából érdekesek, de mégis rávilágítanak a gazdag ércztelések eredetére, a melyek *termikus* vagy *pneumatolitikus* úton forró vizek vagy gázok lecsapódása által keletkeztek. Svédország óriás mágnesvastömegeit egyenesen a magma kiválásának (*magmatikus képződményeknek*) tartják. Azt már említettük, hogy a gyémántok a délafrikai kimberlit-kürtökben régi vulkáni előfordulásokhoz vannak kötve és sok más ásvány, pl. a terméskén eredetét is részben hasonló okokkal magyarázhatjuk meg.

B) A földkéreg zavargásai.

A tektonika alaptanai.

Minthogy a tömeges kőzetek településében nincs semmi szabályosság és egymás fölé elhelyezkedő sorozatukat sem állapíthatjuk meg, azért ezen az alapon nem mutathatók ki a Föld kérgének elmozdulásai. Csak a *réteges kőzetek*, melyeknek egykori vízszintes települése csekély kivétellel biztosra vehető, bizonyíthaták azt be, hogy a Föld kérgének egyetlen olyan darabja sincs, melynek eredeti fekvése a Föld középpontjához képest ne szenvedett volna valamilyen változást, illetőleg meg ne zavarodott volna. Az egykor vízszintesen fekvő s most többé-kevésbé ferdén vagy meredeken álló rétegfelületeken tehát felismerhetjük a *megzavaródásokat* (*dislocatio*), melyeket a réteges kőzetek a Föld felületének folyamán végigszenvedtek s így ezek adják kezünkbe a földkéreg szerkezetének megértéséhez, vagyis a *tektonikához* vezető Ariadne-fonalat. A rétegfelület hajlását *dőlés*-nek nevezzük. Ezt azzal a legnagyobb szöglettel mérjük, melyet a réteg felülete a vízszintes síkkal bezár. Irányát a világtájak szerint állapítjuk meg annak a függélyes síknak alapján, a mely ezt a legnagyobb szögletet alkotja. Meghatározásához a *bányásziránytűt* (bánya-kompassz) használjuk. Ez közönséges iránytű, kis négyszögalakú deszkára erősítve, melynek oldalai párhuzamosak az Észak-Dél vonallal (118. kép). A Kelet- és Nyugatpont föl vannak cserélve, s osztályzata 24 órára (h=hora) és 360°-ra osztja be az egészet, Északról kezdve az óramutató járásával ellentétes irányban haladva. Ezzel a műszerrel először is a réteg *csapás*-át mérjük; ez nem más, mint a réteg felületére fektetett vízszintes vonal iránya (117. kép). A deszkalapocskát vízszintesen a réteg felületére fektetjük és megnézzük, hogy mennyire tér el a tű északi sarka a beosztás Észak-Dél vonalától. A Kelet- és Nyugatpont azért vannak fölcserélve, hogy a csapás adatát közvetlenül leolvashassuk. Például, ha a tű északi sarka Északról Kelet felé 30°-ra tér el és 2 h-t mutat, azt így olvassuk le: É 30° K, vagy 2 h (hora 2), továbbá É 45° Ny, vagy hora 21 stb. Ezzel a réteg csapását kétségtelenül meghatároztuk. Hátra van még a *dőlés-szög* megmérése, mely a csapásra merőlegesen fekszik. Ennek megmérése céljából a kompaszt arretáljuk, vagyis tűjét leszorítjuk s egyik oldalával merőlegesen a réteg felületére a dőlés irányában - tehát a csapásra merőlegesen - állítjuk fel, úgy, hogy azt a kis mutatót (mérő-önt), mely a műszer belsejében a fokos beosztás előtt mozog, beállíthassuk. Ez a beosztás az úgynevezett transzportörhöz hasonlít, azonban a nullapont a félkör közepén fekszik, tehát a deszkalap széléhez és a rétegfelülethez merőleges vonalban. A beosztás innét indul ki mindkét oldalról 90°-ig. A mutató ugrásából a dőlésszöget közvetlenül leolvashatjuk. A horizontális települést *lebegőnek* vagy *vízszintesnek* nevezzük. A réteg csapását a térképen a csapás irányában fekvő vonalka jelzi, míg dőlését az erre merőlegesen rajzolt nyíl mutatja, melynek hossza a növekvő dőlésszöglettel csökken. Néha a dőlés szögét a nyíl mellé illesztett számmal fokokban is megadjuk. A vízszintes települést kereszt, a réteg függélyes helyzetét mindkét végén nyíllal végződő csapásvonal jelzi (117. kép).

[110.JPG]

117. kép. A rétegfelület csapása (*a-a*) és dőlése (*b b*). A dőlés jelzései: 1. lebegő, horizontális vagy szintes település; 2. a csapás Kelet-Nyugat irányú, laposan dől Észak felé; 3. a csapás Északnyugat-Délkeleti, meredeken Északkelet felé dől; 4. a réteg függélyesen áll, Észak-Délre csap.

[111.JPG, 112.JPG]

118. A-C. kép. Bányász-iránytűk. 118 A. kép: természetes irányú világtájjelzéssel és rézirányzék-kal (PRZYBORSKI magyar bányamérnök szabadalma). 118 B. kép: ugyanaz fordított, illetőleg felcserélt kelet-nyugati jelzéssel. 118 C. kép: kötélre függesztett bányász iránytű.

[113.JPG]

118. kép. Bányász-iránytű teljes beosztással, kívül 1-360°, beljebb 1-24^h jelzéssel; N=észak, S=dél; felcserélt keleti (O) és nyugati (W) irányval.

A tengerpart mozgásai.

Ha a tenger színe felett több ezer méter magasságban tengeri kövületeket találunk, akkor föl kell tennünk, hogy a földkéreg e részének fekvésében a tenger tükrehez képest és természetesen a Föld középpontjához képest is nagy változások mentek végbe. Azt, hogy vajjon a litoszféra egyik darabja emelkedett-e föl, vagy pedig a tenger tükre süllyedt-e le, előzetesen el nem dönthetjük, mert a méréseket mindig a tenger szintjére mint nullapontra vonatkoztatjuk. A tenger szintje nagyjában egészen a geoid alakját veszi fel és a szárazföldi tömegek fekvésének változásait a Föld középpontjához képest mint a *partvonal eltolódásait* tárja elénk. A szárazföld emelkedése a partvonal süllyedésében (*negatív eltolódás*), míg a szárazföld süllyedése a partvonal emelkedésében (*pozitív eltolódás*) nyilvánul. Ezeket a változásokat azonban a tenger szintjének ellenkező irányú mozgása is előidézhetheti. Ha a tenger a szárazföldre benyomul, tehát a szárazulat fölé terjed (*transzgredál*), ezt *transzgresszió*-nak, a tenger visszahúzódását, tehát a szárazföld fölbukkanását pedig *regresszió*-nak nevezzük. A Föld történetében mindkét folyamatot ismételten megfigyelhetjük, de a vélemények gyakran különbözők arra nézve, vajjon a szárazföld, vagy pedig a víztömeg ingadozásai idézik-e elő a változásokat, mert az bizonyos, hogy mind a kétféle mozgás megvan. A *partvonal negatív elmozdulásának ismertető jelei*: a magasan fekvő parti terraszok, kagylópadok, mészszirtek, delták és építmények, melyek egykor a tenger szintjén feküdtek (öböl-lerakódások). A *pozitív elmozdulást* a tenger színe alá merülő szárazföldi képződményekből, víz alá merült völgyekből, elárasztott szárazföldi területekből érthetjük meg, melyek erdőkkel, tőzeglápokkal és épületekkel váltakoznak.

A hold és a Nap vonzása, továbbá a tengelyforgás a földkéregnek mulékony, igen kis fokú elhajlását idézi elő. Ennek következményei a *földárapályok*, melyek a tenger árapályához hasonlítanak. Úgy látszik, hogy a Föld régebbi korszakaiban ilyen erősebb és sokáig tartó deformációk több helyütt ismételten előfordultak. Megkísérelték ezeket a jelenségeket a Föld sarkainak ingadozásaiból s a Föld rotációs alakjának ezekből eredő változásaiból magyarázni, de legújabban mindezeket a földtengely-eltolódásokat tagadják. Skandináviának és Észak-Amerika északkeleti részének a jégkorszakban történt mulékony süllyedését már régen a szilárd földkéreg elmozdulásának tulajdonították és a diluviumi szárazföldi jégtömeg nyomásával, illetőleg az utána következő emelkedést a jég elolvadásával magyarázták; a jég olvadásával t. i. a földkéreg megterhelése megszűnt. Azt is megfigyelték, hogy az utólagos emelkedés Skandináviában a szárazföld belseje felé 300 m-ig, Észak-Amerikában több mint 200 m-ig növekedett, úgy hogy mindkét helyen a Föld kéregdarabjának előbb lesüllyedését és utóbb felboltozódását kell föltennünk (119. kép). Ez a megterhelés azonban nem elegendő ahhoz, hogy olyan jelentékeny elhajlásokat tudjon előidézni, melyek egyébként még most is folyamatban vannak. Stockholmban 50 év alatt 19 cm-nyi emelkedést, Lökő-nél Finnországban 34 év alatt 27 cm-nyi emelkedést figyeltek meg. Ezeknél a méréseknél azonban

nagyon óvatosaknak kell lennünk, mert a tenger tükrenek vonalát sok véletlen hatás is megváltoztathatja. Capri sziget, miként régi partvonalai mutatják, a történelmi időkben nyugati részén csak 3.7 cm-nyire, keleten pedig 7 m-nyire emelkedett ki a tengerből. A partvonal ilyen szabálytalan fekvéséből kétségen kívül megállapítható a szárazföld pozitív elmozdulása. Azonkívül ugyanott a tenger színe felett 200 m magasságban is találtak egy régi partvonalat. Egyes korallzátonyok megfigyeléseiből kiderült, hogy a tengerfenék ott újabban feltűnő mértékben süllyedt, míg a szomszédos zátonyok a tenger tükre felett néhány száz méternyi magasságra emelkedtek ki. Ezeket az ellenkező irányú elmozdulásokat csakis a litoszféra mozgásával magyarázhatjuk meg. A Pó síkján a szárazföld több száz méteres süllyedését azok a folyami és szárazföldi képződmények igazolják, a melyek mélyen lenyúlnak a tenger tükre alá. Ugyanez a süllyedés megy végbe Dalmáciában is, a hol a tenger elárasztja a szárazföld domborzatát (*ingressziós part* 120. kép), miközben a Földközi-tenger szomszédos partjain a tenger tükre egyáltalán nem emelkedik. Peruban és Chileben a parti terraszkok fiatal kagylópadokkal 500 m magasságra, Dél-Kaliforniában és a kaliforniai félszigeten 1052 m magasságra emelkedtek; Alaszkában pedig a St. Elias hegyen a recens konchiliák 5000 láb magasságban vannak. Amerikában a Csöndes-óceán partjának több pontján fiatakorú emelkedés mutatkozik, melyet azonban megfelelő regresszióval nem magyarázhatunk meg, amennyiben az emelkedések mértéke helyenként fölötte különböző s ugyanez más partokon is megfigyelhető. Chrysis sziget Lemnosnál PAUSANIAS szerint Kr. e. a második században elsüllyedt s romjai ma is láthatók a tenger fenekén. Későbbben még fölemlítjük a régi elsüllyedt városokat: pl. ilyen volt Helike Peloponnesosban. A süllyedést itt laza tömegek csuszamlásai okozhatták. Hollandia és Flandria azonban ma is süllyed és ez ellen a lakosság gáttakkal kénytelen védekezni. Amerika nyugati részén a nagy diluviális tavak parti terraszkai el vannak hajolva éppen úgy, mint a Vaskapu Dunaterraszkai Orsovánál. Az ú. n. fixpontok fekvésében ismételen olyan jelentékeny különbségeket találtak a precíziós nivellálás revíziói alkalmával, hogy ezeket csakis a földkéreg mozgásaival tudjuk megmagyarázni. Különösen Svájcban, Itáliában és Spanyolországban találhatók erre jó példák. Ez országok lakói sokszor állítják, hogy a vidék egyes pontjai, melyeket azelőtt bizonyos meghatározott helyről nem lehetett látni, a látóhatárba jutottak, míg mások abból kiestek. Igaz ugyan, hogy itt csalódások is előfordulhatnak, de földrengés sújtotta vidékeken ezt mégis bebizonyították. Különösen földrengések után szoktak ezek a változások előtűnni. A Föld kérgének ilyen lassú, függőleges irányú mozgásait évezredes (*szekuláris*) mozgásoknak nevezzük.

[114.JPG]

119. kép. A jégkorszak utáni emelkedések Skandináviában. A görbék (ú. n. izoanabázis-ok) összekötik az ugyanazon mértékben emelkedett pontokat, méterekben kifejezve. (DE GEER G. szerint.)

A szárazföld emelkedéseit és süllyedéseit időnként közvetlenül is megfigyelhetjük, például a katasztrofális földrengések alkalmával, melyek jókora távolságokban nagy változásokat idéznek elő a Föld felszínén. Erről a következő fejezetben bővebben szólnunk. A partvonalak váltokozva több méternyire emelkednek és süllyednek. Az ilyen tüneteknek egyik legszebb példája Serapis temploma Pozzuolinál, Nápoly közelében, a mely kb. Kr. e. 100-ban épült és a XVI. századig 6 méternyire süllyedt a tenger tükre alá. Három megmaradt oszlopát 2½ méternyire ágyaszták be a Szolfatára-vulkánból kirepített anyagok. E fölött 3½ méteres sáv következik, melyet a tengeri állatok megfűrtak. A Monte Nuovo kitörési szakával az emelkedés korszaka vette kezdetét. A múlt században, sőt még a 80-as évek utazói is az oszlopokat vízben állva találták (121. kép). A 90-es évek vége felé azonban a talaj szárazra került (122. kép). Legújában ismét a partvonal pozitív mozgása állapítható meg, mely

évenként 2 cm-re rúg. Kriptovulkáni folyamatok okozzák itt ezt a tünetényt s az ehhez hasonló eseteket. Ha tehát a szilárd földkéreg saját mozgásait ki is mutatták már, a partvonal eltolódásait néha mégis a *tenger tükrének oszcillációira* vezethetjük vissza. Sok igazság van abban is, ha fölteszük, hogy a tömeghalmozódás, pl. valamely parti hegység vagy a diluviális jégtakaró helyi vonzást gyakorol a víztömegre, vagyis emelkedést okoz, míg a letarolás következtében beálló tömegvesztés a tenger tükrének süllyedését idézi elő. Ezek a különbségek azonban oly jelentéktelenek, hogy figyelmen kívül hagyhatók. A vízburok *eusztatikus mozgásai*, a milyeneket a Föld kerekén mindenütt megfigyelhetünk, az üledékek fölhalmozódásai, a szárazföld leszakadásai s a tengerfenék emelkedése következtében pozitív irányúak, míg a mélységek süllyedése következtében negatív irányú elmozdulást okoznak. De még ezek a méretek is csekélyek. Így az összes szárazföldek elsüllyedése a tenger tükrét csak 150 méternyire emelné. A Föld tengelyforgásának minden változása kifejezésre jut a tenger tükrének helyzetében. A Föld forgása megváltoztatja a szilárd földkéreg alakját, még könnyebben a vízburokét. A gyorsított forgás a vizeket az egyenlítő felé tereli, ha pedig csökken a forgási sebesség, a vizek a sarkok felé áramlanak.

[115.JPG]

120. kép. Ingressziós tájkép Lesina mellett, Dalmáciában. (LAFOREST F. fotografiai fölvétele.)

[116.JPG]

121. kép. Serapis templomának oszlopai Pozzuoliban 1836-ban. Az oszlopok kimállott sávja sötétebb színével tűnik elő. (LYELL CH. szerint.)

[117.JPG]

122. kép. Serapis templomának oszlopai Pozzuoliban 1836-ban, teljesen szárazra kerülve. (Vásárolt fotográfia szerint.)

Az efféle változások megállapítását látszólag támogatják azok az adatok, melyek szerint a sarkok felé (Skandinávia, Kanada, Alaszka, Kalifornia, Chile) a partvonal negatív eltolódásai, míg az egyenlítő felé a pozitív eltolódások az uralkodók, melyek a korallzátonyokon ismerhetők fel. Ezt azonban nem általánosíthatjuk, mert miként említettük, más helyeken ismét éppen ellenkező irányú elmozdulások nyomait észlelhetjük. Azt is szem előtt kell tartanunk, hogy a szilárd földkéregnek saját mozgása is van, a mely a tenger tükrének mozgásával találkozik. Ezekre a jelenségekre könyvünk végén újból vissza fogunk térni. A fiatalabb geológiai korszakok magas fekvésű tengeri és folyamteraszait, melyeket egyenlő magasságban 1000 km távolságra is követhetünk a Földközi-tenger és az abba ömlő folyamok vidékén, csakis a tenger tükrének süllyedésére vezethetjük vissza, mert nehéz elképzelnünk, hogy a földkéreg olyan óriás kiterjedésű rögei egyenletesen emelkedhettek volna fel. A tenger tükrének ilyen jelentékeny negatív elmozdulását csakis nagy szárazföldi tömegeknek az abisszikus mélységekbe való leszakadásával lehetne magyarázni, de erre vonatkozólag nincsenek bizonyítékaink. Ezzel ellentétben a Föld köbtartalmának a Föld összehúzódása okozta csökkenése a partvonal emelkedését idézi elő. Így a tenger tükrének időnkint váltakozó fekvését a szárazföldhöz képest ezek a különböző tényezők okozzák, ami mellett gyakran lehetetlen megállapítani, hogy miképpen ment végbe a tényleges elmozdulás.

A Föld kérgének törések okozta zavarai.

A legújabb időkben katasztrofális földrengések alkalmával megfigyelhették a földkéreg zavaródásait, a melyek váratlanul, úgy szólván szemünk előtt történtek (*instantan mozgások*). Azt láthatjuk, hogy többnyire *törési felületek* (*hasadék-síkok*) mentén, melyek részben tátongó repedést alkotnak, a földkéreg egyik darabja a szomszéd darabhoz képest eltolódott. Azokat az *exokinetikus repedéseket*, melyeknek mentén az elmozdulás történt, *paraklázis*-oknak nevezzük. Az ilyen törésvonal mentén végbement elmozdulást s ennek átvitelét *vetődés*-nek, *törés*-nek (szorosabb értelemben véve *diszlokáció*-nak) nevezzük, ha az elmozdulás többé-kevésbé a magassági irányban történik. A hasadékokat az a feszültség létesíti, melynek a közet már nem tud ellentállni, a mennyiben a nyomás vagy szakítás ereje kohézióját felülmulja s így a két *oldalszárny* elválik egymástól. Valódi *vetődések*-nek az olyanokat nevezzük, melyeken a vetődési hasadék fölött levő (*fedő*) *szárny* sülyedt le (123. kép). Ha ez felemelkedik és a hasadék mentén a fekvő szárny fölé tolódik, akkor ezt *áttolódás*-nak (váltakozásnak) nevezzük (124. kép).

[118.JPG]

123. kép. A réteg vetődése hasadék ($V-V$) által. $a-b$ a lapos, $b-c$ a függélyes és $b-d$ a valóságos ugró magasság.

[119.JPG]

124. kép. Áttolódás a váltakozó felületen ($V-V$). $a-b$ a lapos, $a-c$ a függélyes, $a-d$ a valóságos ugró magasság.

A valódi elmozdulást azonban nem igen ismerhetjük fel biztosan. Így valamely vetődésen éppen a fekvő szárny emelkedhetett, az áttolódásnál pedig sülyedhetett (*alátolódás*). Ha a törési felület függőleges, mindig a mélyebben fekvő szárny mozdult el (125., 136. és 137. kép). Vetődések és váltakozások diagonálisan is történhetnek. A hasadékok felületeit, a *csúszott*- és a *síklott-felületeket* a nyomás alatt végbemenő mozgás lecsiszolja és kifényezi, a melyet *pánczél*-nak vagy *súrlódási tükör*-nek nevezünk. Rajtuk lapos hullámok, barázdák, csuszamlási sávok és karczolások láthatók, a melyek egymással párhuzamosak és többé-kevésbé a felület dőlését követik (126. kép). Az ilyen csúszott felületeken gyakran csak vékony bevonatot láthatunk, de a nyílt hasadékokat sokszor több méter vastagságban tölti ki a súrlódási dörzstermék, mely a közet összezúzódásából származik. Ha ez az anyag igen finom szemecskékből áll, *teléragyagpala* a neve, de ha durva és szögletes, törött darabokból keletkezett, *súrlódási, dörzs- vagy diszlokációs breccsa*-nak nevezzük; mindezek erősen össze vannak tapadva (127. kép). Különösen nagy mértékben találhatunk ilyen nyomási breccsákat az áttolódások alzatán; az ilyen áttolódások többé-kevésbé laposan történnek s így súrlódásuk annál nagyobb. Ezeket *milonit*-nek nevezzük. Súrlódás közben a tuskók és a görgetegek lecsiszolódnak és megkarczolódnak, úgy hogy morénatörmelékekre emlékeztetnek; ezek a *pszeudoglaciális breccsák*. A tektonikus és a glaciális súrlódás és karczolás között levő különbséget a jég működéséről szóló fejezetben fogjuk tárgyalni. A finom szemecskéjű szétzúzott anyag a magmához hasonlóan tud a hasadékokba behatolni.

[120.JPG]

125. kép. A vetődés változásai csapása mentén. (LÖWL F. szerint.)

[121.JPG]

126. kép. Barnaszén Fohnsdorfból súrlódási pánczéllal és barázdákkal.

[122.JPG]

127. kép. A súrlódási- vagy dörzs-beccsa keletkezésének kezdete két párhuzamosan fekvő hasadék által keletkezett megzavart zónában; jobbra flexura, mely közepén szeglethajlásba megy át. (WÄHNER F. fotografiai fölvétele szerint.)

Az elmozdulás alkalmával a hasadék felületén a súrlódás a helyben maradt szárnyréteg végződéseit, a *rétegfejeket*, a mozgás irányában elvonszolja és az elmozdított szárnyal ellenkező irányba hajlítja (*vonszolódás* 125. kép, b, c, f és 128. kép). Az elmozdulás nagyságát *ugró magasság*-nak nevezzük; ez *lapos*, ha a hasadék felülete mentén mérjük és függélyes, ha függőleges irányban mérjük (123., 124. kép). A valódi ugrómagasság pedig nem más, mint az egymásnak megfelelő rétegfelületeknek merőlegesen mért távolsága. Ez a vetődéseken gyakran csak néhány milliméter, de lehet több ezer méter is. A szerint, a mint a vetődés a csapás mentén vagy erre merőlegesen fekszik, *hosszanti* (*csapásmenti*, 123. kép), vagy *harántvetődés*-nek nevezzük (129., 130. kép). Ha a hosszanti vetődés a rétegdőléssel azonos vagy pedig ellenkező irányban dől, akkor azt *egyenlően* vagy *ellenkezően dülő* hosszanti vetődésnek nevezzük (123. és 131. kép). Ezáltal a felszínen a réteg megismétlődése, vagy pedig egy réteg hiányozása állhat be (132. és 133. kép). Keresztvetődéseknél a fekvő szárny a dőlés irányával ellenkezően horizontális irányban eltolódottnak látszik, bár az elmozdulás függőleges irányban történt (130. kép). *Diagonális*-, *ferde*- vagy *hegyesszögű vetődések* közbülső irányt követnek a rétegek csapásának és dőlésének hosszanti és harántvetődései között.

[123.JPG]

128. kép. Vetődés és elvonszolódás a Korinthosi csatorna falán. (SCHAFFER X. F. fotografiai fölvétele szerint.)

[124.JPG]

129. kép. A réteg harántos, vagy keresztvetődése.

[125.JPG]

130. kép. Harántvetődés a fedőszárny letarolása után.

[126.JPG]

131. kép. *V-V* ellenkezően dülő vetődés. Ha a hasadék felett fekvő (jobb) szárny föltolódik, akkor ellenkező irányú áttolódás keletkezik.

Egyes vetődések ritkán fordulnak elő, többnyire nagyobb számúak s vagy párhuzamosak egymással, vagy pedig metszik (*kereszteznek*, *elvetik*) egymást, úgy hogy közöttük, mint a teléreknél, régebbieket és fiatalabbakat különböztethetünk meg s irányuk radiális vagy periferikus (vesd össze a 200. képpel).

[127.JPG]

132. kép. A rétegtagok (felülről 1-4.) megismétlődése a szelvényben a $V-V$ vetődés által.

[128.JPG]

133. kép. A rétegtagok alányomása a szelvényben $V-V$ vetődés által (a szelvény körvonalából a 3. és 4. réteg hiányzik).

Több tetszőleges irányban haladó vetődés a Föld kérgének rögeit *töredezett mezőkre* sülyesztheti le. Ilyen sülyedt mező a Belsőalpesi Bécsi medencze is, mely egymással hegyes szögben találkozó két vetődés mentén sülyedt le (134. kép). Más vetődések az Adriát és szomszédos partvonalait veszik körül (periadriatikus sülyedés periferikus törésekkel) továbbá az Égei-tengert stb. Párhuzamos vetődések különböző mértékű sülyedést idézhetnek elő, úgy hogy az egy irányban, lépcsőzetesen megy végbe (*lépcsőzetes törés* 125. kép, *e*, *h* és 135. kép), vagy pedig az egyes rögök szabálytalanul szakadnak le (136. kép). Ha a felszínnek egyik sávja párhuzamosan haladó törések mentén mindkét szárnnal szemben lesülyed, akkor *árokyszerű sülyedés* keletkezik (*árok*, *árkos törés*, *árkos sülyedés* 137. kép és 138. kép). Ha a rög a két szárnyánál magasabban fekszik, akkor *bércz*-nek (Horst) nevezzük; teljesen mindegy, hogy ez felemelkedett-e, vagy pedig a két szárny sülyedt-e le, a mit gyakran nem könnyű megkülönböztetni. A bércznek vagy az ároknak törésfelületei fölfelé összetérnek (konvergálnak), vagy széttérnek (divergálnak) a nélkül, hogy e különbség jelentőségével tisztában volnánk. A 138. kép *b* részlete azt a benyomást kelti, mintha az árok térfölösleg (*összeomlás*) következtében szakadt volna be (*disjunctiv*), a 138. képnek *e*-vel jelölt részlete szerint, térszúke miatt, oldali nyomás következtében emelkedett föl a bércz, miközben a rögök árkokká nyomódtak le. Azokat a bérczeket, a melyek törések által határolva emelkedtek ki s a melyeknek körvonalait ezek határozzák meg, *automorf-bérczek*-nek nevezzük; a törésmezők ekkor *xenomorfok*. Azonban ezzel éppen ellenkező viszonyok is bekövetkezhetnek. Gyakran lehetetlen a megkülönböztetés. Az árkos vetődések nagyon el vannak terjedve a Föld felszínén. A Közép-Rajna mélysíkja is egy ilyen árok a Schwarzwald és a Vogézek bércei között (139. kép). Éppen ilyen az alsó Sarca-völgy a Garda-tóval (140. kép), az Etsch völgye Bozen alatt, a Fossa Magna Nipponban, a Krisztiániai-árok s valamennyi között a legnagyobb példa a Földön a *Kelet-Afrikai nagy árok*, mely délköri irányban a 15. déli szélességi foktól egészen a 38. északi szélességi fokig terjed 6000 km-nél hosszabb vonalban s a melyben magában, valamint ennek oldalágaiban fekszenek a kelet-afrikai nagy tavak, a Vörös-tenger, a Holt-tenger és a Szíriai hosszanti völgy. Ha a vetődések rendszere egymást metszi (*töréshálózat*), akkor a vidék szabálytalan poligonális rögökre törik szét. Radiális és koncentrikus - periferikus - repedésekből *beszakadt katlanok* keletkeznek. Ezek medenczeszerű mélyedések, amilyeneket a már tárgyalt maarok utólagos letörések által alkotnak s amilyeneket a vulkánok beszakadt kalderái is elibénk tárnak. Ezek a zavarodások a domborzat legkülönbözőbb mélyedési formáit állíthatják elő, közöttük lefolyástalan medenczék és *depressziókat* (a tenger tükre alá sülyedő mélyedéseket) létesítenek, amint ennek legszebb kialakulását a Holt-tengerben láthatjuk. A rögök sülyedése alkalmával egyes rétegek különféle ferde helyzetbe kerülhetnek vagy el is hajolhatnak (136. kép).

[129.JPG]

134. kép. A Belsőalpesi Bécsi-medencze törési mezője, a mely két (szakgatott) törésvonal mentén sülyedt le. *K.* Kalksburg, *M.* Mödling, *B.* Baden, *V.* Vöslau, *F.* Fischau, *G.* Gloggnitz, *Wr.* N. Bécsújhely, *Ma.* Mannersdorf, *B. a. L.* Lajta melletti Bruck, *D. A.* Deutsch-Altenburg.

[130.JPG]

135. kép. A rögök lépcsőzetes süllyedése a Korinthosi-csatornában. (SCHAFFER X. F. fotografiai főlvétele szerint.)

[131.JPG]

136. kép. Törések mentén szabálytalanul süllyedt rögök. (LÖWL F. szerint.)

[132.JPG]

137. kép. Függélyes törések mentén süllyedt rögök. g, g árkok; h, h bécrczek. (LÖWL F. szerint.)

[133.JPG]

138. kép. Rögök süllyedése és felnyomódása ferde törésfelületek mentén.

[134.JPG]

139. kép. A Közép-Rajna árkos vetődései. (FRAAS E. és SIEBERG A. szerint.)

Némelykor a szárnyakat egymástól elszakító feszültség nem elég erős; ilyenkor az elvonszolódásokon keresztül a réteg lehajolásához vezető átmenetet figyelhetjük meg. Ez a *térdráncz (flexura)*, melyben a réteg összeköttetése nem szakad meg (125. kép, *d*). A két szárny többé-kevésbé vízszintesen fekszik és gyakran egészen meredek *szár* köti őket össze egymással, a mely a kinyújtódás következtében vesztett vastagságából vagy pedig egészen összelapított is lehet. A vetődések hosszanti kiterjedésükben többnyire ilyen térdránczban végződnek. Az *azonos* és *ellenkező* irányú dőlést az áttolódásoknál is megkülönböztethetjük a szerint, a mint a váltakozó felület a rétegdőléssel azonos (124. kép), vagy ellenkező irányban fekszik. Áttolódás alkalmával az is megtörténhetik, hogy a földkéreg valamelyik röge *takaró* (áttolt takaró) gyanánt rátolódik a szomszédos rögre, úgy hogy a rétegsorozatban a mélyebben fekvő (öregebb) sorozat a magasabban fekvő (fiatalabb) sorozatnak a tetejére jut (141. kép) a nélkül, hogy azonos településnél a rétegfelületeknek ezt a mindkettőre nézve szokatlan viszonyát megismerhetnők. Csak a rétegsorozatok ismerete deríti föl ezt a természetellenes települést. Ha a fiatalabb réteg áttolódás által az öregebb fölé kerül, ez a jelenség még magában nem árulja el a kéreg zavarodásának módját. Csakis a váltakozó felület vizsgálata világíthatja meg a jelenséget. Több, egymással párhuzamos áttolódási felület a takaró többszörös megismétlődését jelenti (*pikkelyes szerkezet*). Az áttolódás következtében a Föld felszínén egyes rétegtagok alányomódnak vagy szelvényben megismétlődnek. Az áttolódás mérete gyakran nagyon csekély, de lehet több kilométer is. Ilymódon több száz méter vastag rétegtag laposan települhet, tehát látszólag zavartalanul rátolódhat a fiatalabb rétegre. Különösen bányákban sikerült ilyen lapos zavarodásokat kimutatni. Ilyen az a nagy áttolódás, a mely Achentől a Francia-angol csatornáig ér és délfelé dőlve 4000 méteres ugró magassággal a régibb paleozoikumot a produktív karbon fölé tolta. A Skandináviai magasföldön ismeretes egy 1800 km hosszú, 130 km széles és 1500 m vastag áttolt takaró, sőt Skótország északi részén is találtak ezekhez hasonló zavarodásokat. Ha a takaróban valamely nyíláson át az alatta fekvő réteg láthatóvá válik, akkor ezt a nyílást *ablak*-nak nevezzük (141. kép). Ha a letarolás elpusztítja a takarót, akkor ennek maradványait *úszó*-, *lebegő*-, *takarószirtek*-nek, vagy *takarórögök*-nek nevezzük.

[135.JPG]

140. kép. Az alsó Sarcavölgy egyoldalú árkos leszakadása a Garda-tóval, A Monte Brione röge helyén maradt. (WEHRLI fölvétele szerint.)

[136.JPG]

141. kép. Áttolódott takaró ablakkal és lebegő szirttel.

Ha valamely töréslap mentén az egyik szárny a másikkal szemben vízszintes irányban tolódik el, akkor ezt *transzverzális eltolódás*, *leveles-* vagy *lapvetődés* (142., 143. kép) névvel jelöljük.

[137.JPG]

142. kép. Leveles vetődés (a) vonszolódással (b) és átmenet a szigmoidális hajlásba.

[138.JPG]

143. kép. Leveles-, vagy lapvetődés (vízszintes irányú eltolódás) pánczéllal. A Gamperle-lyuk a Kapf-úton Feldkirchnél, Vorarlbergben. (NIGGL I. fotografiai fölvétele szerint.)

Ez a vetődés a csapás irányában, erre merőlegesen, vagy hegyes szögben ferdén is történhetik és olyképp keletkezik, hogy a működő erő egyenlőtlenül hat, vagy pedig az egyik szárny ellentállást tanúsít. Ez az oldalvetődés több kilométernyire terjedhet. A hasadék felületén gyakran itt is elvonszolódást találhatunk. Ha ez a vízszintes irányú mozgás a rétegösszefüggés megszakítása nélkül halad előre, akkor S alakú (*szigmoidális*) hajlás keletkezik (142. kép). A szintesen fekvő rétegekben a lapvetődéseket nagyon nehéz felismerni és a keresztvetődésektől, a melyeknek oldalszárnnya le van tarolva, nem is lehet őket megkülönböztetni (130. kép). A kőzetekben keletkezett hasadékok gyakran véget érnek, majd újból kezdődnek (ismét feltűnnek), vagy párhuzamosan, vagy ehhez hasonló irányban oldalt folytatódnak (*vikariáló repedések*, *oldalkitérülések*). Ez akkor történik, ha a hasadékok régebbi, keresztben haladó repedésekre vagy pedig váltakozó kőzetminőségekre bukkannak (144. kép). Teléreken ezt sokszor megfigyelték (52. lap). A rögök ilyen hasadékok mentén is elmozdulhatnak, miáltal a zavarodás képe még bonyolultabbá lesz.

[139.JPG]

144. kép. a vikariáló repedések, b oldali eltérülés régibb hasadék által, c ismét feltűnő, vagy újból kezdődő repedések.

A földkéreg gyűrődés okozta zavarodásai.

Amint a réteglehajlásokon (flexurákon) láttuk, rétegzavarodások minden törés nélkül is bekövetkezhetnek. Ezeknek legegyszerűbb alakja a rétegek felállítása (*monoklinális rétegzés*, 145. kép), a melynél a rétegek azonos dőlésűek. Ha a hajlás eléri a 90°-ot, akkor a rétegek *függőlegesen* vagy a *fejük tetején* állanak; ha pedig a hajlásszög a derékszögnél nagyobb, a rétegek átbuknak és a régebbiek felül (a *fedőt* alkotják), a fiatalabbak alul kerülnek (a *fekvőt* alkotják), s ilyképp az *inverz település* keletkezik. Ezáltal *legyezőformájú rétegállás* származhat. Ha szélesebbkörű áttekintéssel vizsgáljuk a redőket, akkor a monoklinális rétegszerkezet nagyobb rögöknek törések mentén való elmozdulására vagy nagykiterjedésű redőkre vezethető vissza és az egész képnek csak egy kis részletét tárja elénk. Sokkal gyakrabban fordul elő a

rétegek hajlása és felboltozása. Számos ilyen lapos felboltozást ismerünk Délkelet-Anglia és Északnyugati-Franciaország wealden- és krétaformációjában, a melyek 200 km hosszúságban és 60 km szélességben vannak felboltozva (146. kép). Ha a boltozat meredekebb lesz, *redő* keletkezik. A redő részei: a homorú medencze (*szinklinális redő, szinklinálé*) és a domború nyereg (*antiklinális redő, antiklinálé*). A kettőt a többé-kevésbé egyenes vonalban haladó *középszár* köti össze (147. kép). Röviden mindegyik részt redőnek nevezhetjük. A redőnek egymás felé hajló mindkét oldalát *szár*-nak vagy *szárny*-nak nevezzük, a melyek vagy fölfelé (*antiklinálé*), vagy pedig lefelé (*szinklinálé*) konvergálnak. A boltozat neve *tető* vagy *fedő*, a belseje pedig a *mag*.

[140.JPG]

145. kép. Legyezőalakú rétegzés; az *a*-nál monoklinálisan felállított rétegek *b*-nél merőlegesen állnak és *c*-nél átbukva fekszenek.

[141.JPG]

146. kép. A rétegek hajlása Wealdban. (RAMSAY A. C. szerint, LÖWL F. könyvéből.)

[142.JPG]

147. kép. Teknő és nyereg szelvénye; *a-a* tengely, *S* tető, *K* mag.

Tengelysík-nak vagy *tengely*-nek nevezzük a redőnek azt a szimmetriás síkját, a mely a szárak szögletét (a redő tetején) felezi. Ha ez a sík függélyes, tehát mindkét szár egyenlő mértékben hajlik a vízszintes sík felé, akkor *függélyes* vagy *álló redő*-vel van dolgunk (148. kép, *a, b*). Ha a tengely a vízszintes síkhoz ferdén áll, tehát a szárak különböző hajlással dőlnek és pedig ellenkező irányban, akkor *ferde redő* keletkezik (148. kép, *c, d*). Ha a szárak ugyanazon irányban dőlnek, úgy az *eldőlt* vagy *felbillent redő* keletkezik (148. kép, *e, f*). Ha a tengely erősen hajlik vagy vízszintesen fekszik, akkor ezt *fekvő redő*-nek nevezzük (148. kép, *g, h* és 149. kép). A fekvő redőn a fedő szár *helyzete* eredeti, *normális*, míg a fekvő szár *fordított, inverz* települést mutat. Megismétlődésükből a *redőnyaláb* keletkezik. Ha a tengelysík a vízszintes iránynál is mélyebbre hajlik, akkor a redő *átbukik, átcsap*. Ilyenkor az eredeti rétegsorozat ismerete nélküli nagyon nehéz felismerni a valódi nyeret és medenczét, mert ellenkező irányba hajolnak és *álmedenczének, álnyeregnek* nevezhetjük őket (148. kép, *i, k*).

[143.JPG]

148. kép. A redők helyzete. *a* függélyes nyereg *b* függélyes medencze, *c* ferde nyereg, *d* ferde medencze, *e* eldőlt nyereg, *f* eldőlt medencze, *g, h* fekvő redő, *i* átbuktatott nyereg (álmedencze), *k* átbuktatott medencze (álnyereg).

[144.JPG]

149. kép. Fekvő redő rétegei Leopoldsberg-en, Bécs mellett. (SCHAFFER X. F. szerint.)

Erős nyomás következtében a szárak többé-kevésbé párvonalassá válhatnak: ilyenkor *izoklinális redő* keletkezik s ez függélyes, ferde (eldőlt), fekvő vagy átbuktatott lehet (148. kép, *e-k*). Ha a tetőt nem lehet látni, akkor a monoklinális rétegzéshez hasonló település keletkezik, melyet csak az eredeti rétegsorozat ismeretének segítségével lehet helyesen értelmezni. Amikor az antiklinális szárai a tetőtől konvergálnak, akkor *legyezőnyereg* keletkezik, ha pedig ugyanaz az eset a szinklinálison történik, akkor *legyezőmedencze*

keletkezik (150. kép). Mindkettőnek tengelyállása éppen úgy, mint a közönséges redőkön, különféle lehet. Erős nyomás lelapíthatja, összezúzhatja a legyezőredő magját. Még a redők szárain is láthatunk néha bizonyos kisebb alárendelt redőzést, ez a *speciális redő* vagy *másodrangú redő* (152. kép).

[145.JPG]

150. kép. *a* legyező-nyereg, *b* legyező-medencze.

[146.JPG]

151. kép.

[147.JPG]

151., 152. kép. Redőáttolódás a középszár kinyújtása, kihengerlése által (*A-B* irányban). A fekvő redő a nyíl irányában mozdult el. A 152. képen néhány másodrendű, speciális redő látható.

Ha a redőzés nagyon szoros, vagy az anyag merev, törékeny, akkor a középszár összezúzódhatik, egészen kihengerelődik vagy széjjelszakadhat, úgy hogy az eredeti helyzetű rétegsorozat rátolódik a szomszédos hasonló településű rögre és így a rétegsorozat megismétlődik. Ezt *redőáttolódásnak* nevezzük s ott, ahol a középszár hiányzik, nehéz megkülönböztetni a valódi áttolódástól. Az áttolt szárat *redőtakarónak* nevezzük (151., 152. kép). Ha ezek az áttolódások megismétlődnek, *pikkelyes szerkezet* keletkezhetik (167. kép). Keletkezésük módja szerint ezek az áttolódások a csapásra mindig merőlegeseek. E mellett a mozgás a fekvő rétegeket gyakran felállítja vagy egészen ledönti és beszorítja. Az átbuktatott redők egymás fölé is érhetnek - *raredőzés* - és egymást takaró gyanánt boríthatják be (*raredőzött takaró*, 153. kép).

[148.JPG]

153. kép. Raredőzött takaró.

[149.JPG]

154. kép. A redőzés irányvonalai. *a* vikariáló redők, *b* virgáció, *c* szigmoidális hajlás, *d*, *d* redőtalálkozás, *e* a redőrendszert fiatalabb, keresztben haladó redőcsoport keresztezi, mire ez alámerül.

Egyes redők ritkán fordulnak elő magukban. Rendesen több van együtt, vagy pedig nagy számban többé-kevésbé párhuzamosan egymással, nyalábokká, *tektonikus redőzónákká* egyesülnek. A redőzések vonulatát a geológiai térképen *tető- (nyereg-) vonaluk* fekvésével (*irányvonal*) jelezzük (154. kép). Az irány- vagy vezérvonalat a csapás mentén gyakran hosszanti kiterjedésben követhetjük, de minden medencze és minden nyereg ebben a hosszanti vonalban végződik. Ez a végződés úgy történik, hogy a medencze és a nyereg fordulata vékonyodik a *periklinális* vagy *körülfutó csapás* által, melyben a szár dőlési iránya lassanként annyira változik, hogy éppen az ellenkező irányba megy át (155. kép). A medenczét tehát csónakhoz hasonlíthatjuk, melyet ha megfordítunk, a nyeret állítjuk elő. Ha a redő, amint mondják, a zavartalan rétegek *alá merül* (*kialszik*, vagy *megszűnik*), akkor folytatásában új redő bukkanhat fel, vagy oldalt ugyanazon, vagy hasonló irányban húzódva csaphat (*vikariáló redő*, *kulissza-*, *relaisredő*). A redők részekre oszlanak és nyalábformában ágaznak szét (*virgáció*), majd ismét egyesülnek. Irányuk lehet egyenesvonalú, ívalakú, görbe vagy S

formában ívelt (*szigmoidális* hajlás). Két vagy több párhuzamos redő kisebb-nagyobb hegyes szögben találkozhatnak, vagy ha különböző oldalról jönnek, csaknem ugyanabban az irányban összefuthatnak vagy végre beugró szög alatt egyesülhetnek (*találkoznak*). Ebben az utolsó esetben girlandszerű redősorozat vagy *virágfüzészerű-ív* keletkezhetik (154. kép). A redők hosszanti kiterjedésében zónák vannak, melyek harántirányban a redőhát emelkedését vagy mélyedését, a redő duzzadását és apadását mutatják. Ezek a csapásra merőlegesen haladó új redőzési irányra, harántgyűrődésre (*redőrácsra*) utalnak.

[150.JPG]

155. kép. Periklinális csapás: *a* a nyeregvégződésen, *b* a medenczevégződésen.

[151.JPG]

156. kép. Az *a*-nál szabályosan fölépült redők *b*-nél egyoldalúak lesznek, áthajolnak és elenyésznek.

A redők alakja és nagysága nagyon sokféle. Vannak olyanok, melyeket több száz méternyire követhetünk, sőt egyes redőket több kilométer távolságban nyomozhatunk. A néhány centiméter kiterjedésű mellékredőktől kezdve a több ezer méter csapású redőig minden átmenetet mérhetünk. A lapos pajzsalakú felboltozások és az izoklinális redők a réteghajlás különböző fokait mutatják. A redők, különösen a redőzónák, néha szabályosan vannak fölépülve, többnyire azonban egyoldalúak és olyan képet mutatnak, mintha a lökés az egyik oldalról jött volna, a mely hatás az átbuktatott, avagy az elenyésző redőkben, vagy pikkelyekben alakul ki. Eszerint a redőzések területén megkülönböztetjük az *elővidéket*, a mely felé a redők gyakran egészen elenyésznek (*megszűnnek*), a mennyiben a párhuzamos redővonulatok egyre gyengébbek lesznek; a másik rész a *hátsó oldal* (*hátsó vidék*), vagyis a redőzött terület hátulja.

[152.JPG]

157. kép. A redővonulat változásai hosszanti kiterjedésében. Míg a dőlés *a*-nál azonos, a melyet csak vetődés szakít meg, addig a *b-g* ábrákon a rétegzés lassankint lapos gyűrődésbe megy át, a mely egyre szűkebbre szorul össze. (BUXTORF A. szerint.)

Az ilyen kialakulást *orientált redőknek* nevezzük, melyek valamely déli, keleti stb. lökés következtében keletkeztek. Ezt azonban csak képies értelemben kell vennünk, anélkül, hogy tulajdonképpen ebben az irányban egyoldalúan működő erőre gondolnánk.

A redők hosszanti kiterjedésükben, sokféle változást mutatnak, a párvonalas szelvények pedig, mint pl. a 157. képen, világosan mutatják, hogyan és miként laposodnak el általában a szorosan összenyomott redők s miként mennek át az egyoldalú, csakis törésekkel és vetődésekkel (*v-v*) áthatott réteghajlásba.

A földkéreg zavaródásainak értelmezése.

A rétegzavarodás korát azzal az okoskodással állapíthatjuk meg, hogy a zavarodás fiatalabb, mint a legfiatalabb, általa megzavart rétegtag, és bizonyára idősebb, mint a legrégebb, többé már meg nem zavart réteg. Ha a vetődés a rétegsorozatnak csak a mélyebben fekvő tagjain megy keresztül, de folytatását a fedőrétegekben nem nyomozhatjuk, akkor korát pontosan meg tudjuk állapítani, föltéve, hogy a rétegsorozatban nagyobb hiány nincs (158. kép).

[153.JPG]

158. kép. A vetődés korának meghatározása. A vetődés (*v*) fiatalabb, mint a *b* palás rétegtag és idősebb, mint a *c*-vel jelölt mészkőpad.

Másképpen a zavarodás korát nem tudjuk pontosabban megállapítani, mint azon település megszakításának időtartama által, melyben a zavarodás történt. A rétegrendszer felgyűrődésének korát szintén hasonló módon állapíthatjuk meg. A felgyűrődött rétegek csaknem kivétel nélkül le vannak tarolva, s a fiatalabb, meg nem zavart réteg rájuk települt (159. kép). A rétegfelületek többé nem párhuzamosak, vagyis fekvésük többé már nem *konkordáns* (160. kép), hanem szögletet zárnak be (*diszkordáns* településűek 161. kép). A meg nem zavart, tehát vízszintesen fekvő rétegek mindig konkordánsok; azonban megzavart, felgyűrődött rétegek között is lehet konkordancia, ha a rétegsorozatban hiány nem mutatkozik. Diszkordanciáról akkor beszélhetünk (lásd az »Üledékes kőzetek« című fejezetet), ha a fiatalabb rétegek *átterjeszkedve, diszkordánsan* rátelepülnek a régebbiekre. Ez természetesen a település megszakítására vall, miközben a felgyűrődés és a letarolás megtörtént. A folyamat megismétlődhetik, a már felgyűrűrt rétegek ismét felgyűrődhetnek és a fiatalabb gyűrődési periódus *megismételt diszkordanciát* mutathat ki (162. kép). Ha a gyűrődés a település megszakítása nélkül következik be, akkor a rétegfelületek folytatólagosan kissé egymás felé hajolnak úgy, hogy a régebbiek meredekebben, a fiatalabbak laposabban helyezkednek el (163. kép).

[154.JPG]

159. kép. A gyűrődés korának meghatározása; a gyűrődés fiatalabb, mint a *d* rétegtag és idősebb, mint az *e*. *A-B* letarolási felület, a melyre az *e* rétegcsoport diszkordánsan rátelepült. Az *a-d* rétegek konkordánsan fekszenek.

[155.JPG]

160. kép. Meg nem zavart, konkordáns település.

[156.JPG]

161. kép. A diluviális dunai kavicsok diszkordáns rátelepülése a meredeken álló homokkő (flysch) padokra Klosterneuburgnál, Alsó-Ausztriában. A homokkő és kavics között éles, horizontális letarolt felület van. (SCHAFFER X. F. szerint.)

[157.JPG]

162. kép. Megismételt diszkordancia. A konkordáns, felgyűrűrt rétegrendszert az *a-b-c* vonal mentén letarolás érte és a diszkordánsul rátelepült, de egymás között konkordáns rétegekkel együtt oldalnyomás következtében ismét felgyűrődött. Az új letarolási felületre, *a-b-d*-re ismét diszkordánsul telepedtek a fiatalabb, egymás között konkordáns rétegek.

A rétegzavarodások felismerése a természetben jórészt igen nagy nehézségekbe ütközik, mert a talajtakarók miatt nem követhetjük azokat szabadon a felszínen, hanem *feltárásokra* vagyunk utalva. Az altalaj megnyitását nevezzük *feltárás*-nak s enélkül megfigyeléseket nem végezhetünk. A feltárások lehetnek *természetesek*, azaz olyanok, a melyek minden emberi közreműködés nélkül történtek, pl. ilyenek keletkezhetnek a hegy lejtőjének csuszamlása által, vagy a vízmosás is feltárhatja a rétegeket a lefutó vizek mentén. Vannak azután *mesterséges* feltárások, melyeket emberi munka létesített; ilyenek a bányaművek, a kőfejtők, az ásatások, a mélyfúrások stb. Kopár vidékeken, pl. magas hegységekben, a hol a kőzet minden takaró

nélkül áll szemünk előtt, feltárásokra nincs szükségünk. Néha nagy nehézségekbe ütközik a tektonikai viszonyok rekonstrukciója, mert gyakran a település megfigyelése csak kevés ponton lehetséges. A tévedéseket sem lehet mindig elkerülni, a melyek a képzelőtehetség szükségszerű játékából következnek. Azért megfigyelés közben a legnagyobb gondosság, a végső eredmények megállapítása alkalmával pedig józanság szükséges. Őrizkedni kell a könnyelmű spekulációktól, a melyek a Föld felszínén gyűjtött csekélyszámú adatokból a Föld belsejében és a légvonalakban túlmerész kiegészítéssel a látható romokat légvárakká építik ki. Sokszor az egész magas felgyűrt hegyvonulatból nem maradt meg más, mint az alapzata, mert a letarolás a földkéreg összes egyenetlenségeit elsímítani törekedik. Minden vetődést a földön, mint lépcsőt kellene észrevennünk, ezt azonban a letarolás kiegyenlíti, úgy hogy gyakran egy törésvonal mentén két különböző réteget látunk egymásra taszítva anélkül, hogy sejtenők azt, hogy eredetileg az egyik réteg talán több száz méterrel, esetleg több ezer méterrel is magasabban feküdt. Az áttolódásoknál egészen hasonló jelenségek fordulnak elő és a kettőt nem tudjuk megkülönböztetni egymástól, ha csak nem ismerjük az elmozdult felület fekvését és a rétegek egymásutánját. A takarókon ablakokat vág az erózió és a további pusztulás után végre csak a régebbi kőzet szirtjei maradnak meg, a melyek a fiatalabbakon úsznak (141. kép). Az erózió a nyereg vonalát követve völgyeket váj be, úgy hogy a tető egészen eltűnik és *légnyereg* keletkezik (*antiklinális völgy*; 165. kép). A keresztvölgyek olyan szelvényeket adnak, a melyek gyakran feltárják a redők magját, s így szépen belepillanthatunk a hegység szerkezetének körrajzába; sokszor azonban csak mérsékelt rétegfelületek, vagy felszínre kerülő réteglejtők (166. kép) szolgálnak némi támasztópontot megfigyeléseinkhez. Végre is kisimul a domborzat s az egyforma felületből nem észlelhetünk egyebet, mint azt, hogy valamely magas hegység romjai fölött haladunk (167. kép). Az erózió a ráredőzéseket szétszórja a *gyökérvidék*-re és a belőlük keletkezett s azon a helyen idegen *takaró*-ra (168. kép). Az előbb említett takaró-szirtek mellett az is előfordulhat, hogy öregebb, többnyire kisebb méretű és szilárdabb kőzettömegek más módon emelkednek a fiatalabb kőzetek fölé: ezeket *szirtek*-nek nevezzük. *Üledékes szirtek*-nek, vagy *rátelepült szirtek*-nek azokat nevezzük, a melyek valamely vízfenék talajából kiemelkedve ennek üledékeivel vannak beburkolva. Az *átszúrt* vagy *átnyársalt szirtek*-et a tektonikus mozgások az altalajtól elszakították és mint *kőzetközi szirtek*-et a rajtuk fekvő rétegekbe nyomták (164. kép). Ha csekély nagyságúak, *exotikus tömbök*-nek nevezzük őket. A takaró és átnyársalt szirteknél a fiatalabb kőzetek az öregebbek alá süllyednek, míg az üledékes szirteknél a régebbi kőzet a fiatalabb alá merül.

[158.JPG]

163. kép. A rétegek között diszkordancia keletkezik, mert a település a folytatólagos gyűrődés közben ment végbe.

[159.JPG]

164. kép. A júramészből álló szirtek: a Cislowa-Skalka és a Bielska-Skalka a Bialkán Krompach-nál (Magyarországban) a fiatalabb kárpáti homokkővön (flysch) úsznak. (DIVALD K. fotografiai fölvétele szerint.)

[160.JPG]

165. kép. Légnyereg (antiklinális völgy), Zeleni Pasovi, Montenegró. (PENTHER A. fotografiai fölvétele szerint.)

[161.JPG]

166. kép. Rétegfejek Opčinánál (Trieszti Karszt). Pillantásunk a jobbra dőlő rétegek csapásába van irányítva. (SCHAFFER X. F. fotografiai főlvétele szerint.)

[162.JPG]

167. kép. Letarolt felgyúrt hegység. A kihúzott vonalak jelzik, hogy mennyire terjedhet a szerkezet megfigyelése. A pontozott vonalak a redők rekonstrukcióit adják. *a* az átrédőzés homloka; a tovább jobbra látható szintes település nem eredeti rétegzés, hanem fekvő redő. *b*-nél fordított és normális település követi egymást. A *V*, *V* vonalak mentén levő áttolódások által *c* és *d*-ben a normális rétegsorozat megismétlődik (pikkelyes szerkezet.)

[163.JPG]

168. kép. Ráredőzött takarók, a melyek *a-a'* és *b-b'* szelvényekben le vannak tarolva úgy, hogy *b-b'* alatt megmaradt a gyökérvidék. (BERTRAND M. és RITTER E. szerint.)

Amilyen egyszerű és könnyen érthető a földkéreg zavarodástanának látható alapja, éppen oly nehéz a zavarodások magyarázata, amennyiben itt az ontológiai módszer nagyrészt nem válik be. Földrengések alkalmával jól megfigyelhetjük a törésvonalak keletkezését és rajtuk a kéregdarabok áttolódását, de a földfelület laza tömegeinek csekély mozgásai, melyek csuszamlás vagy nyomás által redőket alkotnak (v. ö. a csuszamlásokkal), éppen olyan kevésbé engednek belepillantani a gyűrődési jelenségek mechanikájába, mint a laboratóriumi kísérletek, mert még megközelítőleg sem vagyunk abban a helyzetben, hogy a természet viszonyait utánozzuk. Könnyen érthető, hogy a zavarodások módja a kőzetek mineműségétől függ. A hol valamely réteg vastagsága megváltozik s a hol a kőzetek mineműsége váltakozik, ott gyengébb zóna keletkezik és deformációk következnek be. Merev rétegek, például mész- vagy homokkővek, sokáig tudnak a nyomásnak ellentállni. Ha a nyomás az ellentálló erőt végre felülmúlja, a merev kőzetek egyszerre engednek s diszlokációkat és nagy kiterjedésű redőket alkotnak, a melyek gyakran összetörődnek.

[164.JPG]

169. kép. Diszharmonias redőzés.

[165.JPG]

170. kép. Törésnélküli redőzés agyagpalában.

A könnyen engedő anyag ellenben, pl. a pala, alkalmazkodva enged a nyomásnak és gyakran legkisebb részletekbe menő gyűrődést mutat. Ezt az ellentétet a természetben mindenütt láthatjuk, úgy hogy különböző nyomáserősségű és plaszticitású kőzetek váltakozása alkalmával még az egyes kőzettelepeken is észrevehetjük, a mennyiben a finoman redőzött rétegek olyan rétegek között fekszenek, melyek csak nagy redőkbe vannak felgyűrve (*diszharmonias gyűrődés*, *gyűrődési diszkordancia* (169. kép).

[166.JPG]

171. kép. Palás szerkezet keletkezése a redők csapásában a tangenciális erő megoszlása következtében. A redők szárában a palás szerkezet egybeesik az eredeti rétegzéssel, a tetőkön palavesszős szerkezet keletkezik.

[167.JPG]

172. kép. Eltorzított ammonitkőmag palában; a palás szerkezet és a régi rétegfelület többé-kevésbé egybeesik.

A kőzeteknek természetben megfigyelhető hajlásai arra utalnak, hogy a kőzeteknek bizonyos fokú gyúrhatósága, plaszticitása van, ennek következtében gyakran a nagyon szilárd, merev kőzeteken is kitűnő gyűrődések láthatók. Kísérletek igazolták, hogy kellő nagy nyomás alatt, magas hőmérséklet és nedvesség mellett, minden kőzet, még a legmerevebb márvány és üveg is plasztikus lesz. Ehhez még, mint a természet legfontosabb tényezőjét, a mérhetetlen hosszú időt is hozzá kell számítanunk, melynek a molekuláris átalakulásokban a legnagyobb szerepe van. A kőzetek nyomás következtében kémiai, ásványtani és mechanikai változásokon mennek keresztül; ezeket a változásokat *dinamikai*, illetve *diszlokációs metamorfózisoknak* nevezzük. A nyomás vagy a mindig és mindenütt működő nehézségi erőből származik, vagy pedig horizontális (tangenciális), a melynek a redőképződést tulajdonítjuk. Amaz természetesen leginkább a mélyebben fekvő földrétegekben működik és a reánehézedő tömegek következtében minden kőzetnek bizonyos rejtett képlékenységet ad. Ennek a különböző kőzetek szerint változó mélységű zónának kezdetét legkevesebb 2 km-nyire, legfeljebb pedig 20 km-nyire vehetjük. Ebben a zónában a megterhelés felülmúlja az összes kőzetek nyomási szilárdságát. Az orientált nyomás itt a kőzetnek bizonyos mineműségű folyékonyságát idézi elő, a mely a törés nélkül való szerkezeti átalakulást, a *szöveti* változást okozza. A nyomásnak engedő képlékeny kőzeteknek, pl. a paláknak ilyen törés nélküli átalakulásait különösen mély bányákban és alagutakban (Simplon) figyelték meg. Ha ezek után a Földön a hegységek legnagyobb magasságát körülbelül 9 km-ben vesszük is fel, ezentúl a bázis plasztikus engedékenységénél fogva bizonyos utanasüllyedésnek kell bekövetkeznie. Régibb korú kőzetek a földkéreg mozgásai és a fiatalabb rétegek rátelepülése következtében sokkal hamarabb kerültek bele a törés nélküli átalakulás zónájába, mint a fiatalabb rétegek, és gyakran szemlélhetjük rajtuk a jellegzetes ismertető jeleket. Az egyes padok erőssége gyorsan változik, a redők tetejükön különösen megduzzadnak (170. kép), a középszár megvékonyodik, vagy ki van szorítva, a kőzet megnyúlik, vagy összenyomódik. A kőzetek gyakran slírszerűen váltakoznak, egymásba vannak gyűrődve, összevissza vannak dagasztva és finoman ránczolgatva. Ily módon palás szerkezet keletkezik, még pedig *másodlagos*, *transzverzális* és *álpalásodás*, vagyis gyakran olyan sík hasadó felületek keletkeznek, a melyek a rétegeket keresztben metszik és a rétegredek csapásában fekszenek. Ebben az esetben az eredeti rétegzés nyomait a színváltozások, az ásványtani összetétel, szerkezet stb. jelzik. A palásodás a legkisebb ellenállás irányában való kitérésnek az eredménye s ilyenkor az egyes részecskék az erő irányára merőlegesen helyezkednek el, amiként ezt kísérletileg is kimutatták olyan képlékeny tömegekkel, a melyekhez ásványpikkelyek voltak keverve. A palás szerkezet keletkezésének okául főképpen a tangenciális nyomást kell tekintenünk. Ez könnyen érthető, ha a palás felületek többé-kevésbé függőleges fekvésére gondolunk. Ha a rétegzés felületén megy végbe a kitérés, akkor a tangenciális erő két összetevőre oszlik, a melyeknek egyike erre merőlegesen a palás szerkezetet idézi elő (171. kép).

[168.JPG]

173. kép. Hasadék által elvetődött és ismét összeragadt kavics.

Ha a kitérés inkább csak egy irányban nyilvánul, akkor a kőzetek *megnyúlnak* és palás szerkezet is mutatkozik, de a hasadó felületeket párhuzamos barázdák és kinyújtott rovátkák takarják, úgy, hogy a keresztmetszetben gyakran ránczolódás is látszik. A megnyújtott kővületek (172. kép) szintén azt bizonyítják, hogy a nyújtás csaknem, vagy egészen annak a rétegnek a felületén ment végbe, a melyben már eredetileg is be voltak ágyazva. Ha a rétegzés és a palás szerkezet felülete szerint hasadás következik be, akkor hosszú, oszlopszerű kőzetdarabok keletkeznek (*palavesszős szerkezet*). Konglomerátokban (görgetegből álló kőzetekben) az egyes darabok a nyomással párhuzamosan helyezkednek el, összelapulnak és hosszúra nyúlnak úgy, hogy alakjuk gyakran eltörlődik. Némelykor szét pattannak és elvetődnek (173. kép). Breccsák (szögletes töredékes darabokból álló kőzetek) az egyes alkotórészek megnyújtását mutatják (174. kép). Egyes kőzetekben rostosan palás, fához hasonló szerkezet keletkezik, mely végül folyásos szerkezetbe megy át, a milyent a tömeges kőzeteken láthatunk. Az, hogy ugyanaz a kőzet egyik helyen törés nélkül alakult át, más helyen számtalan törés szeli keresztül-kasul, a nyomás erősségétől, kezdetének (talán hirtelen beálló) módjától és a kőzet merevségétől függ. Mindez a földkéreg felső szintjain következhetik be, a hol az erő szabadabban fejlődhetik ki és a kőzetek eredeti merevségüket mutatják (175. kép). Szétrombolódás, sőt teljes összezúzódás is bekövetkezhetik, mely alkalommal az ásványok (kvarcz, mészpát stb.) kikristályosodása által a repedések ismét összeragadnak (nyomás által, súrlódás által keletkezett *dörzsbreccsa*, *diszlokációs breccsa*, *mylonit*). *Kataklázos, vakolatos szerkezet* főképp a dolomitokon, a tömeges és más egyéb merev kőzeteken keletkezik. Ezen az úton csekély elmozdulás által a kőzetek elhajlása is bekövetkezhetik a finom hasadás mentén (*töréses, rupturális átalakulás*). A törés nélküli átalakulás alkalmával ezen szerkezeti változások mellett egyúttal molekuláris változás is történik: átkristályosodás vagy átásványosodás (*kristalloblasztikus átalakulás*); erről az üledékes kőzetek metamorfózisának tárgyalásakor lesz szó.

[169.JPG]

174. kép. Kinyújtott breccsa.

[170.JPG]

175. kép. Töréses redőzés merev szaruköves mészből. (WÄHNER F. fotografiai főlvétele szerint.)

Ha a tangenciális erő a kőzetben nem tudja legyőzni az ellentállást, akkor gyakran *elvált felületek*, *exokinetikus kőzetrepedések* keletkeznek, melyeknek mentén azonban a kőzetrészek nem tolódnak el (*diaklázisok*). Az oldalnyomás eközben gyakran két összetevőre oszlik, a melyeknek megfelelően két hasadásrendszer keletkezik s ezek változó, gyakran csaknem derékszöget zárnak be (40. és 176. kép). Néha majdnem vízszintes irányú elvált felületek (*bathroklázisok*) keletkeznek, melyek a rétegfelülettől különböznek. Erre következik a kőzetnek szabálytalan, gyakran azonban igen szabályos szétbomlása sokszögű, táblás, parallelepipedikus, hengeres vagy gömbalakú darabokra.

[171.JPG]

176. kép. Diaklázisok által határolt palatábla.

A diaklázisok ellentétei a *paraklázisok*; vetődéseknek, lapos áttolódásoknak is nevezhetjük őket, melyeknek mentén a közetrészt elmozdult. Ha a tangenciális erő a vele szemben álló akadályt legyőzi, paraklázisok és redők keletkeznek, ha pedig semmi engedékenységre sem talál, diaklázisok, rupturális és plasztikus átalakulások és átásványosodások keletkeznek.

A hegyomlások (hegyrogyások) a szilárd kőzetek alakváltozásai, melyek a feltárásokban lassan vagy hirtelen, gyakran robbanásszerűen képződnek. A kőbányákban lapos, szétrepedő boltozatok keletkeznek. Az olaszországi Carrarában a hézagok annyira rázáródnak a kőfűrészre, hogy ezeket gyakran beszorítják. A puhább kőzetek, mint pl. a palák, a tehermentesített hely felé nyomulnak (*puffadó, haladó hegység*), minek következtében a tárnák gyakran összenyomódnak. Nagyobb nyomás mellett ez a tünetény szilárd kőzetekben is előfordul. A mélyen fekvő alagutak talpa felboltozódik, azért ezeket csőalakban kell kifalazni. A szabaddá vált kőzetfalak tábla- és kéregalakú kitérései gyakran a kőzet heves szétrombolásával járnak (*pattogó, durrogó hegység*). A merev kőzetet számos hasadék szeli át. A szén gázkitörés alkalmával szétpattog. Ezeket a jelenségeket részben a kőzet eredeti feszültségéből, tehát tektonikus nyomásból, a fedőnyomásból, a kőzet kémiai-petrográfiai természetének megfelelő molekuláris változásokból, fizikai folyamatokból stb. okokból lehet magyarázni, nagyrészt azonban csupán a felszabadított közetrészek túlterhelése által (*oszlopos törésekkel*) is megfejtjük.

Főlemelt hegységek.

A földkéreg zavargásai: a süllyedések, emelkedések, gyűrődések, a Föld felszínén kiemelkedéseket idéznek elő, a melyeket *főlemelt* vagy *tektonikus* hegységeknek nevezünk. Ezek vagy *röghegységek*, melyeknek kialakulását csakis a törések okozzák és mint *bérczek* emelkednek ki, vagy pedig *redős hegységek*, melyek a rétegek felboltozásából keletkeznek. A zavartalan rétegekből keletkezett táblás vidékeket a törések feldarabolják; főképpen ezekből a *táblás bérczekből* állanak a röghegységek. A redős hegységek különösen réteges kőzetekből alakulnak, mint azt a Föld összes fiatal magashegységei, az Alpok, a Himalaya és a Kordillerák stb. bizonyítják. Ezeket a hegységeket a letarolás ismét lerombolhatja, lesímíthatja, a törések szétdarabolhatja s ekkor *tönkhegységek*, *redős bérczek* keletkeznek. Ezeket a fiatalabb rétegek diszkordánsan takarják, majd mikor újabb redőzés éri a vidéket, az új magashegység magjai lesznek, a mint ezt az Alpok bonyolult hegyalakulásában láthatjuk (177. kép). Ha az egészről csak a régi, redőzött kőzetek maradtak meg, akkor ezeket *alaphérczeknek* nevezzük, ha azonban ezeket vízszintesen települt, fiatalabb rétegek borítják, akkor *takaróhércz* a nevük. A főképpen kristályos kőzetekből álló, nagykiterjedésű tönkhegységeket *masszívumoknak* vagy *tömegeknek* nevezzük. Ezek a szárazföldek szilárd alapjai, melyeket a fiatalabb redőzések már nem érinthettek, sőt a redőket inkább gátolták s haladásukat irányították; ilyenek pl. a Francia Központi Fennsík, a Cseh masszívum stb. (178. kép) A gránitos kőzetekből álló *alaphérczek* a letarolás által *kúphegységekké* alakulnak gömbölyű, hullámos formákkal. Ha ezek meredeken felállított palákból, kvarcitokból és mészkőből állanak, akkor gerinczes hegységek keletkeznek, a melyekből fésűk meredeznek ki. A tönkhegységek többnyire a középhegység jellegeit mutatják.

[172.JPG]

177. kép. A Mont Blanc régi, autochton tömegének viszonya a redőtakaróhoz. (ARGAND E. szerint.)

178. kép. Az Alpok és a Kárpátok irányvonala, a melyet a Francia Központi-Fennsík (Z), a Dôle-i masszívum (M), a Vogézek (V), a Schwarzwald (S), a Cseh masszívum (B) és az Orosz tábla irányítanak.

Ismeretes, hogy a Föld felszínén a törések és redőzések nem egy és ugyanazon helyen fordulnak elő. Vannak *táblás vidékek* és *rögös vidékek*, míg a lánczhegységek csak kevés vonalra szorítkoznak; erről az utolsó fejezetben még bővebben lesz szó. A Föld felszínének legnagyobb része táblás vidék. Miként látni fogjuk, valamikor a földkéreg minden része felgyűrődött, de a redőket a letarolás elegyengette és nagy kiterjedésű vidékeket régi időtől fogva többé már nem ért újabb redőzés. Így történt ez Észak-Amerika legnagyobb részében és Grönlandban, Braziliában, az Atlasztól délre Afrikában, Arábiával és a Dekánnal, Szibéria nagy részében az Angara vidékkel és Ausztráliában (v. ö. a 478. képpel).

A fiatalabb gyűrődött hegységek alakja többnyire hosszanti kiterjedésű és több párhuzamos lánczból áll (*lánczhegység*), melyeket völgyek választanak el egymástól. A miniatűr, kised-hegységtől kezdve - ilyen pl. Észak-Itáliában a Montferrat harmadkorú dombvidéke - egészen a csaknem 9 km magasságba törő és több mint 2000 km hosszú Himalaya magas lánczáig, megtalálhatjuk köztük az összes átmeneteket. A lánczhegység körrajza vagy részaránytalan (*asszimmetriás*), ha több redővonulata azonos rétegekből épült fel (Jura, 179. kép), vagy részarányos (*szimmetriás*), melyben megkülönböztetjük a régibb kőzetekből álló tengelyt (a középponti övet), melyet mindkét oldalán fiatalabb rétegekből álló vonulatok kísérek (Keleti-Alpok, 180. kép). A hegység alakulatát, a mely a kőzetek mineműségétől függ, meg kell különböztetnünk a hegység *fölepülésétől* (szerkezetétől), melyet a hegyképző folyamatok idéznek elő. A hegység kiterjedésének iránya lehet egyenes vonalú (ilyenek a Pyreneusok és a Kaukázus), vagy pedig ívalakban görbült; utóbbinak feltűnő példáját láthatjuk a Kárpátokban. Ez az irány mindenekelőtt attól függ, hogy miképpen alkotja a redőket a tangenciális erő, vajjon a szilárd tömegekben ellentállásra talál-e, a melyet nem tud megmozdítani. Így azt látjuk, hogy az Alpok vonulata Csehország régi merev röge mentén a kelet-nyugati irányból az északkeletibe fordul át, a Cseh-masszívum körül kanyarodik, mire a Kárpátokban ismét keleti irányt vesz föl és tovább ívalakban görbül (178. kép). Ha a redőzés valamely ellentállásba ütközik, a redők összetorlódhatnak, szorosan egymáshoz sajtolódnak, átbuknak, szétszakadnak és áttolódnak. Erre nagyon szép példát láthatunk a Schwarzwaldban, a melyen a Svájci Jura redői feltorlódtak (179. kép). A felgyűrűt hegységek egyoldalú alakulata és ívalakú iránya arra vall, hogy itt olyan egyoldalú nyomásra (lökésre) kell gondolnunk, mely ebben az irányban a redőket átvette s a mely az áttolódásokat előidézte. Azonban a földkéreg összefüggő rögére irányított nyomás természetesen ellennyomást vált ki úgy, hogy egyoldalú lökés mechanikailag lehetetlen. Az elmozdult földrög tüstént olyan nyomás alá kerül, mint hogyha a csavarsatú két szorító pófája közé jutna. A redők tengelyének és az átrédőzéseknek hajlása főképpen a kőzetek mineműségétől, a rétegek vastagságától, szilárdságától, településétől s ezekhez hasonlóktól függ. Ha a redő a megállapított főiránnyal ellenkezően hajolt, azt régebben *hátráló* vagy *visszaredőzésnek* nevezték. Ilyen ellentétes redőzés látható a legyezőnyergeken és medenczéken. A működő erő irányának megállapításához még az áttolódások sem nyújtanak biztos alapot, mert ezeket, mint *alátolódásokat*, ellenkező irányban is magyarázhatjuk. Ilyen visszaredőzésnek tekintették először az ú. n. Glarni kettős redőt (181. kép); itt északról és délről ható ráredőzést tételeztek föl. Később azonban felismerték, hogy az egész nem más, mint a letarolás által földarabolt áttolt takaró (182. kép). Ezekre az ismeretekre támaszkodva, megállapították az Alpokban az átbuktatott redőket s a belőlük keletkezett és újból megismétlődő redőtakarókat és nagyobb mértékben föltették, hogy a kőzetrétegek messziről szállították a *gyökérnélküli* (tehát a mélységben nem folytatódó)

odatolt tömegeket (180. kép). E szerint 100 kilométernyiről s még annál is nagyobb távolságról és pedig Dél felől tolódtak volna ide ezek a központi övön keresztül, mégpedig úgy, hogy a legfiatalabb takarók mozdultak el legmesszebbre észak felé.

[174.JPG]

179. kép. Az Észak-Svájci Júraláncz áttolódott vidékeinek keresztmetszete. (MÜHLBERG és STEINMANN szerint, STEINMANN G. könyvéből.)

[175.JPG]

180. kép. A Keleti-Alpok középső részének vázlatos keresztmetszete, a takaró-elmélet szerint. (UHLIG V. szerint, HERITSCH F. könyvéből.) Mutatja, hogy miképpen kellett az Alpok északi zónáinak a déliekből, mint gyökereikből előrehaladniuk. A zónák szimmetriás helyzetűek a középponti zóna (Z) mindkét oldalához képest.

[176.JPG]

181. kép. A Glarni ráredőzött vidék keresztmetszete a kettős redővel való magyarázat szerint. (HEIM A. szerint, STEINMANN G. könyvéből.)

[177.JPG]

182. kép. Ugyanaz a szelvény az új fölfogás szerint, mint ráredőzött takaró. (LUGEON M. szerint, STEINMANN G. könyvéből.)

Az Északi-Alpokban számos ilyen takarót és takarórészt különböztettek meg, a melyekben különböző kifejlődésű és különböző korú kőzeteket mutattak ki. A kőzetek autochton (gyökerező, vagyis letelepülésük helyén nyugvó) maradványai (*gyökerei*) a Központi-Alpoktól délre lennének. A hegységek fölépülésének ezt a magyarázatát egyes esetekben és csekélyebb mértékben nyugodtan alkalmazhatjuk, sőt néha helyenként ez egyetlen módja a magyarázatnak. A részben nem elegendő alapokon nyugvó értelmezés azonban olyan általánosan alkalmazott elméletté fejlődött ki, a melyben a spekuláció a megfigyelés fölé és a tudomány véleménye a természet fölé helyezkedett. Érthető, hogy ez a korlátlan *takaróelmélet* heves ellenáramlatot idézett elő s a nyomában járó vita majd ki fogja választani ebből a helyes ismeretet és tudományunk tartós nyereségévé fogja tenni.

Ha a Föld felszínének régi, már gyűrődött darabját újabb redőzés éri, ez egészen vagy majdnem egészen ugyanabban az irányban mehet végbe, mint a régi. Az is megtörténhetik, hogy az új redőzési irány a régihez képest ferde vagy merőleges lesz. Ezt különösen Európában láthatjuk, a hol megismétlődő redőzési időszakok a redőket különböző szög alatt egymáshoz szorították. Emellett a lökés iránya többé-kevésbé meridionális volt, de a redőzés által érintett vidék mindig ismét dél felé tolódott el. A fiatalok gyűrődött hegységekben néha szintén keresztredőzést (*redőkeresztződés*) észlelhetünk s ez azt bizonyítja, hogy az úgynevezett összetolódás iránya főképpen a földkéreg szobanforgó darabjának mineműségétől függ. Nagyban azonban a redővonulatok nem keresztezik egymást, amennyiben a földkéreg redőzött darabjai, mint szilárd rögök, nagyobb ellentállást fejtenek ki az újabb redőzéssel szemben.

A törések képződéséből azt tanulhattuk, hogy a földkéregben feszültségek keletkeznek, a melyek hirtelen feloldódnak. Ezeket vagy széttördelésekre vezethetjük vissza, a melyek valamely beszakadó boltozathoz hasonlóan, a nehézségi erő következtében czenripetális irányban helyezkednek el, vagy pedig czenrifugális, vagy tangenciális irányú nyomásra, a

mely részben mint csavarodás (*torzió*) működhetik. A redőket csakis oldalnyomás gyűrheti fel. A lakkolites intrúziók következtében ritkán keletkezett felboltozások teljesen háttérbe szorulnak. A redőzés a földkéreg valamely sávjának megkeskenyedését jelenti és bizonyos nyújthatóságot kíván meg. A régi redőzési elmélet szerint a ma 150 km szélességű Alpok egykori sávjának szélessége körülbelül 270 km, lehetett. Az új elmélet szerint az Alpok óriás takarókból épültek fel s azelőtt 600-1200 km volt a szélességük. A ma 17 km széles svájci Jura valamikor 22 km széles volt. Eszerint az európai és az északafrikai redők hozzávetőlegesen a Föld kerületét 2700 km-rel és a Föld félátmérőjét 573 km-rel rövidítették meg. A felgyűrt hegységek gyakori ívalakú irányát azzal magyarázták, hogy ezek előre torlaszolódtak s hogy a kéregsáv meghosszabbodott. Ez azonban téves. Az ívalak a könnyen engedő kéregdarabnak csak a határát mutatja, a hol a redőző erő megbénult. Ha a redő függélyes irányú kiterjedését, vagyis a kéregsáv emelkedését ismerjük, akkor a kéregsáv megrövidüléséből kiszámíthatjuk azt a mélységet is, a melybe a redő lenyúlik. A 183. kép a földkéreg egyik redőzött darabját mutatja, a melynek hossza 75 km és közepes emelkedése 1 km. Ha tudjuk azt, hogy a megrövidülés a földkéregsáv eredeti szélességének egynegyede, akkor megállapíthatjuk azt is, hogy a közettömeg 3 km eredeti vastagságból nyomódott össze. Ha ezenkívül még a redőzés által keletkezett emelkedést is ismerjük, akkor a zavargás annál mélyebbre nyúlik le, mennél csekélyebb a megrövidülés és a fiatal felgyűrt hegységek erősen megkeskenyedett kéregsávjai a deformálás nagyon csekély mélységére utalnak. Ha az előbb említett példában az Alpok eredeti szélessége 270, illetőleg 1200 km volt, a mai szélessége pedig 150 km és az egykori kiemelkedése 10 km volt, akkor az első esetben a zavargás 12½ km mélységig, a második esetben csak 1½ km mélységig ért le. Ez azt jelenti, hogy a takaró-elmélet szerint a földkéregnek csak fölötté vékony darabjai jönnek mozgásba. Bizonyosan tévedünk, ha az Appalachi hegységben 32 és a Cascadokban 375-1500 angol mérföldnyi zavargási mélységet veszünk fel.

[178.JPG]

183. kép. A redő mélységének meghatározása a redő kiterjedéséből és a földkéregsáv megrövidüléséből. *a* a megkeskenyedett kéregsáv szélessége, *b* a megrövidülés, *c* a közepes kiemelkedés, *d* a zavargás mélysége.

C) Földrengések.

A földrengések a Föld belső erőinek a Föld felszínére irányított legrettenetesebb nyilvánulásai. Már tisztán a lelki hatás is, melyet a földrengés az érintett ország népességére gyakorol, többnyire az elképzelhető legmélyebb, úgy hogy igen gyakran örüléseket okoz. Azokon a vidékeken, a hol ez a természeti tűnemény a ritkábbak közé tartozik, egyszerre azt látják az emberek, hogy az a föld, a mely körülben a nyugalom és a megbízhatóság fogalmát jelentette, inog a lábuk alatt s valami ismeretlen ellenséges indulatú hatalom a másodperczek töredékei alatt ezerszámra semmisíti meg az emberi életet, összes vagyonával együtt, a melytől nem lehet óvakodni, mely elől nincsen menekülés és mindazokat a pusztításokat még sokkal ijesztőbb mértékben egyesíti, mint amiket más ellenséges elemek előidézhetnek. A fékevesztett természeti erők közül a földrengések katasztrófái okozták a legnagyobb veszteségeket emberéletben és vagyonban egyaránt. Az egyes kulturálmokban előidézett nagy gazdasági veszélyek még fokozzák a tudománynak ezen jelenségek iránt tanúsított érdeklődését, a technika találmányai pedig támogatják ezt, úgy hogy éppen a legutolsó években a mindtöbbször megismétlődő katasztrófák által figyelmeztetve, arra jöttek rá, hogy a földrengések

természetét behatóbban kell tanulmányozni. Különösen azokban az országokban, a melyek legtöbbet szenvedtek a földrázkódások következtében, a földrengési állomások kiterjedt hálózata épült ki s ezek rendkívül nagy számú megfigyelést gyűjtöttek.

Érthető, hogy a régi időkben a földrengéseket természetfölötti okokkal magyarázták, különösen az istenek beavatkozásának, démonoknak és óriásoknak tulajdonították, amiként ezt a kezdetleges népek még ma is hiszik. HOMEROS és VERGILIUS szerint az óriási TYPHOEUS Ischia-sziget alatt és OVIDIUS szerint az Etna alatt fekszik eltemetve. Sok helyen az állatokat tartják a földrengések okozóinak. A szibériai eszkimók a földben bujkáló mammutokat tartják a földrengés előidézőinek s ez a hiedelem azzal magyarázható, hogy az eszkimók ezeknek az állatoknak csaknem változatlan hulláit találják a befagyott talajban. Más népek ugyanilyen szerepet tulajdonítanak a kígyóknak, teknősöknek, a mesebeli Leviathan-nak, vagy egyéb óriási halaknak, míg az északi monda a Midgardkígyót tartja a földrengés okozójának. A régi filozófusok a szerint, ahogy a neptuni, illetve a plutói világnézeteket vallották, a Föld belsejének vizét vagy tüzeit tartották a földrengések előidézőjének. Azt a legújabb időkig védelmezett nézetet, hogy a földrengések a földalatti barlangok beszakadásából keletkeznek, már a régi időkben is megtalálhatjuk.

A *földrengések* a Föld talajának megrázkódásai s keletkezésük a Föld belsejének energianyilvánulásain alapul. Azokat a jelenségeket is földrázkódásoknak nyilváníthatjuk, a melyeket valamely távoli robbanás, vagy hegyomlás, sokszor pedig az egyenlőtlen kövezeten haladó nehéz teherkocsi idéz elő. Azonban a csakis a Föld felszínéhez tartozó okokat természetesen ki kell kapcsolnunk a földrengési jelenségek sorából és csakis a kísérleti összehasonlításokhoz használjuk. A földrengéstan vagy *szeizmologia* az a tudomány, a mely a földkéreg jelenlegi természetes mozgásainak kutatásával foglalkozik. Ezekhez számíthatjuk az úgynevezett *tengerrengéseket* is, melyeket a vízburokban hasonló erőnyilvánulások idéznek elő.

A földkéreg csekélyebb mozgását az *exogén*, tehát nem a szilárd Földhöz tartozó erők is előidézhetik. Ilyenek az erős légnyomás-változások (viharok), a Föld felszíne nagy részének hőmérsékleti változásai (meteorológiai okok), a Nap és a hold vonzóereje különböző vonatkozásban (földárapály) s az ettől függő árapályok (apály és dagály), tehát asztronómiai okok. Azonban ezek a mozgások nem tartoznak bele a földrengéskutatások működési körébe. *Talajnyugtalanságoknak, pulzációknak* nevezhetjük ezeket az érzékeny készülékek által állandóan jelzett jelenségeket.

A jelenségek alakja szerint megkülönböztetünk *bradiszeizmikus* és *tachiszeizmikus* mozgásokat. A *bradiszeizmikus* mozgások lassú, nehezen mérhető nívóeltolódásokból állanak. Okaik: a Nap és a hold vonzóereje, a hőmérséklet és a légnyomás ingadozása és a földkéreg tektonikus mozgása. A *tachiszeizmikus* mozgások kétfélék, ú.m.: *mikroszeizmikus* és *makroszeizmikus* mozgások. A mikroszeizmikus mozgásokat csak műszerekkel tudjuk kimutatni. Ide tartoznak azok a mozgások, a melyeket a szél, a légnyomásváltozások, a tenger hullámcsapásai, az emberi közlekedés stb. okoznak. A makroszeizmikus mozgások a valódi, a szó szoros értelmében vett földremlések.

A földrengések beosztása.

A földrengéseket okaik szerint feloszthatjuk *vulkáni eredetű, beszakadásokból származó és diszlokációs rengésekre*. Gyakoriság, erősség és a megrázott terület kiterjedése dolgában általában a vulkáni és beszakadási rengések messze mögötte maradnak a diszlokációs rengéseknek. Egyébként a csoportok között oly sok az átmenet és sok esetben a megkülön-

böztetés olyan nehéz, hogy alapjában véve ezt a felosztást csak elméleti csoportosításnak tekinthetjük.

A vulkáni rengések a vulkáni jelenségek kísérői s látszólag valamennyit azok a lökések idézik elő, melyeket az illanó gázok a szilárd földkéreggel szemben kifejtenek. Gyakran a kitörés előhírnökei, mikor a gázok nyomása még nem tudja eltávolítani a kráterbeli ellentállást és még a kitörés után is folytatódnak, ha a nyomás enyhülése következtében a korábbi feszültség felszabadul. Általában azonban a kitöréssel együtt megszűnnek. A többnyire gyengébb rázkódások helyenként a vulkán környékére szorítkoznak. Néha a kitörés előtt már évekkel előbb jelentkeznek, pl. a Vezúvnak Kr. e. 79. évi törése előtt 16 évvel volt földrengés, a mikor a Vezúvot már kialudt vulkánnak tartották. Sok kitörés azonban minden földrengés nélkül megy végbe, ha csak azokat a csekély rengéseket nem számítjuk ide, melyeket a vulkán maga a mérsékelt működés mellett fejt ki.

Ha a vulkáni működés nem éri el a Föld felszínét, ha tehát folyamatai a Föld belsejében mennek végbe, akkor földrengések is keletkezhetnek, a melyeket *kriptovulkáni rengéseknek* nevezünk. Ide számíthatjuk talán azokat a katasztrófákat, a melyek Ischia vulkáni szigetét ismételten s utoljára 1883-ban érték, amennyiben a szigeten az utolsó vulkáni kitörés 1302-ben volt. A lakkolitek és egyéb intrúziók természetéből következik, hogy valamikor ezek is rengéseket okozhattak.

A Föld felszíne a földalatti üregek beszakadása következtében is megrázkódhatik (*beomlási rengés*). Ilyen beomlásokat a szilárd Föld szerkezetében beálló változások, oldható ásványos anyagok kilúgozása s a magmák összehúzódásai idézhetnek elő. Be fogjuk bizonyítani, hogy ezek a folyamatok nagy, széles barlangokat tudnak teremteni, legtöbb esetben azonban ilyenkor csak a szerkezetnek valamely lazulása, finom csatornákkal és pórusokkal való keresztülszövése s a fedő hegység feszültsége szokott bekövetkezni: mindezek bizonyos utólagos elhelyezkedést vonnak maguk után. Az utánaszakadás vagy lassanként történik, vagy pedig hirtelen egyszerre, mikor természetesen az erőnyilvánulás is erősebb. Ha az utánaszakadás eléri a Föld felszínét, akkor mélyedések, *beomlott dolinák*, *horpadások*, *földomlások* keletkeznek. Az ilyen beomlások okai azonban gyakran mesterségesek, pl. bányaművek összeomlása.

A beszakadási rengések természetéből következik, hogy ezek többnyire helyhez vannak kötve, rövid tartamúak és néha mégis romboló hatásuk van. Többnyire azonban csekély erősségűek s heves *hangtűnemények* (*detonációk*, *durranások*, *mennydörgések*) kísérik.

Régebben a nagy kiterjedésű rengéseket is a nagy földalatti üregek beomlásával akarták magyarázni, azonban nehéz olyan jelentékeny barlangokat elképzelnünk, a melyeknek boltozata a kőzetek nyomása alatt beszakadozna.

A beszakadás okozta rengéseket természetük szerint gyakran alig tudjuk elválasztani a *zavargási*-, *diszlokációs*- vagy *tektonikus rengésektől*. Valamennyi közül a legfontosabbak a tektonikus rengések; jellemző tulajdonságaik: a gyakoriság, a megrázott terület nagysága és a tartósság. A tektonikus földrengéseket azok a mozgások okozzák, a melyeket belső egyensúlyzavarodások következtében a szilárd földkéreg végez. Ezáltal egyes részek eltolódnak. Ezt az eltolódást a jelenben működő hegyképző folyamatnak kell tekintenünk még akkor is, ha jelentéktelenek, vagy éppen mérhetetlenül kicsinyek, mert végeredményképpen mégis csak megmagyarázzák azokat a hatalmas rétegzavarokat, a melyeket a Föld felszínén észlelhetünk. Majdnem minden feltárásban láthatunk többé-kevésbé függélyes hasadékokat, a melyek a kőzetet átszelik és gyakran a kőzet szerkezete a gyűrődésekre és vetődésekre emlékeztető legfinomabb repedéseket mutatja (*kataklaázos szerkezet*). Lényegükben ezek sem mások, mint

több ezer méteres ugrási magasságú vetődések, a melyeket mérhetünk, és áttolódási felületek, a melyeken nagy messzeséig végigtekinthetünk és összekuszált redőnyalábok, melyekből az egyes hegységek vannak alkotva. Az alakra és nagyságra folytonosan változó szilárd Föld feszültségei állandóan tartanak, a nehézségi erő a földkéreg minden része fölött uralkodik s arra törekszik, hogy a tömegeltolódással eszményi gömbformát adjon a Földnek. A Föld felszínén is történnek különféle hatások, a melyek letarolás és fölhalmozódás útján folytonosan tartó tömegáthelyezésekre vezetnek és így nyilván végtelen sok oka van annak, hogy az ingatag földkéreg valamely pontján nyugalmi állapotából kimozduljon. A lábaink alatt levő Föld tehát nem a szilárdság és biztonság szirtje, a mint azt az első pillanatban látjuk, hanem ellenkezően folytonosan tartó változásoknak van alávetve. Nem egyéb, mint földrögök romhalmaza, olyan zavargások eredménye, a melyek végtelen számban, látszólag szabálytalanul darabolják föl a Föld kérgét. Ha ezek nem is jutnak mindig a Föld felszínére, mégis érezhető rázkódásokat idéznek elő, bármilyen lassan menjenek is végbe.

A vulkáni és tektonikus rengések szoros kapcsolatban vannak egymással és ebből többen azt következtették, hogy éppen a legnagyobb diszlokációs rengések oly mélyen gyökereznek a Föld belsejében s olyan mélységekből erednek, hogy halmazállapotukról semmit sem tudhatunk, mert onnan erednek, ahol a vulkáni kitörések tűzhelye fészkel. Több kutató ezért egészen jogosan állítja, hogy a földrengéseket nem a vulkáni kitörések okozzák, hanem velük együtt azokból a földalatti eltolódásokból erednek, a melyek a felnyomuló magma útját megnyitják. Ezekben a folyamatokban az okot és a hatást csak nehezen tudjuk egymástól megkülönböztetni és a két rengési forma között egy középsőt állíthatunk fel: ez a *vulkáni-tektonikus rengés* vagy *feszültségi rengés*, melynek lefolyása alkalmával a magma feszültsége enged. E rengések fészke valóban a merev földkéreg határán van s azokkal a mozgásokkal függ össze, a melyek a Föld alakját nagy vonásokban megváltoztatják.

A földrengések fészke, rengéshullámok, a megrázott terület és a földrengésvonalak.

Általában azt tartjuk, hogy a földrengések valamely földalatti *góczpontból*, az ú. n. *hipocentrumból*, indulnak ki és az elmozdult rögök súrlódása következtében a szomszédos közetrészek rugalmas lengésbe jutnak, a mely mindenfelé gömbhullámokban terjed tovább s a Föld felszínén mint rázkódás érezhető (184. kép). Ezek a gömbhullámok a Föld belseje felé növekedő sűrűség miatt és az ezzel összefüggésben levő növekedő terjedési sebesség következtében excentrikusok, ezért a *lökés sugara*, vagyis a hullámok gömbfelületére merőleges vonal, a mely jelzi a szeizmikus rengés haladásának útját a Föld belsejében, konvex módon elgömbül. A fészekből, vagyis a hipocentrumból két különböző fajtájú hullám indul ki. 1. A *hosszanti (longitudinalis) hullámok* a legnagyobb *terjedési sebességgel* haladnak (a Föld színén mért *látszólagos terjedési sebesség*, a mely 7-13.3 km másodpercenként a mélység szerint). Ezek érintenek valamely helyet legelőször s így a rengés *előfutárjai*, vagyis az előrengés kezdő hullámai. A hullámok második fajtája a *haránt (transzverzális) hullámok*, a melyeknek látszólagos sebessége 4-7.3 km, ezek a rengés másodelőfutárai, vagyis az előrengés második kezdő hullámai. A hol ezek a hullámok a Föld felszínét merőlegesen érik (*epicentrum*), ott a rengés alulról fölfelé irányítottnak látszik, vagyis *lökésszerű (szukusszerű)* rengés keletkezik.

Az epicentrumból vagyis a felületi középpontból mindenfelé kiszélesedő körökben *haránt felszíni hullámok* indulnak ki, a melyek lassanként gyengülnek. Közepes sebességük körülbelül: csak 3.4 km. A rengések itt *hullámformájúak (undulatorikusok)*. Ezek a hullámok váltják ki a legnagyobb lengéseket és egyúttal a főrengéseket okozzák.

[179.JPG]

184. kép. Szeizmogramm. (SIEBERG A. szerint.) A szeizmikus hullámok és jelenségeiknek fejlődése vázlatos ábrázolásban. H hypocentrum, V_1 az előrengés első, V_2 az előrengés második kezdő-hulláma, B a főrengés hosszú hullámai, N utórengés, W_1 , W_2 , W_3 , első-, második és harmadrendű felszíni hullámok.

A felszíni hullámok (*elsőrangú hullámok*, W_1 -hullámok) erőssége az epicentrumtól minden irányban csökken, a földmeridián kvadránsának hátrahagyása után azonban, kiindulási pontjától az ellenlábas pont felé (antiepicentrum) az energiának kisebb felületre való hatása következtében ismét növekedik. Ez az energia azonban az eredetinek csak csekély töredéke (körülbelül 490-ed része).

Az antiepicentrumról a hullámok ismét visszaáramlanak a kiindulási pont felé (*másodrendű hullámok*, W_2 hullámok). Ez a folyamat addig ismétlődhetik, míg az energiát fel nem használja, vagyis míg az valamely más alakba megy át, pl. hővé változik. Harmadrendű hullámokat (W_3 hullámokat) azonban eddigelé csak ritkán tudtak megfigyelni.

[180.JPG]

185. kép. Az előrengés kezdőhullámainak visszaverődései (reflexiói). (WIECHERT E. szerint, SIEBERG A. könyvéből.)

Az eddig mondottakból az következik, hogy az egyes hullámfajok egymástól annál nagyobb távolságban találkoznak valamely ponton, mennél távolabb van ez az epicentrumtól. A rengés egyes szakainak hosszúságából tehát kiszámíthatjuk az epicentrumtól való távolságot. Az előrengéseknek a Föld belsejében keresztülhaladó sugarait a sűrű tömegek egészen visszaverik, majd ezek a visszavert hullámok ismét a Föld felszínére érnek és a rengés képét bonyolódottá teszik (185. kép).

[181.JPG]

186. kép. H hypocentrum (fészek), E epicentrum (felületi középpont), A , B , C a Föld felszínének pontjai, (e) az emerziós, vagy emergenciás szöglet.

A fészek mélységét, a *centrális mélységet* ma még nem tudjuk szabatosan megállapítani, ezért csak becslésre szorítkozhatunk. Régebben az épületek repedéseiből következtettek a lökés irányára, azt állítva, hogy ezek a lökés irányára merőlegesek. Azt képzelték, hogy több ilyen irányból meg lehet szerkeszteni a fészek székhelyét. A falak szakadásai azonban annyi véletlenségtől függenek, így különösen a szerkezettől, a nyílások helyzetétől stb. úgy, hogy ez a módszer egészen megbízhatatlan. A fészek mélységét többféleképpen akarták kiszámítani: így a földrengéshullámok különböző helyekre való megérkezésének idejéből, intenzitásából és abból a szögletből, a mely alatt a lökésugár a Föld felszínét éri (*emerziós szög*, vagy *emergenciás szöglet*). Mindezek az értékmeghatározások azonban durva kísérleteknél egyebet nem eredményeztek (186. kép). Ezek a kísérletek a fészek gócpontját különböző mélységbe helyezték, így 100 m-nyire, de 100 km-nyire is, sőt még többre is becsülték. Ezek a számértékek nagyon bizonytalanok. Általában azt mondhatjuk, hogy azok a heves lökések, a melyek szűk területre szorítkoznak, csekély mélységből erednek. A vulkáni és beszakadási rengések fészke többnyire csekély mélységű.

[182.JPG]

187. kép. A tektonikus földrengés keletkezésének és a fontosabb szeizmológiai fogalmaknak szemléltető mintája. (SIEBERG A. szerint.) A római számok a rengés erősségét jelzik a tizenkétfokos skála szerint.

A fészek nem szorítkozik egy pontra, a mint azt régebben állították, hanem területszerű, a mely megfelel a háborgatott területeknek, a melyek gyakran erősen hajlanak. Ez még jobban megváltoztatja azt az eszményi képet a melyet a hullámok pályafutásáról alkottunk. Minthogy nagyobb mélységekben a nyomás hatása következtében a kőzetek plasztikus átalakulását tételezzük fel, a diszlokációs rengés fészke csakis a felszíni merev kéregben lehet, melynek vastagságát 20 km-nyire becsülhetjük.

[183.JPG]

188. kép. A nagy keleti földrengés kiterjedésének területe. (SCHMIDT J. szerint, HÖRNES R. könyvéből.) Az 1870. évi földrengés epicentruma nincsen megjelölve.

A földfelületnek azt a vidékét, a melyen valamely földrázkódást mutathatunk ki, a *rengés területének* nevezzük (187. és 188. kép). Kiterjedése nagyon változó; határai gyakran nagyon szűkek, pl. Ischiában, a melynek földrengését a tőle 30 km-nyire fekvő Nápolyban már nem érezték, bár helyben nagy volt az ereje. Némely rengést viszont nagy területen, sőt a Föld egész felszínén (*világrengés*) kimutathattak.

[184.JPG]

189. kép. Homoszeizmák és izoszeizmák a herzenrathai földrengés alkalmával 1873. okt. 22.-én. (LASAULX A. szerint.)
..... förengési, pleisztoszeisztikus terület, .-.-.-.- közepes izoszeizma, ----- a rengési terület határa. A körök az egyes perczeknek megfelelően szerkesztett valószínű homoszeizmák.

A lökések sugarai majdnem merőlegesen a Föld felszínének csakis azt a részét érik, a mely éppen a fészek (hipocentrum) fölött van, tehát a felületi középponthoz (az epicentrumhoz) közel fekszik; az előrengés kezdő hullámaint alig lehet, vagy nem lehet a főrengéstől megkülönböztetni, a mely itt a legnagyobb erősségű (187. és 189. kép). Ezt *pleisztoszeisztikus-, főrengési területnek* nevezzük és így helyi rengésről, *elsődleges rengési területről* beszélünk. A többi lökés sugar a Föld felszínét különböző szög alatt éri, a mely annál kisebb, mennél távolabb van az illető pont az epicentrumtól. Emellett a lökészerűen (szukusszerűen) érzett lökések lassanként hullámmozgásba mennek át. Ha valamely hely az epicentrumtól csak néhány száz kilométernyi távolságban van, akkor a rázkódást *közei rengésnek* nevezzük. Ez a *rengés másodlagos területe*, mely gyűrű alakban veszi körül az elsőt. A rengést itt még érzékszerveinkkel felfoghatjuk (*makroszeizmikus rengés*). Az epicentrumtól 500 km-t meghaladó és több ezer kilométerig terjedő távolságban a talajlengések már nem érezhetők és csak érzékeny földrengés műszerekkel (*szeizmométer*) mutathatók ki (*távoli rengések, mikroszeizmikus mozgások*).

A lisszaboni földrengést 1755-ben több mint 2½ millió négyszögkilométer területen érezték s a keletindiai földrengés *elsődleges rengési területe* 1897-ben 377.000 km² volt (akkora, mint Poroszország) és a makroszeizmikus területet több mint 3 millió km²-en mutatták ki.

A Föld felszínén azokat a vidékeket, a melyeket gyakran érnek földrengések, *állandó rengési (habituális) vagy lökési területnek* nevezzük. Ha a térképen mindazokat a pontokat összekötjük egymással, ahol valamely földrengést ugyanabban az időben érezték, akkor

szabálytalan zárt görbéket kapunk; ezek a *homoszeizmák*, *izokrónák*, a melyek az epicentrum körül helyezkednek el (189. kép). Ha ezeket az időegységre redukáljuk, kiszámíthatjuk a lökések látható terjedési sebességét és a rengések kiterjedésének alakját, mely többé-kevésbbé köralakú (*centralis*), elliptikus (*axialis*) vagy pedig hosszanti kiterjedésű (*linearis*), valamely közép vonal mindkét oldalán, vagy csak egyik oldalán (*lateralis*) kifejlődve (187. kép).

Ha a legnagyobb rengések pontjait kötjük össze egymással, akkor a *rengési* vagy *lökési vonalat*, a *földrengés tengelyét* kapjuk. A *főrengésvonalakat* gyakran *mellékrengésvonalak* keresztezik többnyire derékszög alatt, a mi azt jelenti, hogy a törések rögökre darabolták fel a Föld kérgét. A rengések gyakran egyidejűleg hosszú vonal mentén érezhetők, mint Pendsab-ban 1878-ban, a hol a lökés vonal 750 km hosszú volt. A Föld felszínének azon vonalait, a melyeknek mentén gyakran jelentkeznek a rengések, *állandó rengési törésvonalaknak*, vagy *habituális lökés vonalaknak* nevezzük. Mindig a földkéreg diszlokációit követik, tehát eredetileg a vidék fölépülésén alapulnak (*szerkezeti rengések*). Ha a földrengés tengelye a hegység csapását keresztezi, akkor a rázkódást *kereszt-* vagy *transzverzális rengésnek* nevezzük, ha pedig a csapásban fekszik, akkor *hosszanti* vagy *longitudinális* rengés a neve (187. kép). Ha a zavargási vonal leveles eltolódás mentén fekszik, akkor *leveles rengésről* beszélünk, ha pedig áttolódási felülethez tartozik, akkor *váltós rengésnek* nevezzük a rázkódást. Sülyedt területeken a vetődések mentén néha vulkáni kitörésekkel is rengések keletkeznek és itt a tektonikus, és vulkáni rengések között nem tudunk éles határt vonni.

[185.JPG]

190. kép. Alsó-Ausztria földrengési térképe. A főrengési terület határát a térképen szakadozott vonal jelöli. (SUESS E. szerint, HÖRNES R. KÖNYVÉBŐL.)

Ausztriában számos állandó rengési törésvonal (habituális lökés vonal) van. Bécs maga is egy ilyen mentén fekszik, a mely eddig ugyan magában a városban ritkán okozott erősebb rengéseket, de a környéken végzetes katasztrófákat idézett elő. Meg kell még említeni a Baden vidékén (134. kép) húzódó *hőforrások vonalát*; ez olyan vetődési hasadék, melynek mentén Bécsből dél felé, Badenen és Leobersdorfon keresztül Bécsújhely felé követhetjük a rengéseket; ez a vonal a hegység csapását keresztezi. Tovább délnyugat felé azon a nagyon is mozgékony rengési vonal mentén folytatódik, melyet Gloggnitztól Mürzzuschlagon, Kapfenbergen, Leoben keresztül Villachig követhetünk. Ez az úgynevezett *Mürz-vonal* az Alpok csapásában fekszik. A harmadik vonal Bécsújhely környékéről indul ki északnyugati irányban Anzbachon keresztül a Nyugati vasút mentén, keresztezi a Dunát, követi a Kamp folyását Horn környékéig és Drösiedlen keresztül tovább Iglau, Prága és Leitmeritz felé követhető. Ezt a vonalat *Kamp-vonalnak* nevezzük és a Dunától délre keresztezi az Alpok csapásait, míg a Dunától északra az idősebb közetvonalak csapásában fekszik. A 190. képen láthatjuk azokat a nevezetesebb rengéseket, a melyek ezen vonalak mentén történtek. Közöttük legfontosabbak az 1590. szeptember 15.-i az 1768. februárius 26-27.-i és az 1873. évi januárius 3.-i földrengések.

Dél-Németország egyik legfontosabb lökés vonala a *Rajna-vonal*, a mely egyúttal annak a vidéknek a tektonikai alapvonala is (Rajnai-árok, 191. kép). Azokban az országokban, melyekben a földrengés gyakori jelenség, így Itáliában, Japánban, Közép-Amerikában, egész sorozat rengésvonalat ismerünk, a melyek szoros összefüggésben vannak ez országok szerkezetével.

191. kép. A földrengések eloszlása a Közép-Rajna árokban. (MONTESSUS DE BALLORE F. szerint.)

A rengések epicentruma azonban a lökésvonalnak nem mindig ugyanarra a pontjára esik, hanem bizonyos irányban tovább vándorol. Az ezen a téren végzett kísérletek azonban még nem elegendők ahhoz, hogy belőlük e mozgások szabályszerűségeit megállapíthassuk.

Már többször megfigyelték, hogy a rengés területén vannak olyan helyek, a melyeket kevés vagy éppen semmi rázkódás sem ért; ezek az úgynevezett *földrengési szigetek* vagy - *hidak*. A jelenség oka többnyire a kőzetek váltakozása; így pl. valamely laza kőzetből felépült vidékből kiálló szilárd sziklakúp csak kevésbé rázkódik meg és úgy látszik, hogy a földrengéshullámok interferenciája is létesíthet mozdulatlan zónákat s ilyenkor a mozgás a mélységben halad tovább és arrébb ismét a felszínre juthat.

A földrengéshullámok terjedési sebessége a különböző rögökből álló földkéreg szabálytalan fölépülése következtében igen változó. A kőzet sűrűségével együtt növekedik, szilárd sziklában nagyobb, mint laza anyagban, a csapásra merőlegesen csekélyebb, mint a csapásban, mert a kőzetek és telérek váltakozása akadályozólag hathat (187. kép). Megállapították, hogy a különböző kőzetekben a terjedési sebesség 2.21-5.86 km másodpercenként. Közeli rengések alkalmával a felszíni hullámok átlagos terjedési sebessége állítólag 3.38 km. A Föld mélyében a lökések kevésbé vagy éppenséggel nem is érezhetők, mert a megterhelő hegység minden oldal felé működő nyomása lehetetlenné tesz minden mozgást. A zágrábi földrengés alkalmával 1880-ban Stájerországban Wiesben a bányá 30 méteres mélységében még lehetett érezni a rengést, azonban 60-120 m mélységben már semmit sem. A laibachi földrengést 1895-ben 40 km távolságban még 200 m mélységben is lehetett érezni. A megfigyelések szerint a talajkiemelkedések kevésbé késleltetik a földrengéshullámokat, míg a felszíni mélyedések jelentékenyen hátráltatják azokat.

A rengés erőssége.

A rengés erősségének (*intenzitásának*) mérése ezideig egyéni megfigyelések alapján *tíz részből* álló skála segítségével történt. A skála a hatás különböző fokait mutatja a mikroszeizmikus mozgásoktól kezdve, a melyeket az ember nem érez meg, hanem csak finom és érzékeny készülékek jeleznek, egészen a katasztrófáig, a melyek jelentékeny változásokat idéznek elő a Föld felszínén. Ez a *Rossi-Forel-féle erősségi fokozat* (az intenzitás skálája).

Az erősség I. foka. Mikroszeizmikus mozgás, melyet nem minden szeizmográf tud feljegyezni, csak gyakorlott megfigyelő bír megállapítani.

Az erősség II. foka. A lökéseket a különböző szeizmográfok jelzik, néhány nyugalmi állapotban levő megfigyelő érzi.

Az erősség III. foka. Nyugalmas állapotban több személy megérezheti s tartama és iránya könnyen megbecsülhető.

Az erősség IV. foka. Az emberek tevékenységük közben érzik. Az ablakok és ajtók megrázkódnak, a padlózat recseg.

Az erősség V. foka. A rázkódást az egész lakosság érzi; a bútorok, ágyak megrázkódnak.

Az erősség VI. foka. Az alvók felébrednek. A házi csengők megszólalnak, a függőlámpák ingának, az órák megállnak, a fák és bokrok hajlongnak. Az emberek kiszaladnak a házaikból.

Az erősség VII. foka. A mozdítható tárgyak eldőlnék, a tetőzetről és a falakról leválik a vakolat, a templomi harangok megszólalnak, általános a rémület, de az épületek még nem sérülnek meg.

Az erősség VIII. foka. A kémények lezuhannak, az épületek falai megrepednek.

Az erősség IX. foka. Az épületek részben, vagy egészen rombadólnak.

Az erősség X. foka. A legtöbb épület elpusztul, a Föld felszínén hasadékok keletkeznek, a hegyek lejtői omladoznak.

Az ismertetett fokozat erősen az egyéni megítélésen alapszik s a legalkalmasabb arra a célra, hogy a lakosságot a megfigyelésben való közreműködéshez megnyerjük. A tudományos kutatásokban az OMORI-CANCANI-féle abszolút skálát használjuk. Ezt azon legnagyobb gyorsulás szerint szerkesztették meg, a melyet valamely talajrészecske mutat, vagyis a hullámok terjedési sebességének gyors változása szerint van összeállítva. Az értéket másodpercenként milliméterekben fejezik ki. A japán kutatók megfigyeléseiből kiderült, hogy könnyű és gyenge rengések alkalmával minden talajrészecske legnagyobb mozgása átlagosan 1 mm alatt marad, 10 mm-nél a már erősnek jelzett rengés csekély károkat okoz, 50-60 mm-nél az épületek jelentékenyen megsérülnek és 150 mm már igen erős földrengésre vall.

Ha földrengések gyakrabban fordulnak elő, akkor erősségük sohasem olyan nagy, mint a mikor hosszú nyugalom után következnek be, mintha talán a feszültségek apránként oldódna fel, a melyek különben összegyűlnének és katasztrofálisan egyenlítődnének ki.

Ha a térképen mindazokat a pontokat összekötjük, a melyeken ugyanolyan erősségű rengést állapítottak meg, akkor zárt, többé-kevésbbé koncentrikus görbét kapunk. Ezek a *izo-szeizmák*, a melyek az epicentrum körül helyezkednek el. A legerősebben megrázott (*pleisztoszeisztikus*) vidéket egyre fogyó rengéserősségű zónák veszik körül (187. és 189. kép).

A főntebb kifejtett elméleti fejtegetésekből következik, hogy a rengések ritkán kezdődnek teljes erősséggel. Rendesen egy vagy két fázisban előrengések gyanánt könnyebb rázkódások vezetnek be. Még az *utólökéseket* is megfigyelték, a melyek a szeizmikus energia lanygulását jelzik, amennyiben idővel egyre ritkábbak és gyengébbek lesznek.

A földrengés tartama nagyon változó. Gyakran egyetlen lökésből áll, a mely 3-4 másodperc alatt a legnagyobb pusztítást okozza. Más rengések ismét percekig, vagy órák hosszat tartanak. Sőt olyan földrengéseket is megfigyeltek, a melyek egész éven át tartottak. Az 1783-ban Kalábriát elpusztító földrengés alkalmával a föld csak négy év múlva került nyugalmi állapotba. A phokisi földrengés alkalmával 1870-1873-ig bizonyosan 300 nehéz és 50.000 könnyű lökést jegyeztek föl. Ha a lökések hosszú időn át követik egymást, akkor *földrengés-rajról* beszélünk.

A földrengés a szomszédos vidék fennálló feszültségét is kiválthatja s így más földrengést, kiváltott vagy együttes rengést, *relais-* vagy *szimultán rengést* idézhet elő. Ez a jelenség főképpen tektonikus rengések alkalmával gyakori, mert a háborgatási vonalak (lökésvonalak) messzire terjednek és sokféleképpen vannak egymással összeköttetésben. Az egyidőben beálló vagy gyorsan egymás után következő rengéseket esetleg külső okok, így a légnyomás és a hőmérséklet ingadozásai is okozhatják.

Azt tapasztalták, hogy a meteorológiai jelenségek is bizonyos összefüggésben vannak a földrengésekkel. Ezt az összefüggést azonban napjainkig még nem tudták megmagyarázni. Így a régi barométereken a hüvelykes beosztás mellett, az eső és vihar alatt a legalsó jelzés «*földrengés*» volt és tudjuk, hogy a nagy barométeringadozások és a meredek grádiensnek

megfelelő heves levegőmozgások következménye gyakran földrengés szokott lenni. A süllyedő barométerállás és a meredek grádiens között álló légnyomást egyenesen földrengésidőnek nevezték. Ha arra gondolunk, hogy a barométerállásnak 1 mm-rel való süllyedése a Föld felszínének 1 négyzetméternyi területét 13.6 kgrammal könnyíti, akkor bátran feltehetjük azt, hogy ezek a szörnyű egyoldalú megterhelési ingadozások a földkéreg feszültségeit kivált-hatják. Azt is megfigyelték, hogy a hideg évszakban gyakrabban fordulnak elő földrengések és látszólag a hirtelen beálló hideg alkalmával is. A forró, száraz nyár után az esős ősz szintén gyakoribb földrengésekkel jár. Sőt még arra is gondoltak, hogy a szeizmikus jelenségek főképpen éjszaka jelentkeznek; ezt csupán abból nem magyarázhatjuk meg, hogy éjjel az emberek szubjektív érzékenysége nagyobb. Így Kelet-Indiában a legtöbb rengést éjjel 10 és 11 óra között s reggel 6-7 óra között jegyezték föl; ez a jelenség talán az égitestek állásával van összefüggésben. Ezen alapul FALB és a más kutatók elmélete a Hold helyzetének hatásáról a földrengések működésére és a rengések jóslása.

A földrengések hatása a Föld felszínére.

Még a leggyengébb rengés is változást idéz elő a Föld felszínén, ha ez mindjárt csak átmeneti is. Természetesen a talaj maradandó változásait csak a legerősebb lökések okozzák, a melyek nagyobb hatást gyakorolnak az illető ország népességének lelkiületére, mint az emberi alkotásokat érő egyéb összes károk. Tátongó hasadékok keletkeznek (192. kép), a melyek részint ismét összezsukódnak, részint nyitva maradnak. A hasadékok mentén süllyedések, vagy a talaj vízszintes irányú (*leveles-*) eltolódásai keletkeznek. Ilyenkor *lépcsőformájú süllyedéseket* is megfigyelhetünk, például 1906-ban Kaliforniában (193. kép) vagy 1819-ben Ran of Kachh-ban, Indiában, ahol 50 angol mérföld hosszú és 20½ m széles egyoldalú süllyedés keletkezett, melyet a bennszülöttek Ullah-bund-nak (az Isten gátjának) neveztek el. Az 1899. évben Alaszkában, a Jakutat Bay-ben párhuzamos hasadékok keresztezték a sziklás dombokat és a partvonal részben lesüllyedt (194. és 195. kép), más helyeken azonban 2-5 m, sőt még 14½ m magasságig emelkedett. Közép-Japánban, az 1891. földrengés alkalmával 40 angol mértföld hosszú, egyenes hasadék keletkezett, a mely hegyen-völgyön áthaladt. Új-Zeeland-ban 1855-ben egy egész kerület több lábnyira emelkedett föl s 1897-ben 47 lábnyira emelkedett a vidék egyik sávja. DARWIN 1835-ben Chileben a part emelkedését tanulmányozta. A recens kagylópadok bizonyítékai szerint az emelkedés több száz lábnyi volt, a melyet DARWIN földrengéssel hozott kapcsolatba. Az Egyesült-Államokban Owens Valley-ben földrengés alkalmával 76 km hosszú főhasadék keletkezett. Itt 30 m ugró magasságú vetődéseket is megfigyeltek és több ezer acre terület (1 acre = 40.47 ár) 5 méternyire tolódott el észak felé. Az Alsó-Misszisszippi mentén az 1811-12. évi földrengések alkalmával számos to keletkezett. Volt közöttük egy, mely 180 km hosszú, 11 km széles és 17 m mély volt. Mások ismét eltűntek és a Föld felülete 47 km szélességben 8 méternyire emelkedett ki a Misszisszippi síkja fölé. Az egyik vidéket «Sunken Country»-nak, süllyedt tartománynak neveztek el. 1891. okt. 28.-án Japánban földrengés alkalmával 160 km hosszúságú vidék részben 6 méternyire emelkedett és oldalt négy méternyire tolódott el, miközben a törésnek hol az egyik, hol a másik oldala emelkedett (196. kép). Kaliforniában az 1869. évben azt tapasztalták, hogy a rengés az eddig ismert legnagyobb törésvonalhoz, a P^{ta} Arenas-vonalhoz volt kötve, a mely 435 km hosszan É 30-40° Ny irányban terjedt. Ebben az évben 2600 km²-nyi tömb 1.6 méternyire tolódott el É 11° Ny felé. Ugyancsak Kaliforniában 1906-ban 74.000 km²-nyi földkéreg, tehát olyan nagy terület, mint Bajorország, átlag 3 méternyire nyugati irányban elmozdult s emellett 1 méteres emelkedések keletkeztek rajta (197., 198. kép).

[187.JPG]

192. kép. Földrengéshasadékok homokkőben, Indiában, Garo Hills-ben, az 1897. június 12. földrengés után. (OLDHAM R. D. szerint.)

[188.JPG]

193. kép. Párhuzamos lépcsős vetődések a Palisadoes lábánál Kaliforniában, 8 méteres ugrási magassággal. (HOBBS-RUSKA szerint.)

[189.JPG]

194. kép. Három egymás fölött fekvő parti terasz a Russel-Fjordban 1.3 és 3 méternyre emelve. (TARR és MARTIN szerint, HOBBS-RUSKA könyvéből.)

[190.JPG]

195. kép. A partvonal pozitív és negatív eltolódásai a Yakutat-Bay-ban, Alaszka déli partján. (TARR és MARTIN szerint, HOBBS-RUSKA könyvéből.)

[191.JPG]

196. kép. Vízszintes eltolódás a Neovölgyi vetődésnél Idbara mellett, Közép-Japánban. (KOTÔ szerint, HOBBS-RUSKA könyvéből.)

[192.JPG]

197. kép. Kettészakított és oldalvást 5 méternyre eltolt kerítés S. Francisco-nál (Kaliforniában), az 1906. évi földrengés alkalmával. (HOBBS-RUSKA szerint.)

[193.JPG]

198. kép. Az 1906. kaliforniai földrengés zavargási vonalai. (HOBBS-RUSKA szerint.)

Ha a vasúti sineket repedések keresztezik, azok többszörösen elgörbülnek (199. kép). Szumatrában a mérések revíziója 8 m távolsági különbséget és 4 m magassági különbséget mutatott ki, a melyeket földrengésből származó mozgásoknak kell tulajdonítani.

A repedések sokfelé szétágaznak, árokalakú süllyedések keletkeznek, gyakran vikariálva haladnak, csillagalakban sugarasak vagy koncentrikusak, miközben mélyedések (*horpadások*) keletkeznek (200. kép).

A földrengés hasadékaiban emberek, állatok, épületek, sőt egész tanyák is elsüllyedhetnek s akkor azt mondják, hogy a Föld nyelte el őket. Előfordult az is, hogy egyes emberek oly módon menekültek meg, hogy a szűk hasadékba való süllyedésük közben karjaikat szétvetették s azután kimásztak. Mások ismét kirepültek a hasadékból. Az alaptalajnak ilyen fajta zavargásai megváltoztatják a forrásokat is, a melyek kiapadnak, vagy erősebben folynak, többnyire erősen megzavarodnak, hőmérsékletük emelkedik és gyakran kénes mellékízt kapnak a kénhidrogén fölvétele következtében. Néha új források törnek föl, mint például az az osztrák «gyógyító forrás», a mely az 1626. április 23.-i földrengés alkalmával Alsó-Ausztriában Leobersdorfnál egy szántóföldből ölnyi magasra szökött föl. A törésvonal mentén való fekvése összeköti ezt a badeni és a vöslai hőforrásokkal (190. kép), habár hőmérséklete csak 9 R°.

[194.JPG]

199. kép. Meghajlított sinek Rangapara mellett, Indiában, az 1897. jún. 12. földrengés alkalmával.
(OLDHAM R. D. szerint.)

A lisszaboni földrengés alkalmával 1755. nov. 1.-én Csehországban a teplitzi hőforrások hirtelen zavarossá váltak, elapadtak, később vastartalmú iszappal vörösre szinezve nagy víztömeggel törtek ki, a mely a város egy részét elárasztotta. Ilyen megfigyelésekre többször kínálkozott alkalom. Az artézi kutak ugyanebből az okból hol nagyobb, hol kisebb nyomást mutatnak. A rengés a gejzirekre is nagy hatással van, ugyanis időnként fölszökésük megszűnik vagy újonnan előtörnek.

A rázkódások a laza tömegeket csúszó mozgásokra indíthatják. Így hegyomlások keletkeznek, a melyek ismét nagy pusztulást okozhatnak. Erre legnagyobb példája a dobratschi hegyomlás Karintiában 1348. jan. 25.-én, a mikor a Gail folyó tóvá alakult, a mely csak lassanként folyt le, csuszamlásokat okozott, miközben két mezőváros és 17 falu elpusztult. A tengerparton, vagy tavak partján a legnagyobb lejtési szöglet alatt lerakódott laza üledékek földrázkódás alkalmával lecsúsznak s ily módon a szárazföldnek egész sávja elsüllyedhet. Így történt ez 1755-ben a lisszaboni földrengés alkalmával, amikor a kikötő sok emberrel és számos hajóval együtt 600 lábnyi mélységbe süllyedt. 1861-ben az achai partokon 1½ millió négyszögméternyi földcsuszamlás tünt el a habokban, nem messze attól a helytől, a hol 373-ban Kr. e. *Helike* városát elnyelte a tenger. Földrengések következtében a víztakarók alatt is történnek csuszamlások (lásd a vízalatti csuszamlásokat).

[195.JPG]

200. kép. Koncentrikus repedésekkel körülvett horpadás Rowmarinál, az 1897. jún. 12.-i indiai földrengés alkalmával. (OLDHAM R. D. szerint.)

Sajátságos következményei voltak az 1899. szept. 3.-ától 21.-éig tartó heves földrengésnek Alaszkában, a Jakutat-Bayban. A rázkódások következtében óriás hótömegek lavinaként zúdultak a glecserekre, a melyek gyors, de rövid ideig tartó előlökést (intő lökést) kaptak, miközben a jégárak átmenetileg maguk is nagyobb nyúlékonyságot (viszkozitást) mutattak.

[196.JPG]

201. kép. Lesüllyedt tengerpart repedésekkel és homokkráterekkel az achai földrengés alkalmával 1861. decz. 26.-án (SCHMIDT J. szerint, HÖRNES R. könyvéből.)

Kelet-Indiában a Khasi- és a Jaintia-hegységben földrengés alkalmával a hatalmas mállási takaró több kilométernyi távolságban levált és a völgybe csúszott, úgy, hogy az addig erdőkkel borított hegyek teljesen megkopaszodtak. Kalábriában az olajfaerdők és a szántóföldek a rajtuk levő épületekkel együtt jelentékeny hosszú vonalon eltolódtak, ami bonyodalmas birtokpererekre adott alkalmat.

A Föld talajának változásai eltorlaszolja a folyókat, vagy hosszabb időre másfelé terelik azokat, ami által sivataggá válik az ország. A Misszissippin az 1811. évi földrengés alkalmával New-Madridtól északra néhány perczig visszafelé folyt, az ország nagy területét elárasztotta és a mikor ismét nagy erővel visszahúzódott medrébe, egy egész erdőt szakított ki olyan szabályossággal, hogy az ember méltán azt hihette, hogy a fákat mesterségesen döntögették ki. A Meander folyását Kis-Ázsiában a földrengések ugyancsak gyakran megváltoztatták.

[197.JPG]

202. kép. Beomlott homlokzatú ház, a Piazza Cavalotti-n, Messinában. (TRAMPUS CH. fölvétele, HOBBS-RUSKA művéből.)

Álló vizek heves mozgásba jönnek, mint 1768-ban a Neusiedler-tó. Egyes helyeken süllyedések következtében tavak keletkezhetnek, míg más helyütt a tavak kiszáradnak. A vetődések a tavakat nagyrészt megcsapolják, mire ezek lefolynak, vagy pedig az újonnan keletkezett tölcséralakú nyílásokon és repedéseken át az altalajba szivárognak. Ilyen mélyedésekben a talajvíz sokszor előtör, úgy hogy az egész környék kerek vermekkel van borítva. Gyakran a talajvíz homokkal keveredve nagy erővel szökik fel, vagy pedig 20 méter átmérőjű és néhány méter magasságú homokkúpok keletkeznek, a melyekből, mint valami kráterből, iszapos víz és gáz tör föl. A gáz többnyire a felső földrétegekben a szerves anyagok rothadásából keletkező kénhidrogén (201. kép).

A rázkódás következtében a kutakból és víztartókból a víz néha magasra szökik fel.

[198.JPG]

203. kép. Alapzatáról félretolt ház Denizliben a meandervölgyi rengés alkalmával Kis-Ázsiában 1899-ben. (Vásárolt fotográfia szerint.)

Különösen pusztító hatása van a tenger ingadozásának, a mely gyakran széles sávban árasztja el a tengerpartot s megsemmisíti még azt is, ami a lökések rombolása után fennmaradt. Ez a *földrengési dagály* azonban nem a szárazföldből indul ki, hanem okai a mélységben, a vízburok alatt gyökereznek. Erről a tengerrengésekről szóló fejezetben lesz szó.

Látva a földrázkódásoknak a Föld szilárd felületére gyakorolt jelentékeny hatását, nem csodálkozhatunk azon sem, hogy az emberkéz alkotása többszörösen annyira megsemmisül, hogy a szó szoros értelmében kő kövön nem marad. Nem tekintve a repedéseket, a melyek a házakat érhetik, az épületeket a hullámmozgások szét is rombolhatják. Ugyanis a házak, mint a Föld felszínére erősített fordított ingák, kénytelenek a hullámmozgással együtt tartani: s ez okozza a beomlást. Éppen ezért a magasabb emeleteken jobban lehet érezni a rázkódásokat, mint a földszinti helyiségekben. A károsodás elsősorban a lökés erejétől és az épület alapjának mineműségétől függ. A szilárd szikla kevésbé rázkódik, mint a laza talaj, mégis, ha ez nagyvastagságú, a rázkódást ismét mérsékli. A legnagyobb veszélyben forog a szilárd alaphegységen levő és laza anyagból álló vékony takaró, mert ez erősíti az ingásokat.

[199.JPG]

204. kép. Emlékmű Kingstonban, Jamaika szigetén, a melyet az 1907. január 15.-i földrengés elfordított. (BROWN-TESTVÉREK fölvétele, HOBBS-RUSKA könyvéből.)

Azok az épületek viselhetik el sérülések nélkül az erősebb rázkódásokat, a melyek a hullámmozgásokat követni tudják, tehát a melyek az ingásokat a földrengéssel együtt végzik, mint valamely hajlékony törzs a viharban. Ilyen épületek a könnyű gunyhók, alkalmas faszerkezetek, vagy hozzáalakított vasművek. Így a san-franciscoi földrengés alkalmával 1906-ban kitűnt, hogy azok a 15 emeletes és még magasabb »felhőkarczoló« maradtak sértetlenül, a melyek olyan vasszerkezetből állottak, hogy a szerkezet nyílásait könnyű falazat töltötte ki. A gyakori földrengések országaiban, mint pl. Japánban, az alkalmas szerkezetű épületek meglehetősen ellentállást tanúsítanak. Ezért a földrengésálló építkezésekre különösen Japánban és Dél-Itáliában, szabályzatok is vannak. A lökés irányában épült falakat hosszanti repedések szelik át; ha a falak keresztben állanak, akkor haránt repedések keletkeznek, vagy leomlik a

fal (202. kép). Ha az épület falai a lökés irányára ferdén állanak, a szakadások az erő szétbontása szerint erőparallelogrammákra oszlanak, miközben a lökésirányától elfordult sarok többnyire kirepül. Ha könnyű faépületek szilárd alapépítményen állanak, akkor gyakran oldalt eltolódnak, anélkül, hogy szétrombolódnának (203. kép). Könnyebb rengések alkalmával különösen a kémények dőlnek le a lökés irányában, a falokról és a boltozatról a vakolat lehull. Ha a lökések még gyengébbek, akkor csak recsegés hallatszik az épületben, a képek és a lámpák ingó mozgásba jönnek és a bútordarabok elmozdulnak helyükről.

[200.JPG]

205. kép. A kikötőfal elsüllyedése Messinában, 1908. decz. 28.-án. (PERRET A. fölvétele, HOBBS-RUSKA könyvéből.)

Többször megfigyelték, hogy földrengés alkalmával szabadon, álló tárgyak, kémények, emlékművek elfordulnak. Azelőtt ezt a jelenséget forgó (*rotatorikus*) mozgással magyarázták. Újabban kitűnt, hogy az elfordulás akkor is bekövetkezik, ha az alapzaton a fixpont, vagy a legnagyobb súrlódás pontja nem esik bele pontosan a súlypont irányába, úgy hogy oldallökés alkalmával e pont körül, történik az elfordulás. Az oldallökés úgy is előidézhetheti az elfordulást, hogy a tárgyat egyik oldalán fölemeli, mire a tárgy ismét visszaesik nyugalmi helyzetébe, közben azonban azon a sarkán, a melyen egyoldalú emelkedése közben nyugodott, elfordul (204. kép). Kikötővárosokban a vetődések elsüllyeszti a kikötő falait (205. kép), keresztezik az utcákat, szétszakgatják a vízvezetéseket, úgy hogy a keletkező tüzekkel nem tudnak megküzdeni.

[201.JPG]

206. kép. Homokkötélér puha palában mint a földrengési hasadék tölteléke, a Roaring River mentén, Észak-Kaliforniában. (DILLER szerint, HOBBS-RUSKA könyvéből.)

Kérdés, vajjon a szukkuszszerű lökéseknek lehet-e akkora ereje, hogy házakat röpítsenek a levegőbe, a melyek csak a visszaesés alkalmával törnek össze, a mint azt már többször jelentették. A jelentések szerint embereket és állatokat, sőt erősen beácsolt árboczokat is felrepített a lökés. A sírok megnyíltak s belőlük a holttestek magasra repültek.⁸ Többször előfordult, hogy nagy sziklatömbök repültek fel és fordított helyzetben estek vissza.

Az összes litoklázis, diaklázis és paraklázis néven ismert kéreghasadások tulajdonképpen régi földrengési repedések, melyeknek a földkéreg rázkódásai alkalmával kellett keletkezniök. Az teljesen mindegy, hogy vajjon csak kataklázisos-szerkezetek, vagy pedig ezer méteres eltolódások keletkeztek-e. Minden feltárás alkalmával gyakran minden tömbön és kis darabkán láthatjuk a repedéseket, a melyek áthatolnak a kőzeteken s felismerhetjük az állandóan tartó rázkódások hatása alatt a földkéreg messzemenő szétrombolódását. A nyílt földrengési hasadékokat és tölcséreket többszörösen kitölti az iszap és a homok; ezáltal az ilyen, kőzetek telérformájúak (206. kép). Éppen így laza anyagban szépen látszanak a fiatal repedések, a melyek mentén a kavicsrétegek szimmetrikusan, a szelvényben tölcsérszerűen hajolnak lefelé (207. kép).

⁸ Sírok nyíltak meg 1880-ban a zágrábi, székesegyházban is, a hol HANTKEN MIKSA leírása szerint a déli mellékhajó 3.-ik oszlopán levő vízszintes kőből álló támasztó lehullott, s egy alatta levő kriptá boltozatát áttörvén, tátongó nyílást okozott, amelyben egy hullának csontváza volt látható. (M. kir. Földtani Intézet Évkönyve, VII. kötet, 45. lap, VI. tábla, 2. rajz.)

207. kép. Földrengési hasadék Heidelberg egyik kavicsbányájában, fiatal diluviális kavicstelepen. (SPITZ W. fotografiai fölvétele, HOBBS-RUSKA könyvéből.)

Gyakran fénytűneményekről is szólnak a jelentések, a melyeket földrengés alkalmával éjszakánként figyeltek meg. Így 1768-ban Bécsújhelyen földrengés alkalmával a Schneeberg irányában fénytűneményt észleltek, a mely távoli villámláshoz, vagy az északi fényhez hasonlított. Valószínű, hogy ez a jelenség sűrűlódási elektromosságból keletkezett. Állítólag a repedésekből néha gyúlékony gázok törnek elő, a melyek meg is gyulladnak. Azonban itt az érzéki csalódásoknak valószínűleg nagy szerepe van, mert 148 földrengés közül csak öt esetben figyeltek meg hitelesen ilyen tűztűneményeket.

Már említettük, hogy a földrengésekkel együtt *hangtűnemények* is járnak. Különösen az epicentrális területen fordulnak elő gyakorta; többnyire megelőzik a rengést és nagyon különbözők. A hang lehet zúgás, üvöltés, dobbanás, orgonahang, fűtülés, mángorlás vagy csattanás, csikorgás, recsegés, csörömpölés, gargarizálás és ordítás, hosszúra nyújtott mennydörgés és rövid durranás. A rengés és a zaj erőssége nem függ össze egymással. A tűnemény természetéről még nem vagyunk tájékozva, amennyiben a dörgés néha minden rengés, vagy legalább is érezhető rengés nélkül hosszabb ideig tart. Ide tartoznak azok a *talajdörrenések*, a melyek 1822-1824-ig Ragusa mellett, Meleda szigeten a lakosságot megijesztették. Ilyenek továbbá: a *Barisal gun* (a barisali ágyulövések Indiában), a *Mistpoeffer* (a ködhasogató) Hollandiában, a *Balza* (csattanások a földcsuszamlással kapcsolatban), a *Marina* (tengerpart) és a *Rombo* (zsongás) Itáliában. Éppen ilyen rejtélyes volt a *Bramido*, a föld belsejéből hangzó mennydörgésszerű robaj, a mely Mexicóban Guanaxuato gazdag bányavárost hónapokon át érte anélkül, hogy a legcsekélyebb rengést érezték volna, míg a megszeppent lakosság elhagyta a várost. Minthogy a környék mélyfekvésű ezüstbányáiban sem tudtak semmiféle talajmozgást megállapítani, azért e jelenség okát máig sem sikerült kideríteni. Ezek a hangtűnemények, a melyeket »*Brontidi*« (morgás) néven nevezhetünk, valószínűleg a Föld belsejének sűrűlódási zajából erednek, olyan diszlokációk következtében, a melyeket mi nem érzünk.

A rengések a légkörben nem okoznak zavargásokat. Feltűnő, hogy katasztrofális rengések alkalmával a jelentések gyakran szélcsendről és tiszta égboltozatról szólnak.

A *mágneses zavargások* szoros összefüggésben vannak a földrázkódásokkal. Az összefüggés okát azonban még nem sikerült kideríteni. *Földáramlások* keletkeznek, a melyek nagy hatással vannak a telegráf és a telefon-közlekedésre; még északi fényt is megfigyeltek. Japánban azt hiszik, hogy ezekből a mágneses rendellenességekből meg lehet jósolni a földrengéseket. Az erre vonatkozó kísérletek még folyamatban vannak. Az állatok látszólag előre megérzik a földrengést és nagyon nyugtalanok. A kaimanok a partra jönnek és ordítanak, míg máskor nem szoktak hangot adni. Caracasban a kutyákat és macskákat földrengés-jelzőknek tartják s ugyanezt a szerepet tölti be a házikigyó Kuba szigeten. Némely ember szintén megérzi előre a földrengést.

A katasztrofális földrengések nagyon jelentékeny emberveszteséggel járnak. A veszteség természetesen attól függ, hogy sűrű lakosságú vidéket ért-e a földrengés, továbbá hogy milyen ott az építkezés módja, a rengés a nap milyen szakában jött s a lakosság a házakban, vagy azokon kívül tartózkodott-e, stb. A mino-owari-i földrengés alkalmával 1891-ben 25 000 ember járt szerencsétlenül, Ecuadorban 1868. augusztus 13.-án 15 perc alatt 40 000 ember pusztult el és a messinai földrengés 1908-ban 200 000 ember életébe került. A san-francisco-i földrengés 1906-ban főképpen szokatlanul nagy anyagi károkat okozott; ezen földrengés következtében ugyanis nagy tűzvész ütött ki. Gyakran a földrengés dagályhullámai elpusz-

tíjták még azt is, amit a rázkódás meghagyott; így a lissaboni földrengés alkalmával 1755-ben a tenger hullámai 32 000 embert sodortak el.⁹

Tengerrengések.

Azokat a földrázkódásokat, a melyeknek góczpontjai a vízburok alatt vannak, általában *tengerrengéseknek* szokták nevezni. Érthető, hogy itt a tektonikai és a vulkáni okokat gyakran úgyszólván lehetetlen egymástól megkülönböztetni. A tengerfenék átadja mozgását a víztömegnek, a melyben a mozgás gömbalakú, rugalmassági hullámokban továbbfejlődik. A tengerrengés erőssége többnyire csekélyebb, mint a földrengésé, mert a hatalmas vízréteg természetesen mérsékli a rázkódást.

Tengerrengés alkalmával a hajón utazó megfigyelő benyomása igen különböző. Gyakran úgy látszik, mintha a hajó megfeneklett volna. Majd fölemelkedik és olykor előre repül. Ha a lökés oldalról jön, akkor forog és bukácsol. Mászor ismét útjában megakad. E mellett a vízfelületen többnyire nem igen észlelhető változás, azonban néha hullámlás vagy nagy felboltozódás látszik. Több óriás hullám is keletkezhetik, mely még a nagy gőzösökre nézve is veszélyes lehet, vagy pedig magas vízoszlop tör fel hirtelen, mint amilyen a torpedórobbanás alkalmával keletkezik.

Minden tengerrengés alkalmával nagy számmal láthatunk a víz felszínén kábult vagy elhullott halakat. A felszínre jönnek azok a halak is, a melyek állandóan csakis nagyobb mélységben élnek, miként ezt például az utolsó messinai földrengés alkalmával 1908. dec. 28.-án megfigyelhettük. Azok a gázok, különösen kénhidrogén, a melyek a lagunákban a fenék iszapját megtöltik, ilyenkor felszabadulnak és elpusztítják a halakat.

[203.JPG]

208. kép. A földrengési özhullámok elterjedése 1868. aug. 13.-án a Csendes-óceánban. (HOCHSTETTER F. szerint, HÖRNES R. könyvéből.) A számozott vonalak (1-19) a hullámok helyzetét mutatják órák szerint az aricai rengés után.

A tengerrengések megfigyeléséből és a telegráfkábel sérüléseiből helyenkint pontosan megállapították, hogy a tenger fenekét is diszlokációk szelik át. Ilyen változások alkalmával bizonyára van szerepük a vulkáni jelenségeknek is a tenger fenekén. Így történt ez a Montagne Pelée 1902. évi kitörése előtt is, amikor szintén tengerrengés jelentkezett. A tenger tükrének előbb említett lapos felboltozásain és vízoszlopain kívül ilyenkor özhullámok is keletkezhetnek, a melyek pusztítva hömpölyögnek az alacsony fekvésű szigetekre és partvonalakra. Földlökések alkalmával már többször megfigyelték, hogy egyszerre csak visszahúzódott a tenger a partjáról, hogy azután annál magasabb szökőárszerű hullámokkal törjön be ismét a szárazföldre. Ezen *földrengési özhullámok (Tsunami)* oka valószínűleg abban rejlik, hogy a tenger fenéke valahol beszakad, mire a víztömegek minden irányból odaáramlanak s aztán ebből a felhalmozódásból minden irányban nagy hullámok áramlanak széjjel. Az is meglehet, hogy némely tengeralatti kitörés, például a Krakatau kitörése 1883-ban, az által keletkezik, hogy a tengervíz behatol a vulkáni tölcsérbe. Természetes, hogy ilyen esetekben az okok exakt megismerése nem várható. Tíz, húsz, sőt még több méter magas árhullámok törnek a tengerpartra s nagy pusztítást visznek véghez. Áthatolnak a nagy óceánokon s még a legtávolabbi partokon is észreveszik a rendkívüli dagályt. A lissaboni földrengés alkalmával is tengerhullám fejezte be a pusztulást, melynek szökőárszerű hullámlását csaknem az egész földön megéreztek. 1868-ban az aricai és taknai földrengés dagályhullámaival az egész

⁹ Hazánk nagyobb földrengéseit a Függelék IV. fejezetében vázoljuk.

Csöndes-óceánban kimutatták (208. kép). Az özhullám óránként 284-442 tengeri mértföld, tehát másodpercenként 2.3 km sebességgel haladt.

A tengerrengések alkalmával is meg lehet különböztetni a lökészerű (szukkuszszerű) és a hullámos (undulatorikus) rengéseket. Csekély kiterjedésük többnyire centrális vagy longitudinális. Erősségüket szintén szubjektív érzések szerint a tíztagozatú skálával mérik. Tartamuk többnyire csekély és ritkán tartanak néhány percig. A vulkáni tengerrengés következményeképpen néha emelkedik a víz hőmérséklete. Ez utóbbi azonban csak sekély tengerreszeken fordulhat elő. Gyakran még hangtűnményeket is megfigyeltek, a melyek mint távoli mennydörgés, fűtülés, zörgés, mozgás tűntek fel. A megfigyelt tűzjelenségek valószínűleg kitöréssel függtek össze.

Az óceánokon is vannak állandó rengési (habitális) területek és földrengésben szegény vidékek.

Egészen különös érdekességet kölcsönöz a tengerrengési özhullámok tanulmányozásának az a körülmény, hogy alkalom nyílik az özhullámról szóló ősi mondák magyarázatához. Ilyen mondákat csaknem minden nép körében találhatunk. A legismertebb példa erre vonatkozólag a *bibliai özhullám*, melyről ékírásos adatok szólnak. Ezek szerint az özhullám attól a tengerrengéstől származó szökőár-szerű dagálytól ered, a mely Mezopotámia alsó részét elárasztotta. Már a régi egyiptomiak és görögök (Deukálion) ismertek ilyen mondákat. Ezek a regék teljesen hasonló alakban annyira el vannak terjedve, hogy azt kell föltennünk, hogy ez a hagyomány népről-népre szállott. Hogy azonban ehhez hasonló özhullám a Föld különböző vidékeit is érte s így eredeti mondák keletkezéséhez is megvolt az alkalom, bizonyítja a fölötté pusztító tengerrengési hullámok a Ganges deltavidékén, a melyek több százezer ember életét megsemmisítették, továbbá ezt igazolja a Hátsó-Indiai szigetvilágból, Kínából, Japánból és egyéb helyekről ismeretes példák. Ezek a nagyon elterjedt mondák vezettek arra a föltevésre, hogy a régi időkben (*dilúviumban*) az egész földet özhullám árasztotta el. Ennek az állításnak azonban semmiféle tudományos alapja nincsen. Csak a legfiatalabb geológiai képződmény neve emlékeztet arra, hogy a biblia tekintélyére támaszkodva, hosszú időn keresztül, milyen nagy jelentősége volt ennek a hagyománynak.

HERODOTOS azt írja, hogy a mikor a perzsák megszállták Potidaiát, a tenger hosszabb időre visszahúzódott, úgy hogy a támadók ezt a körülményt stratégiai műveleteik kihasználására iparkodtak felhasználni. Mikor azonban már benn voltak a tengerben, a víz ismét visszazúdult s az ellenség legnagyobb része belefutott a tengerbe. Ez emlékeztet az egyiptomiak befutásáról szóló bibliai történetre. Az egyiptomiak ugyanis az ígéret földjére kivonuló izraelitákat szárazon a Vörös-tengerbe üldözték, de amint a zsidók átkeltek, a tengervíz visszahúzódott s így az egyiptomiak a tengerben halálukat lelték (Mózes II. könyve 14. rész).

A földrengések mérése.

A kínaiak már a keresztény időszámítás kezdete előtt megfigyelték a földrengéseket és egyszerű készülékek segítségével a lökések irányát golyók mozgása alapján állapították meg. Később Európában higannyal telt edényekből álló szeizmoszkópot kezdtek használni. A szeizmoszkóp szélén a világtáj felé beállítva nyolcz lyuk volt, a melyeken át kiömlött a folyadék, ha a földlökések a csészét mozgásba hozták. A higany a lökés irányában fekvő lyukon keresztül ömlött ki, tehát északkeleti lökés alkalmával a délnyugat felé fekvő nyíláson ömlött ki.

Természetesen a rengések természetéről szóló ismereteink csak akkor jutottak biztos alaphoz, a mikor önműködő mérőeszközöket, ú. n. *szeizmográfokat* sikerült szerkeszteni. Az eredeti, készülék vertikális ingából állott, a mely finom hegyével a földhöz erősített lapra rajzolta a horizontális lökések okozta mozgásokat. A lökés a felfüggesztett készüléket egy irányba

mozgatta (209. kép). Minthogy minden ingának megvan a maga lengési periódusa, a mely főképpen hosszúságától és tömegétől függ és így az inga lengésének a valódi talajmozgásra való vonatkozása nagyon elmosódik, a legnagyobb pontosságot úgy érjük el, ha lehetőleg súlyos golyót hosszú, vékony drótra függesztünk fel s így az ingának nagy lengési időtartamot biztosítunk.

[204.JPG]

209. kép. A Filippini-rengés diagramja 1901. decz. 15.-én (DE MONTESSUS DE BALLORE F. szerint.)

A *függélyes inga* azonban csakis a vízszintes talajmozgásokat jelzi, a valódiakat nem. A valódi talajmozgás három összetevőre (komponensre), még pedig két vízszintes és egy függélyes összetevőre bontható fel. Valamennyit csakis egy tökéletes készülék tudná feljegyezni, a mely valódi földrengési autogrammot adna. Ma a különféle mozgásokat különféle készülékekkel mérjük, a melyek a *vízszintes inga* (210. kép) elvén alapszanak. Ennek lényege abban rejlik, hogy a súly egy karhoz van erősítve, a mely a lehető legcsekélyebb súrlódással tud támasztó pontja körül forogni. Az ingát fonal szilárdítja, a mely érzéketlen a függélyes irányú lökések iránt, valamint olyan lökések iránt is, a melyek nyugalmi helyzetén átmennek. Ez utóbbi lökések följegyzésére két, egymásra merőlegesen felállított ingát használunk. Ilyen ingák segítségével azonban nem tudjuk megkülönböztetni a talaj hajlásait és vízszintes irányú eltolódásait, a melyeket különböző irányú lökések idéznek elő.

[205.JPG]

210. kép. A vízszintes inga alapelve. (DE MONTESSUS DE BELLORE F. szerint.)

A *vízszintes könnyű inga* merev, háromszögű keretből áll (211. kép). Ehhez könnyű súlyt erősítenek, felfüggesztik és megtámasztják, a súrlódás elhárítására pedig achátcsészékben nyugvó aczélcúcsokat alkalmaznak. A forgási tengely csekély hajlása az ingát nyugalmi helyzetbe hozza, a melybe mindig visszatérni iparkodik és tengelye körül annál lassabban leng, mennél csekélyebb ez a hajlás. A vízszintes ingák a legpontosabban jelzik a nagy távolságban levő rengések lassú hullámait, mivel lassú lengésű, hosszú, függélyes irányú ingáknak felelnek meg. A lehető legkülönbözőbb hullámfajták följegyzésére különböző lengési idejű ingákat szoktak használni. A rengések függélyes összetevőinek méréséhez olyan rendszereket használnak, a melyek a rugalmasságon, vagy hidrosztatikus alapokon nyugszanak.

[206.JPG]

211. kép. A vízszintes könnyű inga alapelve. (DE MONTESSUS DE BALLORE F. szerint.)

Jelenleg nagy számmal használják a részben nagyon érzékeny *szeizmográfokat*, a melyek vagy fotográfiai úton, olyanformán rögzítik a mozgások tükörképét, hogy fény iránt érzékeny papirosra rajzolják a mozgásokat, vagy pedig grafikusán ábrázolják a mozgást kormozott papirosra, a mely az ingához erősített peczek alatt folytonosan előre halad. Ezáltal a talajmozgást tört vonal ábrázolja (212. kép), a mely a kiegészítő készülékek egyéb rajzaival együtt a földmozgás hű képét adja. Minthogy a papirosszalagot óramű mozgatja, a mely jelzi az időegységeket, a rázkódások kezdetét és tartamát közvetlenül leolvashatjuk. A nagyítás, a melyet a följegyzések végeznek, a szeizmométer fajtájától függ. A távoli földrengésekkel járó nagyon csekély mozgások kedvéért a nagyítás nagyságát 100-szorosra vagy 200-szorosra választják. A heves közeli rengések miatt, a melyek átmenetileg többnyire hasznavehetetlenné teszik a nagyon finom készülékeket ezek mellett egyidejűleg kevésbé érzékeny készülékeket is alkalmaznak.

[207.JPG]

212. kép. A san-franciscoi földrengésnek Strassburgban 1906. április 18.-án regisztrált szeizmogramma (9700 km), melyet REBEUR-EHLERT-féle ingával (regisztráló sebessége 90 cm óránként) vettek föl. (SIEBERG szerint.)

Az előbb említettekből következik, hogy helyi rengések alkalmával többnyire csak a rengés kezdetét és abszolút erősségét tudjuk leolvasni, míg távoli rengések alkalmával leolvasható a különféle rengési fázisok kezdete és erőssége. Mindezekből azon egyszerű formulák segítségével, melyeket a különböző hullámfajták terjedési sebességéből számítottak ki, továbbá a fázisok tartamából ki lehet deríteni a felületi középpont (epicentrum) távolságát és helyzetét.

A most említett különösen finoman érző műszerek természetesen följegyzik a talaj összes mozgásait, még azokat is, a melyek a járó-kelő személyektől, arra hajtó kocsiktól, heves szélről, vagy automobilmek járásától származnak. Ezen mozgásoknak azonban a szeizmogrammban egészen jellemző vonalvezetésük van, a mely a földrengésokozta mozgások vonalaitól könnyen megkülönböztethető.

A mozgás természetéhez képest a közeli és távoli rengések rajzai nagyon is különböznek egymástól. A közeli rengéskor a szeizmogramm azonnal teljes kilengéssel kezdődik, a mint ez a szukkuszsorikus lökéseknek megfelel, azután lassankint kisebbedik, míg az inga nyugalmi helyzetbe kerül. Távoli rengés alkalmával két előrengést (V1, V2) különböztethetünk meg; néha csak egy előrengés érezhető. Utána következik a főrengés (B) és végre az utórengés (N), a melyben a mozgás elenyészik (212. kép). A mint az előbbiekből láttuk, a Föld testén keresztül hatoló hosszanti rezgésű hullámok okozzák az első előrengést, a keresztrezgésű hullámok pedig a másodikat, míg az epicentrumból kiinduló kereszt-rezgésű felszíni hullámok lassú, nagy ingásokkal a talaj főrengését idézik elő. A közeli és távoli rengések között a határ körülbelül 1000 km-nél van és azzal függ össze, hogy azok a direkt hullámok, a melyek a földgömb rövidebb húrján hatolnak keresztül, a Föld kérgében 2.5 sűrűség mellett, ugyanolyan csekély sebességűek (körülbelül 3.5 km másodpercenként) mint a felszíni hullámok, a melyektől tehát nem lehet őket elválasztani, míg nagyobb földmélységekben, sűrűbb közegben haladó közvetlen hullámok a nagyobb sűrűség következtében nagyobb sebességhez jutnak s így annál jobban megelőzik a felszíni hullámokat, mennél távolabb esik a megfigyelő hely az epicentrumtól. A földrengéshullámoknak a különböző földmélységekben való terjedési sebességéből ki lehet számítani a külső földkéreg vastagságát, melynek sűrűségét a felszíni kőzetek átlagából 2.5-ben állapították meg. A körülbelül 1000 km-nyi távolság, ameddig az előrengéseket nem lehet elválasztani, mint a földgömb húrja, megfelel körülbelül 9° szögnek és a felszíntől való legnagyobb távolsága körülbelül 23 km (213. kép). Ez azt jelenti, hogy a csekélyebb fajsúlyú földkéreg (*Sal*) vastagsága ennél az értéknél kisebb. A belső földmag átlagos sűrűségének értékét 5.5-ben állapították meg s ez összhangzásban van a földrengéshullámok terjedési sebességével: körülbelül 10 km másodpercenként. Azok a részletes megfigyelések, a melyek a földrengéshullámoknak a Föld belsejében való haladásával foglalkoznak, bizonyára még sokféle fényt fognak vetni ezekre a még kevésbé megvilágított kérdésekre s meg fogják ismertetni a rázkódások természetét és Földünk hozzáférhetetlen mélységeit.

[208.JPG]

213. kép. A földkéreg és a földmag relatív méretükben, a földrengés-hullámok sebességének megfigyelése alapján. (HOBBS-RUSKA szerint.)

A földrengések megfigyelése.

A földrengések megfigyelése a tudományra és a nagy közönségre egyaránt nagy jelentőségű és így igen fontos dolog lenne, ha a szeizmikus erőknél gyakran csak helyhez kötött nyilvánulása alkalmával az egész Földön mennél több megfigyelőt lehetne megnyerni e jelenségek följegyzésére. Az érzékeny készülékekkel rendelkező földrengési állomások hálózata egyre sűrűbb lesz, de minden készülék nélkül vagy a legegyszerűbb segítő eszközökkel is értékes adatokat lehet szolgáltatni.

A legegyszerűbb földrengésjelzők közé tartozik egy *kis pálczika*, a melynek egyik végét könnyedén homokba szúrjuk. Ha ezt lökés éri, felfordul s ezáltal még a lökés irányát is jelzi. Csak éppen az szükséges, hogy iránytű segítségével a világtájak szerint pontosan megállapítsuk a pálczika fekvését s a lehető legpontosabban följegyezzük a lökés idejét, ezáltal már is értékes adatot tudunk szolgáltatni a földrengés ismeretéhez.

A nagy földrengési állomások minden rengés után kérdőíveket és kártyákat küldenek az illető vidék megbízható embereinek, de minden művelt ember kötelessége különösen olyan helyeken, a melyek minden hivatalos állomástól messzire esnek, megfigyeléseit följegyezni és a központba beküldeni. Az is kívánatos, hogy saját megfigyeléseiket elválasszák más szemtanúk hallomásaitól. A német kérdőminta GERLAND szerint a következő:

1. A földrengés helye és kelte.
2. Hány órakor volt a földrengés (óra, percz, lehetőleg másodpercz)? Délelőtt? Délután?
3. Hol volt a megfigyelő? A szabadban? Otthon? Hányadik emeleten?
4. A lökések száma, tartama és iránya?
5. Milyen működése volt a földrengésnek?
6. A földrengés zaja?
7. Források, kutak stb. kiapadása s egyéb jelenségek?
8. Egyéb megjegyzések?
9. A megfigyelő neve és lakásczíme?

A bányalég (robbanó lég, vagy viheder).

Egyes kutatók nézete szerint a bányalég jelensége közvetlen összeköttetésben áll a szeizmikus mozgásokkal. A bányász a bányagáznak (CH_4) és a levegő oxigénjének különös robbanékony elegyét nevezi bányalégnek. A bányalég okozta robbanás veszedelmét még növeli az ott levő szénpor. A bányalégrobbanás a legtöbb szénvidék állandó veszedelme, a melyet költséges szellőztető készülékekkel már régen igyekeznek leküzdeni, a nélkül azonban, hogy biztos eredményt értek volna el. Jelenlegi fölfogásunk szerint a kőzetrétegek mozgásai alkalmával a repedések és hasadékok kitágulnak s így szabadulhatnak ki a csekély mennyiségben ott levő bányagázok. Csak beható vizsgálatokkal dönthető el, vajjon ez a jelenség összefügg-e okszerűen a rengéssel vagy talán inkább a barométer-eséstől függ, a mely oly gyakran jelentkezik a rengéssel egyszerre, úgy hogy mindkét jelenséget utolsó sorban a bányalég oldhatja meg; az erre vonatkozó vizsgálatok, melyeknek nagy gyakorlati jelentőségük van, folyamatban is vannak. A legutóbbi időben azonban éppen a bányászakértők tagadják az összefüggést a bányalég és talajmozgások között.

III. A FÖLD FELSZÍNI ERŐINEK MŰKÖDÉSE.

Az exogén erők hatása.

Mihelyt a Föld szilárd kérge megalakult, az exogén erők azonnal megkezdték munkájukat. Munkájuk arra irányul, hogy minden kiemelkedést lehordjanak és minden mélyedést kitöltse-
nek, tehát eszményi kiegyenlítődést létesítsenek. Ezek az exogén erők tehát ellenkezőleg
működnek, mint azok az erők, a melyek a Föld domborzatát növelni igyekeznek. Ebből támad
az a változatos kép, a melyet Földünk felszínének fejlődése folyamán látunk.

Eredetileg a megmerevedett kéreg és a Föld belsejéből származó ásványtömegek adták azt az
anyagot, a melyet ezek az erők átalakíthattak és változásaikból ered a felszíni domborzat
formáinak és közeteinek sokfélesége. Két erőcsoporttal kell itt számolnunk: az egyik erő-
csoport rombol, a másik épít; az elsőnek hatását *letarolásnak* (*erózió*), a másiknak hatását
pedig *lerakódásnak* és *kőzetképződésnek* nevezzük.¹⁰

A letarolás a közettömegek szétrombolását és a földszög helyi megrövidülését okozza. A
lerakódás épít és meghosszabbítja a Föld felszínének távolságát a középponttól. A letarolás és
lerakódás kizárják egymást. Ahol letarolás megy végbe, ott egyidejűleg nem történhetik
lerakódás is. A Föld felszínén tehát szigorúan elválasztott területeket határolhatunk körül, a
melyeken ezek az ellentétes folyamatok uralkodnak. Éppen így a két erő még időben is kizárja
egymást, ezért a letarolás periódusát meg kell különböztetnünk a lerakódás időszakától.

A letarolt kőzetek mennyisége minden időpontban kisebb, mint a lerakódottaké, mert ezeket
az eruptív tömegek és természetesen jelentéktelenül a kozmikus anyagok is gyarapítják.

A különböző folyamatoknak gyakran hosszú és fölötté bonyodalmas sora köti össze egy-
mással a letarolást, a lerakódást és a közetképződést. E folyamatok tanulmányozásával a
litogenezis (*lithogenia*) foglalkozik s ez a tudomány a mai közetképző folyamatok vizsgálá-
tának segítségével a kőzetek keletkezését is kutatja. Magában foglalja a felszínen megmere-
vedett kőzetek (lávák) képződésének vizsgálatát is, ámbár ez már a petrográfia munkakörébe
esik, melynek természetéről már az egyik előbbi fejezetben szólottunk. A litogenezis a
következő állapotokat különbözteti meg: 1. Az előkészítő szak. Ez a szilárd kőzetek meg-
lazulásában (*elmállás*) nyilvánul. 2. A szétrombolás terményeinek elhordása (*transzportálás*).
3. A mozgó tömegek megtámadása a Föld felszínén (*korrázió*); 4. ezek *lerakódása* a litoszféra
felszínén; 5. a lerakódott szétrombolási termékek új közetté való megszilárdulása (*kőzetkép-
ződés*). A 2. és 3. szakot letarolás (*erózió*) néven foglalhatjuk össze.

Valamennyi állapot azonban nem mindig következik be egymás után. Ha például vulkáni
hamu repül ki, akkor a jelenségek sorozata azonnal a tovaszállítással vagy a fölhalmozódással
kezdődik. Ha gránit pattan széjjel, miközben a termékek ott helyben maradnak és felhal-
mozódnak, akkor hiányzik a tovaszállítás, a korrázió és a lerakódás. A lazán lerakódott
anyagok változatlanul megőrizhetik minemőségüket, úgy hogy itt további közetképződés nem
történik.

¹⁰ Sokan az *erózió* megjelölésére a *denudáció* kifejezést használják. Ez azonban a szó értelmének
elferdítése. A denudáció az erózió következményét, az előbb elfedett kőzetek szabaddá tételét
jelenti. Az erózió pedig; a letaroló erők működése, teljesítménye.

A most említett folyamatok közben a Föld felszínének összes exogén és endogén erői működnek és összehatásuk oly sokféle jelenségben nyilvánul, hogy ezeket nem lehet szigorúan megállapított szempontból megvilágítani, hanem esetről-esetre egyenként kell tárgyalni. Ezért a következőkben csak azokat a nagy vonásokat vázolhatjuk, amelyek a jelenségekre rá vannak nyomva.

A) Az elmállás.

Mindazok a kőzetek, amelyek a hidroszférával, bioszférával és atmoszférával érintkeznek, megváltoztatják színüket, szerkezetüket, kémiai összetételüket stb., tehát egész mineműségüket. Mindezek a változások azoknak a kémiai és mechanikai folyamatoknak eredményei, amelyek a kőzetek szétrombolására törekednek. Minthogy ezek a folyamatok főképpen az atmoszféra és a váltakozó mállás hatása alatt mennek végbe, ezeket a jelenségeket *elmállásnak* nevezzük. Még a legszilárdabb kőzet sem tud ezeknek tökéletesen ellentállni. A működő erők szerint *fizikai- kémiai- és organikus elmállást* különböztethetünk meg.

Fizikai mállás.

A *fizikai (mechanikai) mállást* a hőmérsékletnek főképpen az a váltakozása idézi elő, amely a Föld felszínét éri. A tapasztalatok szerint a hőmérséklet -70°C és $+80^{\circ}\text{C}$ között ingadozik. Hőemelkedés alkalmával a kőzetek kiterjednek, lehűlés következtében pedig összehúzódnak. Ilyenkor tehát molekuláris változások mennek végbe, amelyek térfogati- és sűrűségváltozások alakjában nyilvánulnak. Könnyen érthető, hogy ezáltal a szerkezet meglazul. A változások annál hatásosabbak, mennél nagyobb a hőmérsékleti ingadozás és mennél gyorsabban megy az végbe. A változások ezenkívül még a kőzet mineműségétől is függenek, pl. a specifikus melegétől, vagyis attól a hőmennyiségtől, amennyit a test tömegegysége megkíván, hogy hőmérséklete 1°C -kal emelkedjék. Ha a víz specifikus melege 1, akkor a kőzetfajoké $1/5$ és $1/7$ között van; ez azt jelenti, hogy a kőzetek, egyébként azonos körülmények között, sokkal erősebben melegednek fel, mint a víz.

Száraz vidékeken, különösen sivatagokon, a hőmérsékleti ingadozások nagyon jelentékenyek. Ez a földrajzi fekvésen kívül még a légkör szárazságától is függ, úgy, hogy az inszoláció fölötté erősen működik és éjjel a kisugárzás nagyon jelentékeny. Ilyen helyeken gyakori jelenség, hogy a hőmérséklet nappal árnyékban 50°C , míg éjjel a víz befagy s a hőmérsékletnek ez az esése nagyon gyorsan megy végbe. A Nap sugárzása a kőzet hőmérsékletét 80°C -ra emelheti fel, míg a hirtelen beálló zivatar esője azt 20°C -ra, sőt még nulla fokra is lehűtheti. Ezért a sivatagon a fizikai mállás is erősen előtérbe lép, még pedig annál inkább, mert más erők működésének itt csak alárendelt szerep jut.

A sötét testek a Nap melegét jobban elnyelik, mint a világosak. Az összetett kőzetek, mint a legtöbb tömeges kőzet, különböző színű alkotórészekből állanak, amelyeknek szintén különböző a fajmelegük és különböző az elnyelőképességük is, továbbá különféleképpen terjednek ki és húzódnak össze. Ezáltal meglazul a kőzet szerkezete és alkotórészeire bomlik. A gránit ilyen körülmények között durva homokká esik szét; ez a homok földpátból, csillám-ból, kovakőből (kvarcból), esetleg amfibolból áll, ezeken a kémiaiilag változatlan részekeken többnyire fölismerhető még a kristály alakja. Azon szilárdsági különbségek következtében, amelyek a még nem mállott (*friss*) felületen nem ismerhetők fel, a sziklák gyakran különös, fantasztikus díszekre emlékeztető alakúak lesznek. A sziklák felületén gödrök, lyukak és

fülkék keletkeznek, a melyekből a szél kihordja a laza mállási termékeket (a homokot és a port) és így *méhsejtszerű szerkezet* vagy *kőrács* keletkezik. Néha egész ablaksor látszik keskeny oszlopokkal, *oszlopfolyosókkal* díszítve (214. kép).

[209.JPG]

214. kép. A gnájszsziklák folyosószerű kimállása Delos szigeten. (CAYEUX L. szerint.)

A hőmérsékleti ingadozásokat csakis bizonyos mélységig lehet észrevenni. Fölmelegedés alkalmával a felszíni részek kiterjednek, kéreghéj formájában leválnak a magról, a melynek még alacsonyabb a hőmérséklete. A következő lehülés alkalmával a kőzet belseje megőrzi magasabb hőmérsékletét, a gyorsan összehúzódó lepattant héj nem tud többé a maggal összeilleszkedni és darabokra pattog széjjel. A leváló kéreg vastagsága a kőzet kohéziójától és fajmelegétől függ, valamint a hőmérsékleti ingadozás gyorsaságától. Néha a leváló kéreg vastagsága a milliméter tört része, de fél méter, sőt még annál nagyobb is lehet (*pikkelyes leválás, desquamatio*). Hasadékok mentén még könnyebb a kőzetek szétesése. Az elmállás először is a csúcsokat és az éleket támadja meg és legömbölyített, gyakran golyószerű, gömbös felszíni formákat teremt. Ilyen mállási folyamatok minden száraz éghajlatú vidéken gyakoriak és megtámadják az összes kőzeteket. A mészkőről többnyire papirosvékonyágú lapok válnak le, míg a tömeges kőzetekről vastag kérgek pattannak le. Számos tanulságos példát láthatunk erre nézve a Pikes Peak gránitján Coloradoban, Texas államban, Etiópia dioritjai között (215. kép). Ez a hagymahéjszerű leválás fiatalabb, mint a domborzat, míg az olyan leválás, a mely megmerevedés által keletkezett, idősebb. Minthogy azonban a mállás és az erózió többnyire a csekélyebb szilárdság előre megszabott vonalait követi, a domborzat ilyen megmerevedési hasadékokhoz is alkalmazkodhatik, úgy, hogy ez a megkülönböztetés éppenséggel nem könnyű (Yosemite-völgy) (39. kép). A fizikai mállás természetesen a töredékeket is megtámadja és tovább dolgozik mindaddig, míg ezeket tökéletesen szögletes *törmelékre (detritus)* nem bontja széjjel. A mechanikai működés következtében előállott összes mállási termékeket *klasztikus termékeknek* nevezzük.

[210.JPG]

215. kép. A gránittömb pikkelyes leválása. (BORNE G szerint, WALTHER J. könyvéből.)

A száraz elmállás a tömeges kőzeteknek többnyire olyan felszíni formákat ad, a melyek szaggatottságukban a tiroli dolomitokra emlékeztetnek. Az a körülmény - a mint később majd kimutatjuk -, hogy a hegyek oldalait vagy lábait semmi törmelékkúp sem borítja, csak emeli még ezen ormok és zezzugos vonalak merészségét. Jellemző példákat találhatunk erre a Sinai-félszigeten, Arábiában és a Yosemite völgyben Kaliforniában (216. kép), valamint más helyeken is.

[211.JPG]

216. kép. A »templomtornyok«, sziklatűk a gránitban a Yosemite-völgyben, Kaliforniában. (Vásárolt fotográfia szerint.)

Többször megfigyelhetjük, hogy a különböző nagyságú görgetegeket, sokszor háznagyságú tömegeket is, a melyek csaknem mindig legömbölyödést is mutatnak, hajszálvékonyágú hasadékok metszik át és gyakran két vagy több darabra is szétesnek (217. kép). Ezeket a *maghasadékokat* megtalálhatjuk a legkülönbözőbb kőzetekben, mészkőben, kvarcban és az összes tömeges kőzetekben, még pedig nagy mértékben. Ezeknél valóban többnyire az előre megadott leválási felületek (*gárok*) támogatása a lényeges. Valószínűleg a tűzkőgumókon is

hasonló feszültségek fordulnak elő. Ezek ugyanis szétpattanás alkalmával gyakran nagyon szabályos formákat kapnak. A sivatag kavicsa szétpattan, ha felszínre jut és talajnedvességét a kiszáradás következtében elveszti (*kiszáradási hasadékok*). Gyakran késélességű szilánkokká esnek széjjel vagy a csészeszerű töredékek lapos, kagylós törésű héjrézletekben válnak le.

[212.JPG]

217. kép. Hasadékok a Pikes Peak gránitjában, Coloradóban. (SCHAFFER X. F. fotografiai fölvétele szerint.)

Minthogy az elmállott port elfujja a szél, a tömbök szabadon állanak és gyakran csak néhány kisebb darab van alattuk, mintha lábakon állnának vagy pedig kicsiny felületen helyezkednek el, úgy hogy néha nagyon könnyen elmozdulnak (*ingó vagy billegő kövek*).

A kőzeteknek gyakran jelentékeny sótartalma a sivatagban romboló hatást gyakorol olyan módon, hogy a nedvesség fölvétele alkalmával feloldódik és a kapilláris hasadékokban kikristályosodik, a mikor ellenállhatatlan erővel repesztí széjjel a szikla szövetét.

Delos szigetén a gnájsz- és gránitsziklákon, a melyeket a hullámverés vízpora permetez, méhsejtszerű kivájások láthatók. Ezek a gyors hőmérsékleti ingadozás, a megismétlődő kiszáradás és a tengervíz sójának kikristályosodása következtében keletkeznek a hézagokban (214. kép).

Olyan területeken, a hol gyakoriak a fagyok, hasonló hatást fejt ki a megfagyó víz (*repedés-vagy hasadékfagy*). A víz a felszínről behatol a legfinomabb lyukacskába s repedésekbe is és a fagyás alkalmával kiterjed, miközben a legszilárdabb sziklákat is szétmorzsolja. A magas hegységekben és a sarki vidékeken, a hol a fagyáspont körüli hőmérsékleti ingadozások különösen gyakoriak, a hasadékfagy működése jelentékeny. Napkelte alkalmával a sziklafalakon végbemenő *kőesés (kőhullás)* gyönyörűen mutatja, hogy minő közettömegek válnak le a szilárd kötelékről nap-nap után ezen a módon.

A felszínről behatoló fagyok a szilárd kőzetet szétrepesztik, részben vékony lapokra bontják, a mi a vízszintes rétegzés bizonyos nemét hozza létre. Ez olyan mélyre nyúlik le, mint amilyen mélységben a hőmérséklet még a fagyáspont alá süllyed. A réteghézagokba hatoló és megfagyó víz ezen a módon a vékonyrétegzésű vagy palás kőzeteket lapokra bontja. Ezek a folyamatok hasonlóképpen *pikkelyes lehámlást* eredményeznek és ilyen módon kerek kúpok keletkeznek.

A végzett kísérletek szerint a sárga homokkő az első fagy alkalmával egy négyszög-decziméternyi területen 0.341 gr-ot veszít súlyából, a vörös homokkő 0.032 gr-ot, a mészkő 0.135 gr-ot, a karrarai márvány 0.007 gr-ot, a gránit 0.017 gr-ot. Ez azt jelenti, hogy például egy köbdecziméter mészkő, a mely 2700 gr-ot nyom, súlyából $0.135 \times 6 = 0.8$ gr-ot veszít.

A hó- és jégolvadásból származó víz, a lejtők felszíni kőzetrészeinek hasadékain át a völgy felé szivárogoz. Ahol ilyen finom vízereket találhatunk, ott a fagy hatása kiváltképpen erős és a hóhatár alatt a hegylejtőkön meredekfalú beöblösödések keletkeznek, a melyeket *czirkuszoknak* nevezünk. Ha ezek oldalt terjeszkednek, szorosan egymás mellé kerülnek, úgy hogy közöttük csak keskeny sziklagerinczek maradnak meg, a melyek, minthogy itt a víz számára nincsenek gyűjtőhelyek, egyre élesebben alakulnak ki és a sziklafalakat széttagolják. Ezen a módon sok magashegységbeli völgy amfiteátrumszerű völgyzáródáshoz jut (218. kép).

[213.JPG]

218. kép. A Gavarnai czirkusz (amfiteátrumszerű völgyzáródás) a Pireneusokban. (ZLOKLI-KOWITS P. szerint, KÜNNÉ G. és SCHMIDT H. könyvéből.)

Az ismétlődő fagy és olvadás a glecser fenekén levő kőzetre élénk romboló hatást gyakorol. Ugyanis a glecser fenekén a hőmérsékleti ingadozást a nyomás ingadozása helyettesíti, a mely a jég regelációját idézi elő. Erről bővebben majd a glecser működését ismertető fejezetben szólnunk.

A tengerparton az is megtörténhetik, hogy a dagály borítja a partot és hogy a szilárd sziklába és tuskókba behatoló víz az apály alkalmával megfagy, miáltal nagyon erős mállás következik be.

Ha a mállás következtében meglazult felszíni talajrétegeket a víz átjárja és a fagy megtámadja, akkor a víz a finom hézagokban megfagy, e mellett ki is terjed és olyan nyomást fejt ki, hogy a laza tömegekre, különösen a szabad esés irányában, eltoló hatást gyakorol. Ez olyan mozgást idéz elő, a mely - magában véve bármennyire is észrevehetetlen - hosszú idők folyamán vég-eredményben igen feltűnő lesz. Ezt a változást talajcsuszamlásnak (*suvadás*), az anyagot pedig *csúszónak* nevezzük. Ez a folyamat hullámos hegyformák keletkezéséhez vezet. Az ilyen alakulatokra a bécsi homokkővonulatban s a kárpáti homokkővek területén is szép példákat találhatunk. A horgas vetődést is ennek a jelenségnek tulajdoníthatjuk. A horgas vetődés a meredeken álló kőzetrétegek felszíni meggörbülése a felület lejtőjének irányában. Itt a hézagokba behatoló és megfagyó víz a kőztrapadokat széttörte és eltolta (219. kép).

[214.JPG]

219. kép. Horgas vetődés a flis néven ismert homokkőben; Purkersdorf, Alsó-Ausztria. (GÖTZINGER G. fotografiai fölvétele szerint.)

A sarki vidékek elmállott talajának úgynevezett *kőhálóműveit*, vagyis a kötőrmelékeknek hálós szerkezetét is az ismétlődő fagyás és olvadás hatására vezethetjük vissza. A kőhálóművek úgy keletkeznek, hogy a finomabb anyag több vizet vesz föl és a kiterjedéssel kapcsolatos fagyás alkalmával a kötőrmelékeket sugarasan eltolja. A kötőrmelék az olvadás alkalmával fekvő marad, míg térfogatkiegyenlítés és adhézió következtében összehúzódik (220. kép). A törmeléknek bizonyos elrendeződése veszi kezdetét, a mely néhány decziméternyi mélységbe nyúlik le és több száz kilogrammnyi súlyú tömböket mozgat. A hálóművek csokrainak átmérője eléri a 8 métert és többnyire hatszegletesek. A belső rész földes területe kissé fölemelkedik, megpuhul és kőszánc veszi körül.

[215.JPG]

220. kép. Kőhálóművek a Spitzbergákon. (HÖGBOM B. szerint.)

Földes és agyagos anyagban, különösen iszapos talajon, fagyás alkalmával *sejtszerű szerkezet* keletkezik, amennyiben a repedések a talajt a méhsejtekhez hasonlóan osztják fel (221. kép).

[216.JPG]

221. kép. Sejtesszerkezetű talaj a Spitzbergákon. (HÖGBOM B. szerint.)

A sokszögek átmérője eléri az egy métert, többnyire hatoldalúak, a repedések rendszeren néhány cm szélesek és vagy 30 cm mélyre nyúlnak le. Gyakran rendkívül hasonlítanak a *kiszáradási repedésekhez* s akkor keletkeznek, ha csekély kohéziójú és különösen finom szemcsékű kőzet, pl. márga, agyag stb. nedvességét párolgás által elveszíti (innen *kiszáradási* vagy *zsugorodási hasadékok*). Ezek a repedések sokszögű, többnyire öt- vagy hatoldalú lapokra osztják fel a felszíni talajt, gyakran több decziméternyi mélységre hatolnak be a talajba s különösen kiszáradt tócsákban igen jól láthatók (222. kép). Homokos, meszes

márgában nagyon szabályos poliéderekre való bomlást figyeltek meg s e poliéderek minden lapján lapos, koncentrikus gyűrűrendszer látható, a mi elválási jelenségre utal.

[217.JPG]

222. kép. Kiszáradási repedések az iszapban. (SCHAFFER X. F. fotografiai főlvétele szerint.)

Chemiai mállás.

A *chemiai mállást* az a hatás idézi elő, a melyet a levegő és a víz a kőzetekre gyakorol. A levegő oxigént, vízgőzt, széndioxidot, ózont és salétromossavat tartalmaz s ennek következtében a kőzeteket közvetlenül megtámadja, de hatása mégis elenyésző a légköri csapadékokhoz (köd, eső, dér, hó) viszonyítva, a melyektől elválaszthatatlan. A csapadék kiterjeszkedik a Föld egész felszínére - Földünknek csak kevés olyan pontja van, a hol emberemlékezet óta nem esett az eső - és nagy tömegben fordul elő. E két tulajdonsága következtében a csapadék a mállásnak legjelentékenyebb tényezője.

A víz chemiai hatását jelentékenyen fokozza széndioxid-, oxigén- és salétromsavtartalma (a trópusokon 16.25 mgr-ig egy literben), továbbá a vízben levő organikus savak (humuszsavak) is növelik a víz chemiai hatását. A mit a víz fel tud oldani, azt el is távolítja; így kioldja a nátron, a mész és a vasoxidok kovasavát és szilikátjait, a káli, nátron, mész, magnézia, vas- és mangánoxidok karbonátjait, a mész, a magnézia szulfátjait, továbbá a klór- és fluórvagyületeket. Ezáltal a víz nagy oldóerőt nyer. A nehezen oldható maradvány többnyire víztartalmú kovasavas agyagföldet és magnéziát tartalmaz.

Minden ásvány oldható, még az is, a melyet közönségesen oldhatatlannak neveznek. A sók olyan könnyen oldhatók, hogy már a levegő nedvessége következtében is szétfolynak, mint a kálisók, a salétrom és a timsó. Közülök a konyhasónak elterjedettsége következtében kiváló szerep jut a természet háztartásában. A sók a Föld felszínének csakis esőben egészen szegény földszájain tudnak megmaradni, vagy pedig a földben ott, a hol valamely vízrekesztő réteg védi a feloldástól. Sok kőzet sót is tartalmaz csekély mértékben s ezt a *szivárgó talajvizek* távolítják el. Éppen ezért olyan vidékeken, a hol a csapadék nagyobb, mint a párolgás, a hol tehát a vidék, mint mondani szokás, le van csapolva, ott a talaj sótelen. Ez alkalommal már a szerkezet is meglazul és chemiai változások keletkezhetnek. A sónak mint oldószernek messze kiterjedő szerep jut a sivatagban, a mennyiben finoman elosztott állapotban a kőzetek pórusaiba és repedéseibe fúródik és higroszkópos tulajdonságainál fogva felszívja a csekély levegőnedvességet és chemiailag hat. Ez a hatás különösen az árnyékos helyeken érvényesül, a hol a párolgás nem megy végbe olyan hirtelen. A mállás itt gödröket és lyukakat létesít, a melyek ismét megkönnyítik a sópor lerakódását és a só megőrzi a nedvességet. A sivatagi mállásnak nagyon jellemző jelenségei a *kemény kéreg*, a melyek több centiméter vastagságban találhatók a mészkövön és egyéb kőzeteken, belsejük azonban egészen porhanyós. A kemény kéreget a talajnedvesség chemiai hatásával magyarázhatjuk. A talajnedvesség a sók hordozója és párolgás által a felszínre szívódik. A sivatagnak másik érdekes és szintén chemiai folyamatokkal magyarázható felszíni jelensége a *sötétkéreg (védőkéreg)*. Ez főképpen mangándioxidból, vasoxidból, kobaltból és kovasavból áll és sárga, barna, söt fekete színű. A sötétkéreg bevonja a sziklákat, a tuskókat, a görgetegeket és a kővületeket, nem vastagabb az 1 milliméter töredékénél és színe független az illető kőzet színétől. Keletkezésük alkalmával azonban nagy szerepe van a kőzetek petrográfiai minemiségének. Egyes kőzeteken a kéreg ismét hiányzik. Különösen a kovás kőzetek barnulnak meg erősen. A görgetegeken a Nap hatásának kitett oldal rendszeren sötétebbre van színezve, mint a túlsó oldal. A védőkéreg a

sóknak azon oldataiból keletkezik, a melyek hajcsövesen kerülnek a felszínre. A sivatagvidékek kőzetnedvessége többnyire bőven tartalmazza ezt a sóoldatot. A védőkérget csakis az el nem mállott kőzeteken találhatjuk. Ilyen védőkérget az óegyiptomi műemlékeken is található, mi annak a bizonyítéka, hogy ezek a sötét kéreg geológiai értelemben vett rövid idő alatt is keletkezhetnek. A homokkővön a kéreg bizonyos vastagságot ér el, a mi bizonyára a kőzet könnyebb vízátbocsátó képességének tulajdonítható. Gyakran az ilyen homokkővidéket valóságos vaskérget gyanánt vonja be, úgy hogy az utazók vulkáni kőzeteket vélnek látni. A futóhomok a kérget nagyrészt simára csiszolja és fényessé teszi. Minthogy a csapadék elpusztítja a kérget, azért az ilyen kéreg valósággal csalhatatlan jele annak, hogy az illető vidéknek hosszú idő óta változatlanul száraz az éghajlata.

A gipsz a sónál sokkal nehezebben oldható: ugyanis csak 1 rész oldódik 460 rész vízben. A csapadékvizek a gipsztelepeket mégis erősen kirágják, a felszínen mély csatornák keletkeznek, lyukak hatolnak be a kőzetbe és a hasadékok hosszában aknaszerű üregek, úgynevezett *gipszkiirtók* keletkeznek.

A mészkarbonát még nehezebben oldható, mégis a vizet saját széndioxidtartalma arra képesíti, hogy 1000 részben egy részt belőle bikarbonát alakban oldjon. A dolomit még kevésbé oldható és a többi kőzetalkotó ásványról, különösen a szilikátokról ezt még fokozottabb mértékben állíthatjuk. A sós- és édesvizek megtámadják az élő szervezetek által létesített mészképződményeket, sőt a kovaképződményeket is kimarják, *korrodálják*. A meszek és dolomitok felülete a vizek hatása következtében fénytelen lesz és színét megváltoztatja, azonkívül a maratás következtében szemecskék vagy rovátkák és barázdák vannak rajta, a melyek szabálytalanul, vagy a felszín alakja szerint igazodva haladnak (esőrovátkák, 223. kép). A keményebb részek, így a repedések kitöltései domborúan emelkednek ki. A trópusi vidékeken, a hol az oldási jelenségek sokkal hatékonyabbak, a tömeges kőzeteken is találhatók esőrovátkák.

[218.JPG]

223. kép. Karr-mezők esőbarázdákkal Opčina közelében, Trieszt mellett. (A »Club Turisti Triestini« fotográfiai fölvétele szerint.)

A mészkő mállási jelenségei a sziklabarázdák, az úgynevezett *karrok*, *srattok*¹¹, a melyek kopár sziklákon (224. kép) találhatók. Ezek barázdák, a melyeket a repedések hosszában a csapadékvizek marnak ki. A barázdákat éles, deszkához hasonló sziklafalak választják el egymástól. A sziklabarázdák nagysága nagyon változó, néhány deczimétertől kezdve 20 méter mélységig terjednek és 3 méter szélességet is elérnek. Azonban erre nézve meghatározott értéket még sem adhatunk, mert a lapos csatornáktól kezdve, a melyeket egészen keskeny párkányok választanak el egymástól, az összes átmenetek előfordulnak egészen azon példákig, a melyek párhuzamosan álló falakhoz hasonlítanak. Gyakran több négyszögkilométernyi felületet borítanak. Úgy látszik, hogy keletkezésüknél különösen a megolvadt hó vize működött. Ez ugyanis széndioxidban nagyon gazdag és hosszabb ideig tud hatni, mint a gyors lefolyású esővíz. Éppen ezért a *karr-területek* (*karrmezők*) főképpen a magas mészhegységekben találhatók. A hasadékoknak megfelelően a karrok többnyire valamely főirány szerint rendezkednek. A mellékszakadékok kitágulásokat, tölcsér- és csőalakú üregeket alkotnak. Hasonló csatornákat némely tengernek mészsziklás partjain figyelhetünk meg, a hol a mélyedéseket a

¹¹ A Schratten kifejezés az Alpokból ered, a hol a Lucerni Alpoknak 2076 m magas csúcsát ősidők óta a Schrattenfluh néven ismerik. Különösen az alsó-kréta-formáció (neokom) mészköveit ismerjük »Schrattenkalke der Alpen« néven. (Fordító.)

hullámok és a visszaáramló víz váltakozó játéka marja ki. A mesterségesen faragott kockakövek felső oldalai, a melyek a légköri tényezők (atmoszferiák) hatásának hosszú időn keresztül ki voltak téve, így az utcák szegélykövei és egyes antik díszítmények az esőrovátkáktól sokat szenvednek. Hozzávetőleges becslés szerint a mészkő felszínéből 30.000-70.000 év alatt mállik el egy méternyi réteg. Ezt az időt azonban, véleményem szerint, túlhosszúra becsülték. Mészkőhegységekben sokszor szabálytalan, hengeres csöveket találhatunk, a melyek gyakran nagy számban követik a függélyes repedéseket és átjárják a mészkövet. Ezeket *geológiai orgonáknak* nevezzük.

[219.JPG]

224. kép. Sziklabarázdák (karrok) a mészhegységben. (ECKERT M. szerint.)

Ha a mészhegységben a többnyire vékony vegetáció- és humusztakarót eltávolítjuk, összevagdalt külsejű és kimart szikla tűnik elő. Ezek a mállási formák tehát már a növénytakaró alatt keletkeztek és organikus savak hatásának tulajdoníthatók. Az organikus savakat a humuszréteg vize fölveszi s e réteg az előrehaladó erdőpusztulás alkalmával könnyen kiszárad, mire a vizek és a szelek eltávolítják az egészet. A Földközi-tenger partvidékein megfigyelték, miképpen halad előre ezen a módon a mészsziklák letarolása és miképpen akadályozza meg a nyár szárazsága és hősege az új növényzet meggyökerezését, a melyet csak mesterségesen, nagy költséggel lehet elősegíteni. Azokat a vidékeket, a melyeknek felületei a mésznek előbb tárgyalt mállási jelenségeit mutatják, Isztria Karsztja után *karsztos vidékek*-nek nevezzük.

[220.JPG]

225. kép. Hosszan elnyújtott, dolinához hasonló medencze (katlan vagy teknő) a Kilikiai karszt-fennsíkon. (SCHAFFER X. F. fotografiai fölvétele szerint.)

A mészkő repedéseibe beszivárgó vizek oldó hatása kitágítja a repedéseket; ilyen módon függélyes aknák és vízszintes csatornák keletkeznek, a melyek összeköttetésben vannak egymással s elágazva több kilométernyire követhetők. Kétségtelen, hogy a karsztos vidékek nagy barlangrendszerei legalább helyzetük szerint oldási folyamatokra vezethetők vissza. A későbbi kitágulások azonban látszólag nagyrészt az erózió és a beszakadás művei lehetnek (lásd a karsztos tünetényeket). A *dolinákat* (töbröket) vagy *karszttölcséreket* szintén a mészkő feloldásának tulajdoníthatjuk; ezek többé-kevésbé köralakú mélyedések, a melyek a kőzet hasadékaiban, különösen ezeknek keresztezésénél gyakran egész sorozatban jelennek meg. A dolinák fenekét vörös föld, az ú. n. *terra rossa* takarja, a mely nem más, mint a mészkő összehordott vas-zárványos, agyagos oldási maradványa. A dolinák a mélység felé hasadékokba mennek át. Vannak hosszúkás és szabálytalanul elnyúló dolinák is (225. kép). Méreteik fölötté ingadozók, átmérőjük gyakran csak félméter, de száz méter is lehet s mélységük gyakran eléri a 30 métert. Minthogy egy közepes nagyságú dolinában 10000 m³ mész van feloldva, ebből megérthető a jelentékeny oldási maradvány. Minthogy a karszttölcsérek a talaj hirtelen besüllyedése alkalmával is keletkezhetnek, azért ezeket a mélységben történt beszakadásokra kell visszavezetnünk (*beszakadási dolinák*). Fiatal, kiemelkedő mészsziртеken gyakran olyan üregeket láthatunk, melyeknek fenekén *terra rossa* fekszik; ez a tisztátalan mészkő feloldása alkalmával keletkezett. Némely esetben azonban, például a reczens korallszigeteken, vulkáni anyagok, még pedig hamu, horzsakő stb. mállási termékeit találjuk.

[221.JPG]

226. kép. Elmallási alak breccsából a stájerországi Dachstein-tetőn. (SIMONY O. fotografiai fölvétele szerint.)

[222.JPG]

227. kép. Herkules-oszlopok s Bielafehen, a Szász Svájcban. (BESSER R. fotografiai fölvétele szerint.)

Az oldó vizek a réteges kőzetekben a réteghézagokat követik és a kőzetet lapokra bontják; a vékony közbülső telepek kilúgozása után lemezekre bomlik a kőzet és a további szétesés gyorsan fejlődik. Azok a homokkővek és konglomerátok, a melyeket meszes kötőanyag tart össze, ennek kioldása után szétesnek s így festői sziklaformák keletkezésére nyújtanak alkalmat (226., 227. kép). A kavicsok között levő mészgörgetegnek a szomszédos görgetegekkel való súrlódási helyeit, a belőlük keletkező szétforgácsolódott kéreg feloldása következtében, a vizek erősebben támadják meg s azokon a helyeken lapos gödröcskék keletkeznek; ily módon benyomatokkal ellátott görgetegek támadnak (228. kép).

[223.JPG]

228. kép. Benyomatokkal díszes görgeteg.

A *tengervíz* a mésznek már sokkal gyengébb oldóanyaga, azonban örökös mozgásának következtében, továbbá az apály és dagály váltakozása által az árapály területén valódi karmezőket létesít.

A sivatagokban azok a mészkőtörmelékek vagy görgetegek, a melyek a vidék felszínén, vagy csekély mélységben fekszenek, sokszor finom, többnyire elágazó rovátkákkal vannak borítva (*rovátkás kővek*, 229. kép). A talajon a rovátkák életlenek és le vannak símítva - homokvihar csiszolja le -, a felszín alatt azonban élesek és érdesek. Ezek a talajban a felszálló vizek hatása következtében keletkeznek, a melyek sókban való gyarapodásuk révén maró hatást fejtenek ki. Ez a jelenség nagyon hasonlít a moldavitek díszítményéhez (20., 21. kép). A rovátkás kőveket és a kőrácokat, mint oldási jelenségeket, a nedves éghajlat alatt is megtalálhatjuk még a kőzetek csekély keménységi különbsége mellett is.

[224.JPG]

229. kép. Rovátkás kővek.

A kőfülkék keletkezését is a szivárgó talajvizek oldó hatására kell visszavezetnünk. Ilyen fülkék ott keletkeznek, a hol a keményebb és puhább mészkővek és mészmárgák váltakoznak egymással és a padoknak megfelelően szabályos sorokban gyakran száz számra fedik a meredek sziklafalakat (230. kép). Emeletszerűleg fekszenek egymás fölött és néha a fedőrétegek utánaszakadása következtében szabályosan vannak boltozva. Gyakran csak egészen keskeny válaszfal marad meg közöttük úgy, hogy a völgyfalazat architektonikusan tagozódottnak látszik. Ezek a fülkék gyakran több méter mélyre nyúlnak bele a hegybe és több helyen, így különösen a kisázsiai Gödet barlangvárosban, a barlanglakók lakásául szolgáltak (troglodytalakások).

[225.JPG]

230. kép. Gödet barlangváros mállási fülkéi Kis-Ázsiában. (SCHAFFER X. F. fotografiai fölvétele.)

A vizek oldó hatásához hasonló jelentőségű a vizek szétbontó és átalakító hatása, a melyet *tulajdonképpen mállásnak* nevezünk. Ez gyakran bonyolult folyamatokat indít meg. A víztől mentes ásványok vízfölvétel következtében víztartalmúakká válnak át (*hidráció, hidratizálás*). Így keletkezik az anhidritből kétharmadnyi térfogatnagobbodás következtében a gipsz, miközben redőzések és torlaszok keletkeznek (a *gipsz felfúvódásai, fodros kő*, 231. kép). A vasoxid (vörös vasércz) vasoxidhidráttá (barna vasérczczé) alakul át. A mágnesvas (vasoxiduloxid) az oxigén fölvétele (oxidáció) következtében vörös vasérczczé, a manganoxidul-karbonát pedig mangánoxidá és mangánhiperoxiddá (pirolúzit, pszilomelán) változik. A szulfidok (kénes ásványok) könnyen oldható szulfátokká (kénsavas fémes sók, vitriol) alakulnak át és a széndioxidtartalmú vizekkel karbonátokat alkotnak. A vaskovand-(pirit-)telepek felszíne vörösvassá és barnavassá (*vaskalappá*) változik át, miközben fémvastartalma tetemesen gyarapodik. A szerves vegyületek az oxidációnak kitéve széndioxidot fejlesztenek; a szenes és bitumenes impregnációk, a melyek sokszor sötét színt idéznek elő, eltűnnek és a kőzetek megfakulnak. A kőolaj (petróleum) oxidáció által ozokeritet és aszfaltot létesít.

[226.JPG]

231. kép. Redőzött gipsz (fodros kő), Wieliczka sóvidékéről, Galiczia.

Sok homokkő kötőanyagának vastartalma a légkörben vasoxiddá és vashidroxiddá változik át s a kénsav a kőzet gyorsabb szétbomlását okozza. A kötőanyag vastartalma gyaníthatólag finoman eloszlott vaskovand vagy kénkovand (pirit). Az előbb említett folyamat például az Alpok flihomokkővében gyakori. E folyamat közben a kőzetnek eredetileg kékesszürke színe rozsdabarnává vagy rozsdavörössé változik. Ez a színváltozás a kőzettömb felszínétől a belső része felé tart (232. kép). Karöltve halad vele a szilárdságban való veszteség, a kőzet porhanyó lesz, mire héjas szétbomlás és lapokra való válás következik be. Minden kőzetpadon meg lehet figyelni, miképpen halad ez az átváltozás, a rétegfelületektől és a hasadékoktól a belső rész felé. A friss, kékesszürke, szilárd magot törékeny, megváltozott színű kéreg veszi körül. A porhanyós részek leválnak és sárgás vagy vöröses, agyagos anyaggá esnek szét s ez az anyag agyagból, kvarczhomokból és csillámpikkelyekből áll. Ez a szétbomlási termék (*szétbomlási agyag*) befödi s elborítja a talajt és vízrekesztő takaróként szerepel. Az ilyen kőzetet nem lehet épületkőnek használni olyan helyen, a hol a légköri hatások támadásának van kitéve.

[227.JPG]

232. kép. Színváltozás oxidáció következtében solnhofeni márgásmészben.

Sok mészkövön és márgán ehhez hasonló színváltozást láthatunk. Ha ezeken egészen finom, friss állapotban alig látható repedések hatolnak át, akkor a színváltozás az egyes töredékeken függetlenül megy végbe úgy, hogy vagy (a mint a 233. képen látható) koncentrikus rajzok, vagy pedig (a mint a 234. képen látható) a finom rétegezés után haladó, gyakran kiválóan gyöngéd rajzok keletkeznek (*rommárvány*).

[228.JPG]

233. kép. Színgyűrűk a repedések által szétvagdalt mésztuskón. (WALTHER J. szerint.)

[229.JPG]

234. kép. Rommárvány, Elixhausen, Salzburg.

Ehhez hasonló átalakuláson mennek keresztül a kék vagy kékesszürke márgák és agyagok (tályagok) felszíni részei, különösen azok, a melyek egyrészt mint konkrécziókat és másrészt finoman elosztott állapotban mint festőanyagot: kénkovandot tartalmaznak. A pirit hidroxiddá változik át és a kénsav az agyag meszével vegyülve gipszszerű alakul, a mely fészkekben jegezcsoportokban kristályosodik ki. Ezzel a folyamattal a sárgástól egészen a rozsdavörösig való színváltozás kapcsolatos. A magasabb telepek *oxidáló folyamataival* szemben a mélyebb fekvésű helyeken a *redukció* uralkodik. A szétbomló szerves anyagoknak a vassóoldatokra való hatása következtében pirit keletkezik. Ez a folyamat azonban már azokhoz a kémiai átváltozásokhoz vezet, a melyek a kőzetek belsejében vannak folyamatban s a melyekről mint diagenezisekről még beszélni fogunk.

A széndioxidtartalmú vizek szétbontják a szilikátokat is, a melyeknek főrészüket van a földkéreg fölépítésében. A mészből, káliból, nátronból, vasoxidulból és a mangánoxidulból karbonátok keletkeznek, míg a kovásva felszabadul. Az agyagföld és magnézia szilikátjai többnyire mint víztartalmú szilikátok (agyag és porcellánföld) maradnak vissza. E miatt az agyag és a kaolin a legnagyobb kiterjedésű mállási takarót adja. A kémiai mállás a trópusi vidékeken a nedves erdőtalajban kiváltképpen erős és a kőzetet mélyrehatóan megváltoztatja, t. i. itt téglavörös, tisztátalan agyag (agyagföldhidrát) képződik, a melyet *lateritnek* nevezünk. Színét nagy vasoxidtartalmának köszönheti. Keletkezését a víz hidrolitikus működésére vezethetjük vissza, miközben a kovásva és az alkális alkotórészek eltávolodnak. A laterit összetétele az alaphegység szerint különböző s annak alapján kapja nevét: gránitlaterit, bazaltlaterit stb. A *terra rossa*, legalább is részben, a humuszos erdőtalajokhoz hasonló *illuviális* képződmény. Ehhez hasonló mállási termék a krétakorszakokból a *bauxit*, a mely az alumíniumhidrát és a vashidroxid vegyülete. Hatalmas bauxit (alumínium ércz) telepeink vannak a Horvát Karszt, Dalmácia és a Biharhegység kréta-korú mészkőfennsíkjaiban, ahonnan a világháború folyamán az ércz szállítását meg is kezdték.

Mérsékelt, nedves éghajlat alatt a kiváltképpen kristályos és homokos-agyagos kőzetekből álló hegyek szelíd lejtőin, nyúlós sárga vagy barna agyag keletkezik. Ez víztartalmú agyagföld-szilikát, melyet a homok és a barna vas tesz tisztátalanná (*lejtőagyag*). Ebben olyan törmeléseket találhatunk, a melyek a részben elmállott alaphegységből származnak. Ezek a szétszórt *mutatókövek* nagyon fontosak az egyébként megfigyeléseink részére hozzáférhetetlen alapkőzet megismerésére nézve. A *mállási talajokat* (nyerstalaj, altalaj, vadföld) uralkodó alkotórészek szerint homokban gazdag *agyagtalajnak* és homokban szegény *agyagtalajnak*, azután *homoktalajnak* (80% s még ennél is több homokkal) és *márgatalajnak* (20% agyag és homok s ennél több mész) nevezzük. Ezek a megkülönböztetések nagy fontosságúak a földművelésre nézve és a geológia egyik sajátos ágának, az *agrogeológiának* a tárgykörébe tartoznak (*pedológia, talajismerettan*); ezt a tudományágat egyes államokban, így Magyarországon és Németországban behatóan művelik.

A mállás szabálytalanul nyúlik le a mélybe és mélységének megállapítása nagy jelentőségű. Ez a megállapítás kézifúrások segítségével történik. Ha a nyerstalaj valamely éghajlati változással kapcsolatban eltávolodik, akkor a szabálytalanul mállott sziklatalaj a felszínre bukkan, a melyen a nehezebb kőzettörmelések fekvve maradtak, azonban legömbölyítve és elmállva s így a hegyi törmeléktől könnyen megkülönböztethetők. Mindazokat a talajnemeket, a melyek a kőzetek elmállásából ugyanazon a helyen keletkeztek, *elúviumnak* nevezzük.

[230.JPG]

235. kép. Tömbelmállás és gombasziklák a gránitban Eggenburg mellett, Alsó-Ausztriában. (HIESBERGER G. fotografiai fölvétele szerint.)

A kémiai mállási folyamatok hatását a lehulló csapadék mennyisége, a hatás idejének hosszúsága, savakban való tartalma és a hőmérséklet szabja meg. Ez a hatás a meleg, nedves vidékeken (a trópusokon) a legnagyobb. Ezért a hegyek északi oldalán gyakran erősebb a mállás, mint a napos oldalon, éppen így a sziklák és tömbök árnyékos oldalán is, a melyek lejtőiken a nedvességet szintén tovább megőrzik, úgy hogy itt gyorsabb a bomlás. Ezáltal mély üregek keletkezhetnek és az elszigetelt tömbök alsó részeit a mállás oly erősen támadja meg, hogy gombaalakú formák, ú. n. *gombasziklák* keletkeznek (235. kép). Nedves éghajlatú vidékeken a növénytakaró a nedvességet tovább tartja meg, ezért itt a mállás erősebb.

[231.JPG]

236. kép. A Rudolfskö A Fichtel-hegységben. Táblás elmállás. (Vásárolt fotográfia szerint.)

A kőzet repedései és hasadécai előmozdítják a vizek behatolását s így a bomlást is. Ezek mentén a mállás gyorsabban halad előre és a tömeges kőzeteken jól láthatjuk, hogy a mállás miként idézi elő a többnyire gömbölyded, golyószerű vagy gyapjúsákhhoz hasonló alakú tömbökre vagy vastag táblákra való bomlást. A középhegységek csúcsait több helyen ilyen tömbfelhalmozódás koronázza (kőtuskó-csúcs 236. kép), vagy pedig a tömbök, tuskók nagy felületeket borítanak be (*kőtuskó-* vagy *kősziklatengerek*, 237. kép). Ha a szétbomlás tovább halad, durva dara keletkezik, melyből a lemosó víz a legfinomabb bomlástermékeket eltávolítja. A tömeges kőzetekben vagy kristályos meszekben, ha ezek erősen szétrepedeztek, még a mi éghajlatunk alatt is meredek sziklaalakok keletkeznek.

[232.JPG]

237. kép. Kőszikla-tenger a Spiegelwaldban, a Cseh-erdőben. (ECKERT H. fotográfiai főlvétele szerint.)

Organikus mállás.

Az előbb tárgyalt két mállási folyamat mellett az *organikus mállás*, vagyis a kőzeteknek az élő szervezetek élet- és rothadás-folyamata következtében keletkezett szétbomlása, sokkal alárendeltebb szerepet visz, különösen ha figyelembe vesszük a mállás közben megváltozott tömegeket. Ennek a folyamatnak azonban a természet háztartásában egészen különös jelentősége van, amennyiben a *talajokat* főképpen ez teremti meg és pedig a *termőréteget* és a *szántóföldet*, tehát azokat a felszíni földrétegeket, a melyek a növények fejlődéséhez szükséges táplálékot adják s ez által a szárazföldön a gazdagabb élet kifejlődését teszik lehetővé.

Az alsóbbrendű *nitrifikáló* baktériumok (*nitromonadok*), szerves vegyületek jelenléte nélkül és teljes sötétségben is, a levegőből széndioxidot és nitrogént vesznek fel s ammóniát és salétomsavat fejlesztenek. Ez a folyamat a csupasz sziklát megtámadja és olyan mállási réteggel fűdi be, melyben humuszos anyagok vannak s ezáltal a magasabbrendű növények részére előkészíti a talajt. A kopasz sziklafalakon sokszor kékes vagy feketés, függélyesen haladó sávokat láthatunk. Ezek az úgynevezett *tintasávok* (238. kép). Ezek tulajdonképpen fonalas- és kovamoszatokból, továbbá egysejtű állatokból álló finoman összeszővődött bevonatok. Ezek a szervezetek az évnek csak néhány hónapjában kapnak nedvességet, egyébként pedig kiszáradnak. Kiválasztott savaikkal megtámadják a sziklákat s ezzel megindítják a mállási folyamatot. A hasadékokban mindig találhatunk némi humuszt, melynek 1 mm³-ében 52 talajbaktériumot találtak. A felszíni talajrétegekben mindenütt nagy számmal találhatók baktériumok, a melyek a szerves anyagok korhadása alkalmával mindig közreműködnek és

széndioxidot meg ammóniát szolgáltatnak. Az alsóbbrendű zuzmókat egyaránt megtalálhatjuk a sima sziklákon, a kvarczgörgetegeken és a lávákön, sőt még az ablaküvegen is, a melyeket e zuzmók kiválasztott savaikkal kimarnak s ezáltal előkészítik további szétrombolásukat. Az algavegetációk a kövezeten barázdákat hozhatnak létre, A magasabbrendű növények gyökerei behatolnak a közet legfinomabb likacsaiba, a nagyobb lyukakba és repedésekbe, a melyeket savakkal való oldás útján kitágítanak. E mellett növekedésük mechanikai hatást fejt ki, miközben még a szilárd sziklák is szétrepednek. Gyakran láthatunk szétrepedt sziklákban gyökerező hatalmas fákat. A rothadó növényi anyagok, a melyek a talajhoz keverednek, a keletkező széndioxid és humuszsavak segítségével bomlasztó - feltáró - hatást gyakorolnak a szilikátokra és előkészítik a növények által való fölvtétel számára (a növényi táplálkozás részére) a tápláló anyagokat, a meszet és az alkáliákat.

[233.JPG]

238. kép. Tintasávok a sziklafalon. (SCHAFFER X. F. fotografiai fölvtétele szerint.)

A *humusztalaj* a felszíni talajrétegekhez elegyedő növényi hulladékokból keletkezik és a mélység felé a *vad földbe* megy át. A steppéken és a préríken gazdag humuszos hozzákeveredés (4-16%) útján, a löszből csekély csapadék mellett, mérsékelt szárazföldi éghajlat alatt a több méter vastag és kiválóan termékeny *csernozjom*, mezősegi *fekete föld* keletkezik. Forró éghajlat, trópusi éghajlat alatt a laterites mállási takaróból humuszos hozzákeveredés folytán *barnaföld* fejlődik, a mely a mérsékelt éghajlat alatt az agyagos talajokból keletkezik. Ezt a vasoxidhidrát sárgásra, sőt barnásra színezi. A *sárgaföld* még kevesebb humuszt tartalmaz és a hidegebb mérsékelt országokban az erdőségek alatt és a pusztákon a sovány *podsolatalaj* keletkezik a *fakó föld*- és *fakóhomokszinttel* (*erdei szürkeföld*); mindezek terméketlenek, mert a szivárgó talajvizek humuszsavaikkal minden oldható alkotórészt kilúgoztak belőlük. Ezen rétegek alatt helyenként alkalomadtán az «Ortstein»-nek nevezett vaskőfok keletkezik. A helyikő 1 méter vastag, megszilárdult szint, a mely többnyire szilárd, néha barnavas által színezett homokkőből áll, humuszos kötőanyaggal. Ez a közet úgy keletkezik, hogy a felső talaj kilúgozódik és a mélységben az ásványanyagok meggyarapodnak. Ez a vízhatlan helyi-kőtelep (vasköves réteg) meggátolja a növényi gyökereket abban, hogy a talajba hatoljanak és elmocsarasodáshoz vezet. Forró éghajlat alatt a laterittel és a barnaföldképződéssel kapcsolatban ehhez hasonló módon keletkeznek a *babérczek* (limonitos vaskőfok), a melyek mindkettőnek határán barnavassalak gyanánt ülepedhetnek le. Ilyenek a mi vidékeinken a *mocsárcseresznye*. Ezek a folyamatok azonban már a kémiai lerakódásokhoz vezetnek át, a melyekről későbbben szólunk. Dél-Európában főképpen a vörösföld és a sárgaföld uralkodik (az örökzöld lombos erdők öve). Közép-Európára jellemző a barnaföld talaj (nyári zöld, kevert lombos erdők) és Észak-Európában szürkeföldet találunk túlevelű fákkal, fenyves pusztákkal, heidékkel és mocsaras vidékekkel.

[234.JPG]

239. kép. Fúrókagylóktól (*Lithophagus*) megfűrt mészkő.

Az állati élet a felszíni földrétegeket sokféle módon megtámadja és meglazítja. Számos tengeri állat: férgek, tüskésbőrűek, szivacsok és kagylók befűrják magukat a szilárd sziklák bűvolyukaiba (239-242. kép); számos rágó állat, a rovarok és lárváik a laza talajt összeturkálják. DARWIN megfigyelései óta ismerjük, hogy mekkora részük van a földi gilisztáknak a szántóföld képzésében. Vájó munkájukkal mechanikailag lazítják meg a talajt és éppen így emésztési folyamataikkal is, miközben kisebb morzsás gömbök formájában a felszínre tolják a talajrészecskéket. Ezáltal a talajt teljesen keresztül dolgozzák, úgy hogy a felszíni részecskék

általában mélyebbre sülyednek és újonnan képződött réteget kapnak takaróul. Tíz év alatt ezen a módon körülbelül 7 cm vastag telep keletkezik.

[235.JPG]

240. kép. Tengeri sünöktől (*Strongylocentrotus*) összefurkált mészkő.

[236.JPG]

241. kép. Megfűrt tengerparti görgeteg. Eggenburgi miocén, Alsó-Ausztria.

[237.JPG]

242. kép. Fúrószivacsoktól összefurkált recens tengerparti görgeteg.

A mállás következtében, a működő erők szerint különböző termék keletkezik. A fizikai folyamatok útján keletkezett termék chemiaileg változatlan, szegletes törmelék és morzsa; a kőzetek chemiai úton feloldódnak és gyakran csekély oldási maradvány marad hátra, vagy a chemiai alkotórészekben változások mennek végbe, vagy pedig a kötőanyag feloldása következtében szétomlás áll be. Az organikus mállás mechanikailag és chemiaileg dolgozik s még tovább is átalakít. Az *eredeti, szálban álló kőzetet mállást (törmelék) takaró* borítja be. Szálban állónak akkor nevezhetünk valamely kőzetet, ha ez nagyobb kiterjedésben eredeti helyzetében vesz részt a Föld felszínének fölépítésében, tehát ott marad, a hol keletkezett. A szálban álló kifejezéssel ellentétben van a laza anyag, pl. a tömbök, törmelékek stb. fogalma. A kavics-, vagy konglomeráttömeg eredeti, tehát szálban álló termék, de a görgetegei már nem azok.

Könnyen érthető, hogy a mállás módjai az éghajlati viszonyok szerint változnak. A trópusi övben a nagy nedvesség, az esős és száraz évszak váltakozása, továbbá a buja növényzet következtében, különösen a chemiai és az organikus mállási folyamatok kiválóan erősen működnek. A mállás ott gyorsan és mélyrehatóan megy végbe. A mindent elborító növény-takaró gátolja emellett a letarolást és a keletkező mállási termékek tovahurczolását, a melyek ily módon hatalmas telepekké halmozódnak fel és gyakran 100 méter vastagságot érnek, sőt ennél is vastagabbak lesznek (*akkumulatív mállás*).

A sivatag-övben a fizikai mállás uralkodik, amennyiben a nedvesség hatása háttérbe szorul és az organikus életnek is csekély szerep jut. A kopasz talaj a szállító erőknek mindenütt jó támadó pontot kínál, úgy hogy itt a mállási termékeknek semmiféle elsődleges felhalmozódása nem keletkezhetik.

A mérsékelt éghajlat alatt mind a három mállási folyamat működik, azonban sokkal csekélyebb mértékben, mint a trópusok alatt, míg a sarki vidékeken főképpen a fizikai és a chemiai mállás működik. Mindkét helyen oly gyors és serény a szállító erő, hogy a mállási takaró többnyire csak csekély marad.

A mállás nagysága a különböző éghajlatok szerint változó és természetesen a kőzetek ellenálló képességétől is függ. Skandináviában a grániton a diluvium óta alig láthatunk előrehaladó mállást, míg Egyiptomban a néhány ezer éves műemlékek a légköri hatások következtében mélyre ható bomlást mutatnak. A forróföldöveken a hatalmas mállási takaró az alaptalaj gyorsan előre haladó bomlására vall. Ehhez képest a tájkép is, természetesen csakis kisebb formáiban, az egyes országokban különböző. A míg nálunk a gránithegyek többnyire hullámos alakúak, a Sínai félszigeten meredek kúpok és ott, a hol litoklázisok szabják meg a

mállás útját, ormokat és csipkéket mutatnak. A nedves, meleg vidékeken rövid idő alatt szétbomlik a legszilárdabb kőzet és a Holt-tenger mellett évezredek óta állanak a sóoszlopok, a melyek a Lót feleségéről szóló monda keletkezéséhez adtak alkalmat (Mózes I. könyve 19. rész). Ezek a *tájképek faciesei* a domborzat legfinomabb díszítményei, a melyek még leíróra várnak és sok helyi hatást árulnak el, úgy hogy aligha sikerül sokféleségeiket egyszerű alapvonásokba beleszorítani.

B) A letarolás.

1. Laza anyagok elmozdulása a nehézségi erő következtében.

Ha a mállási termékek azon a helyen halmozódnának föl, a hol keletkeztek, amint ezt az akkumulatív mállásnál láhattuk, akkor végeredményben meggátolnák az alaptalaj további megtámadását, hacsak nem volnának olyan erők működésben, a melyek a mállási termékeket eltávolítják. Ezen erők eltávolító tevékenységét régebben *abláczió*nak nevezték. Ez a kifejezés azonban nem célszerű, mert az abláczió már hosszabb idő óta a glecserek felszíni tömegvesztésének találó elnevezése. A mállási termékeknek képződési helyükről való fölemelését ezenkívül az elszállításuktól nem lehet megkülönböztetnünk, úgy hogy ezt a két folyamatot egymástól nem lehet elválasztani. A tömegek pályájuknak alaptalaját a szállítás alkalmával megtámadják (korrázió). Azonban ezt a jelenséget sem célszerű önállóan tárgyalni.

A szállítás különféle módon történik: közvetlenül a nehézségi erő, vagy pedig a víz, a jég és a szél útján, továbbá csekélyebb mértékben még az állatok is előmozdíthatják. A meredek lejtőkön felhalmozódott törmelékanyagok végre is elveszíthetik egyensúlyi helyzetüket és a mélységbe zuhannak. Egyes kővek a kőfolyás árkaiban kőhullásszerűen esnek le és a meredek lejtők lábainál mint omladék-halmok (törmelék-kúpok) halmozódnak fel (243. kép). A vízzel való átitatás következtében a sűrűség csökken és egész *törmelékfolyamok* gördülnek le a völgybe. Ez vagy hirtelen következik be és így nem más, mint a félig folyós törmelékekhez (*múrokhöz*) való átmenet, melyeknél azonban a tulajdonképpeni szállító erő a víz (erről még később szólni fogunk), vagy pedig lassanként történik (*talajfolyás, szoliflukció*). Ilyeneket megkövesült állapotban is ismerünk (*rubble drift* Angliában). A *csúszás* és a *horgas vetődés* hasonló jelenségeit a fagyás hatásának tulajdonítottuk (219. kép). A szelíd domborzatú földalakulatokat ezek a mozgások idézik elő.

[238.JPG]

243. kép. Törmelékkúpok és halmok Plaša falai alatt, Herczegovinában. (PENTHER A. fotografiai fölvétele szerint.)

A száraz mállás nagyszerű jelenségeit láthatjuk a Kuenluen-ben, a hol több mint 3000 m magas hegyvonulatokat a törmelék-halmok csaknem egészen eltemettek. Itt a hőmérsékleti viszonyok, a melyek kedveznek a fizikai mállásnak, kapcsolatban vannak az éghajlat szárazságával s a szárazság a chemiai szétbomlást és a törmelék gyors elszállítását megakadályozza (244. kép).

[239.JPG]

244. kép. Törmeléktakaró a Kuenluen-ben. (STEIN A. fotografiai fölvétele szerint.)

A Tiensan lejtőin 2900 és 3900 m között törmelékövet találhatunk, a mely durva kőzettörmelékéből keletkezett és ebből egyes részek törmelékfolyamok gyanánt vezetnek a mélységbe. A könnyedén megszilárdult anyag elmosódott, gyakran hajlott rétegezést mutat és a breccsiához hasonlít.

Néha a törmelékanyagok a völgyekben gyűlnek össze, a melyekben víztől átitatva folyók gyanánt mozognak tovább. Ilyen *törmelék-* vagy *kőfolyásokat*, *kőglecsereket* különösen a hidegebb vidékeken ismerünk; például ilyen kőglecser van a Falkland szigeteken, a hol ez 5 km hosszú és a kvarczitközet törmelékeiből keletkezett, jelenleg megkövesült állapotban; azután az Uralban a Taganai hegyen is van ilyen kvarczitból és kvarczhomokkőből álló kőfolyás; továbbá Alaszkán és a Spitzbergákon is írtak le ilyen kőfolyásokat. A kőfolyások felülete hasonlít a kötengerekéhez, melyeknek egyik legszebb példája a spiegelwaldi kötenger (237. kép). A vándortörmelék egyes darabjai a lesúrolás következtében többé-kevésbé le-
gömbölyödnek, sőt símitások és karczolások is láthatók rajtuk, a melyek a későbbben tárgyalás alá kerülő jégműködés jelenségeihez hasonlítanak és a melyeket »*pszeudoglaciális tűneményeknek*« nevezünk. A felszíni, laza anyagok átívódás és átüledés következtében maguktól elmozdulnak (földfolyás), sőt még gyűrődéseket, áttolódásokat is mutatnak, a melyeket azelőtt részben a glecserek nyomásának akartak tulajdonítani (*összecsúszott talaj*, 245. kép). Néha olyan a kép, mintha az üledék a fekvőréteg vályúszerű mélyedéseibe (*zsebeibe*) települne. A sziklatuskók még a nagyon csekély hajlású talajon is elvándorolnak. Ide tartoznak a süllyedési jelenségek is, a melyek a völgyek lejtőin a lejtés szögének túlhaladása következtében és a völgyfenék meg a völgyfal között az egyensúlyállapot megzavarása folytán következnek be. E süllyedési jelenségek rögzöngként való lesüllyedésben és csuszamlásokban nyilvánulnak (246. kép).

[240.JPG]

245. kép. Csuszamlások folytán keletkezett zavarodások a Laaerbergi kavicsban, Bécsben. (FUCHS TIVADAR szerint.) 1 lösz, 2. Laaerbergi kavics, 3. pontusi-pannoniai korú congériás agyag, b-b 8 méter magassági közt mutat.

[241.JPG]

246. kép. A völgyfalak csuszamlása laza talajban.

Nedves, hideg vidékeken különösen változatos a mállási talajok önálló mozgása, melyet előhaladásában részben a fagy is támogat. A *földfolyás* egyik fajtája a *csíkos talaj*: ami nem más, mint finomabb és durvább anyagok sávszerű képződése, melyben a vízszintes szalagok gyakran növényi takaróval is váltakoznak. Hasonló jelenségek a *kőfűzések* (*kőtörmelék-foglalatok*, a *gyephömpölygetések*), a melyekben a hosszúra húzott kőhálók lefelé hajló és összetolt pikkelyes gátakat mutatnak, a melyek élükre állított kövekből vagy pedig gyephalmokból állanak s közepükön finom szemecskéjű anyag van, míg a növényi törmelékhangerek csupaszok. Ezekhez csatlakoznak a *földfolyásterraszok*; ezek 1-2 méter széles és több méter hosszú, kopár földtéraszok, melyeknek párkányai be vannak gyepesedve.

[242.JPG]

247. kép. Az elm-i hegyomlás keresztmetszete 1881. (HEIM A. szerint.)

A laza, különösen az agyagos anyagok, a melyek az átitatás következtében folyásnak indulnak, a meredek lejtőkön lecsúsznak s így *hegyrogyások*, *hegycsuszamlások* keletkeznek, a melyek gyakran nagy károkat okoznak a kultúrának. Ezek a nagyobb méretű csuszamlások

egyes vidékeken elég gyakoriak; az erdők s a mezők elmozdulnak, szakadékok keletkeznek, a gyeptakaró felnyomódik és felgyűrődik. Egész tanyák helyüket változtatják és a fák soronként a földre hajolnak. Az északi Appennineken és Sziciliában a »frane« néven ismert csuszamlások gyakori jelenségek.

Különösen a vasútépítések alkalmával, vagy pedig a talaj egyéb megterhelései következtében már ilyen költséges tapasztalatokat szereztek arról, hogy azt az egyensúlyt, a melyet a természet megteremtett, nem szabad könnyelműen megzavarni. Ilyen jelenségek a vasúti töltések csuszamlásai, a melyeknek székhelye azonban az alaptalajban van.

Hasonlíthatatlanul nagyobb arányúak a *hegyomlások*, a melyek azáltal keletkeznek, hogy a repedéseken a mállás által, de különösen a víznek az agyagos rétegek közé való beszüremkedése következtében a rétegek elveszítik szilárdságukat és így a hegynek egy egész része nyugalmi helyzetéből elmozdul. A hegyomlások többnyire hóolvadás idején történnek, a mikor a hőmérséklet változása folytán meglazult kőzeteket a víz átítatja. Omlásukkal mindent betemetve, óriás lavinákhoz hasonlóan mennydörögve zuhannak a sziklatömegek a völgybe, a melyet gyakran egy percnél is hamarabb elérhetnek. Falvakat és mezőket örökre elárasztva szélesen kiterjeszkednek, sőt még az átellenben fekvő völgylejtőt is magasan elárasztják (247., 248. kép). A fenyegető omlás előjelei már sokkal korábban észlelhetők; ilyenek a lejtők hasadécai a leszakadás helye fölött, a hegy belsejéből hangzó moraj és több efféle, ámbár a katasztrófa többnyire hirtelen következik be és gyakran nagy veszteségeket okoz emberéletben is. A hegyomlás pályája természetesen meredek hajlású, mint például a Monte Zuna lejtője nem messze Roveretótól (Slavini di S. Marco, Dante); a 883. évben a Monte Zunáról nagy mésztömeg csúszott le egy rétegfelületre, elborította a széles Etsch-völgyet (390 ha) és eltorlaszolta a folyót. 1882-ben a Brenta-csoportban, a Brenta Alta-Alpnál talán 400 m magasságú és 100 m átmérőjű sziklacsúcs zuhant le a falon keresztül, miközben a fehér mészkő törmelék-halmazzá vált és mint valami folyadék, 1 ½ órányi utat árasztott el. Itt is a ferde rétegállás okozta a lezuhanást. Ellenben a dobratschi hatalmas hegyomlást Villach közelében, 1348. januárius 25.-én a mélyre menő repedésekre kell visszavezetnünk; a hegyomlást földrengés fejezte be. A lebomlott tömeg nagyságát ½ km³-re becsülték. Az assami földrengés alkalmával 1897-ben a több mérföldnyi kiterjedésű mállási és növénytakaró lecsúszott a völgy falairól és hatalmas törmelékkúppá alakult. A Rajna völgyében a flimsi hegyomlást 15 km³-re becsülték, a mely 600 m magas hegyet halmozott fel. A történelmi idők óta az Alpokban 150 hegyomlást ismerünk.

[243.JPG]

248. kép. Hegyomlás Bojca mellett, Hunyad megyében. (LÓCZY L. fotografiai fölvétele szerint.)

Az előbb mondottakból az következik, hogy a hegyomlás alkalmával az előkészítő jelenségeket, még pedig a mállást, a padok megpuhulását, a hasadékok képződését stb. meg kell különböztetnünk a közvetlen kiváltó októl. Ez utóbbi lehet rázkódás, vagy pedig nagyobb víztömeg összegyülemzése stb. Kisebb hegyomlásokat szél is okozhat, a mely eltávolítja a laza rétegeket és így a kőzetrészek utánaszakadását okozza. Kicsiben ezt minden homokbányában megfigyelhetjük. A Vezúv Atrio del Cavallojában a Somma meredek falairól nagy kőzet-tömegek omlanak le, a melyek a tufák kifúvása következtében tartásukat elveszítették. Hegyomlások következtében a folyók tavakká torlódhatnak (*gát-, torlasztavak*), a melyeknek vizei azután gyakran hirtelen pusztítva törnek utat maguknak. Az is előfordul, hogy a hegyomlás a tavakat részben kitölti. Így történt ez a goldaui hegyomlás alkalmával, akkor a Lowerzer-tó kerülete kisebb lett. A kilikiai Taurusban a Tsakyt-Tsai nevű szűk szorost

betömte a hegyomlás, a folyó pedig eltűnt a tuskó- és törmeléktömegben s a föld alatt folytatta útját. Ezt a pontot *Jer-Köprü*-nek, földhídnak nevezik.

Azok a közettömegek, a melyek nagy erővel tartanak a mélység felé, különösen lassú, mozgás és erős átítatás alkalmával, omlási pályájukra korradáló hatást gyakorolnak és az alaptalaj bizonyos lesímitását idézik elő, ami hasonlít a glecser előidézte súroló hatáshoz. Párhuzamos karczolások is keletkeznek, a melyeket néha még a lesímitott törmelékeken is láthatunk.

Önálló tömegcsuszamlások még a víztakaró alatt is előfordulnak. A maximális hajlási szöglet alatt lerakódott üledékek az állóvizek partjain gyakran mozgásba jönnek és a partvidékkel együtt lecsúsznak. Erre vonatkozó példákat a tavak és tengerek partján sokszor megfigyeltek. Ilyen volt a zugi katasztrófa 1887-ben, mely alkalommal a partvidékkel együtt 20 ház süllyedt el, továbbá az odesszai parton 1897-ben. Ennek a jelenségnek az oka főképpen abban rejlik, hogy a partképző talajtömegek iszaptalajra települtek és az iszaptömeg a mélyebb tófenék irányába folyószerűleg sajtolódik ki. A *vízalatti (subaquaticus) talajmozgásokban* jóval nagyobb részük van ezeknek a csúszamlásoknak, miként azt eddig hitték. A mozgás kiváltása különféle módon következhetik be. Az is lehetséges, hogy alacsony vízállásnál nyomáscsökkenés következtében a magasabb részek túlterhelést idéznek elő, vagy pedig földrázkódások is megzavarhatják az egyensúlyt (v. ö. a partvidékek, különösen a rakodópartok csúszamlásaival a Földrengések cz. fejezetben). A csúszamlás oka mesterséges túlterhelés is lehet. Ilyen csúszamlások gyakrabban jelentkeznek a fosszilis lerakódásokban, a hol néha a partvidék durva képződményei - vastaghéjú kagylófaunájukkal együtt - összekeverednek a sokkal mélyebb vizekben keletkezett finom szemecskéjű képződményekkel s míg a durva képződménybe ágyazott kőületek erősen megsérültek, addig a mélyebb vizek gyöngédhéjú faunája sértetlen maradt. Az üledékes kőzetekben gyakran fordulnak elő redőzött részletek a zavartalan rétegek között. Ezt a jelenséget néha szintén csúszamlással magyarázhatjuk.

A vízalatti csúszamlásoknak nagy szerepük van a szárazföldi talapzat meredek hajlásában. Gyakran a kábelszakadásokat is ezzel magyarázhatjuk. Távol a szárazföldtől helyenkint durva görgetegeket lehet találni a finom mélytengerüledékben (Biskaya-öböl). Lehetséges, hogy hasonló folyamat szállította ide ezeket. A nagymértékű földrázkódások következtében bekövetkező tengeralatti hegycsúszamlásokat a Japán-szigetek meredek lejtőin, Dél-Amerika nyugati partjain és a Bengáli öbölben, a földrengéshullámoknak tulajdonítják. Ilyen csúszamlásokról, a melyek szeizmikus jelenségek következtében keletkeztek, az összes földrengéssel kapcsolatos tesztek említést és némely régi város eltűnését is erre vezethetjük vissza. Ilyen rengési csúszamlás következtében tűnt el a Peloponnesosban Helike városa, a melyet azután a tenger nyelt el.

2. Az állatvilág okozta letarolás és szállítás.

A kőzetanyagok letarolásában és szállításában csak nagyon alárendelt mértékben vesz részt az állatvilág. A pocsolyák iszapjában, vagy pedig laza talajban olyan helyeken, a hol nagy állatsordák szívesen tartózkodnak, lapos medenczék keletkeznek, a melyeknek tömeghiánya még azáltal is növekszik, hogy az állatok az anyagnak egy csekély tömegét eltávolítják. Az itatás alkalmával a csordák felveszik a vízben lebegő finom részecskéket s így elhurcolják a tócsák anyagát. Ez az anyagszállítás azonban csekély ahhoz, hogy nagyobb jelentőséget tulajdoníthassunk neki, a mint ezt különösen a Kalahári-sivatagra vonatkozólag föltették. A madarak is, különösen a vízimadarak, részt vehetnek az anyagszállításban, a mennyiben a lábukhoz tapadt anyagnyomokat elvihetik, amint ezt már a halikrák szállításáról kimutatták. Egyes madarak, pl. a struczok, továbbá a csúszó-mászók, így a krokodilus, azonkívül a fókák

kisebb köveket nyelnek el, a mik a táplálék zúzásához szolgálnak; ezeket »gyomorköveknek« nevezük. Az állatok ezeket a köveket ismét kiüríthetik s így olyan helyeken rakhatják le, a hol csodálkozást kelthetnek bennünk. Egyes állatoknak, pl. a birkáknak az a szokása, hogy egy bizonyos sziklafokhoz dörgölőznek, a melyen idővel csiszolás észlelhető; ez az úgynevezett *juhcsiszolat*.

A lejtős legelőtalajon, különösen a gyepes talajon a legelésző marhák a talajt lépcsőzetesen tapossák le úgy, hogy ezen *marhalépcsők* következtében a lejtőn többé-kevésbé vízszintes lépcsőfokozat keletkezik.

3. A víz működése.

A víz szerepe a Föld háztartásában.

Azok közül az erők közül, a melyek a Föld felszínének domborzatán a kiegyenlítést végzik, kétségtelenül a legfontosabb a mozgásban levő víz ereje. Bár ezek az erők a kiegyenlítésre törekednek, ebben a törekvésükben mégis jórészt éppen a Föld felszínének változatosságát teremtik meg. A víz működő ereje, a szerint, a mint folyó- vagy állóvízről van szó, főképpen a nehézségi erőből ered, vagy pedig az árapály és a szél folyamánya. A víznek az egész Föld felületén való elterjedésével szemben - a valóságban egy pont sincsen, a melyről teljesen hiányoznék -, továbbá a víznek nagy mennyiségével szemben, a mely a víz körútja alkalmával ismét megújul és végre a víz működésének jelentőségével szemben a többi letaroló erő nemcsak a Föld felszínén, hanem a litoszféra belsejében is messzire mögötte marad. A víz működését már a mállásnál is említettük, a mennyiben a víz a legfontosabb oldóanyag s egyúttal az oldott anyagok szállítója. Hatását az üledékes kőzetekről szóló fejezetben bőven tárgyaljuk.

A hidroszféra víztömegét 1336 millió köbkilométerben állapították meg s ez a víztömeg 361 millió négyzetkilométer vízfelületével vékony hártácska gyanánt a földfelületnek 71%-át takarja. Ha ezt, 3500 m közepes tengermélységet véve fel, ember nagyságú glóbuson akarnók ábrázolni, úgy ezen $\frac{1}{2}$ miliméteres réteg jelezné a vízburkot.

Az óceáni víztömeg e méreteihez képest a szárazföldeken levő tavak és folyók víztömege elenyészik, azonban, miként később látni fogjuk, mégis éppen ez viszi a legnagyobb szerepet a természet műhelyében, amennyiben a litoszféra lehordásában a főfeladat a szárazföldi víztömegre esik.

Nincsen módunkban azokat a víztömegeket megbecsülni, a melyeket a Föld belsejében a víztartalmú ásványok és a hegy nedvessége lekötve és a melyeket a magma elnyelve tart. Ez utóbbi nyúlékonyságát nagyrészt a gázoknak és gőzöknek köszönheti.

Azt a kérdést még nem sikerült eldönteni, vajjon állandó-e a Föld felszínének víztömege, illetőleg gyarapodik-e, avagy pl. víztől mentes ásványoknak víztartalmú ásványokká való átalakulása (hidratizálása) által fogyóban van-e? A vulkáni kitörések és exhalációk alkalmával a vízgőzök kiáramlását és a víz képződését tapasztaljuk, a mely a levegőre jutó hidrogén oxidálása által keletkezik; a hidrogén és a vízgőzök kiáramlását a magma gázvesztésére vezethetjük vissza. Azokat a víztömegeket, a melyek első ízben jutnak a Föld felszínére, fiatal (*juvenilis*) vizeknek nevezük. Miként később látni fogjuk, némely hőforrás eredetét szintén a Föld belsejéből származtatják. Ezek a folyamatok pótolják, sőt talán szaporítják is a Föld felszínének azon víztömegeit, a melyek a víznélküli ásványoknak víztartalmú ásványokká való változása alkalmával elfogyasztódtak.

Ezt a gondolatmenetet folytatva az a nézet alakult ki, hogy a Föld felületének vizei általában a magma gázainak távozásából származnak. Ez alapján véve nem egyéb, mint más kifejezés-módja annak az ősrégi nézetnek, a mely szerint a Föld ifjúkorában a fokozatosan haladó lehülés folytán bekövetkezett az anyagok szétkülönülése, az izzófolyós anyag különvált a gázalakú anyagtól. A gáznemű anyag természetesen csakis a szilárd földkéreg megalakulása után csapódhatott le folyékony állapotba. Valamikor tehát minden víz *juvenilis volt*; ez a gyarapodás azonban, a melyet ma kimutathatunk, meglehetősen háttérbe szorul azzal a víztömeggel szemben, a mely körútját végzi, vagyis a *vadózus* vízzel szemben.

A víz körútjában, bárhol is érintkezzék a szilárd földkéreggel, mindenütt letaroló vagy lerakó működést fejt ki. A folyékony állapotban való lecsapódás (esővíz) vagy a hóolvadás vize kezdi meg a munkát, a melyet a patak, a folyó és a folyam folytat; még a Föld alatt is folyik ez a munka.

A tengerek és tavak hullámai és áramlásai megtámadják a partokat és részben ezek alapzatát is; ezek a vízmedenczék a letarolás termékei részére kétségtelenül a legfontosabb lerakódási helyek. Azzal, hogy a jég milyen szerepet visz Földünk felszínén, egy későbbi fejezetben fogunk foglalkozni.

A szárazföldre eső csapadék, tehát az *atmoszférabeli* vagy *meteorbeli* (felszíni) vizek megoszlása az országnak az éghajlati övekben való fekvésétől, az uralkodó széliránytól, a tengertől való távolságától és az abszolút magasságtól függ. Az eső mennyisége a partoktól való távolság arányában fogy és a tengerszín feletti magassággal növekedik. A magas hegy-ségek, különösen azon részeik, a melyek a hóhatár fölé nyúlnak, a levegőnedvesség kondenzátorai gyanánt szolgálnak. A csapadék mennyisége széles határok között ingadozik. Míg ugyanis vannak vidékek, a hol úgy emlékeznek az utolsó esőre, mint valami eseményre, addig Közép-Európában az évi csapadék eléri a 700 milimétert, a Himalája déli lábánál pedig a 14 métert.

Az a 110.000 km³-nyi csapadék, mely évenként a szárazföldre hull, kitűnően illusztrálja a Nap melegének munkáját a maga energiájával együtt, a mely a vizet pára alakjában fölemelte. Ez a víztömeg a nehézségi erő hatása következtében a legrövidebb úton törekszik elérni a tenger tükreét, illetőleg a kontinensek nagyobb mélyedéseit, s mindezt az esés törvénye szerint súrlódás nélkül, nagy sebességgel kellene elérnie. Azonban a víztömegnek ezen az úton munkát kell végeznie, a Föld felszínén és a Földben le kell győznie a súrlódást; a laza anyagok tömegeit, a melyekkel útjában találkozik, magával kell hurczolnia, amellet még a medrét is kell mélyítenie, röviden, egész lefolyási területét le kell tarolnia, úgy hogy a sebességnek csak csekély töredékét tudja elérni, melyet akadály nélkül megtarthat.

A víz folyási sebessége s ezzel együtt hurczoló ereje is (horderő) az esés növekedésével ugrásszerűen emelkedik. Ha az esés kilométerenként $\frac{1}{2}$ cm, tehát 10 másodperc, akkor a víz mozgása felismerhető; ha 10 cm vagy 3.5 perc, akkor elérte a víz a hajózhatóság határát; 30 percnél már fejnagyságú görgetegek gurulnak, míg $1\frac{1}{2}^\circ$ -nál a víz $\frac{2}{3}$ m átmérőjű tuskókat visz magával. 5° -nál nagyobb hajlású lejtőn a folyó kaszkádokra, lépcsőzetes vízesésekre bomlik. Az egyes szállított kődarabok súlya a folyó sebesség hatodik hatványával növekedik.

A folyó víznek az alytalajra gyakorolt romboló hatását a *folyó víz eróziójának* nevezzük. Az erózió azon mállási termékek elszállítása, a melyeket a víz útjában talál, továbbá a víz pályájának a súrlódás következtében létesített kivájása (szorosabb értelemben vett erózió, *korrázió*), a mely tiszta víznél mérhető értéket nem adhat, azonban a magával hurczolt szilárd anyagok folytán nagyon jelentékeny lesz. A folyó víznek ezt a kétféle munkásságát a valóságban nem választhatjuk el egymástól.

A csapadék mennyiségének megoszlása az idő szerint nagyon különböző és éppen így váltakozik az ettől függő és az alaptalajra való mechanikai hatás is. A ritka, heves esőzések hirtelen beálló, nagy eleven erejük folytán sokkal erősebb eróziós jelenségeket idéznek elő, mint a tartós, csekély csapadék, a mely viszont nagyobb chemiai mállást okoz. A víz mechanikai hatása legnagyobb az olyan csupasz talajon, a melyen sok a mállási törmelék, tehát a magas hegységekben az erdőhatár fölött, a sarkvidékeken, sőt még a sivatagban is, a hol a csapadék mennyisége ugyan csekély, de ez kevés záporosó útján jut a földre és így erős eróziót fejt ki.

A lehullott csapadékmennyiség legnagyobb része azonnal elpárolog és visszatér a légkörbe; egy része azonnal lefolyik a felszínen, egy része beszivárog a hasadékokba vagy pedig a vízeresztő alaptalajba, más részét megtartja a növénytakaró és részben lassanként ismét visszaadja a levegőnek. Ezek az egyes mennyiségek a talaj minemősége szerint nagyon különbözők; a vízrekesztő, lejtős és csupasz talajon az eső mennyiségének nagy része lefolyik, az erősen megrepedezett kőzetbe és a kavicsos vagy homokos talajba beszivárog, míg a buja növénytakaró, különösen az erdők humuszrétege mohón felszívja az esőt. A dombvidéken és a síklapos vidékeken az eső 20-40%-a folyik le, a magas hegységben pedig 50-70%-a. Az erdőkben a szétterjedés és felszívódás következtében sok elpárolog. Az erdőkben egyébként nem éppen nagy az infiltráció. A lombos fák, különösen lombtalanságuk ideje alatt, sokkal több vizet engednek be a talajba, mint a tűlevelűek. Vízrekesztő vidékek mélyedéseiben az erős eső sekély tavakat alkot, melyek lassanként párolgás következtében eltűnnek, úgy hogy a víz egészen visszatér gázformájú állapotába.

A csapadék hatása tehát az éghajlat szerint nagyon különböző. Ezt tekintetbe véve megkülönböztetjük a *nedves éghajlatot*, a hol a csapadék nagyobb az elpárolgásnál, ezek a vidékek tehát vizet szállítanak; azonkívül megkülönböztetjük a *száraz éghajlatot*, a hol a párolgás a túlnyomó, ezeknek az országaiba a víz hozzáfolyik. Ezek a *periférikus* (nedves) és a *centrális, központi* (száraz) vidékek. A vízfolyásos (periférikus) nedves vidékeken a vízvázasztók a kulmináló pontokból indulnak ki, sokfelé elágaznak és szélesen nyitott ívek gyanánt kísérik a folyóvidéket a tengerig, anélkül, hogy másokkal összetalálkoznának. A központi (száraz) vidékek ellenben olyan vízvázasztókat mutatnak, a melyek zárt csokrokat alkotnak és hálónak egyesülnek; azonkívül lefolyástalanok, a vízfolyások elapadnak vagy lefolyástalan tóba (*végtó*) torkolnak. A periférikus (nedves) vidékeken a víz arra törekszik, hogy a szárazföld levált és magával hurczolt tömegeit a tengerbe vigye, általában letarol, míg a központi, lefolyástalan vidékeken a mállási termékeket összehordja a víz és a letarolás csak a széleken uralkodik. A víz törekvése itt odairányul, hogy a tájképi formákat betemesse és a domborzati különbségeket kiegyenlítse. A lefolyástalan vidékekhez tartoznak a sivatagok, ámbár nem minden lefolyástalan vidék sivatag. A széles síkságok steppékké alakulnak, vagy pedig a szélekről odaáramló vizek hatása folytán gazdag növényzetűek, mint a Káspi-tenger széles folyamvidéke, az utahi Nagy-Sóstó és más végtavak vidéke. Azokat a vidékeket, a melyek csak bizonyos időben (az esős időszakban) szállítják vizeiket a tengerig, egyébként azonban, különösen a letarolási formákban sivatag-jelleget mutatnak, *félsivatagoknak* nevezzük. Ezek a sivatagövből a mérsékelt és trópusi övbe való átmenetet tárják elénk.

A folyó víz szállító működése.

Az esőcseppek a Föld felszínét nagy eleven erővel érik el s hatásukat minden puha talajon fölismerhetjük. Plasztikus, különösen agyagos talajon gyakran láthatjuk azokat a lapos tányérkaformájú benyomokat, a melyeket az esőcseppek idéznek elő. Ha a talaj kiszárad és a rátelepült rétegek megóvják a pusztulástól ezeket a nyomokat, akkor azok meg is

maradhatnak. Ezek a *fosszilis esőcseppek*, a milyeneket a Föld régebbi korszakaiból ismerünk (249. kép). A lefolyó esővíz hatása minden szántóföldön, minden csupasz lejtőn látható a laza anyagon, a mennyiben az esővíz leöblíti a felszíni talajréteg finom alkotórészeit. Ez az eltávolítás azon számtalan egyes vonal mentén történik, a melyeket az esővíz mélyít ki (*esőcsatornácskák, csorgók, esőrovátkák*). Ezek a csatornák idővel a víz oldó hatása következtében szilárd kőzetbe is bevágódhatnak, miként ezt különösen a sósziplákon és a karsztos vidékek mészkőszikláin láthatjuk (223. kép).

Az egyes vízszálacsákák a legmélyebb pontokon egyesülnek és csatornák keletkeznek, a melyek követik a talaj legnagyobb hajlását: a *lejtőt*. A letarolás tehát a hegy lejtőjének felső részében inkább felületi, míg az alsó részén egyes vonalak hosszában megy végbe (ereszkedő völgyek).

[244.JPG]

249. kép. Esőcseppek benyomatai agyagban.

A meredek lejtőkön, a hol könnyen elpusztítható kőzetek, pl. homok, agyag, márga, hegyi törmelék, kavics s ezekhez hasonlóknak vannak a felszínen, mély elágazó csatornákat váj ki a víz (*torokvölgyek*, 258. kép) és a meredek falakat oszlopokra, tornyokra, kúpokra és piramisokra bontja, a melyek különösen a vízszintes rétegzésű kőzetekben a váltakozó szilárdság következtében gazdag tagozódást mutatnak. Egyes országokban, így Kilikiában és Boszniában romvárosoknak nevezik ezeket, a melyekhez valóban hasonlítanak is (250., 251. kép).

[245.JPG]

250. kép. Földpiramisok Daničići mellett Boszniában. (WÄHNER F. fotografiai fölvétele szerint.)

Ha a vidék könnyen elpusztítható, agyagos vagy homokos-agyagos kőzetekből áll, a melyek nedves állapotban pépszerűen széjjelfolynak, akkor vadul szétszaggyagott lejtők keletkeznek. Záporesők alkalmával szilárd törmelékkel megterhelt iszapfolyamok hömpölyögnek le a völgybe, a melyek a víz elpárolgása következtében csakhamar lávafolyamhoz hasonlóan megmerevednek és a gazdag vegetáció között gyakran szomorú látványt nyújtanak. Ezt a következő eső ismét folyékony péppé változtatja s ez a pép lassan tovább folyik (251. kép). Az Apennineken a »frane«-k (hegyrogyások) gyakran pusztító iszapfolyamokat alkotnak.

[246.JPG]

251. kép. Tagozott hegyfalak és iszapfolyam Irnabol mellett, Kilikiában. (SCHAFER X. F. fotografiai fölvétele szerint.)

Hasonló jelenségeket mutatnak azok az iszapfolyamok, a melyek vulkáni hamuból és tajtkőből állanak és a melyeket a kitörések alkalmával lezúduló záporesők, vagy pedig a hó-olvasások öblítenek le. Ha az ilyen csekély ellenállóképességű kőzetekbe, mint pl. az agyagba, tufába vagy a régi glecserek morénáiba nagy tuskók vannak beágyazva, ezek, mihamar a felszínre kerülnek, kitűnő oltalmat nyújtanak a víz további lehordása ellen és mint valamely karcsú torony védő tetői (*földoszlopok, földpiramisok*) megmaradnak; gyakran 10 m magasak, sőt elérik a 30 m-es magasságot is. Takaróköül szolgálhatnak még azok a beágyazott, ellenállóképességű padok is, a melyek kis táblákra vannak szétoszolva. Gyönyörű példa erre a Ritten Bozen mellett és Dél-Tirolban az Avisio folyó területén a Segonzano vidéke. Egyes *gombasziklák* keletkezésüket szintén a kőzet megkeményedett részeinek köszönhetik, a melyek az elmállás következtében keletkezett nyílt megóvják a teljes lehordástól.

[247.JPG]

252. kép. A földpiramisok keletkezése. (LYELL CH. szerint.)

Ha a nagyon különböző ellenállóképességű rétegek meredeken vannak felállítva és a víz megtámadja őket, a laza telepek pusztulása következtében a szilárd padok gyakran nagyon meredeken törnek elő. Így a bizarr alakok egész sorozata keletkezik: falak, csipkék, obeliszek, tornyok stb., a melyek egyes vidékeken, különösen Észak-Amerika középső részeiben, nagy változatosságban tűnnek elő, úgy, hogy az egyik vidéket a »monumentumok parkjának« neveztek el. Szép példái a Front Range előhalmai Colorado Springs Colo-nál (254. kép). Az ilyen erózióformák csakis a száraz, esőtlen éghajlat alatt maradnak meg, a hol a kémiai mállás nem kezdi ki őket annyira, mint a mi nedves vidékeinken. A kőzetek szilárdságának azonban mindenütt nagy jelentősége van a vidék tájképére nézve: ennek kicsi formáira, valamint nagy vonásaira nézve is, a mennyiben a nagyobb ellenállású kőzetek kiemelkedések vagy sziklavonulatok alakjában alakulnak ki, míg a domborzat mélyedéseit gyakran a könnyebben elpusztítható kőzetek határozzák meg. Ez a tapasztalat a geológusnak gyakran gyorsan sok és értékes útmutatást ad, a mikor valamely vidékről áttekintést akar nyerni, a mit különben csak a talaj minemiségének fáradságos vizsgálata útján tudna elérni.

[248.JPG]

253. kép. Földpiramisok a Ritten-en Bozen mellett. (WEHRLI A. G. fotografiai fölvétele szerint.)

[249.JPG]

254. kép. A templomtornyok a Garden of the Gods-ban Colorado Springs mellett, az Észak-Amerikai Egyesült-Államokban. (Vásárolt fotográfia szerint.)

A vízszintesen rétegzett vagy tömeges sziklarészleteket gyakran vertikális hasadékok járvák át; ezek két irányt követnek és vagy a diaklázok, vagy pedig a gárok jelzik azokat előre. Különösen szép példákat láthatunk ezekből a Szász- és Cseh-Svájcban (az Elbei homokkő-hegység, a Weckelsdorfi sziklák). A hasadékok mentén az elmállás működik, a víz ennek termékeit lemossa és szűk, mély vízmosások a platót meredekfalú kőzettömbökre bontják fel, a melyek egyenközi sziklaformák, különösen pillérek és tornyok labirintját alkotják (255. kép). Dél-Tirol dolomithegyei között hasonló keletkezésű és sokkal nagyobb szerű sziklarészleteket találhatunk. Ilyen a három bástya (die drei Zinnen 256. kép), a rózsakert tornyai stb., a melyek az egykor vízszintesen rétegzésű kőzetekből álló nagy kiterjedésű táblának utolsó maradványai. Az ilyen magasalpesi formák kialakításában a fizikai mállás és a heves szelek deflációja is közreműködik.

[250.JPG]

255. kép. Az adersbachi sziklák az Óriáshegységben. (ECKERT H. fotografiai fölvétele szerint.)

A nagy törmeléktömegek, különösen a fizikai mállás termékei, olyan vidékeken, a hol hiányzik a növénytakaró, a meredek sziklahegyek lábait eltakarják. Ezek a törmelékek felhalmozódnának és a mint a Kuenlun hegységben kimutattuk, a hegységet maguk alá temetnék, ha a heves záporosók ezeket át nem itatnák és hirtelen, törmelékfolyam gyanánt a mélységbe nem sodornák. Így történik ez a sivatagban, a hol a heves záporosók alkalmával a nagy víztömegek leviszik magukkal az iszapot, a törmelékeket és a tuskókat, a meredek lejtőket elöntik ezzel a tömeggel, a melyek útjokat még a száraz völgyekben is folytatják (Ssel), vagy pedig a csaknem lapos síkságon elterülnek. Itt a száraz talaj beissza a vizet, vagy

pedig elpárolog az és csak a szakadékos, el nem különült anyaggal fedett talaj marad meg, a mely hosszú időn át a szél hatásának van kitéve. A szél azután eltávolítja a finom tömegrészeket és csak a köves felület marad meg belőle. Ilyen *rétegáramlásokat* Észak-Amerika és Kis-Ázsia különböző száraz vidékein ismerünk. Ezek a rétegáramlások a széles síkokon lerakodóan működnek. Bár a víz korráziója a sivatagban csak rövid ideig működik, hatása a magával hurczolt hatalmas közettömeg és a gyors mozgás folytán mégis igen jelentékeny. Ezért a sivatagi folyók völgyei a hegyes vidékeken, különösen pedig a hegylépcsők szélein gyakran nagyon mélyen be vannak vágva, a völgyfalak pusztán és meredeken emelkednek ki a sík völgyfenékből. Minthogy az utazók ezeket a folyamatokat rendesen nem tudták megfigyelni, sokáig azt hitték, hogy a sivatagok völgyképződései a csapadékokban gazdagabb időkből származnak és ma szünetelnek. Ez azonban csak részben van így. Az elhurczolt közettömeg a súrlódás következtében a finom kőzetpor segítségével, a mely mint fényező anyag szerepel, könnyedén lecsiszolódik, némelykor pedig éles csúcsokkal karczolódik.

[251.JPG]

256. kép. A három Bástya (Die drei Zinnen) a Paternsattel felől nézve. (BEER A. fotografiai főlvétele szerint.)

A sivatag pereméről lerohanó folyók, ha mindjárt vízben bővelkednek is, sokat veszítenek párolgás és beszívódás következtében és végre is sok ágra szakadva, egészen eltűnnek a forró homok- és kavicstalajban. Csakis azok a vízfolyások tudják vizüket valamely teknőben *végtővé* összegyűjteni, a melyek a hegységből hatalmas vízpótlást kapnak. Az ilyen tó lefolyástalan és tükre az odafolyás szerint nagy színtingadozásokat mutat. A lapos talajalakulás azt hozza magával, hogy folyamatok közben a tó körvonalai nagy változásoknak vannak kitéve, a mennyiben gyakran előfordul, hogy víz állásának már csak csekély emelkedésével is a tó a síkon messzire kiterjeszkedik. A mennyiben a kiszáradó folyónyulványok, vagy pedig a végtavak torkolatai lerakják azt az összes anyagot, a melyet a folyók magukkal hoznak, a törmeléktakaró szélesen kiterjeszkedik és a tavak a feltöltés következtében feltartóztatlanul és gyorsan közelednek végük felé. Erre valamennyi sivatag számos példát nyújt. A nagy sivatagok vidékein csak kevés és vízben különösen bővelkedő folyamoknak sikerül keresztülhatolniuk, a nélkül, hogy kiszáradnának. Ilyenek a Colorado és a Nílus, a melyeken azonban a párolgás és vízleadás következtében beálló vízvesztesség a mohón felszívó partvidéken tetemes.

[252.JPG]

257. kép. Vízigyűjtő tölcser, szurdok-szakadékkal és deltával, két oldalán esőbarázdákkal. (SCHAFER X. F. fotografiai főlvétele szerint.)

A magas hegységekben, a melyeknek legfelső területeiről hiányzik az összefüggő elmállási és növénytakaró, a légkörből származó víz gyors lefolyást talál. A hóolvadás idején és heves záporosók után nagy víztömegek folynak le, míg egyébként a számos kiaszott meder és árok szárazon húzódik. Minden mederben vízerecskék keletkeznek és *vadvizekké*, »*torrensekké*« egyesülnek. A magasvidék domborzata a hóhatár és az erdőv között előmozdítja ezt a jelenséget. Ez a vízigyűjtő-terület széles tölcserékből képződik, a melyek általában minden völgyvégződés alapformái. A vizek gyorsan összegyűlnek ezekben és lefelé szűk szorosba, a *szurdokba* mennek át (257. kép). Ennek kijáratánál a kiszélesedő völgyben *törmelékkúp* vagy *üledékkúp* kerül el. A lejtőket nagy tömegben borító mállási törmeléket a vizek leviszik magukkal. Az iszapos víz zúgó folyama görgetegekkel, tuskókkal és fatörzsekkel

megterhelve, gyakran mint valódi iszapfolyam hömpölyög a völgybe. A hömpölygő anyag kétharmada finom és durva kőzetanyagból van s csak egyharmada víz. Különösen az egykor eljegesedett vidékeken, a hol morénátörmelékek nagy tömegei hevernek, mindenütt ráakadunk ezekre az iszapfolyásokra, *múrokra* vagy *kőtömbökkel kevert iszaplerakódásokra*¹² (258., 259. kép).

[253.JPG]

258. kép. A múr (iszapfolyás) gyűjtő-területe torokvölgyekkel a Lammbach-szurdokban Égerten mellett, Svájcban. (BALTZER A. fotografiai fölvétele szerint.)

[254.JPG]

259. kép. A kienholzi iszapfolyam lerakódási területe a Brienzi-tónál 1896-ban. (BALTZER A. fotografiai fölvétele szerint.)

Ezek a lefelé haladó törmeléktömegek a patakokat és a folyókat el is rekeszthetik és megtorlódott tavak keletkeznek, a melyek gyakran hirtelen pusztítva kiürülnek és a mélyebben fekvő völgyszakaszt elpusztítják. Ilyen kitörések alkalmával a kőzetanyagok nagy tömegei és köztük, mintegy a pépben úszva, óriás tuskók mozdulnak el. Különösen az alpesi szerkezetű hegyvidékeket érik gyakran ilyen katasztrófák, a melyek a szokatlan mállási viszonyok következtében gyakran nagy területeken megismétlődnek. Ezen az úton sok termékeny szántóföld tönkremegy és a szegény magasvölgyek teljesen elveszítik azt a képességet, hogy a takarékos népességet táplálni tudják. A széles völgyek kőszivatagokká alakulnak át, a melyeken keresztül rendes mállási viszonyok között vízerecske kígyózik s erről nem is sejthetjük, hogy alkalmilag pusztító folyam gyanánt tölti ki az egész lapályt (260. kép).

[255.JPG]

260. kép. A Fella kavicsmedre Chiusaforte-nál, Itáliában. (BEER A. fölvétele szerint.)

A francia Déli-Alpok három század alatt iszapos kőfolyással való elárasztás (elmúrosodás) folytán művelhető talajuknak háromnegyedrészt elveszítették és ennek következtében 1836-tól 1866-ig Haute és Basses Alpes megyék kivándorlás folytán 25000 lakost veszítettek. Ha a patak a vízválasztó közelében torkollik a fővölgybe és valamely törmelékkúpon ingadozik, folyását megváltoztathatja, és pedig úgy, hogy a vízválasztón keresztül egy másik folyóba ömlik, a mint ez Fersina-nál a Sugana-völgyben megtörtént. Ez a patak ugyanis régebben a Caldonazzo-tóba sietett, most pedig az Etsch felé irányítja folyását. Ha azt a tavat, a mely a fővölgy elrekesztése révén keletkezett, a lerakódások kitöltik, a völgyfenéken lépcsők keletkezhetnek, a melyeknek omlásai folytán a folyó lassanként mély ágyat mar magának.

Bár az iszapos elárasztás okai olyan mélyen gyökereznek a hegyek természetében, hogy irányításuk meghaladja az emberi erőt, mégis az előrehaladó erdőirtás kétségkívül nagyon előmozdítja. Az erdőállomány és a magas vidékeken különösen a törpe fenyő és az alsóbbrendű harasztok és mohák sűrű párnái megóvják a kőzetet a gyors elmállástól, megkötik a laza anyagot és megakadályozzák a víz gyors lefolyását. A vadvizetek veszedelmének elhárítására már régen szabályokat állítottak fel, kímélték a véderdőket, érdesítettek és a

¹² Hosszantartó záporok után a vadpatakok gyakran hatalmas iszap- és kőfolyásokká (múrokká) változnak, a melyek hosszú völgyrészeket borítanak el. Ilyen múrok 1874-1875-ben az Inn felső völgyében Ried mellett 320000 köbméter törmeléket halmoztak fel.

medreket völgyelzárással beépítették. Erős falakat emeltek, a melyek a patak lefolyását keresztben elzárták s így próbálták a görgetegtömegek továbbszállítását megakadályozni. Ennek a hatása azonban csak átmeneti, mert a megtorlódott víz medenczéje csakhamar megtelik hordalékokkal és gyakran előfordul az, hogy a tömeg nyomása következtében enged a torlasz, mire az iszapelöntés még hevesebb lesz. Jelenleg a vadvizek beépítésének gazdagon kifejlődött technikája működik Európa legtöbb fenyegetett vidékein; az elmállás elleni harcot már a patak belépési területén kezdi meg, a hol a rugalmas sövénygát; (rőzsényalábok), fűzfák ültetése (élősövény) vagy a száraz falak megtörik a lefolyó csapadék erejét és megkötik az anyagot. Ezzel karöltve megy végbe a növénytakaró kifejlődése. Ezek a rendszabályok csökkenthetik ugyan a légkörből lecsapódó vizek hatását, de egészen meg nem akadályozhatják, mert ez a hatás az egész Földön el van terjedve és feltartóztatlanul halad célja felé, hogy a felszíni kiemelkedéseket egészen a tenger tükréig letarolja.

A vízfolyás szállítása, vagyis *vonszoló (sodró) ereje* annál nagyobb és a korrázió annál erősebb, mennél nagyobb az egyszerre támadó víztömeg és ennek sebessége. Ez a két feltétel a magas hegységekben teljesül a legjobban s ezért itt találjuk a legfeltűnőbb letarolási jelenségeket. A középhegységben a növénytakaró miatt és a többnyire megcsökkent esés következtében sokkal gyengébb a letarolás, míg a dombvidéken és sík földön egész csekélylé válik.

A kisebb vízfolyások összeömléséből származnak a nagyobb patakok, folyók és folyamok. A folyók esése a felső folyástól az alsó folyásig lassanként csekélyebb lesz s így folyási sebességükből s ezzel együtt *vonszoló erejükből* veszítenek. A legtöbb nagy folyam folyási sebessége alig nagyobb 1 ½ m-nél másodpercenként, tehát akkora, mint a jó gyaloglóé. A sebesség egy és ugyanazon a helyen a víztömeg szerint tág határok között ingadozik és magas vízállásnál a rendesnek többszöröse. A folyam sebességét csökkenti a víznek az altalajjal és a levegővel való súrlódása. Mennél kisebb a súrlódási felület, vagyis mennél kisebb a szelvényvonal a meder szelvényfelületéhez viszonyítva, annál csekélyebb a súrlódás. Ezért a súrlódás a félkör alakú szelvényben a legkisebb, míg a meder nagy szélessége és csekély mélysége mellett a legnagyobb. A legnagyobb folyamsebesség vonala vagyis a *folyam sodra*, a víztömegben a legnagyobb mélység fölött van, még pedig a sebesség valamivel a víz felszíne alatt a legnagyobb. A sebesség a fenék és a partok felé csökken.

Heves esőzés vagy gyors hóolvadás alkalmával a gazdag vízömlés következtében valamely folyónak szüntelenül ingadozó vízszolgáltatása a rendeshez képest ezerszeresen, sőt még többszörösen is megnövekedhetik s még hozzá természetesen akkora erőt fejthet ki, hogy hatását nehéz lenne a vizek rendes, békés képéből megérteni. A magas hegységek folyóinak megszokott minimuma tére esik, mikor a hideg miatt semmi hozzáfolyása nincsen. A középhegységek folyóinak legmélyebb vízállása száraz nyarak után, ősszel van. E szabályos évszakos ingadozások mellett a körülbelül 35 éves periódus váltakozása is észrevehető s ez az éghajlati ingadozásokkal függ össze. A nagy diluviális eljegesedés korszakában nagyszabású eróziós jelenségek fejlődtek ki, melyeket a mai működésben, levő vízi erőkkel nem tudnánk megérteni: megmagyarázásukra többszörösen fokozott fluviális működést kell föltennünk.

Szokatlanul nagy csapadékviszonyok alkalmával a távoli, nagy kiterjedésű vízgyűjtő-területeken olyan víztömegek rohannak le, hogy katasztrofális magasvizek, árvizek keletkezhetnek. Ezek nagyjelentőségűek a geológusra nézve, mert hiszen rövid idő alatt szeme láttára olyan hatásokat idéznek elő, a melyeket egyébként csak lassanként, alig követhetően, hosszú időközökben lehetne megfigyelni. Azon nagy károk miatt, a miket e jelenségek az áradások vidékén okoznak, már régen foglalkoznak azzal a gondolattal, hogy erejüket megtöriék. Régebben a partvidéket a magas vízállás (árvíz) ellen töltésekkel védték, a melyek a folyót

medrében tartották. Jelenleg azonban inkább feltorlasztott vízmedenczék vagy gyűjtő-medenczék alkalmazásával iparkodnak a veszélyt megelőzni, a melyek a felső szakaszon az árvizet felfogják és ártalmatlan mennyiségben engedik le, azonkívül az alacsony vízállás idejére még jelentékeny víztömeget raktároznak el az erőműveknek is. Az ilyen, sok millió köbméter vizet tartalmazó duzzasztóművek, völgyzáró-gátak elhelyezése a vidék geológiai viszonyaitól függ. Különösen Németországban, Franciaországban és más nagyiparos vidékeken készítettek ilyeneket. Nem éppen az árvizek miatt, hanem abból a célból, hogy a vízfolyások elapadását nyáron lehetőleg megakadályozzák és az értékes nedvességet egész éven át egyenletesen eloszák a száraz országokban: Egyiptomban, Arizonában, New-Mexikóban stb. hatalmas gyűjtőmedenczék építenek, a melyekkel nagykiterjedésű földrészek öntözéséről gondoskodnak. Így javítja az ember a természeti erők szertelenségeit és a saját szolgálatába állítja.

Azok a szögletes tuskók és törmelékek, a melyek a hegységek meredek lejtőiről a patakok medrébe zuhannak, különösen magas vízállás alkalmával gördülnek le és mozdulnak tovább. Eközben szétrombolódnak, a súrlódás következtében éleiken és csúcaikon lecsiszolódnak, legömbölyödnek, miközben az éles kőzetpor a csiszolóporhoz hasonlóan csiszolóeszközzül szolgál. Kisebb görgetett darabok, a *görgetegek*, vagy pedig kerek, korongalakú lapos kavicsok keletkeznek, a melyek a ledörzsölődés következtében mindinkább kisebbbednek és golyóhoz hasonlóvá válnak. Felszínük fénytelen és csak nedvesítve fénylik. Fölhalmozódásukat *kavicsnak*, *gömbölyű kavicsnak* nevezzük. A diónagyságú kavicsokat guruló vagy *csörge-kavicsoknak* nevezzük. A szétdörzsölés további termékei, különösen az összetett kőzetekből végre is a váltakozó nagyságú kisebb szemecskék, a melyek szögletesek vagy pedig le vannak gömbölyítve s ezeket a szemecskéket *homoknak* nevezzük. Eközben a keményebb, nagyobb ellentállású ásványok különválása is folyamatban van s ez azt idézi elő, hogy végre is csak a legszilárdabb ásványok, különösen a kvarcz és egyéb szilikátok, a titánvas és mágnesvas, valamint a tömöttebb tömeges kőzetek szemecskéi maradnak meg. A meszek és más könnyen szétdörzsölhető kőzetek a mechanikai és chemiai szétrombolódás következtében korán eltűnnek. Az a közhasználatban levő beosztás, a mely a finomabb szétdörzsölési termékeket a szemecskék nagysága szerint osztályozza, természetesen nagyon ingadozó. E szerint a következő termékeket különböztetik meg:

1. por (nedves állapotban iszap), szemecskéjének nagysága	0.05 mm alatt
2. finom homok, szemecskéjének nagysága	0.05-0.25 mm között
3. közepes homok, " "	0.25-0.50 mm között
4. durva homok, " "	0.50-1.10 mm között
5. nagyon durva homok, " "	1.10-3.00 mm között
6. kövecs, " "	2.00-3.00 mm között
7. finom kavics, " "	4.00 mm-ig
8. közepes kavics, " "	7.00 mm-ig
9. durva csörge-kavics, " "	7.00 mm-nél nagyobb

A mechanikai szétrombolódás végső terméke a chemiai málláséhoz hasonlóan főképpen a finom homok, a mely kvarczból és más szilikátokból, csillámpikkelyecskékből és agyag részecskékből áll.

A különböző áramlási sebesség következtében a görgetegek és homokszemek súlya és nagysága szerint bizonyos különválás következik be, még pedig először is a nagyobb tuskók

és görgetegek állanak meg a fenéken és csak a víz taszító erejének további vesztesége következtében következnek be a kisebb görgetegek, kavicsok és a durvább homokszemek lerakódása, míg végre a nagy folyam lassú áramlása csakis a legfinomabb porrá dörzsölt anyagot tudja elszállítani. A görgetegek és a durva homokok a folyó medrének fenékén tovagördülve mozognak; a folyó csak a legfinomabb részecskéket viszi magával a víz *megzavarodása gyanánt*; végre részben ezek is lecsapódnak, míg egy részük szüntelen lebegve a mozgó folyóvízben marad. E mellett a fölverődés, vagyis a folyóvíznek fölfelé való mozgása, jelentékenyen támogatja a hordó erőt. Azt a szilárd anyagot, a melyet a folyók a fenéken vagy pedig a vízben lebegve magukkal visznek, *hordalék anyag*-nak, röviden *üledéknek* nevezzük. A következő táblázat az áramlás sebessége és a szállított anyagok között levő viszonyt mutatja.

<i>A víz sebessége másodpercenként:</i>	<i>Az óránként megtett út:</i>	<i>A víz szállít:</i>
7.5 cm	0.27 km	legfinomabb iszapot
15 "	0.54 "	legfinomabb homokot
20 "	0.72 "	körülbelül ½ mm átmérőjű homokot:
30 "	1.08 "	finom kavicsot
60 "	2.16 "	1.5 cm átmérőjű görgeteget
90 "	3.24 "	tojásnagyságú szögletes darabokat.

Egyes vékonyrétegzésű kőzetek sokszögű, táblás törmelékdarabokat szolgáltatnak, a melyek cserépszerű alakjukat megőrzik (*táblás kavicsok*). Minthogy minden folyó medre egyesíti magában vízgyűjtővidéke kőzeteit, azért bármely kis vízfolyás görgetegeiből a szomszédos hegységek mineműségére következtethetünk. Kavicsa bizonyos mértékben visszatükrözteti a legközelebbi környezet helyi színezetét és ezért *helyi kavics*-nak nevezzük. Nagyobb távolságra való szállítás alkalmával a különválasztódás következtében ez a következtetés nagyon bizonytalanná válik, mert tudvalevőleg a puhább kőzetek útközben eltűnnek. Így a Dunában Bécsnél körülbelül 70 cm³ nagyságú 100 görgeteg közül 62 kvarczból, 12 mészből és dolomitból és 26 más egyéb kőzetekből áll. A csörge- vagy darás kavicsok között a kvarczok még jobban uralkodnak. Bár a folyam összes nagyobb mellékvezei az Alpokból származnak, kavicsaiban az alpesi meszek teljesen háttérbe szorulnak.

A keményebb és ellenállóbb alkotórészek elterjedése és a könnyebb kőzetek elhordása következtében kiváltképpen a kemény és nehéz ásványszemecskék, mint pl. a gyémánt, a rubin, a zafir, az arany, a platina, az ónércz stb., a melyek a hegységek kőzeteiben csak ritkán fordulnak elő, bizonyos pontokon a homokban annyira felszaporodnak, hogy összegyűjtésük izapolási folyamattal jövedelmezővé válik. Ezeket az előfordulásokat *mosásoknak* nevezzük (aranymező, platinamező, rubinmező stb. mosásai) és ezekből származnak legnagyobb részben a világpiacra előforduló nemes fémek és sok drágakő.

A vizesések lábainál, a hol a szállító erő váratlan akadályra bukkan, a folyó lerakja a durva görgetegeket. Ezt utánozza a vadpatak-szabályozás is, a mennyiben a víz folyását mesterségesen egyes lépcsőkre bontja. A hol a lomha áramlás, a lassú folyás, vagy a túlnagy hordalék-szállítás következtében a folyó szállító ereje kezd megbénulni, mindinkább hátramaradnak a szállított kavics- és homoktömegek, a melyek csakis árvizek alkalmával mozognak tovább. A lerakódott laza tömegek többé-kevésbé vastag réteget alkotnak azon völgy fenékén, a melyen keresztül a folyó útját veszi; ez a *kavicság*, a melybe a folyó a vízmedrét mélyíti. A kavicság néha nagyon széles és a völgy egész szélességét kitölti. Vastagsága a Dunában Bécsnél 16

méter. A folyónak először még van annyi ereje, hogy a sodrában magával tudja vinni a görgetegeket és a homokot, de az oldalsó csekélyebb áramlás már lerakja ezeket és itt, valamint a kanyarulatok domború ívében, a megtorlódott vízben vagy pedig a szigetek és sekély helyek védelme alatt, a folyó kiszélesedésénél, a hol az áramlás megbénul, vagy pedig két vízfolyás összetalálkozásánál, a holt szögletben, *homok-* és *kavicszátonyokat* épít fel. Ezek a zátonyok különösen magas vízállás alkalmával magasabbak lesznek és először csak alacsony vízálláskor, későbbben azonban állandóan szárazak maradnak (*folyammelléki berkek*) és gazdag talajt nyújtanak a növényzetnek. Azok a zátonyok, a melyek a folyam sodrától függnék, ennek változása szerint vándorolnak a folyón lefelé és váltakozó fekvésük miatt a hajózás útvonalán veszélyessé válnak. Bécsnél a szabályozott Dunamederben a homokzátonyok évenként körülbelül 200 méternyire vándorolnak (261. kép). Azonban a kavicsmeder egész tömege is bizonyos lassú mozgásban van. A folytonos növekedés következtében a folyó medre a völgyfenék fölé is emelkedhetik és ezt árvíz alkalmával el is boríthatja (*árterület, inundációs vidék*), a mikor csakis finom anyagok rakódnak le. Emellett a folyó megváltoztathatja folyását és nagy pusztításokat okozhat. A Pó alsó folyásában a síkságon magasabban folyik, úgy hogy nagy gátakkal kell a medrében tartani; a Hoangho gátszakítással ismételtén megváltoztatta alsó folyását és nagy katasztrófákat okozott, a melyek több millió emberéletet semmisítettek meg.

[256.JPG]

261. kép. A homokpadok vándorlása a szabályozott Duna medrében Bécs mellett. (LIBURNAU J. LŐRINCZ szerint, HÖRNES R. könyvéből.)

Ha a folyóvíz valamely állóvízbe torkollik, akkor a meggátolt áramlás következtében a leülepedő hordalék-anyagnak a súly szerint való gyors elkülönülése következik be s ebből az anyagból legelőször a görgetegyek, azután a homokszemek hullanak a fenékre, míg végre a legfinomabb megzavarodás is lecsapódik. A leülepedéssel bekövetkezik a víz *megtisztulása*, a mely a tengerben a sótartalom miatt gyorsabban megy végbe. Ezért bármely közbeeső tóból többé-kevésbé megtisztulva lép ki a folyó. Ez a hirtelen leülepedés a víz felszíne alatt iszapkúpot épít föl, kifelé a vízmederbe; ezt az iszapkúpot *deltának* nevezzük (257., 259. kép). A folytatólagos lerakódás által a delta a homlokzatnál félszigetszerűen tolódik előre, miközben az állóvizek hullámai gyakran előmozdítják a szárazföld gyors előrenyomulását éppen az által, hogy a homokot a part felé sodorják. Ha a folyó valamely öbölbe torkollik, akkor ezt idővel feltölti. A tómedenczék ezen az úton feltartóztathatatlanul feltöltésnek néznek eléje, a melyet az Alpok több közbeiktatott taván meg is figyelhetünk s ezeknek helyén azután völgsíkság keletkezik. Rövid geológiai időközökben a végtavak is eltűnnek, a mint azt a sivatagi tavakon láthatjuk, ámbár ezeknél néha az a körülmény is kiszáradást okoz, hogy az elpárolgás felülmúlja a vízgyarapodást. A Reuss naponta 548 m^3 hordalékot rak le a Vierwaldstätti-tóba, a Rajna évenként 47000 m^3 -t szállít a Bodeni-tóba, az Ache 142100 m^3 -t a Chiem-tóba (127 cm^3 van 1 m^3 vízben). Bécsben a Duna évenként 465000 - 894500 m^3 hordalékot visz magával, ebből 13 cm^3 esik 1 m^3 vízre. A Ganges és a Brahmaputra deltájában évenként 180 millió köbméter hordalék rakódik le. E nagy üledékes tömegek következtében a folyók deltáikat gyorsan előre tolják. Így a Misszissippinél az évi előrenyomulás 113 méter, a Nílusnál 4-13 méter; a Tereknél a Káspi-tóban körülbelül 500 métert figyeltek meg. A Rhône deltájának a Genfi-tóban való növekedéséből kiszámították, hogy a törmelék a tavat 48000 év múlva be fogja tölteni. A szárazföldnek a partokon való gyors növekedésére nézve klasszikus példa a Pó torkolata és a szomszédos folyók vidéke. Adria városa, a mely Augustus idejében tengerparti város volt, ma 35 km távolságban van a tengerparttól, Ravenna csak rövid idővel

ezelőtt még 6.5 km távolságban volt a tengertől. Itt tehát a szárazföldnek évenkénti 70 méteres előrenyomulásával kell számolnunk.

Kilikiaiban Kleopátra hajóhadával Tarsusba juthatott, a mennyiben a város 1 km-nyire volt a Rhegma lagunától. Ma itt 20 km széles szárazföld terjeszkedik a tengerig. Más delták a történelmi hagyományok kezdete óta nem mutatnak változást és ezt legnagyobbbrészt azok a tengeráramlások okozzák, a melyek a hordalékot tovább szállítják. Azonkívül a delta inkább a partvonal pozitív eltolódása alkalmával fog állandóbban megmaradni, míg negatív mozgás következtében nagykiterjedésű iszapos szárazföldképződésre nyílik alkalom, a mint ezt Észak-Kína óriás folyamaira nézve fölteszik. A szárazföld és a tenger megoszlásának ilyen változásai úgyszólván szemünk láttára mennek végbe s ezekből könnyen megérthetjük, hogy a folyók a tengerből nagy felületeket elhódítottak, ezért már HERODOTOS is a Nílus ajándékának nevezte Egyiptomot. Nyugati-Toszkána egész lapálya a negyedkorban 60 km-nyire a szárazföld felé még tengeröböl volt és történelmi időben még 12 km-rel haladt előre a tengerbe; az egész Pó-síkság, a kínai Alföld és Dél-Mezopotámia az újabb időben alakultak szárazföldekké és régi jóslás szól Cziprusznak Kis-Ázsiával való egyesüléséről a Pyramus (Dschihân) áradásai következtében. Kiszámították, hogy a nagy kínai folyamok 100000 év múlva feltölthetik a Sárga-tengert.

A nagy delták sok ezer négyszögkilométernyire rúgó területe (a Nílusé 22000 km², a Misszisszippié 36000 km², a Gangesé és Brahmaputráé 86000 km², nem mindig arányos a delta vastagságával. Így a kis Rhône-delta vastagsága 200-300 méter s ugyancsak a Genfi-tóban levő Dranse-deltáé több mint 300 m. A Nílus deltájában 105 m mélységig (97 m a tenger színe alatt) fúrtak a finom iszapban, a mely nagyon lassan rakódott le; Modenánál a tenger tükre alatt 215 m mélységben sem érték el a kavics fekvését és Venezia deltavidékén csak 122 m mélységben hatoltak át a fluvialis, képződményeken, a mit egy más ponton még 173 m mélységben sem értek el. Nevezetes, hogy éppen a legnagyobb delták nem igen vastagok, így például a Misszisszippi deltájának vastagsága átlag csak 12 méter és a Gangesé 18 méter. Ebből az következik, hogy a delta vastagsága általában az altalaj hajlásszögével növekedik. Könnyen érthető, hogy ilyen nagy kiterjedésű üledékes rétegek bizonyára a Föld előbbi korszakaiból is fennmaradtak és így a közetképződésben bizonyos szerepük van, a melyről még egy későbbi fejezetben lesz szó.

A folyók torkolatukon alsó folyást alkotnak, ha mindjárt erősebb áramlásuk a felszínen el is tűnik. Ez a vízalatti sodor, vagyis az al-folyó, folytatásában tengeralatti folyómedret váj ki. Ugyanez mutatkozott, bár kisebb mértékben és kártékony módon, a Wien-folyó szabályozásakor, a mely betonozott mederben nagy gyorsasággal folyik tova. Ott, a hol a folyó a Duna-csatorna megtorlódott vize következtében áramlását elveszíti, a meder betonozását abba-hagyták, a folyócska pedig a legközelebbi áradás alkalmával, anélkül, hogy a megrekedt víz felszínén ezt észre lehetett volna venni, oly mélyen vágódott be, hogy a rakpart falai beszakadással fenyegettek. A nyugodt víztükör alatt világosan lehetett látni az áramlást. A Hudson olyan tengeralatti medret teremtett magának a mely 35 métertől 180 méter mélységi vonalig a parttól 240 km-nyi távolságra követhető. A Kongó tengeralatti medre 200 km hosszú és 1000 méter mélységű. Azt, hogy ezeket a medreket némely esetben valóban az erózió teremtette meg s hogy nem elárasztott (elsüllyedt) völgyek, a Rajna bizonyítja, a melynek a Bódeni-tónál levő torkolatán ehhez hasonló 4 km hosszú és 14 m széles medre van; ilyen bizonyítékot szolgáltat a Rhône is a Genfi-tóban 6 km hosszú alsó folyásával. Ezeknél a jelenségeknél a tavakban a hidegebb és zavarosabb folyóvíz nagyobb fajsúlya is szerepel; a folyóvíz ugyanis a mélységbe süllyed, a hogyan ezt világosan láthatjuk a Sarca torkolatánál, a hol ez a megolvadt hóval együtt a Garda-tóba ömlik. A nagy folyók áramlása azonban, az édesvíz csekélyebb fajsúlyánál fogva, a felszínen a nyílt tengeren még nagy messzeségben is

észlelhető. A Kongó barnaszínű vizét 450 km-nyi távolságban is föl lehet ismerni és az Orinokó meg az Amazon torkolatának közelsége a tenger színének megváltozásából már nagy messzeségben érezhető. A Sárga-tenger is a sárgás iszapos vízről kapta nevét.

A folyó víz korráziója.

A vízfolyás korráziós ereje áramlási sebességétől függ, vagyis esésétől, víztömegétől s ezzel kapcsolatban hordalék-szállításától is. Ha tehát a folyó egyenletesen hajló pályán folyik le, akkor alsó részében éppen a nagyobb víztömeg és szállító erő következtében erősebben fogja megtámadni altalaját, mint fölfelé eső szakaszán, tehát mindenekelőtt az alsó folyáson lassúbb esés, enyhébb lejtő keletkezik s ezáltal a legerősebb erózió pontja folytonosan fölfelé tolódik el a folyó mentén. Ebből olyan parabolikus görbe származik, a mely felül meredekebb és ez arra törekedik, hogy olyan alakot öltözzön, a melynek minden része megfelel a különböző tényezők által megszabott eróziós-erőnek, úgy hogy ez már nem képes több hatást gyakorolni (az *esési határ* ideális vonala, az *erózió véggörbéje*, 262. kép). Ezt a görbét különösen kezdetleges állapotban (fiatal völgyekben) azokon a helyeken, a hol keményebb kőzetrészeket kell átvágnia, gyakran többé-kevésbé merőleges leszakadások szakítják meg, a melyek a lankásabb völgylépcsők fölött emelkednek ki. A víz ezeken keresztül *vízesés*, *kaszkád* gyanánt zuhan le; nagyobb víztömeg és csekélyebb magasság mellett *folyamzuhatagnak* nevezzük (például az Al-Dunán). A víz a vízesés lábánál a magával hurczolt tuskók forgó-mozgása következtében a mélységbe gödröt váj. Ez a *kimosódott mélyedés* a sziklafazék, az *evorzió*, a mely a szilárd sziklában függélyes, gyakran 10 méter s még annál is mélyebb lyukakat (*kimosott mélység*, *örvényüstök*, *óriásüstök*) alkot, a melyeknek falai simára vannak súrolva és gyakran spirális barázdákkal vannak fődve, a melyekről a súroló köveknek forgó mozgását is felismerhetjük. A folyami zuhatagok mentén gyakoriak az óriásüstök, pl. a Salzachban Golling mellett (Salzach-kemenczék), a hol ezeket magasán a folyó fölött, a völgy szoros falaiba bevágva láthatjuk (263. kép); ilyen az Imatra-vízesés is Finnországban; Magyarországon a hunyadmegyei Kristyór patakjának andezit-alzatán láthatunk ilyen óriási üstöket (264. kép). A nagy folyók, a melyek lépcsős helyezkedésű meredek falakon zuhannak le, természetesen egészen szembetűnő eróziót fejtenek ki. Ilyenek a Föld legnagyobb vízesései, mint az *Iguassu* Argentínában, a Zambézi Viktória-vízesése, vagy a Niagara. Ez utóbbi, vízesést hosszú idő óta pontosan megfigyelik és így a Niagara e nagyszerű jelenségnek legjobb példája. A Niagara Északamerikában az Erie-tó kifolyása és 50 méter magas, vízszintesen települt rétegekből álló fokról zuhan le. A fenéken puhább homokkövek és palák (szilur-korú niagara-márgák) települnek, a melyeket a mély és széles vízesés kimos, úgy hogy a magasabb meszek utána töredeznek és ilymódon a vízesés évenként 66 cm-t hátrál (265. kép). Alul 12 km hosszú völgy szoros húzódik függélyes falakkal, a melyet a folyó ilyen módon teremtett meg. Ha fölteszük, hogy munkáját mindig egyenlő erővel végezte, akkor ehhez a különböző számítások szerint 7000-36000 évre volt szüksége és változatlan viszonyok között legkésőbb 70000 év múlva fogja elérni hátráló eróziójával az Erie-tavat, miáltal a vízesés el fog tűnni.

[257.JPG]

262. kép. Az esési görbe kiképződése. (PHILIPPSON A. szerint.) $A-B$ az eredeti esés, $AghB$ a végső esés, $AabB$, $AcdB$, $AefB$ a közbe eső állomások, a , b , c , d , e , f , g , h torrens-(vadpatak)-részletek, Ae , Ag vízeséses részletek.

[258.JPG]

263. kép. A Sarca örvényüstje (evorziója) Ponte Balantino mellett, Dél-Tirolban. (UNTER-VEGER G. B. fotografiai főlvétele szerint.)

[259.JPG]

264. kép. Óriás üstök az Azura-völgy vízesésein Kristyor mellett, Hunyad megyében. (LÓCZY L. fotografiai főlvétele szerint.)

A hol két áramlás találkozik és ha a lejtő növekedik, vagy pedig a meder összeszűkül, a mely azután víztorlódásokat okoz, akkor *vízforgók* vagy *örvények* keletkeznek és ezek következményei a vízmosások (*örvénymélyedések, torlódási mélyedések*). Így a Duna az esztergomi szorosnál 30 méter mélyre és a Vaskapu szorosnál 50 méter mélyre vájta be medrét. Vízműveknél, a hol vízelgátolások szükségesek, a vízmélyedések különösen zavarólag hatnak. A Duna szabályozásakor 18 méter mély üstjével, Bécs mellett ugyancsak megnehezítette a munkálatokat. A folyammeder sehol sem alkot egyenletes görbét, hanem az üstszerű vízmélyedések sorozatát, a melyek egymást gyakran metszik. A folyó tehát különösen örvényei segítségével kimélyítően dolgozik (*evorzió*). Kurland egyik kisebb folyóját: a Schlocke-t, jégtorlasz rekesztette el és így medréből kiszorult. A folyócska 34 óra alatt új medret teremtett magának, a mely 98 méter hosszú volt és 8 méter szélességben, egészen 3 ½ méter mélységig vájta be magát a devoni dolomitba és márgába.

[260.JPG]

265. kép. A Niagara-vízesés keresztmetszete. (SPENCER J. W. W. szerint.) A könnyen szétrombolható palás rétegeket: *R.M.*-et és *N.s.*-et a vízesés kimossa és a szilárd mészkő: *N.I.* utána szakad. *N.I.* kemény niagara mészkő, *R.M.* lágy niagara pala, *G.M.* szilurbeli medina homokkő.

Általában a vízfolyás felső részén, a hol a korrázio erősebb, az erózió a mélység felé működik. A völgy tehát ami éghajlatunk alatt, a völgyfalak fejlődő lejtésében, keresztmetszetben **V** alakot mutat (**V**-völgyek). A mészben, homokkőben és palában, a függélyes falakkal álló kőzetek szilárdsága következtében a felső szakaszban szűk *szorosok, szurdokok* keletkeznek (266. kép). Ha a fővölgy mélyebben van bevágódva, mint a mellékvölgyek, akkor ezek gyakran *függővölgyek* gyanánt torkolnak magasan a völgy falán és a mellékpatakok vízesések gyanánt zuhannak le, miközben a *visszafelé haladó erózió* (hátráló vésés) a szurdok képződésre nézve kedvezően hat (267. kép). Ilyen esetekben a mélységi erózió igen jelentékeny. Némely patak a jégkorszak óta több mint 300 méter mély szurdokot teremtett (268. kép). Ezt a jelenséget az Alpok egyes fővölgyeiben figyelhetjük meg, a melyeket a mellékpatakokkal ellentétben a jégkorszakbeli glecserek mélyítették ki ennyire. Egyes országok csapadékanak csökkenése alkalmával a kisebb patakok elveszítik vizüket, míg a fővölgy tovább erodálódik. Ilyenkor hasonló függővölgyek keletkeznek.

[261.JPG]

266. kép. A Göwdensu-szurdok Sarykawak mellett, Kilikiában, tömeges mészkőben. (SCHAFFER X. F. fotografiai főlvétele szerint.)

[262.JPG]

267. kép. Vízesés a Schlitz-völgyzugban Tarvis mellett, Karintiában. (BEER A. fotografiai főlvétele szerint.)

Az erózió legerősebb a felső szakaszban, a hol a folyónak erősebb az esése és nagyobb kavicstömeget visz magával. A folyó a szilárd kőzetbe mélyíti a medrét és ha magas vízállás alkalmával valamely sík völgyrészletben törmelékkúpot halmoz fel, a rendes vízálláskor ebbe belevési magát. A középső szakaszban az esés nagyrészt mérsékelt, az erózió jelentéktelen s a folyó főképpen szállít. Az alsó szakaszban megszűnik a durva anyag szállítása is, a folyó lerakja a magával szállított törmeléket, csak a finom zavarodást tartja meg lebegve és lomhán folyik árterén keresztül: *üledéket rak le*. A most említett jelenségek között azonban egyes szabálytalanságok is észlelhetők. A nagy folyamok középső és alsó szakaszába gyakran zuhatagok és vízesések vannak beékelve. Ilyenek az Al-Dunában a Vaskapu, a Nílus kataraktái stb., úgy hogy ezek a folyamok az alsó szakaszban is erősen erodálnak.

[263.JPG]

268. kép. A Fersina szurdoka Ponte Alto mellett, nem messze Trienttől, vékony rétegzésű mészkőben. (UNTERVEGER G. B. fotografiai főlvétele szerint.)

[264.JPG]

269. kép. A vízválasztó hátrálása b -től b^4 felé a $b-B$ folyó erősebb eróziója következtében.

[265.JPG]

270. kép. A B folyó a csapásban fekvő mellékvizeivel megcsapolja az A völgyrendszerét és magához kapcsolja ennek mellékvizeit. a -nál völgyi vízválasztó keletkezik. Az új vízfolyásokat a szakgatott vonalak jelzik.

Minden vízfolyás arra törekedik, hogy vízterületét mélyítse és ezáltal a *vízválasztót*, a határvonalat a szomszédos vízfolyás felé visszatolja, ezért bizonyos küzdelem indul meg a kettő között és az erősebb, az erősebben erodáló vízfolyás a gyöngébbet visszanyomja (269. kép). Az egyébként tölcseralakú völgyvégződéseknek gyakran vannak félköralakú körvonalaik és függélyes falaik (czirkuszvölgy), különösen akkor, ha a rétegek települése kevésbé zavarodott. A vízválasztónak visszafelé való hátrálása a kőzetpadok utánszakadása folytán következik be; ugyanis a kőzetpadokat a szivárgó vizek alámozdítják. Ha a folyó saját völgy-záródásának erős hátráló bevágódása következtében valamely alacsony vízválasztón keresztül szomszédjának területét kezdi ki, akkor arra is képes, hogy a völgyek egyikét esésének megfordításával magához kapcsolja - megcsapolja, - tehát a folyó egy egész mellékágy levágása következtében szomszédja vízterületének egy részét ily módon megadóztathatja (270. kép). Ilyenkor a régi völgyben gyakran alig észrevehető *völgyi vízválasztó* keletkezik. Ha valamely hegységnek határozott csapadékos oldala van, akkor ezen a felén a folyók a nagyobb víztömeg következtében erősebben erodálnak, mint a hátsó oldalán és így bekövetkezik az a hajlandóság, hogy a vízválasztó ennek a szárazabb oldalnak a rovására változtassa meg helyét. A vízválasztó helyzetére nézve jelentős hatással van még a hegység szerkezete, a rétegek dőlése, a kőzetek ellenálló képessége, vagy a hegy lejtője, sőt több más körülmény is.

[266.JPG]

271. kép. Folyóhurok, a mely a nyíl irányában át fog szakadni. u pusztuló part, u' gyarapodó part; a folyam sodrát a szakgatott vonal jelzi. $a-b$ a kanyarulat keresztmetszete, $c-d$ az egyenes folyás keresztmetszete.

A vízfolyás bármelyik szakaszán is elérheti véggömbjét, vagyis érett lehet; ez azt jelenti, hogy többé már nem erodál, nem hord le, hanem csak feltölt és lomhán folyik árterületén keresztül, többnyire változó kanyarulatokkal, kígyózó vonalakkal, mint a *Meander* vizének folyása Kis-Ázsiában. Ilyen csekély esésű völgsíkok akkor is keletkezhetnek, ha a folyó valamely közbeeső tavat feltöltött és tágas kavicsmezőn folyik keresztül. A mellékvizek arra törekednek, hogy a főfolyót oldalt szorítsák, úgy hogy a főfolyó a völgynek hol az egyik, hol pedig a másik oldalán halad. Az egyenes folyástól való bármely eltérés azonban a vizet a középtől futó erő következtében a kanyarulat homorú oldalához szorítja, szintje fölé torlasztja és sodrát odahelyezi (271. kép). A folyó sodra nagyobbítja a serpentszerű kanyarulatot, kimarja és alámossa a *pusztuló meredek* partot, míg a domború oldal a gyenge áramlás következtében elhomokosodik. Azért minden folyó arra törekedik, hogy kanyarulatait megerősítse és a folyón lefelé eltolja. Ily módon hurkok keletkeznek, a melyeket csak keskeny földhátak választanak el és ezeket a gátakat a folyó gyakran átszakítja. Ezáltal szigetek keletkeznek és ha az új, rövidebb folyás az elhomokosodás következtében a hurkot levágja, az így keletkezett folyóágat *holt medernek*, holt víznek, vagy *régi medernek*, Tiszántúli néven *morotvának* nevezzük. Ezek gyakran elmocsarasodnak, kiszáradnak és a völgy fenekét tagítják.

Minden táblás vidéknek van bizonyos lejtése, ha mindjárt csekély mértékű is. Ezt a lejtőt lomha, kígyózó folyással követik a folyók. A táblás vidék legelőször is vízválasztó hátakra oszlik fel, *völgyekre bomlik*. Völgyei (*táblás völgyek*) sok kanyarulatot és hurkot tüntetnek fel, mert a folyót csekély esés mellett minden akadály, sőt még saját hordaléka is, eltéríti útjától. Végződésük többnyire meredekfalú völgyfejen van, a melyet a *hátráló erózió* más helyre tol. A mélyen bevágódott folyóhurok *körülfutott tanúhegyet* választ el. Ha a száraz éghajlat következtében a völgyfalak leréselése nem következik be, akkor a tömeges kőzetekben és a vízszintes rétegekben meredekfalú völgyek, úgynevezett *U-völgyek* keletkeznek. Ha az ilyen táblásvölgyek a hosszú ideig tartó erózió következtében a többé-kevésbé vízszintesen települt rétegekbe, vagy a tömeges kőzetekbe bevágódnak, akkor tekervényes szűk szurdokok, *kanyónok* keletkeznek. A legnagyobb példája erre a *Rio Colorado* szurdoka az Egyesült-Államokban, a mely 360 km hosszú és vagy 1500 méter mély kanyónt vágott be a Colorado-fennsíkba. A mélységben csak 100 méter széles a fenéke, melyet a hatalmas folyó egészen elfoglal, a felső felében azonban a sivatagi mállás és a szél eróziója következtében vagy 20 kilométernyire szélesedett ki. A Colorado kanyónja feltárja a fennsík szomszédos, részeit és számtalan tábláshegyet, gúlát, tornyot és fődélszerű tetőt alkotva, a Föld legnagyobb eróziós-jelenségét nyújtja (272., 273. kép). A Rajna völgye a Rajnai palahegységben a táblás völgynek egészen kiváló példáját mutatja, míg a Lamas-Su és az Alata-Csai völgyei, Kilikia mészpataiban kanyón-jellegűek. Itt világosan láthatjuk, hogy a pusztuló meredek-part egész magasságában - a mely néha több száz méterre rúg - függélyesen emelkedik ki, míg a domború part a kimutatható vízvesztés mellett a magasban függélyes, míg alsó részében lejtős.

[267.JPG]

272. kép. A Kolorado nagy kanyonja Észak-Amerikában. (DUTTON C. E. szerint.) A képen jól látható a szűk eróziós szurdok és az előtér csupasz rétegfelülete, továbbá a felső, széles völgy fenéke.

[268.JPG]

273. kép. A falak elmállása a Kolorado nagy kanyonjában, Észak-Amerikában. (DUTTON G. C. D. szerint.)

Ha a folyó elérte véggörbéjét s a völgy már *érett*, akkor eróziója többé-kevésbé oldalt működik és völgyének kiszélesítésére törekszik. Az elmállás, az esőmosás és a csuszamlások a völgy falait lejtőssé formálják (V-völgy) és ennek szegletes anyaga összekeveredik a hordalékokkal. A vízválasztók lealacsonyodnak és az egész folyóvidék a lehordás folyamatába jut. Ebben az állapotban a folyó arra iparkodik, hogy medrét feltöltse, magasabbá tegye, mindig új medret készít magának és arra törekszik, hogy a domborzati különbségek kiegyenlítésével *phuvio-fluviális végsíkot* állítson elő (*penepplain*, DAVIS szerint *fél-sík*); a sekély völgy szélességben lapos háta választják el egymástól és a nagyobb ellentálló képességű közetvonulatok lépnek előtérbe. Azonban ezen elméleti végsíkok keletkezését legalább jelenlegi példákkal nem tudjuk bebizonyítani és kiképződésük minden egyes esetben éghajlatilag korlátokhoz van kötve.

[269.JPG]

274. kép. A Dráva meredek és lapos partja Villach mellett. (BEER A. fotografiai fölvétele szerint.)

Sok nagy folyamon, legelőször a szibériai vizeken, azt figyelték meg, hogy a jobb partjuk, tehát a pusztuló part meredek, míg ugyanakkor a bal part lapos. Ezt a jelenséget a Föld tengelyforgása következményének tartották, a mely arra kényszeríti az északi félgömbön folyó vizeket, hogy víztömegük forgási sebességének csökkenése, illetőleg növekedése következtében a földrajzi szélesség változása alkalmával jobb partjukat megtámadják (274. kép). Az észak felé folyó vízfolyások keleti partjukat, a dél felé tartók a nyugati partjukat mossák alá. A déli féltekén ez a jelenség ellenkező irányú. Ezt a törvényt felfedezője után *Baer-féle törvénynek* nevezték és csak részben fogadták el. A Duna sajátos folyását is ennek tulajdonították. A Duna ott, a hol síkságon folyik, tehát a hol elegendő helyet talál medrének változtatására, jobb felé domború íveket alkot, a melyek fűzészerűen helyezkednek el azon hegységdarabok között, a melyeket a Duna áttör. Egyes kutatók nem hajlandók a tengelyforgás ezen elméleti, kifogás nélküli hatásának gyakorlati jelentőséget tulajdonítani és utalnak a gyakori kivételekre, a melyek azonban, tekintve a természet nagy változatosságát, talán más módon is okadatolhatók. Galícia északdéli irányú folyóvölgyeinek és elválasztó hátainak egyenlőtlenségét az uralkodó keleti szélnek tulajdonítják.

Az erózió fölelevenedése.

Ha a folyóvíz már elérte végső lejtőjét, akkor az erózió újból csak akkor léphet működésbe, ha víztömege nagyobbodik (csapadékbő periódus), ha hordalékának tömege csökken, vagy esése növekedik. Ez bekövetkezik a folyó vízterületének emelkedése, vagy pedig az *erózió bázisának* sülyedése következtében. Az erózió bázisa minden folyóra nézve utolsó szakaszában a tenger tükre, vagy pedig valamely végtő, lefolyástalan tó. A közbeeső, szabályozó tavak szükségképpen a folyó azon szakaszának eróziós talpai, a mely rész ezen tó fölött fekszik. Az erózió alzatának változásai (víztorlódás, kifolyás) hatást gyakorolnak a folyó felső szakaszára. Ha az erózió újra fölelevenedik, a folyó a kavics-ágyba mélyíti medrét, vagy pedig a völgyfenék szilárd altalajába, a melynek oldalsó részei, tehát a régi völgyfenekek, mint többé-kevésbé sík földlépcsők, *terraszok* (*eróziós terraszkok*) kísérik a folyót. Ez a bevágódás többszörösen megismétlődhetik, megújulhat, mely alkalommal bizonyos terraszk-rendszer keletkezik, a melyet néha száz meg száz méterig követhetünk a völgyfenéken keresztül. Ha a terraszkok a kavicságyba vannak bevágva, akkor *feltöltési* vagy *akkumulációs terraszkokról* beszélhetünk (275. kép). Ez a folyamat azonban t. i. a feltöltés és a meder újra bevágódása, többszörösen is megismétlődhetik (276. kép). Akkor viszont *reakkumulációs*,

újrafelhalmozott terraszokkal van dolgunk. Mindkét esetben a magasabb terraszok az öregebbek. Éppen a legutóbbi időben, különösen a Földközi-tenger folyóvidékein, egyes folyókon, a legfiatalabb geológiai korszakból, az ilyen terraszoknak egész sorozatát állapították meg. A völgyfenék feltöltésének állapota megfelel az eróziós bázis nyugalmi állapotának, míg a völgy kimélyülésének idejét a tenger tükre süllyedésének tulajdoníthatjuk. Ezek a kutatások továbbá azt is kimutatták, hogy a folyón fölfelé, a szárazföld belsejében milyen módon válnak észrevehetőkké a partvonalnak negatív értelemben vett eltolódásai, tehát a tenger tükrenek süllyedései. Könnyen érthető, hogy az a folyó, a melynek eróziós talapzata lejjebb kerül (277. kép), nem fogja azonnal egész kiterjedésében, forrásvidékéig, az erózióknak ezt a megelevenedését egyenletesen kiterjeszteni, hanem a mélyedés általában a folyón felfelé csökken és végre egészen elenyészik. Csak az ismét elért véggörbe lehet az előbbivel párhuzamos.

[270.JPG]

275. kép. Két régebbi feltöltési terrasz; lent a folyó bevágta magát egészen az alaptalajig és feltöltötte a fiatalabb kavicsmedret.

[271.JPG]

276. kép. A feltöltési terrasz lerakása után a folyó, bevágódva az alaptalajig, egy mélyebb fekvésű terraszt rakott le és így kétszer mélyebben bevágódva és ismét fölemelkedve reakumulációs újrafelhalmozott terraszokat épít föl.

[272.JPG]

277. kép. A folyó $a-a^1$ -ben elérte véggörbéjét. Az erózió talapzatának a -tól b -ig való süllyedése következtében az erózió fölelevenedik és az $a^1 b^1 b$, $a^1 b^2 b$, $a^1 b^3 b$, $a^1 b^4 b$ és a $b^5 b$ görbéket alkotja. Véggörbét csak a $b^6 b$ -ben éri el.

Rövid szakaszokon azonban a terraszokat egymással párhuzamosan haladóknak tekinthetjük. Nagy esésű, vízben gazdag folyók medrüket jókora távolságban egyenletesen is mélyíthetik, mint pl. a *Rhône folyó*, melynek terraszai Valence-nél ugyanolyan magasságban vannak egymáshoz képest, mint a Földközi-tenger partján a megfelelő régi partvonalak. A Duna a Vaskapunál szintén egyenletesen vágta be medrét az áttörés szikláiba, amint az a régi, magasban fekvő terraszokon felismerhető. Tavakon megtörténhetik, hogy a tó lefolyása s vele együtt a tükre mélyebbre száll s ez által a tó a magasabban fekvő folyószakaszra olyan hatást gyakorol, hogy eróziója megelevenedik. Ere legnagyobbyszerű példa az óriási *Pannóniai-tó*, a mely a pliocénben megtöltötte a Nagy-Magyar-Alföldet és a Bécsi-medence egy részét, míg a Vaskapun keresztül összeköttetésben állott a Pontusi-medencével, a Fekete-tengerrel. Ez utóbbi időközönként süllyesztette víztükrét és partjain terraszokat teremtett, a melyek lankásan emelkedve és némiképpen redőzés következtében főlhajlítva a Dunán fölfelé a szoroson át követhetők. Ugyanezek a terraszok haladnak a Pannóniai-medence szélein is. Először is a Bécsi-medencében állapították meg ezeket biztosan, a hol a terraszok ugyanolyan relatív magasságúak, mint a Földközi-tenger terraszai. Ez a tény kezdetben hihetetlennek tűnt föl, pedig nagyon természetesen azzal magyarázhatjuk meg, hogy éppen a Pontusi-medence és a bécsi parti-terraszok között körülbelül csak 150 km hosszú, igen erősen erodáló folyam feküdt, a mely a Vaskapuban terraszait, az alsó víztükről mélyebbre helyezésével megfelelően, párhuzamosan bevágta s ezáltal a magasabban fekvő víztükröt ugyanolyan módon változtatta meg (278. kép).

[273.JPG]

278. kép. A Bécs melletti terraszok (A) kiképződésének összefüggése az ugyanazon viszonylagos magasságban fekvő terraszokkal a Vaskapu kijáratánál (C). *a-e*, *a'-e'* vízállások.

A mondottak után állíthatjuk, hogy a szárazföld felszínének képe főképpen altalajának szerkezetétől és a folyóvíz eróziójának hatásától függ. A jég és a szél letaroló hatása már inkább csak egyes helyekre szorítkozik. Az ellentálló képességű tömegek megmaradása az alapja az alakkiképződésnek. A vízszintesen rétegezett vidékeken a keményebb takaró védelme alatt *eróziós szirtek* emelkednek ki, mint a transzkaukázusi Utalgi táblás hegyen (279. kép).

[274.JPG]

279. kép. Utalgi tábláshegy Schemacha mellett, Transz-Kaukáziában; eróziós szirt a keményebb takaró következtében. (ANDRUSSOFF N. fotografiai főlvétele szerint.)

Az a lávafolyam, a mely a völgybe folyt, a kísérő magaslatok puhább kőzeteinek lehordása következtében kimagasló hát gyanánt fog előtűnni. Nagyrészt a folyóvízi (fluviális) erózió határozza meg különösen a völgyképződést s vele együtt a hegyformákat is, amennyire tektonikus vonalak, pl. vetődések, ennek az irányát meg nem szabják (*árkos völgyek*, a Rajna-árok 139. kép). A vízszintes rétegsorozatba kanyónszerű völgyek vágódnak be, a plató felszíne völgyekre bomlik (*platós-, táblás-vidék*). Ehhez hasonlóan működik a fluviális erózió száraz éghajlat alatt a tömeges kőzetekben. Így keletkeznek a *letarolt eróziós hegységek*, a melyek domborzatukat főképpen a víz eróziójának köszönik.

[275.JPG]

280. kép. A fekvő rétegek nagyobb ellentálló képességének következtében a folyómeder a réteg dőlésében oldalt eltolódik. A vonalak *a-b*-től *a³-b³*-ig jelzik a völgynek időközönként egymás után következő keresztmetszeteit.

A gyűrődött rétegekben megkülönböztetjük a *hosszanti völgyeket*, a melyek a rétegek csapásában fekszenek és a *haránt-völgyeket*, a melyek a rétegekre merőlegesen haladnak. A völgyeket a keményebb és a puhább rétegek váltakozása lépcsőssé alakítja. A keményebb rétegek vízeséseket, zuhatagokat, de völgyszorosokat (völgytorkokat) is alkotnak, míg a puhább rétegek a sík, széles völgyek keletkezéséhez vezetnek. A harántvölgyeknek oldalsó (mellék) völgyeik is vannak, a melyek tehát a csapásban fekszenek s a puhább és keményebb kőzetek váltakozása alkalmával és azonos rétegdőlés mellett medrüket a keményebb pad felszínén a bevágódásnál oldalt eltolják (280. kép). Ha a völgy valamely antiklinális tengelyében fekszik, akkor *antiklinális-* vagy *nyereg völgy* a neve (165., 281. kép), a melynek völgyoldalain a rétegek a hegy felé dőlnek, ha pedig a völgy valamely szinklinális tengelyében fekszik, akkor *szinklinális-* vagy *teknővölgy* a neve, a melynek oldalain a rétegek a völgyfenék felé mutatnak dölést; ha a völgy izoklinális rétegekbe van bevágva, akkor *izoklinális* völgy a neve (282. kép), a melynek egyik völgyoldalán a rétegek a hegy felé, míg a másik oldalán a rétegek a fenék felé dőlnek.

[276.JPG]

281. kép. A hosszanti völgyek típusai. *a* antiklinális völgy, *b* szinklinális völgy, *d* izoklinális völgy, *c* antiklinális-hát, *e* szinklinális-hát.

[277.JPG]

282. kép. Izoklinális völgy eróziós szirttel, a Moulin Arabe szurdok, Bou Saada mellett, az északafrikai Algir tartományban. (Vásárolt fotográfia szerint.)

Az amerikai geográfiai iskola DAVIS vezetése alatt arra törekszik, hogy a völgyerózióknak a vidék szerkezetéhez való illeszkedését szabatosan s mesterszavakkal kifejezve megállapítsa. Azok a völgyek, a melyek tektonikai sülyedésekben, tektonokban vagy árkokban haladnak, *consequens* völgyek; a melyek a rétegdőlésben fekszenek, szabad *consequens* (*haránt*) völgyek. Ezeknek másodrendű oldalsó völgyeit, a melyek a csapásban fekszenek és a puhább rétegtagokat követik, *subsequens*-völgyeknek nevezzük.

Nehéz dolog az *áttörési* völgyek keletkezésének megfejtése. Ezek valamely mélyebben fekvő vidékről jönnek s áttörnek a hegységet. Az áttörés különféle módon mehet végbe s eszerint megkülönböztetünk: 1. *epigenetikus* völgyeket; ezek akkor keletkeznek, ha az alaphegység régebbi domborzatán egy fiatalabb és kisebb ellenálló képességű rétegekből álló takaró fekszik, a melyen keresztül végig bevágja magát a völgy az alaptalaj egyik kiemelkedésébe. Ha ezután a takaró letarolódik, akkor a folyó áttöri a hegytömeget, holott gyakran a közvetlen közelségben valamely könnyebben szétrombolható kőzetben kényelmesebb utat is találhatott volna magának (283. kép).¹³ Ez az elméletileg kifogástalan folyamat azonban a valóságban sokkal ritkábban fordul elő, mint a hogy föltették és sok ilyen példát magyarázhatunk meg a 325. oldalon tárgyalandó *anekdotalitikus* erózió segítségével. 2. Az *áttörési* völgy úgy is keletkezhetik, hogy a folyó felső szakaszának vidékén a mélyreható letarolás következtében a hátsó vidék mindjobban kimélyül s azután a *folyó átvágja a hegységet* (284. kép). Így történt ez a Keleti-Alpokban, a hol az áttörési völgyek a palavonulat puhább kőzeteinek mélyebb lehordása révén keletkeztek. 3. Ha valamely hegységet redőzés ér és ha a régebbi folyó eróziós munkája ezzel lépést tud tartani, akkor végre is áttöri a folyó a hegységet, ilymódon az *antecedens* völgyek keletkeznek. Az ilyen áttörési völgyekben a régi folyóteraszok a redőzésnek megfelelően hajlottak. 4. A visszafelé terjedő erózió és a vízvázasztó lehordása következtében a folyó megcsapolhat valamely hosszanti völgyet, a mely aztán valamely könyökfordulattal átmegy az áttörési völgybe. Az ilyen jelenséget a *regressziós elmélettel* magyarázzuk (285. kép). *Antecedens*nek akkor nevezhetjük a völgyet, ha az áttörés kijáratánál legalul csakis a hátulsi vidék hordalékai vannak s az áttört hegység hordalékai erre helyezkednek rá, míg a *regresszió* alkalmával ez éppen fordítva van. Hosszanti völgyek akkor is keletkezhetnek, ha a *subsequens* (a csapásban fekvő) mellékvölgyek egyesülnek a régebbi párhuzamos harántvölgyekkel (270. kép).

¹³ Ilyen *epigenetikus* völgy a Maros szurdoka Branyicska, Zám és Lippa táján, melynek magyarázatát LÓCZY LAJOS már 1874-ben tudományosan fejtegette. Ezen ú. n. Lóczy-féle törvény szerint a folyóvíz előszeretettel vési medrét a keményebb ősi kőzetekbe, hogy a puhább takaró kőzeteket elkerülje. Ugyanis a kemény kőzetbe a meredek lejtő miatt kisebb munkával vési be magát a folyóvíz, mint a puhább kőzetbe, a melyből az enyhe lejtőszög miatt sokkal több anyagot kell eltávolítania. *A fordító.*

[278.JPG]

283. kép. Az epigenetikus völgy keletkezése. A folyó legelőször az $a-a'$ szintben folyt és a $b-b'$ szintbe való mélyebb bevágódása alkalmával keresztül vágja az alaptalaj betemetett kiemelkedését, a mely ellentállóbb kőzetekből áll.

[279.JPG]

284. kép. Az $a b$ áttörési völgy keletkezése a hátulsó vidék erősebb letarolása folytán $A B$ a vidék régi felszíne $A' a b B'$ a vidék új felszíne. A folyó előbb az $A-B$ ellentállóbb kőzetfelületen folyt és mélyedése közben az alább fekvő s puhább kőzetekből alkotott hátsó vidéket erősebben lehordta. A vonalkás rétegek puhább, a téglaszerű rétegek keményebb kőzetet jelentenek.

[280.JPG]

285. kép. Áttörési regressziós völgy keletkezése a folyónak a -tól d -ig való hátráló bevágódása következtében és az A hosszanti völgy megcsapolása.

A folyóvízi (fluviatilis) letarolás mint tömegeltolódás.

A Föld domborzatának kialakulásában úgy általános elterjedése, mint erős hatása miatt a folyóvízi lehordásnak van a legnagyobb jelentősége. Ez az erő lineárisan működik, a vízfolyás legmélyebb pontjain csak az esést követve (nem hegynék fölfelé) és csakis a legkisebb vízerecskék sűrű hálózata, az esőmosásokkal, valamint az elmállással támogatva és a felszíni talajtömegeknek önálló mozgásai síkot kiegyengető erejökkel irányítják. A tájképen ez erősíti a domborzat különbségeit, a melyek a kőzetek váltakozó ellenállóképességéből erednek és végre is általános kiegyenlítéshez vezet. A szárazföldek tömegveszteségének a főoka a folyóvízi erózió. A veszteség mértékét különféle számítások segítségével igyekeztek megállapítani. Az Elbe évenként 753717 tonna oldott- és 776310 tonna hordalék-anyagot szállít ki Ausztriából, vagyis vízterületét évenként 1/43 mm-nyire hordja le. A Jangce-kiang évenként 182 millió köbméter hordalékanyagot visz a tengerbe és körülbelül 12000 év alatt folyóvidékét 1 méternyire hordja le; a Hoangho a következő számokat adja: 496 millió köbméter és 4800 esztendő, a Misszisszippi 212 millió m^3 és 19000 év, a Duna 36 millió m^3 és 22000 év, a Ganges 180 millió m^3 és 7700 év, a Pó 11 millió m^3 és 2400 év. Ezek az értékek természetesen közepesek, mert a hegységben sokkal nagyobb a lehordás, mint a síkon. Közép- és Nyugat-Európából körülbelül 40000 év alatt egy méter vastagságú közetréteg távozik el. Némí fogalmat alkothatunk magunknak a geológiai korszakok hosszúságáról, ha fontolóra vesszük, hogy egyes vidékekről milyen kőzettömegek távolodnak el. Eggenburg környékét, Alsó Ausztriában, az idősebb miocén üledéke a tenger színe felett több mint 500 méternyire borította be és messze területen legalább 200 méter vastagságú takaró távozott el innen, a mihez több millió esztendőre volt szükség. Svábsországban (Württemberg királyság), Hessenben és a Frank-Jura területén a miocén óta a mezozoikumból vagy 1500 méter vastagságú tömeg távolodott el, a mi a mai eróziós-viszonyok mellett 60 millió év munkáját jelenti. Igaz ugyan, hogy egyéb körülményekkel is kell számolnunk, de mégis csak a lehordás szolgáltatja a mértéket a geológiai folyamatok hosszú időtartamának a meghatározásához. Ha azonban a ma kapott tömegek szerint föltesszük, hogy Európát 7 vagy 10 millió év alatt a lehordás a tenger színével teszi egyenlővé, akkor megfelelünk arról, hogy a letarolás azonnal megbénul, mihelyt egy bizonyos mértéken túl előrehaladt.

Ha az eső és folyóvízi letarolás nyugalmi pontjához érkezik és *végző felületét* eléri, akkor az erózióknak ez a módja, anélkül, hogy valamely éghajlati változás bekövetkeznék, csakis akkor elevenedik meg újra, ha a vidék emelkedik, vagy az erózió bázisa süllyed. Ekkor ismét megindul a völgyképződés és letarolás, megkezdődik az *erózió új korszaka* és az *erózió következménye*, a mely ismét éppen a végző felület megteremtésén fáradozik. Természetesen az is előfordulhat, hogy valamelyik eróziós-periódus félbeszakad és hogy a régibb valamely új folyóvízi- vagy valami más eróziós-alak (pl. a tengeri-erózió) váltja fel.

A talajvíz.

A légköri vizek a vízeresztő (vagy vízátbocsátó) talajokba (homok, kavics, morénatörmelék, lösz stb.) szivárognak s az első vízrekesztő (vagy vízálló) rétegen szétterülve, ennek domborzatához alkalmazkodnak: ez a *freátiqus réteg talajvize*. Nedves éghajlat alatt többé kevésbé csekély mélységben, mindenütt megtaláljuk a talajvizet, a hol a mélyedésekben, a síkon és a völgyekben vízátbocsátó kőzetből van a vidék felszíne, viszont hiányzik onnan, a hol vízátáthatatlan (vagy vízálló) alaptalaj emelkedik föl tükre fölé. Abban az időben, a midőn még a vízszolgáltatás a kutak segítségével történt, Bécsben, a belvárosban, azt is megfigyelték, hogy a talajvízben olyan szigetek bukkannak fel, a melyekből a kutak nem szolgáltatnak vizet (286. kép). A talajvíz állása a beszivárgástól függ és az évszakok meg az éghajlati változás szerint emelkedik és süllyed. A talajvíz szintje csak azokban a zárt teknőkben vízszintes, a melyeknek vízrekesztő talajuk van, egyébként a talajvíz a vízrekesztő réteg lejtőjét követi és lassan folyik tovább; a tükre szabálytalan hullámos felület, a melynek domborzata a *hidroizohipszák (hidrohipszák)* futásától függ. A hidroizohipszák azok a vonalak, a melyek a talajvíz tükrenek egyenlő tengerszínfeletti magasságú pontjait összekötik egymással. Az áramlási sebesség naponta csak néhány méterre rúg (a homokban vagy 4 m, a kavicsban 40 m), azonban a talaj lejtőjétől és vízátbocsátó képességétől függ s emelkedik a talaj *pórusainak térfogata* szerint. A pórus-térfogat nem egyéb, mint az anyag üregeinek összege az osztóterület százalékában kifejezve. Minthogy a legfelső vízrekesztő talajréteg a lapályokon és a halomvidékeken, a hol csupán a talajvíz nyer nagyobb jelentőséget, többnyire a felszíni domborzattal fekszik többé-kevésbé párhuzamosan, eszerint látszólag a talajvíz tükre is a domborzattal egyezik.

[281.JPG]

286. kép. A víztartalmú (függőlegesen vonalkázott) homokból (pontozott) a vizet át nem bocsátó, vagy vízrekesztő (vízszintesen vonalkázott) kőzet gátja emelkedik föl. A vízrekesztő gátba mélyesztett *a* kút nem ad vizet, míg a *b*, *b* kutak a laza homokban bőséges vizet tartalmaznak.

A nagy folyók árterületén a talajvíz a folyók esése szerint mozog. Itt a folyótól a parti dombok felé a talajvíz tükrenek: emelkedése mutatkozik, ha a folyó onnét vizet kap, a mi az esőben gazdag éghajlat alatt történik (287. kép). Ha azonban a folyó partvidékének vizet ad le, akkor a talajvíz tükre mindkét oldal felé süllyed. Így van ez a Thébái királysíroknál, a melyek teljesen, szárazak, bár a Nílus tükréhez képest 25 méterrel mélyebbre nyúlnak. Természetesen az ilyen aszályos (arid) vidéken a víz elpárolgása a 4 km hosszú úton nagyon jelentékeny lehet.

287. kép. A talajvíz áramlása a dombvidéken. A vizet át nem bocsátó közet vízszintesen vonalkázott, a vizet át bocsátó anyag pontozott, a talajvizet tartalmazó réteg függőlegesen vonalkázott. A talajvíz a folyó felé áramlik.

Mihelyt a folyó árvíz alkalmával a talajvíz tükre fölé ér, azonnal bővíti a talajvizet, a mely oldalt annyira terjeszkedik, amennyire azt a vízrekesztő réteg domborzata megengedi. A talajvíz állását tehát a folyó és a felszíni beszivárgás szabályozza. Mégis bizonyos elkéséssel követi a talajvíz állása a folyó váltakozó vízállásmutatójának magasabb vagy mélyebb állását; az elkésés a talaj vízátbocsátó képességétől függ és az illető pontnak a parttól való távolságával növekedik. A késlekedés ideje gyakran egy egész hónapig terjedhet, sőt még annál is hosszabb lehet. Azok a folyók, a melyeknek vízetátbocsátó partvidékük van, magas vízállás alkalmával ezen a módon víztömegeiket a talajvízben raktározzák el, ez pedig, ha a folyó a talajvíz állása alá süllyed, lassankint ismét visszaáramlik a folyóba és ennek vízhozamát kiegészíti. Az ilyen vízfolyásoknak kiegyenlített víztömegük van az évszakok rendes váltakozása alkalmával, míg más folyók, a melyek vízrekesztő talajú mederben folynak, arra nem képesek, hogy a szűkös hozzáfolyás idejében forrásvidékükön pótlást szerezzenek. Ezek a folyók a vadvizeket, a beléjük áramló csapadékmennyiséget, gyakran pusztítás közben, rövid idő alatt levezetik és hamar elapadnak. Szabályozása előtt kitűnő példa volt erre a Wien folyó, melynek medre a fliskőzet vízrekesztő szétmállott agyagába és márgába van beágyazva. Azok a vízfolyások, a melyeket a talajvíz táplál, nem fagynak be.

Mennél finomabb az anyag, annál nagyobb ellentállást fejt ki a talajvíz mozgásával szemben. A folyó és a talajvíz szintjének kiegyenlítése különböző gyorsasággal történik. Egy kútból talajvizet merítettek s ez alkalommal a víztükrének minden oldal felé irányuló süllyedését figyelték meg, a mely 6 méter távolságra 1 méterig terjedő esést mutatott.

Arról a hatásról, a melyet a talajvíz a talajrétegekre gyakorol, későbbben szólnunk. Erre nézve nagy jelentőségű a szemecskék nagysága szerint különböző kapilláris *emelkedési magasság* a homokban, vagyis a víznek hajcsővesen felszívódó ereje, a mely 5-2 mm nagyságú szemecskénél 24 óra alatt 2 cm-nyire rúg és a 0.04-0.02 mm átmérőjű szemecskénél 115 cm-ben éri el a maximumot. A 0.002-0.001 mm kicsinységű szemecskéknél a maximális emelkedési magasság csak 5 ½ cm. Általában a legnagyobb emelkedési magasságot 245 cm-ben állapították meg, a melyet a megfigyelések szerint a 0.02-0.01 mm átmérőjű szemecske 30 nap alatt ért el. A 2-1 mm nagyságú anyagban a végső eredmény 6 ½ cm volt 3 nap alatt.

Gazdasági és közegészségi szempontból nagy jelentőségű a talajvíz, a mennyiben a települések vízellátása főképpen erre van utalva. Tanulmányozása tehát nagyon fontos és mégis különös, hogy a legtöbb állam törvényhozása az ezzel kapcsolatos jogviszonyokat még nem szabályozta. A talajvíz többnyire szénsavas mészből és szénsavas magnéziában bővelkedik: ez azt jelenti, hogy a víz *kemény*. Továbbá többnyire oldott állapotban barnavasat és mangánt tartalmaz s ezek az anyagok barnára, sőt feketére színezik a kavicsokat. Amennyiben a felszíni vizek kilúgozzák a humuszréteget, szerves mállási termékek is a vízbe juthatnak. Ilyenek pl. a salétromsav, salétromossav, kén, klór stb., a melyek az egészségre ártalmasak. A bacillusok által megfertőzött talajvíz a járványok veszedelmes székhelye. Például kolerajárvány alkalmával többször kimutatták, hogy a betegség elterjedése a talajvízzel állott összeköttetésben. Kutak ásása alkalmával arra kell ügyelni, hogy a kutat távartartsuk a közvetlenül a felszínről beszivárgó vizektől (*beszűrődő vizek*) és csak olyan helyen üssük meg a vizet a mélyebb szintben (ez a mélység nálunk körülbelül 20 m), a hol a víz az átszivárgás alkalmával hatalmas homoktelepen hatol keresztül és körülbelül az illető hely évi közepes hőmérsékletét állandóan mutatja. A helység csatornázása a talajvíz eltisztátalanítását meggátolja, egyúttal a

tükrét is süllyeszti, minek következtében a talaj szárazabb és csirátlan lesz. A magas talajvízállás az emberi településre nézve alkalmatlanná teszi a talajt és egyúttal ködképződést is okoz. Vidékeinken a talajvíz csekély mélységben fekszik a felszín alatt és számos kút tárja fel. Ha a nagy vízelvonás folytán tükre süllyedni kezd, akkor láthatjuk, hogy készlete nem kimeríthetetlen, hanem minden egyes, egymástól többé-kevésbé elválasztott talajvízmedencében korlátolt mennyiségű.

A Kieli-öbölből kiinduló 9 m mély Északkelet-tengeri csatorna, vagy Vilmos-császár-csatorna lecsapoló hatásával a talajvizet 8 km-nyi távolságig helyenként 20 m-nyire süllyesztette.

Megkülönböztetjük a talajvíz napi, évi, évszakos és százados ingadozásait, a melyek különféle okoktól, különösen a csapadék mennyiségétől függnnek. Az évi ingadozás eléri az 1 métert. Az erdők alatt a csekélyebb beszivárgás következtében a talajvíz tükre mélyebben fekszik, mint a szabad terület alatt, egy alkalommal pl. körülbelül 11 méter szintkülönbséget állapítottak meg 190 méter távolságra.

Száraz országokban a talajvíz tükre nagyon mélyre süllyedhet. Texasban még 300 méter, a Transzkáspi vidéken pedig még 660 méter mélységben sem érték el. E miatt a sivatagi növények gyökerei többnyire feltűnő hosszúak, hogy a talajvizet elérhessék. A *Tamarix*-on 30 méter hosszú gyökereket figyeltek meg.

Ha a vidék felszíne a talajvíz tükre alá süllyed, a víz a napfényre jut (talajvízforrások, 288. kép). Ha a völgy bevágódik a talajvízbe, akkor a víz odaáramlik (völgyforrás) és a patak további útjában a kavicsmederből való odaszivárgás következtében növekedik. Ha a talajvíz állása süllyed, a patak kiszárad. A domborzat teknőiben forrás-tócsák és tavak keletkeznek. Ilyen például a Fertő-tó, a mely a csapadék mennyisége szerint terjeszkedik és időnként kiszárad. A Bécsi-medencében gyakran láthatni az agyag téglaművekben a talajvizet tartalmazó szinteket bevágva, a melyek ott keletkeznek, a hol a vízetátbocsátó homok vagy homokos agyag alá vízrekesztő agyag települt (289. kép).

[283.JPG]

288. kép. Talajvízforrások keletkezése: *a*, *a*-nál és a talajvízátbukó-forrásnál: *b*-nél. *G*, *G* jelzi a vízrekesztő vagy vizet át bocsátó közetben a talajvíz tükrét; míg a víztartó réteg alá a vízrekesztő vagy vizet át nem bocsátó közet települt.

A talajvízforrásokhoz számíthatjuk a *törmelék-forrásokat* is, a melyek a törmeléklejtő lábainál jutnak napvilágra. Ha a talajvíz vízrekesztő teknőben megreked, akkor ennek peremén keresztül folyva, forrás gyanánt törhet ki (*átbukó*, v. *túlfolyó forrás*; 288. kép).

Hideg országban, pl. Szibériában, a 20-25 m mélységig lehető fagyok következtében meg van fagyva a talajvíz (*Tjäle*). Nedves éghajlat alatt a talajvíz, súlya következtében a mélybe süllyed, a száraz éghajlat alatt pedig az erős párolgás következtében beálló nagy hajcsövesség következtében fölemelkedik. Ezen az úton feloldó, lerakó és átalakító hatása van s erről későbbben még részletesebben szólunk. A *tengervíz* is talajvíz gyanánt hatol be a szárazföldre, tükre emelkedik a szárazföld belseje felé és az *édesvíz* könnyebb réteg gyanánt *úszik a tetején*. Az Észak-Keleti tengeri (*Vilmos császár*) csatorna mellett a szárazföld belsejében 7.5 km-ig lehetett az árapályt fölismerni a talajvíz tükrének több órás késéssel bekövetkező eséséből és emelkedéséből. A franciaországi Lille-ben, a tengertől 60 km-nyire a katonai kórházban levő kútban az apály és dagály váltakozása még észlelhető.

[284.JPG]

289. kép. Víztartalmú szintek (sötét színnel jelölve) két különböző vízátbocsátó réteg határán a pontusi-pannoniai korú kongeriás agyagban Bécs mellett. (SCHAFFER X. F. fotografiai főlvétele szerint.)

A talajvíznek sajátos eróziós tüneténye észlelhető Alsó-Ausztriában, a Cseh-őshégyiség tömegének peremén. A Cseh-masszivum domborzatát miocénkorú üledékes takaró borítja.

A beszivárgó vizek ennek földalatti medrében gyűlnek össze és a homokos agyagos telepek kiöblítése és a fedő-meszek utánaszakadása következtében alulról fölfelé a régi folyómedret kimossák (*anekkaterétikus erózió*, 290., 291., 292. kép). A régi betemetett domborzatnak ilyen módon való exhumálása bizonyára többször előfordul, csak hogy mostanáig elkerülte a megfigyelést.

[285.JPG]

290., 291. kép. *Kiújuló letarolás* a talajvíz kimosása által, ú. n. *anekkaterétikus erózió*. A talajvíz régi folyómeder körvonalait mossa ki a csehországi őshégyiség peremén, Alsóausztriában. *G* gránit, *T* miocénkorú agyag, *S* homok, *K* fedőmészkő.

[286.JPG]

292. kép. *Kiújuló letarolás* által keletkezett völgyrészlet, a mely az *a* és *b* fedőrétegek utánaszakadásából származott, a *c* agyag felületén végbement talajvízkimosás (*anekkaterétikus erózió*) folytán. Brunnstube, Eggenburg mellett, Alsó-Ausztriában. (HIESBERGER G. fotografiai főlvétele szerint.)

Egyes úgynevezett epigenetikus völgyeket lehetne ezen a módon megmagyarázni (a Duna áttörése a Cseh tömeghegységen keresztül: Strudengau, Wachau vidékén).

A karsztvizek.

A szétrepedezett kőzetben a gyorsan beszivárgó csapadékvíz a hasadékok hálózatát követi és míg az ilyen vidék felszíne a pusztá kősvatag képét nyújtja, addig a Föld alatt a víz nagy tömege folyik tovább. Ilyenek a viszonyok a *karsztnak* nevezett vidékeken, a melyeknek sajátos mállási formáit már kiemeltük volt. A karsztvidék típusát különösen a nedves, mérsékelt éghajlat alatt találhatjuk meg és pedig a tenger tükkrétől fel egészen a magas hegységekig, de a forró égöv alatt is előfordul. A felszíni vízfolyások hiánya következtében nagyobb távolságokon át nagyrészt hiányoznak innen a völgyek, a melyek egyébként a domborzati formákon uralkodnak. A kopasz mésztalajba *dolinák* süllyednek be s a mésztalajt *karrok* és *esőbarázdák* szakgatják széjjel. Cső- és kútalakú üregek (*geológiai orgonák*, *karsztaknák*) többé-kevésbé függélyes irányban rágják belé magukat a kőzetbe.

[287.JPG]

293. kép. A Source de l'Ecluse barlangrendszer hosszanti szelvénye, Ardèche mellett, Franciaországban. (MARTEL E. A. után.) *a* akna, *b*, *e*, *f* szivornyák vagy szifók, *c*, *d* bejáratok, *g* folyó.

Nemcsak a csapadék szivárog be a karszttalajba, hanem eltűnnek a szétrepedezett kőzetben azok a vízfolyások is, a melyek vízrekesztő talajról jutnak a karsztvidékre. Így veszít a Duna víztömegéből 4 m³-t másodpercenként Immendingen mellett, a Sváb Alpokban a hasadékos mészkövek területén, úgy hogy alacsony vízállás alkalmával évenként körülbelül 77 napig

teljesen kiszárad. Innét dél felé 12 ½ km távolságban és 170 méterrel mélyebben az eltűnő víz az Aach forrása gyanánt kerül ismét a napvilágra, másodpercenként körülbelül 7 m³ vizet szolgáltat és a Rajnába ömlik. A karsztfolyók arra törekednek, hogy a *szívó lyukakat* (ravaszlyuk), *eltűnési pontjukat* (elnyelő lyuk), a melyeken keresztül a földalatti csatornába jutnak, a folyón fölfelé áthelyezzék, a mennyiben új csatornákat keresnek, miáltal az alsó szakasz szárazon marad.

A víz a kőzet hasadékait követi és útjában a mélységben oldó hatásával csatornákat mar ki, a melyek egymással egyesülnek, majd ismét elágaznak és egész földalatti folyórendszert alkotnak. Hordalékszállítás következtében fokozódik az erózió. A csatornák keskenyek és magasak, ha a hasadékokat követik, és alacsonyok, ha a rétegfelületeken haladnak. Többnyire vízszintes szakaszok váltakoznak meredek leszakadásokkal, a melyeken keresztül vízesés alakjában zuhan le a víz. A hasadékok által előkészítve légnyomás folytán meginduló szivornya (szifó-szerű) vezetékek is keletkezhetnek. A nyomás alatt álló víz különösen erősen támadja meg a falakat, sőt még a boltozatot is (eforáció, 293. kép). Ezen a módon rövid szakaszon keresztül a víz alulról fölfelé irányított eróziót fejthet ki.

[288.JPG]

294. kép. A Rackbach bűvópatak eltűnése ravasz lyukban, magas vízállás alkalmával Adelsberg közelében, Krajnában. (SCHÄBER M. fotografiai fölvétele szerint.)

A fedőboltozat beomlása következtében a földalatti folyóvíz (bűvópatak) szakaszai napfényre kerülhetnek és ekkor láthatjuk, hogy a meredekfalú völgyben zúgó folyó a víznyelő *lyukba* folyik bele (*vak völgyek*, 294. kép). E tüneménynek legszebb példáját a Reka folyón, Sankt-Kanzian mellett, a krajnai Karsztban láthatjuk, a hol a folyó a helység előtt eltűnik és földalatti folyását a beszakadás következtében a helység alatt még egyszer megláthatjuk, 70 méter mélységben (295. kép), majd egy magas dombon tűnik el ismét és vizét 25 km hosszú földalatti útja után a hatalmas Timavo és más források hozzák napszínre, míglen Triesztől nem messze a tengerbe torkollik. A Rackbach-ot Adelsberg mellett Krajnában *természetes hidak* boltozzák (296. kép), a melyek a boltozatnak helyenként való beszakadása útján keletkeztek. A barlangokból kilépő folyók a boltozat beszakadása folytán, a bűvolyukat (víznyelő-aknát) a folyó mentén fölfelé helyezik át és a bűvolyukat ezért sok esetben törmelékhalom takarja, a melyből a víz nagy erővel tör ki. A Garda-tavon Cassone kis kikötőjében, a Monte Baldo lábainál a kavicsmederből egy kis folyó erős áramlással tör elő.

[289.JPG]

295. kép. A Reka földalatti karszt-folyó részlete, a mely beszakadt dolina révén napfényre került, St. Kanzian mellett, Divacca közelében. (A Német és Osztrák Alpesi Egyesület Partvidéki Szakosztályának fotografiai fölvétele után.)

Azokat a karsztforrásokat, a melyek valamely barlangból többnyire patak alakjában jutnak napfényre, a franciaországi Vaucluse forrásairól Avignon mellett, *Vaucluse-forrásoknak* nevezték. Vizüket nem tisztítják, mivel azonban a mészhegységben a víz kevésbé van kitéve az elmocskolódásoknak, nagyrészt ivóvízszolgáltatásra igen alkalmasak.

[290.JPG]

296. kép. Természetes kis híd a Rackbach fölött, St. Kanzian mellett, Adelsberg közelében, Krajnában. (SCHÄBER M. fotografiai fölvétele szerint.)

Sok tóban a tófenékről erős források törnek fel, a melyeket gyakran felbugyogásuk árul el. Ezt a tengerpartokon is megfigyelhetjük s az ilyen helyeken a sós vizek között édes vizet lehet méríteni. Erre szép példát láthatunk a kilikiai partokon Selefke és Mersina között; e forrásoknak itt olyan erős felhajtó erejük van, hogy egyik közülök, a mely körülbelül 1 méter átmérőjű függélyes bűvolyukból emelkedik föl, a belédobott ökölnagyságú köveket ismét kilöki. Ragusánál, közvetlenül a dalmáciai tengerpart mellett, édes források törnek föl és Priluka mellett olyan erővel bugyognak föl a tengerben, hogy az esős évszakban még a csónakok is kikerülnek.

[291.JPG]

297. kép. Beszakadási dolina St. Kanzian mellett, a Karszt vidéken. (A Német és Osztrák Alpesi Egylet Partvidéki Osztályának fotografiai főlvétele.)

A barlangüregek beomlása következtében a felszín süllyedése következhetik be anélkül, hogy teljesen szabad összeköttetés, keletkeznék. A talajban különböző mélységű kőralakú tölcser keletkezik, a mely a dolinához hasonlít és *horpadásnak*, *földomlásnak*, vagy *beszakadási dolinának* nevezzük (297. kép). Ilyenek mesterséges úton, bányáskodás révén is keletkezhettek.

Ha a szétrepedezett mészre takaróul árterület települ, akkor ennek kilúgozása, vagy pedig beszakadás következtében a talaj; süllyedése következhetik be (*árterületi dolinák*).

Néha a barlangfolyó mélyebb szintben helyezkedik el. Ez történt: a Poik-kal az adelsbergi barlangban; a folyó ugyanis régebben magasabb szintben haladva a barlangrendszeren folyt keresztül: ma rajta száraz lábbal mehetünk át, míg a folyó mélyebb hasadékokban folytatja útját. A mai Poik bűvópatak eltűnése 18 méterrel mélyebben fekszik, mint a barlang bejárata. Ugyanennyivel süllyednie kellett az Adelsbergi-medence víztükrének is, a melyet valamikor tó borított el, míg ma magas vízállás alkalmával csak a legmélyebb réteket önti el az ár. A víznyelő aknák, ravaszlyukak (a Karszt *ponorai*, Görögország *katavothronai*) elegendők arra, hogy még nagyobb víztömegeket is gyorsan levezessenek.

A karsztvidék feltűnő felszíni alakulata a *polje*. Széles, hosszan elnyúló, többnyire meredekfalú *medence* ez sík fenékkal, mely az alaptalaj fölépülésétől függetlenül, gyakran a hegység csapására keresztben fekszik, oldalt törésekkel határolva. A polje-mezők tehát sekély, árkos beszakadások, a melyek tektonikus úton keletkeztek. Kiterjedésük több száz négyszögkilométert is elér s vízfolyások húzódnak rajtuk keresztül, a melyek mindig víznyelő vermeken, ravaszlyukakon át távoznak. Ha a víz odafolyás alkalmilag oly nagy, hogy a levezető csatorna nem elegendő, akkor átmenetileg időszakos áradás következik be. Ez akkor történik meg, ha a polje a vidék talajvizének magasállása alatt fekszik. Ha azonban a polje talaja tartósan a talajvíz szintje alatt fekszik, akkor állandó tó borítja be, mint pl. ez a Szkutari-i tóval történt Albániában. A Zirknitzi-tó Krajnában az *időszakos tavakhoz* tartozik. A víz az úgynevezett *vízokádó lyukakból* jön ki és a lapályt 1-3 nap alatt megtölti. A víz először a magasabb szintben két nagy barlangon keresztül (a két Karlovicza) elég gyorsan folyik le, később azonban csak néhány szűk bűvópatakon keresztül folyhatik le, a mi 14-25 napig is eltart. A barlangi vizek 2 ½ km hosszú földalatti újak után a Rackbachban kerülnek napfényre. Ezek az ismétlődő áradások nagyon nagy károkat okoznak a vidék szegény lakosságának és már arra is gondoltak, hogy a vizet inkább mesterséges csatornával kellene gyorsan levezetni. Ezt már a Kopais-tónál Közép-Görögországban sikeresen keresztül is vitték, miáltal nagy területeken termékeny vidékhez jutottak.

Egyes poljékben fiatal harmadkori édesvízi képződményeket találtak, a melyek azt bizonyítják, hogy a polje-mezőket valamikor tavak töltötték ki; akkor tehát a vidék felszíne jóval közelebb feküdt a talajvíz szintjéhez, úgy hogy ez behatolhatott a poljékbe. Akkor még a felszíni vízlefolyás volt az uralkodó. A talajvíz szintjének süllyedése, mely a földalatti vízlefolyás kiképződésével karöltve fejlődött, vagy a karsztvidék emelkedése következtében, vagy pedig a tenger tükreinek süllyedése folytán következhetett be. Újabban az a nézet alakult ki, hogy éppen úgy, mint a szárazulatokat a felszíni vízlefolyás, a karsztvidékek hidrográfiai viszonyait a közös talajvíztükör szabályozza. Ez azonban csakis olyan helyeken lehetséges, a hol a vízátbocsátó, szétrepedezett meszek alatt vízrekesztő réteg következik, vagy pedig a tenger közelében, a melyből beszüremkezésnek kell végbemennie. A hol azonban a mészkő nagy vastagságban, tömegesen a tenger szintje felett fekszik, ott nincsen talajvíz. Minden folyó függetlenül arra törekedik, hogy medrét mennél mélyebbre helyezze, amennyire azt a repedések és a kilúgozás megengedik. Beiszapolódás alkalmával, vagy pedig a mésztávoztása következtében, a mely viszont a víz széndioxidjának elvesztése alkalmával következik be, barlangjáratok keletkezhetnek, miáltal a mélyebbre való helyezkedés legalább is késlekedik.

[292.JPG]

298. kép. Szárazvölgy a kilikiai mészpaltón. (SCHAFFER X. F. fotografiai fölvétele.)

A Föld legnagyobb kiterjedésű barlangja Kentucky-ben, az Északamerikai Egyesült-Államokban, a Mammutbarlang, a mely összesen 350 km hosszú és egészen Indiánáig terjed. Ismert karsztvidékeket találhatunk Boszniában, Görögországban, Kilikiában, a Libanonon, a Rauhi-Albon, Wesztfáliában, Morvaországban, a Frank-Jurában, Dél-Franciaországban, Belgiumban, Skóciában, Czelebeszen és Jukatánon, egyszóval mindenütt, a hol a szükséges körülmények megvannak. Ilyen tényezők: csekély mértékben vagy teljesen *zavartalan mésztömegek*, kevés tisztátalansággal, erős repedezés és gazdag csapadék. Ilyenkor a kémiai erózió uralkodik, a vizek beszívárognak és a víz körútja a Föld alatt megy végbe. A 298. kép a kilikiai mészfensík egyik száraz völgyét ábrázolja.

A Földközi-tengermelléki karsztok mai kopárságát sokan ezen partmelléki alakulatból származtatták. Ez a megállapítás azonban nem helyes, mert az összes típusos karsztjelenségek még magukban az őserdőkkel borított mésztömegeken is előfordulnak, mint például Krajnában és más helyeken. Kimutatható, hogy a növényzet hiánya az erdők elpusztulása révén keletkezett. A Karsztot egykor erdők borították; csakis az a rablógazdálkodás, a mely a római idők óta szállította a fát a flották és Velence czölöpei részére, továbbá az erdősítés hiánya okozta ennek a kőszivatagnak a kiképződését. Amidőn a fák védő lombkorukkal és gyökereikkel a cserjéket és gyeptakarót a kiszáradástól többé már nem védték, a vékony humuszréteget leöblítette az eső és elfújta a bóra, a csapadék pedig gyorsan beszívárgott a nyitott és felszínre kerülő hasadékokba. Minthogy a mészhégységben csaknem teljesen hiányoznak a szétbomlás maradványai, a karsztvidékeken nem keletkezhetik magától újra olyan föld- és növényzeti réteg, a mely magasabbrendű növények részére tápláló talajt tudna nyújtani. Jelenleg nagy költséggel kezdték meg egyes kisebb vidékek erdősítését s ez eredménnyel is járt. Még kirívóbban mutatkoznak az erdőpusztítás következményei a kilikiai Karszt-platón (299. kép), a hol a kőszivatag közepén még megtalálhatjuk a pompás ókori és középkori épületek romjait. Ezek nagyrészt olyan helyeken vannak, a hol ma már néhány nyomorúságos pásztor sem találja meg életszükségleteit. Régi adatokból tudjuk, hogy ezt az országot valamikor erdők borították és a pusztaság sziklából nagy területeken végig számtalan kiszáradt

fatönk meredezik ma is ég felé. A szálas erdőket itt az ókorban, az óegyiptomiak idejétől fogva a legkíméletlenebbül zsákmányolták ki.

[293.JPG]

299. kép. Karsztvidék a Jedi Bel-en, Kilikiában. (SCHAFFER X. F. fotografiai fölvétele.)

A karsztjelenségek közé sorolhatók az úgynevezett *tengeri malmok* Argostoli mellett, Kephallónia szigetén; azonban más helyeken, pl. Fiume mellett is ismeretesek. Argostoli mellett, mesterségesen kiszélesített csatornán keresztül, évenként 200 millió köbméter tengervíz folyik erős áramlással a szárazföldre és a vizet szívólyuk nyeli el. A jelenség magyarázata nem állja meg helyét. Lehetséges, hogy a víz valamely vulkáni tűzhely felé áramlik és ott gőzzé válik, vagy pedig a sziget elpárolgó talajvizét pótolja ki; de talán valamely földalatti forrás szívó hatása is lehet ezen jelenség oka.

A magas hegységek mésztörmzsei és mészfennsíkjai nagyon kialakult karsztvidékeket tárnak elénk. Itt is a Föld alatt folyik le a jelentékeny víztömeg, különösen hóolvadáskor. A forrásszintek a közbeékelt vízrekesztő telepeken jelennek meg, a Mészalpokban különösen a werfeni rétegek határán. Sokszor előfordul, hogy az erős források a hegy lábánál törnek elő, mint pl. a bécsi vízvezeték forrásai, továbbá a Schreier-forrás (300. kép), vagy a Hirschbrunn és Koppenbrüll forrás Hallstadt mellett. Azokon a barlangi folyosókon folynak keresztül, a melyek a karsztplatókat átjárják és részben csak utolsó maradékai annak az egykor sokkal nagyszerűbb karsztfolyórendszernek, a melynek széles csatornáit, pl. a Dachstein-masszívumban, különböző szintekben csak a legutóbbi időben mutatták ki. A mészfennsík magaslatain kvarcz-görgetegek kavicsait (úgynevezett *szemköveket*) találták, a melyek csakis a Központi-Alpokból származhattak. Hajdani folyók szállíthatták azokat ide abban az időben, a mikor az északalpesi hosszanti völgyek még nem voltak meg. Ez azt bizonyítja, hogy azok a mészplatók, melyeket ma mély völgyek tagolnak szét, valamikor összefüggő területet alkottak. A vizek innét kezdetben a felszínen folytak le, később azonban éppen úgy, mint a Karsztban, szintén földalatti utat teremtettek maguknak. Ezeknek a régi hidrográfiai viszonyoknak megvilágítása nagy jelentőségű azon fiatalabb zavarodásoknak a magyarázatára nézve, a melyek a hegységet érték. Ezáltal a tektonika tényeken nyugvó számos alaptanhoz fog jutni.

[294.JPG]

300. kép. A Schreier-forrás Hinterwildalpen mellett. (MARK TIVADAR fotografiai fölvétele.)

A barlangokban sajátos állatvilág él, a mely részben a sötétségben való élethez alkalmazkodott; egyes állatok látószervei hiányoznak és a színezésben jellemző változásokat mutatnak. Ilyenek a barlangi angolna, a rovarok, a pókok, a százlábúak és a rákok.

Hazánk mészkő-hegységeiben ugyancsak változatos *karsztjelenségeket*, bűvópatakokat, dolinákat s azonkívül számos barlangot találunk. A több száz különféle *barlang* között legnagyobb az *Aggteleki-cseppkőbarlang* Gömör vármegyében. A *Baradla* néven ösmert barlang teljes hossza 8480 méter, nagyságra a Mammoth's Cave s az Adelsbergi barlang után mint 3-ik következik. Ebben a barlangban az ősember a történelem előtti korban évezredek óta tanyázott, a miként ezt báró NYÁRY JENŐ ásataival kiderítette. Nevezetesen a Bükk hegység barlangjai is, a mik újabban HERMAN OTTÓ, KADICS OTTOKÁR és KORMOS TIVADAR kutatásaival váltak ismeretessé. Különösen az *alsóhámori Szeleta-barlang* tűnik ki gazdag diluviális maradványaival. A Szeleta-barlang a Szinva medre fölött 95 m magasan nyílik, a júra-korú mészkőben kettős ágának hosszúsága 110 m körül van. A Szeleta-barlangot KADICS OTTOKÁR 1908-1912 között teljesen kiásatta, s átlag 5 m mély barlangi

agyagiában nem kevesebb mint 1600 példány paleolit-eszközt talált a diluviális korból. A Szeleta-barlang ezidőszerint az ú. n. solutréi iparnak Európaszerte leggazdagabb maradványa. Igen fejlett barlangokat ismerünk a *Bihar-hegység* mészkő vidékén; ilyenek az *Oncászsai* és *Igriczi-barlangok*, amelyekben a diluviális korú állatoknak, különösen a barlangi medvének temérdek csontvázát találjuk. Hunyad megyében a *csoklovina* *Cholnoky-barlang* a foszfát-tartalmú barlangi trágya-anyagával keltett nagy érdeklődést a háború alatt, s ez a foszfát-trágya HORUSITZKY HENRIK szerint a krassószörényi barlangokban is megtalálható. Hazai barlangjainknak tudományos kutatásával a Magyarhoni Földtani Társulat *Barlangkutató Szakosztálya* foglalkozik, a mely a barlangoknak úgy geológiai, paleontológiai, mint zoológiai és archeológiai kikutatását is felöleli.

A *Magyar Birodalom karsztos vidékeit* VERESS JÓZSEF a következőképp csoportosítja: 1. *Magyar-karszt* a Gömői mészkőhegységben, 2. *Palócz-karszt* a Borsodi Bükk-hegységben, 3. *Oláh-karszt* a Bihar-hegységben, 4. *Délmagyarországi*, 5. *Dunántúli* karsztos vidék a Bakonyban s Mecsek hegységben, 6. *Horvát- vagy Liburniai karszt*.

A források

A csapadék változó mennyiségű része beszívárog a sziklatalaj hasadékaiba vagy a vizet átocsátó kőzetek likácsaiba. Ez az éghajlattól függő vízmennyiség akkor nagyobb, ha az esők az egész éven keresztül egyenletesen vannak elosztva. A talaj *vízátbocsátó képessége* (permeabilitása) ennél fogva nagyjelentőségű a hidrográfiai viszonyokra nézve. Az agyagok, a palák és a tömeges kőzetek nagyon vízállóak, míg a homok, homokkő, kavics, tufa, mészkövek és a vulkáni kőzetek többé-kevésbbé átocsátják a vizet. Azok a kőzetek, amelyek már vízzel vannak telítve, a legkevésbbé bocsátják át a vizet. Az összes kőzeteknek van víztartalma és ezt a hajcsövesen kötött (kapilláris) víztartalmat *hegységbeli*-, *hegyi*- vagy *bányanedvességnek* nevezzük. A kapilláris víztartalmat úgy állapítjuk meg, hogy meghatározzuk, mennyit veszít a kőzet 110°-os szárítás mellett súlyából. A vízátbocsátó képesség és ennek oka, a *pórusok térfogata*, az egyes szemecskék fekvésétől és alakjától függ s az egyenlő nagyságú elemeknél körülbelül 25 és 48 % között ingadozik. A laza homok pórus-térfogata 37.6-51.2 %, az összeálló homoké 29.6-42.4 %, a folyóbeli alluviális üledéké körülbelül 30-35 %. A különböző nagyságú szemecskék kisebb pórustérfogatot adnak. A víz a nehézségi erő hatása következtében a lehető legmélyebbre törekszik behatolni. Kiszámították, hogy ez körülbelül 12000 méterig lehetséges, a hol a nagy nyomás a további behatolást meggátolja. Abban a mélységben már a kritikus hőmérséklet (365°) uralkodik. Ennek a számításnak azonban, úgy látszik, alig van valami gyakorlati jelentősége, mert a legmélyebb bányaművek szárazak, tehát a mélység felé a hegység nyomásának következtében a *felszíni vizek* útjai el vannak zárva.

Ha valamely vidék felszínének szerkezetében vízátbocsátó és vízhatlan rétegek váltakoznak, akkor a csapadékvíz a vízeresztő (vagy vízátbocsátó) rétegbe fog behatolni és annak fenekén követi a lejtőt (*rétegvíz*). Ha ezt a vízátbocsátó réteget fölfelé *vízhatlan* (*vízálló* vagy *vízrekesztő*) réteg határolja, akkor a víz a víztartó rétegben hidrosztatikus nyomás alá kerülhet és a közlekedő edények törvényeinek lehet alávetve. Ha kijut a víz a napfényre, akkor *rétegforrásnak* nevezzük. Megkülönböztethetjük a *leszálló* és a *felszálló rétegforrásokat*. A leszálló források követik az azonos irányban lejtő réteget (301. kép), míg a felszálló források redőzött réteges kőzetben fordulnak elő és a túlnyomás következtében a fölemelkedő ágból ömlenek ki (*átbukó források*). A víz fölhatolása valamely vetődés (hasadék) mentén is bekövetkezik és az ilyen felemelkedő forrást *vetődéses* vagy *hasadék-forrásnak* nevezzük. Sík vidékeken a vizet tartalmazó rétegek települése teknőalakú is lehet és ilyen helyen az is lehetséges, hogy a nyomás alatt álló víz szökőkútszerűen feltör, ha útját mélyfúrással

megnyitjuk (302. kép). A mélyfúrás technikáját a kínaiak már régen gyakorolták és Európában az Artois grófságban alkalmazták először. Ezeket a kutakat *artézi* kutaknak nevezzük. A párizsi medenczében La Grenelle artézi kútja 545 m mély és 16 m magas sugárban percenkint $6\frac{1}{2}$ hl vizet szolgáltat. Bécs mellett és sok más helyen, azonkívül különösen az algiri Szahara egyes mélyebben fekvő vidékein ilyen kutakat eredményesen fúrtak. A sivatagban sikerült ezen a módon az izzó homokban tágas oázisokat létesíteni. Ilyen alkalommal a vízzel együtt, élő halak, ollótlan rákok s kagylók és csigák kerülnek napfényre, a milyenek a felszínen mindenütt élnek és a melyek valóban csak átmenetileg élnek a föld alatt.

[295.JPG]

301. kép. Rétegforrások. Az a -nál beszivárgó víz b -ben mint leszálló rétegforrás, az a^1 -nél beszivárgó b^1 -ben mint felszálló rétegforrás, vagy b^2 -nél a hasadékon át mint hasadékforrás jut napfényre.

[296.JPG]

302. kép. Artézi kút szelvénye. a , a vizet át nem bocsátó ú. n. vízrekesztő közet; b , b vizet tartalmazó réteg.

Az artézi kutak különösen kisebb kiterjedésű medenczékben hatnak egymásra, ennél fogva lehetséges számuk korlátozva van.¹⁴ Az artézi víz nyomása néha oly nagy, hogy erőgépeket is hajt.

Azok a homoktelepek, a melyeket a víz átitatott (*uszádékos homok*), gyakran veszélyesek a bányaművekre nézve, amennyiben ha rábukkannak, a futóhomok oly erővel hatol be, hogy gyakran az egész bányát elárasztja. Azok az uszádék homoktelepek, a melyek csekély mélységben vannak a felszín alatt, ha nyomás alatt állanak és valamely fúrás eléri őket, robbanásszerűleg ürülnek ki a felszínre és a fedőréteg utanasülyedése következtében a talajban, süppedéseket idézhetnek elő; ezek okozták a brüxi (Csehország) és a schneidemühli (Posen) katasztrófákat.

[297.JPG]

303. kép. Hasadékforrások szelvénye. A felszínről a hasadékokba szivárgó víz felveszi a geoizotermák hőmérsékletét és a -nál mint leszálló, b -nél mint felszálló forrás (illetőleg hévforrás, vagy terma) kerül napfényre.

Azokat a szivárgó vizeket, a melyek hasadékok mentén hatolnak a Föld belsejébe, *hasadék-* vagy *repedési-vizeknek* nevezzük. *Leszálló források* gyanánt mélyebb szintben napfényre is kerülhetnek, vagy nagyobb mélységből a megterhelő vízoszlop nyomása alatt a közlekedő edények elve szerint valamely más hasadék mentén ismét fölemelkedhetnek, *fölemelkedő hasadékforrások* (303. kép). A tömeges közetekben, a palákban és a meszekben az ilyen források nagyon gyakoriak. A víz ezekben a hasadékokban gyorsan mozog s szűrődésen (filtrálás) és tisztuláson nem megy keresztül, éppen ezért minden tisztátalanságtól védeni kell az ilyen forrásoknak a szétrepedezett közetben fekvő gyűjtővidékét, ha a források a víz-szolgáltatás célját szolgálják. A hasadékforrások csaknem mindig *szikla-* vagy *kőzetforrások*, a mennyiben helytálló sziklából törnek elő.

¹⁴ A Nagy Magyar Alföld artézi kutakban Európa leggazdagabb medenczéje, a melyről a Függelék V. fejezetében lesz szó.

A mészhegységekben a forrásjáratokat a kimosás kiszélesíti, barlangi források, ú. n. Vauclose-források keletkeznek, a melyekről a karsztos tüneteknek szövegünk. Mindkét bécsi magasvízvezeték forrásai, Béctől 100 km-nyire a payerbach-i Höllenthalban, hasadékvizek, a melyek beszivárognak a mészplatóba és a vízrekesztő werfeni-palán folyva, hasadékokból jutnak a napfényre.

A földalatti vízfolyások emelkedése és esése folytán, gyakran a hidrosztatikus nyomás következtében is források törhetnek elő vagy pedig kiszáradhatnak. Ezeket *időszakos*-, *intermittáló*- vagy *periodikus* forrásoknak nevezzük. Valamennyi ilyen forrás napi, évszakos vagy szabálytalan ingadozást mutat s ezek az ingadozások gyakran széles határban követhetők és az ingadozó hozzáfolyástól függenek. Egyesek hosszabb szárazság után gyakran kiszáradnak, nedves években megtelnek és az *éhség*- vagy *inségkutakat* szolgáltatják, a melyek nevüket onnét kapták, hogy rossz aratás előjeleinek tekintik őket.

Azokat a forrásokat, a melyeknek hőmérséklete a talajával egyezik és azzal ingadozik, *talaj*-, *gyep*- vagy *lejtőn fakadó* forrásoknak nevezzük. Amennyiben vizüket csakis a felszíni talajrétegekből szívják, tisztátalanságnak vannak kitéve és így ivóvíz céljára nem alkalmasak. Azok a vizek, a melyek nagyobb mélységből vagy legalább is a változatlan rétegből erednek, egyenletes hőmérsékletűek s hőfokuk többnyire csaknem megegyezik az illető hely évi közép-hőmérsékletével. Ezeket *orthothermáknak* nevezzük. Az évi közepesnél magasabb hőmérsékletű forrásokat *hőforrásoknak* vagy *termális forrásoknak*, röviden *termáknak*¹⁵ hívjuk.

A vulkánosságról szóló fejezetben említettük a Föld belsejéből származó magma tetemes gázvesztését, a melylyel a vízgőzök nagy tömegei szabadulnak fel. Ezek a felszállás alkalmával hidegebb földrétegekbe jutnak és összesűrűsödnek. Ezek a juvenilis vizek hőmérsékletüket átadják a környező kőzeteknek s így saját hőmérsékletükből veszítenek, azonban a felszínt többnyire magas hőmérséklettel éri el. A források tehát egészen a Föld belsejéből is származhatnak (*juvenilis források*), vagy pedig azokból gyarapodhatnak. A mélységbeli, juvenilis források hőmérséklete állandó marad és vízmennyiségük egyenlő bőségű; vadózus vizek hozzáfolyása alkalmával mindkét érték változik a csapadék szerint. Ugyanis olyankor, amidőn a napi erősebb gyarapodás következtében nagyobb víztömeg keveredik hozzá, alacsonyabb a hőmérséklet, míg tartós szivattyúzás következtében a víz hőfoka emelkedhetik. A vízbőség ingadozása összefüggésben áll a csapadék ingadozásának bizonyos, késésével s ez az ingadozás a megtett úttól függ és két évre terjedhet. Másfelől a hegység hasadékaiba beszivárgó felszíni vizek olyan mélységbe juthatnak, a melyben a geoizotermák vonulata szerint magasabb hőmérséklet uralkodik. Ezt a magasabb hőfokot a vizek felveszik. Hajlott vízerekben vagy a hidrosztatikus nyomás következtében, avagy pedig csak csekély fajsúlyuk és gáztartalmuk miatt, a melyet a Föld belsejében felvehetnek, *leszálló* vagy *fölemelkedő termák* gyanánt kerülhetnek a napfényre (303. kép). A juvenilis vizeket *aszczendálóknak* (*felszállóknak*) is nevezhetjük, a vadózus vizeket pedig *deszczendálóknak* (*leszállóknak*). Mindazonáltal jobb lesz ezeket a neveket mellőzni, mert ezeket általában már régi idő óta különböző nemű vadózus források megjelölésére használják. A termák nagy többsége vadózus eredetű, mint pl. Gastein, Pfäfers, Baden Bécs mellett és legfeljebb csak néhányának tulajdonítanak juvenilis származást, amennyiben természetüket másképpen nem tudjuk megmagyarázni (Karlsbad). Sok termának vadózus vizekkel való összefüggését bizonyítja a teplitzi-forrás elapadása Csehországban, a szomszédos barnaszénbányában történt futóhomokbetörés alkalmával (1879), midőn a hőforrás vize a bányába ömlött és csak ezen

¹⁵ A német, az osztrák és a magyar fürdőkönyvek csak a 20 C°-nál magasabb hőmérsékletű forrásokat nevezik termáknak.

hely betömése után jött ismét elő a hévvíz a régi forrásnyílásból. A termák hőmérséklete nagyon különböző. Egyesek, mint pl. a *Hammam Meskutin* Algirban és a *Yellowstone-park*-hévvize Észak-Amerikában stb. forró állapotban törnek elő: Baden Baden-vize 86°, Wiesbaden-é 68°, Karlsbad-é 73.8° és Teplitz-é 48C° hőfokú. Azok az artézi kutak, a melyeket nagy mélységben értek el, mind termális vizet adnak. A városligeti artézi kút Budapesten 970 m mélységből jön, vízbősége percenkint 827 liter és hőmérséklete 73.9C°.

Azokat a hőforrásokat, a melyek számtalan gázbuborék-tartalmuk következtében élénk pezsgő mozgással jutnak a napfényre, *bugyogó-* vagy *gőzlő-forrásoknak* nevezzük (Karlsbad, Nauheim stb.).

Azok a hőforrások, a melyek a forrás csövében forráspontjukat meghaladó hőmérsékletűek, az *időszakosan lüktető szökőforrások*; ezeket az Izlandban először tanulmányozott előfordulás után *gejzireknek* nevezik. Későbbben ilyeneket különösen Újzéland északi szigetén és a Yellowstoneparkban Észak-Amerikában ismertünk meg. Ezek a gejzirek mind fiatal vulkáni vidékeken erednek, a melyek egyébként is hőforrásokban gazdagok. Így a Yellowstoneparkban körülbelül 4000 hőforrást ismerünk s köztük 100 a gejzir. A kitörés folyamatát BUNSEN magyarázta először (304. kép). A gejzirek többnyire lapos kovatufakúpon fekszenek, a melyet maguk építettek föl (305. kép). Sekély medencéjük van, a melyből többé-kevésbbé függélyes csatorna vezet a talajba, néha azonban közvetlenül kis kúpba is torkollik. A csatorna lefelé látszólag kiszélesedik vagy pedig szabálytalan irányú, úgy, hogy a szabad vízkeringés akadályokba ütközik. A mikor a szökőforrás nyugalomban van, a víz hőmérséklete a felszínen a forráspont alá száll; a hőmérséklet ellenben a mélység felé növekedik, a honnan a hőemelkedés származik. A ráneheződő vízoszlop nyomása következtében a forráspont növekedik, úgy hogy gőzképződés nem származhatik. Csakis akkor következik be a gőzképződés, ha a víz hőfoka valamely ponton felülmúlja a megfelelő nyomás alatt álló forráspontot. A víz felpettedő mozgásba jön és a forrás párkányán felül kifolyik. A gőzzéválás fogyasztja a hőt, a felforrás ezért megszűnik, a víz süllyed a csőben, mire a játék hevesebben újul ki, míg végre a mélyebben fekvő vízrétegek hőmérséklete elegendő magas lesz ahhoz, hogy erős gőzképződést és erős kiömlést idézzon elő. Erre nyomáscsökkenés következik be s ennek következtében a gőzképződés hirtelen robbanásszerűen fejlődik ki az egész csőben, mire a vízszugár a gőzzel együtt szökőkúthoz hasonlóan tör ki. Mihelyt a hővesztés következtében a víz hőmérséklete a forráspont alá süllyed, a kitörés megszűnik, a cső legnagyobb részt kiürül és megláthatjuk a mélységben a nyugodt vízfelületet (306-308. kép).

[298.JPG]

304. kép. Az izlandi nagy gejzir működésének magyarázata BUNSEN R. szerint. A gejzir-csatorna baloldalán az *a-f* betűk mellett levő számok a víz valódi megmért hőmérsékletét mutatják; a csatorna jobb oldalán levő számok pedig a megfelelő mélységben a víz hőmérséklete alatt kiszámított forráspontokat. A csatorna legtöbb pontján a víz tényleges hőfoka a forráspont alatt marad. Egyedül *c* pont körül vág egybe a két érték s azért itt bekövetkezik a gőzzé válás. A meleg fészke tehát a 13 m mélység körül van, a hol *c*-nél egy beszögellő párkány fölött a 120.8C° hőfokú víz gőzzé válik.

[299.JPG]

305. kép. A Puncs üst, gejzir-medence a Yellowstone parkban, Észak-Amerikában. (JACKSON W. H. fotografiai fölvétele szerint.)

A gejzirek nagysága és kitörésük módja fölötté változatos. Vannak olyanok, a melyeknek sugara több méter vastag s e mellett 80, sőt alkalomadtán egészen 200 méter magasra is felszöknek, míg más gejzireken a karvastagságú szökőkút csak néhány méternyire emelkedik. A szökőforrások nyugalmi ideje is éppen így nagyon különböző. Egyeseknek nagyon szabályos, néhány órás szünetük van és akkor csak néhány perczig működnek, mások ismét hónapokon vagy éveken keresztül pihennek és azután egy óráig folytatják működésüket, míg a »Perczember« a Yellowstoneparkban $\frac{1}{2}$ - $3\frac{1}{2}$ perczenként néhány másodperczig tartó 7 méter magas kitörést mutat. Általában azt mondhatjuk, mennél hosszabb a szünet, annál tovább tart és annál hevesebb a kitörés. Azonban ebben nagy szerepe van a víz mennyiségének és hozzáfolyásának is, amitől a periódusok is függenek.

[300.JPG]

306. kép. A Waimango gejzír Rotorua mellett, Újzélandban, nyugalmi állapotban.

A gejzirek nagyon változó hőforrásos jelenségek. Sokszor megfigyelték a működés csökkenését, teljes megszűnését és ismét való felelevenedését. Egészben véve mégis valószínűleg a szünetek meghosszabbodása és a kitörések gyengülése sok gejzirnél a sülyedő termális működés jele. A Yellowstoneparkban végzett megfigyelések szerint a szökőforrások vize nagyrészt vadózus és működésük a csapadékban szegény időszak alatt csekélyebb. Így az Old Faithful gejzír a Yellowstoneparkban szeptemberben néhány percczel meghosszabbítja nyugalmi szüneteit a júliusi szünetekhez képest, a mennyiben ebben az időben a hóolvadás gazdag hozzáfolyásai már nagyrészt beszívárognak. Ha a forrás nyílásába (torkába) követet dobálnak, avagy felkavarják a vizet, vagy pedig szappanoldatot öntenek bele, akkor néha a kitörést önkényesen, tetszés szerint is sikerül előidézni. Ez valóban a túlhevített víz nyugalmi állapotának a megzavarásán alapszik, továbbá a felszíni feszültség megnagyobbodásán, a melyet a szappanos víz okoz; mindez gátolja az elgőzölgést és a nagyobb gőztömegek gyorsabban gyűlnek össze.

[301.JPG]

307. kép. A Waimango gejzír Rotorua mellett, Újzélandban, a kitörés tetőpontján.

A hőforrás vize gyakran kénhidrogénben és kénessavban gazdag s ez a körülmény arra képesíti, hogy agyagokat, vulkáni tufákat és más könnyen szétrombolható kőzeteket fakult, gyakran tarkán színezett péppé bontson széjjel, a melyet azután a felszálló gázbuborékok szétfröccsentenek. Az ilyen iszapforrások a gejzirműködéssel kapcsolatban jelentkeznek. Azok a kövek, a melyek hőforrásokban fekszenek, az oldás következtében néha erős fényeződést mutatnak.

[302.JPG]

308. kép. A Waimango gejzír Rotorua mellett, Újzélandban, a kitörés vége felé. (A 306-308. képek az újzeelandi kormányzóság fotografiai fölvételei után készültek; Dept. of tourist and health resorts).

A víznek a kőzetten keresztül megtett útja közben elég alkalma van ahhoz, hogy oldható ásványokat vegyen föl és azokat magával vigye. A chemiailag tiszta víz is képes kősót, gipszet, anhidritet, mészkövet, dolomitot, földpátot stb. feloldani és ezt a képességét a magasabb hőmérséklet és a széndioxid, meg az oxigéntartalom jelentékenyen fokozza. A széndioxid a kiáramlásokból, a levegőből, a humusztalajból vagy valamely szenesedési folyamatból eredhet; az oxigént a levegőből veszi. Az oxigén oxidál és az alkotórészeket

oldhatóvá teszi, a széndioxid oldható bikarbonátokat alkot. Ettől ered a víznek az a képessége, hogy ásványos alkotórészeket, különösen kalciumot és magnéziumot vesz föl, ezzel kapcsolatosan a víz ásványos alkotórészei gyarapodnak; a víz ásványos alkotórészeitől ered a víz keménysége. Ezt keménységi fokokban fejezzük ki, a melyek az egyes országokban különbözőek. Egy német keménységi fok (Hd = Härtegrad) azt jelenti, hogy 100000 súlyrész vízben egy rész kalcium-magnézium-oxid van. Ha a víz keménysége 15° alatt van, akkor lágy víznek nevezzük. A kemény víznek $20-30^\circ$ s még ennél is nagyobb a keménysége. Felforralás következtében a víz a széndioxidot részben elveszíti, minek következtében a kalcium- és a magnéziumkarbonát kiválik. A fennmaradó részt *maradandó* vagy *permanens keménységnek* nevezzük. A keménységet a normális szappanoldat hozzáadásával állapítjuk meg; ennek az a hatása, hogy a vízben feloldott kalcium- és magnéziumsók a szappan zsírsavával egyesülnek és kicsapódnak.

Azokat a forrásokat, a melyek tetemes ásványi alkotórészeket és elnyelt gázokat tartalmaznak, vagy magasabb radioaktivitásuk folytán kiválnak, *ásványvizeknek* nevezzük, még pedig az ásványvizek alsó határa 1 gr oldott alkotórész, vagy 1 gr szabad széndioxid 1 kg vízben. Hőmérsékletük lehet rendes vagy a rendesnél magasabb. A következő forrástípusokat különböztetjük meg:

1. *Egyszerű hideg források (akratopegák)*; hőmérsékletük 20°C alatt van és ásványos anyagukkal 1 kg vízben az 1 gr oldott alkotórész és 1 gr szabad széndioxidtartalom határa alatt maradnak. Ide tartozik a legtöbb forrás.

2. *Egyszerű meleg források (akratotermák, természetes ú. n. érczes fürdők, indifferens hőforrások)*; hőmérsékletük 20°C fölött van, de csekély az ásványtartalmuk. Ilyenek a gasteini-, pfäfersi-, teplitzi- és a vöslai-hőforrások, a melyeknek gyógyító hatását hosszú időn keresztül nem tudták megmagyarázni, míg jelenleg radioaktív emanációra vezetik vissza.

3. *Karbonátforrások, savanyúvizek*; szabad széndioxidban gazdagok. Féleségeik:

- a) *egyszerű savanyúvizek*, szilárd alkotórészekben szegények, pl. a Karola-forrás Taraspnál;
- b) *földes savanyúvizek*, kalcium- és magnéziumbikarbonátban gazdagok, pl. Selters, Wildungen;
- c) *alkáliás savanyúvizek*, alkáliákban gazdagok, pl. Preblau, Bilin, Giesshübel, Fachingen; hőforrások: Vichy, Neuenahr;
- d) *alkáliás és sós savanyúvizek* az alkalikus karbonátok mellett még hatásos mennyiségű konyhasót is tartalmaznak, pl. Emser Kränchen; hőforrások: Kissingen, Nauheim;
- e) *vasas savanyúvizek* oldott vasbikarbonáttal, pl. Spaa;
- f) *vegyes savanyúvizek*, semmi uralkodó alkotórészüik nincsen;

4. *Haloidos, vagy konyhasós források (muriatikus források)*, sós ízzel és több mint 15 gr klórnátriummal 1 literben, hidegek (*halopegák*), vagy melegek (*halotermák*), néha jód- és brómvegyületekkel (*jód- és brómforrások*, Hall-ban, Felsőausztriában). A sótartalom többnyire a sótelepekből származik.

5. *Szulfátos források: glaubersós források* glaubersóval (natriumszulfát) Karlsbad, Marienbad, Franzensbad (sósforrás); *kesevíz* magnéziasókkal, különösen keserűsóval (magnéziumszulfát), Salschitz, Püllna, Buda; *gipszes források* kalciumszulfáttal; *timsós források* kénsavas agyagfölddel; *vitriolforrások* vas- és rézvitriollal (kénsavval), esetleg arzénessavval is, pl. Levico, Vitriolo, Roncigno. Ha nagyobb a klórtartalom, akkor a vizeket *muriatikusoknak* nevezzük. A szulfáttartalom sokszor a kovandok oxidációjából származik.

6. *Kénes források* szabad kénhidrogénnel és az alkáliák szulfidjával, továbbá alkálikus földdel. Hidegek, mint pl. Kreuth Felső-Bajorországban és melegek, mint Baden Bécs mellett, Aachen, Aix-les-Bains. Szolfatarai működésen alapulnak, vagy pedig a szulfátok (gipsz) és szulfidek (pirit stb.) redukcióján.

7. *Sósavas források*, a melyek klórexhalációkkal állnak összeköttetésben.

8. *Kovasavas források*, a melyek szilikátokat vagy szabad kovasavat tartalmaznak feloldva; Geysire, Plombière.

9. *Radioaktív források*, a melyek magasabb emanáció-tartalmukkal tűnnek ki, mint pl. a gasteini forrás (egész 155 Mach-egységig). Különösen gazdagok a Sanct-Joachimsthal bányavizei a csehországi Érczhegységben, a melyek szurokérczet tartalmazó telérekből származnak és vagy 2050 Mach-egységük van. (A német és osztrák fürdőkönyvek és *Höfer* tanár munkái után.)¹⁶

A víz mint ivóvíz és gyógyforrás nagy jelentőségű az emberiségre nézve; e mellett a geológusnak és a technikusnak egyaránt nagy munkateret nyújt, a mely munka közben a tudomány és a gyakorlat karöltve halad. Jó ivóvíz megválasztásánál számos föltételt kell figyelembe venni, a melyek *Höfer* szerint a következők:

1. A jó ivóvíz tiszta, színtelen és szagtalan, e mellett semmi különös mellékízének nem szabad lenni.

2. Hőmérséklete a különböző évszakokban csak csekély határokon belül ingadozhatik (6-12 C fok között).

3. Ne legyen túl kemény, nevezetesen ne tartalmazzon nagyobb mennyiségű magnézia-sókat; felső határát rendszeren 20 német keménységi fokban szokták megállapítani. A lepárolási maradék legfeljebb 500 mg, a szerves anyag 50 mg lehet egy literben.

4. Nem szabad semmi ammoniát, különösen semmi albuminammoniát tartalmaznia, sem pedig salétromsavat, vagy nagyobb mennyiségű nitrátokat (legfeljebb 15 mg salétromsav lehet 1 literben); szulfátokat és kloridokat sem tartalmazhat (legfeljebb 300 mg autochton klór-nátriumot); azonkívül vasvegyületeknek, foszforsavnak, kénhidrogénnek és kénalkáliáknak sem szabad a jó ivóvízben lenni.

5. Csak nagyon kevés szerves anyagot (egy literben legfeljebb 30 mg-t) tartalmazhat és semmiféle könnyen rothadó organizmust nem szabad tartalmaznia.

6. Nem szabad benne betegségek okozó csíráknak lenni. Az ártalmatlan csírák száma egy köbczentiméterben a 150-et meg nem haladhatja.

A forrásvíz bősége a csapadék módjától, mennyiségétől és megoszlásától függ, továbbá a vízgyűjtőterület nagyságától és szerkezetétől. Ezért a vízbőség egy és ugyanazon forrásban is nagyon ingadozó. Az első bécsi vízvezeték mennyiségének minimuma 278 liter, maximuma pedig 2881 liter másodpercenként.

Sok esetben szükséges a védőterület kijelölése, hogy megakadályozzuk a források és kutak vízmennyiségének és minőségének a megváltozását; a védőterületet mint *vízgyűjtő*-, illetőleg *infiltrációs területet* óvni kell a káros hatásoktól. Kijelölése csakis a vidék fölépülésének beható vizsgálata után mehet végbe.

¹⁶ Hazánk gazdag és változatos ásványvizeit a Függelék VI. fejezetében ismertetjük.

A források elterjedése nagyrészt a vidék fölépülésétől függ, ezért csak geológiai kutatások alapján lehet az előreláthatólag vizet tartalmazó szinteket és pontokat ajánlani s kijelölni, ha mindjárt rátelepült rétegek el is takarják szemünk elől ezeket. A felgyúrt hegységben a források előfordulása tekintetében - teljesen mindegy, hogy vajjon vízhatlan (vízrekesztő) kőzetfelületen, vagy pedig vizet áteresztő rétegben vagy hasadéokban fekszenek-e, - az a körülmény az irányadó, hogy miképpen metszik a völgyek a vizet vezető réteget vagy eret. Az izoklinális völgyekben a völgynek csak egyik oldalán fordulnak elő, a szinklinális völgynek mindkét lejtőjén, míg az antiklinális völgyekből többnyire hiányoznak a források. Különösen a hőforrások és az ásványvizek, a melyeknek a földkéregben hosszú utat kell megtenniök, hogy hőmérsékletüket vagy ásványtartalmukat megszerezzék, törésvonalak mentén fekszenek, még pedig kiváltképpen a hasadékok keresztező pontjain. Erre vonatkozólag a legszebb példák egyike Bécs mellett a *badeni hőforrásvonal*, a mely Bécestől Gloggnitzig csaknem merőleges irányban haladó törésvonal, a melynek mentén az Alpok flis- és mészkő-öve a belsőalpesi bécsi medencze felé leszakadt (134. kép). Itt körülbelül 50 km-nyi csapásban, de csakis a széthasadozott mészkő vidékén nagy számmal találhatjuk a forrásokat, a melyek nagyobb számban Badennél fakadhatnak, úgy hogy csupán itt 16 erősebb forrást használnak. Egyesek csak ásványos alkotó részeket tartalmaznak, mások ismét csak magasabb hőmérsékletükkel tűnnek ki (Vöslau), míg ismét másokban mind a kettő megvan (Baden). Olyan helyeken, a hol a harántosan haladó zavargások, a melyek a hegység csapásában fekszenek, a fővetődést érik, a termális jelenségek a legerősebbek (Baden). Mivel számos forrást mindjárt a forrás szájánál fognak fel, ebből tudjuk, hogy a források az alaphegység dolomitjának a hasadékaiból törnek elő. Legmagasabb hőmérsékletük 36°C s a kén tartalmat a mélységben gyanított gipsztelepek szétbomlásából magyarázhatjuk. A forrásoknak a hegység fölépülésével való összefüggése az 1768. évi földrengés alkalmával mutatkozott, a mely alkalommal egyesek közülök erősebben folytak (190. kép). A *Leoborsdorfi »gyógykút«* az 1626. április 23-iki földrengés alkalmával tört elő. A forrásokat vadózus vizeknek tekinthetjük. Föltevéseink szerint a felszíni vizek a mészhegység hasadékaiban át szállnak le, a medencze kitöltésében felhalmozódnak és a fővetődés mentén felszállnak. Ehhez hasonló törésvonal határolja keleten is a medenczét (Lajtavonal a 134. képen), a melynek mentén Brodersdorfnál, Mannersdorfnál és Deutsch-Altenburgnál meleg kénes források jutnak napfényre, a melyek tehát a bécsi süllyedt-mezőt körülszegélyezik.

Észak-Csehország hőforrásai a Cseh-szász Érczhegységgel párhuzamosan haladó törési-mező mentén fekszenek s ezáltal szoros, térbeli összeköttetésben vannak a harmadkor kitörési középpontjaival. A hőforrások és ásványvizek előfordulását sokszor az elhaló vulkáni működésre vezethetjük vissza, a mely fumarola-, szolfatara- és mofettaszerű lehet és eszerint gázokban és ásványos alkotórészekben különböző tartalmat mutatnak. A vulkáni tűzhelyek környékét, ha mindjárt maga a kitörési működés régen meg is szűnt, gyakran a gyógyítóforrások előfordulása jellemzi, a melyeket *vulkáni utóhatásoknak* tulajdoníthatunk.

A harmadkori vulkáni vidékeknek és a hőforrási jelenségeknek egész öve húzódik Közép-európa nagy részén keresztül. Ezekben fekszik Schlangenbad és Ems, Wiesbaden, Baden-Baden, Nauheim, Karlsbad, Teplitz, Warmbrunn, Landeck stb. A vélemények azonban még megoszlanak arra nézve, hogy mennyiben van közvetlen összefüggés a két jelenség között.

A Yellowstoneparkban levő gejzirvidék alatt gránitbatolitot sejtenek a mélységben s Új-Zélandban és Izland szigetén szembevető a hőforrások és a vulkáni jelenségek között az összefüggés.

A tenger geológiai szerepe.

A tengervíz mozgását, amennyiben geológiailag működik különböző erők okozzák. A Holdnak és a Napnak vonzóereje okozza az árapályt és a szökőárakat, a hőmérsékleti különbség a víz keveredését és áramlásait, a mely utóbbit az állandóan ugyanabban az irányban fújó szelek is előidézik. A szelek hatása a hullámozás, míg a földrengések meg a vulkáni kitörések óriási hullámokat küldhetnek az óceánokon át. Egészen magukban álló jelenségek a már említett tengeri malmok, a melyek csak elméletileg érdekesek; bennök a tengervíz a szárazföldön befelé áramlik, eltűnik egy ravaszlyukban, tehát a folyóhoz hasonlóan, erodáló hatást fejt ki.

A tengeráramlásoknak a legfinomabb anyagok szállításában van szerepe. A legjobban ismert Golf-áramlat óránként körülbelül 6 km sebességgel folyik. Florida és Kuba között kitisztította a tenger fenekét, ott semmiféle mélységbeli *bentonikus*, a talajban gyökerező vagy fenéken mozgó élőlényt sem találhatunk. Vízében lebegve finom kvarcshomokszemek tömegét szállítja messzire ki a tengerbe. A nyílt óceán vízében mindenütt találhatunk agyagrézecskeket, a melyeket az áramlások hurczoltak el. A tengeráramlásoknak a lerakódásokra való jelentőségét még majd később, a tengeri üledékekről szóló fejezetben fogjuk tárgyalni.

A hullámmozgások és árapályok következtében ingadozó vízállás átmenetileg a szárazföld szélén húzódik keresztül; ez a sáv annál szélesebb, mennél lankásabban merül le a szárazföld a tengerbe és mennél nagyobb az árapálymagasság; ezt az övet »schorre«-nek nevezzük. Itt a vízzel való elborítás és kiszáradás váltakozása következtében az eső, a szél, a tengernek mechanikai és kémiai támadásai különösen erősen hatnak, valamint a szerves testek is kifejtik romboló hatásukat. Lapos partokon a hullámozás folytán mozgatott finom anyag, mindenek előtt a folyók útján ideszállított és a hullámverődésből származott homok és iszap egyenletesen terjed el a parti övön és a szomszédos tengerfenéken; a durvább anyagot, köveket, fát, konchiliákat és más szerves maradványokat a visszahúzó víz nem ragadja magával s ez a durvább anyag a hullámjárás felső határán *parti gáttá* halmozódik fel. Nagyon erős hullámverés alkalmával magasabban a parton egészen durva törmelékekből halmozódik fel a gát, a melyhez finomabb anyag is hozzákeveredett és *vihargát* a neve.¹⁷

A hullámmozgás a siker víz homokjában és iszapjában hullámbarázdákat teremt, a melyek hosszanti irányban kiterjedve a hullámmozgásra merőlegesek. Ilyen hullámbarázdák (rippelmarkok) két különbözően mozgó közeg határán keletkeznek, alakjuk asszimmetriás, a szélnek kitett (luv) oldalon (a mely a hullámjárás felé van fordítva) laposak és a szélárnyékban (lee) meredekebbek; nagyságuk a hullám nagyságától függ (309. kép).

[303.JPG]

309. kép. Hullámbarázdák (rippelmarkok) a gradoi tengerparton, a Trieszti-öböl nyugati peremén. (GÖTZINGER G. fotografiai fölvétele szerint.)

A hullámok nagyrészt nem futnak fel pontosan merőlegesen a partvonalra és a magukkal hurczolt homokot saját mozgásuk irányában eltolják; a visszahúzó víz visszahordja a homokot a partvonalra merőlegesen, mire a következő hullám megismétli a játékot. Ezen az úton a homoktömegeknek a part hosszában való szállítása (parti áramlás) következik be, a melyben azok az áramlások is részt vehetnek, a melyek a parttal párhuzamosak. Ha a partnak

¹⁷ Közvetlenül a kontinenshez fűződik a *partszegély* (strand) a parti övvel (schorre) együtt; ezután következik a *siker tenger* (self), mely körülbelül 200 m mélységig tart és tulajdonképpen tenger alá süllyedt parti síkság; végül 200 m mélységen túl a *mély tengerek* világa kezdődik.

hirtelen vége szakad és öbölbe hajol bele, az áramlás változatlanul folytatja útját és a homokot nyelv alakban halmozza fel, mint valamely félszigetet a tengerben. Ilymódon gátalakú *homoktorlasz* keletkezik, a *nehrung*, a mely öbölt, parti tavat zár be. A parti tó neve a poroszországi Keleti-tenger partján *haff* (310. kép), Felső-Olaszországban *laguna*. A hasonló parti tavakat Dél-Oroszországban *liman* néven ismerik, ezek azonban tulajdonképpen elárasztott folyótorkolatok és feltöltődésben vannak. Ezért hosszanti kiterjedésük többnyire merőleges a tengerpartra. A haffok és a lagunák tehát a tengerpart hosszában, a limánok a partra keresztben húzódnak.

[304.JPG]

310. kép. A Keleti-tenger partján Danzig és Memel között elterülő tengeröblök (haffok) és homokgátak (*nehrung*) vázlatos helyszínrajza.

Ha az öbölbe folyó torkollik, akkor a gát (*nehrung*) gyakran sokkal gyorsabban épül fel, mert a folyó által szállított lebegő anyagokat a hullámok visszavetik.

A megszáradt homok felszínén a szél kezdi meg a munkáját s a homokot dűnékké halmozza fel. Könnyen érthető, hogy a tengerhullámok alkalmilag a laza anyagokból fölépült parti sávokat is megtámadják és szétrombolják. Ezt különösen a viharhullámok végezik. Így egyes partok évenként vagy 35 m-rel hátrálnak s amennyiben a parti áramlások körülbelül 10 m mélységig észlelhetők, ezen az úton nagy homoktömegek távolodnak el. Ha a szökőárat erős szél támogatja s ez alkalommal a tenger tükre több méterrel emelkedik, a dűne-öv széjjel szakad és a mélyenfekvő vidéket messzire előnti az áradás. A tengernek ezek a betörései különösen a német Északi-tenger partján váltak végzetessé, mivel nagy pusztulást idéztek elő az országban. A Fries-sziget-füzér annak az egykor zárt dűnevonulatnak a maradványa, a mely Frieslandot szegélyezte. A Dollart, a Jade-öböl és a Zuider-tó történelmi időkben szakadtak el a szárazföldről.

Sokkal jelentékenyebb a maga szembeötlő hatásában a szirti *hullámverődés* a meredek parton; a mérések a biarritzi töltésen s más helyütt kimutatták, hogy a hullámverődés akkora nyomással támad, a mely négyzetméterenként 30000 kg-mal egyenlő. Sok tonnasúlyú tömböket mozgat és erejének a legszilárdabb kőzet sem tud tartósabban ellentállni. A víz nagy nyomással hatol a kőzet hasadékaiba, hézagaiba és így meglazítja a szerkezetet. Visszahaladó útjában kiöblíti a repedéseket, kitágítja azokat, míg a következő hullám megújítja a támadást. Amennyiben a hullámverés öve a légköri elmállásnak is alá van vetve, a mely a sziklákat porhanyóvá teszi, a rombolás gyorsan halad előre. A szétrombolt kőzetet a hullámok ide-oda görgetik, legömbölyítik és megkisebbítik (*törmelékes part*). A görgetegek lövedékek gyanánt repülnek a sziklák felé. Alkalmilag jégrögök viszik a viharkosok szerepét. A törmelékes parton a görgetegek őrle mozgása messzire elhangzó zajt okoz.

A hullámverés *korráziója* a sziklás parton a mozgásban levő tömbök folytán nagyon jelentékeny. Ezek gyakran forgó mozgásba jönnek és a folyóvízhez hasonlóan *óriás üstököt* fúrnak a sziklatalajba. A hullámverés következtében keletkezett csiszolási felületeket nem lehet megkülönböztetni a folyóvízi (fluviatilis) korrázió folytán keletkezett felületektől. Mindkettő csakis nedves állapotban fényes, kivéve a nagyon kemény, finom szemecskéjű kőzeteket, a melyek száraz állapotban is erősen fénylenek. Amennyire a hullámok a sziklafalon felcsapkodnak, ezt kimélyítik és *hullámverési padmaly* keletkezik. Fent magasabban a tajtékozó hullám toronymagasságig tör fel és az elmállást erősen támogatja, mert az aláásott sziklák letöredezését gyorsan előidézi. Ezáltal a fal mindig visszafelé hátrál és parti párkány vagy *parti terras*, *parti tábla* keletkezik, a mely a meredek sziklalejtőben (kliff) végződik (311-313. kép). A hullámverés hulláma tehát a folyóvízzel ellentétben a támadási vonalra

merőlegesen hat vízszintesen és az erózióknak ezt a módját *abráziónak* nevezzük. A sziklás lejtő (*kliff*) romjai görgetegekké őrlődnek fel és a visszafelé folyás (*a sog*) a görgetegeket az abrázios terraszként lejtőjén törmelékgáttá, *parti gorcczá* halmozza fel. Az abráziónak a szárazföld felé való előrehaladása a kőzet mineműsége és a hullámok járása szerint különböző. Az Angol-Francia csatorna krétaszikláin évente vagy ½ méternyire rúg, Anglia keleti partján, a mely puhább kőzetből van, 2-3 méternyire. Olyan partokon, a melyek laza anyagból, pl. diluviális törmelékes anyagból keletkeztek, gyakran egyetlen vihar munkája is szembetűnő, pl. a Keleti-tenger partjain (314. kép). Ebből kifolyólag sokszor megkísérelték a szárazföldnek ezt a veszteségét parti védőművek építésével meggátolni (Hélgoland, Anglia). Maradandó körülmények között az abrázios terraszként csak bizonyos meghatározott szélességre tehet szert (az *abrázio terminansa*). Ez megvan, mihelyt a hullámok az abrázios terraszként, mint valamely lapos partra futnak fel és a sziklafal lábát többé már nem tudják elérni. Az abrázio terminansa attól a mélységtől függ, a melyben még van abrázio. Így a 32 méteres mély vízben még a durva görgeteg, 200 m-ben pedig még a homokszemek mozognak; itt tehát megvan még az abrázio, sőt a mozgás nyomai egészen az 500 méteres mélységig mutatkoznak. Az abrázio határát tehát ott érjük el, a hol a kliff mint a 200 méteres vonalból lankásan emelkedő parti párkány végződése, már többé nincsen kitéve a tengerhullám támadásainak. Nagyon feltűnő, hogy csaknem az összes szárazföldet siker tenger: a *self* (Schelf), a *sekély parti szegély* veszi körül, a mely a tengerparttól lassan befelé egészen a 200 méteres vonalig lejtősödik és csak itt következik be a *szárazföld talapzatának* az óceáni mélységekbe való leszakadása. A self tenger alá süllyedt parti síkság s így nem a tengerfenéknek, hanem a kontinensnek kiegészítő része. Méltán tekinthetjük tehát régi abrázios síknak, illetőleg felhalmozási felületnek a self-övet, a siker tenger zónáját.

[305.JPG]

311., 312. kép. A parti tábla képződése hullámverési padmallyal és parti gorcczal, vagy törmelékgáttal; m¹ alacsony-, m² magas vízállás.

[306.JPG]

313. kép. A partvidék végső alakja az előrehaladó tengeri és szubáerikus letarolás alkalmával.

[307.JPG]

314. kép. A Keleti-tenger laza anyagokból álló partjának szétrombolódása Warnicken mellett. (GOTTHEIL és fia fotografiai fölvétele szerint.)

A hullámverés a partokat szabálytalanul szétszabdálja; ha a partok különböző megzavart kőzetrétegekből keletkeztek, a hasadékokat vagy a puhább kőzeteket követve, mélyen befűrészelt öblök mutatkoznak. Ha a csapás iránya a partvonalhoz képest keresztben áll, különösen ha valamely felgyűrt hegység a partra merőlegesen a tenger felé (pl. Bretagne partvidéke) kinyúlik, akkor a gazdagon tagozott *riaszpartok* keletkeznek. A hullámverést az elmállás, az eső öblögetése és a szél támogatja; mindezek kikezdik a meztelen sziklákat és gyakran festői eróziós formákat teremtenek, pl. barlangokat, kapukat, szirteket és oszlopokat, a melyek néha az abrázio előrehaladásának bizonyítékai gyanánt a meredek partok előtt települnek; ilyenek pl. a Havrevidéki kréta sziklafalak (315. kép).

[308.JPG]

315. kép. Az Étretat-i tű (70 m magas) és a d'Aval-kapu a krétasziklafalban Havre mellett, Észak-Franciaországban. Széles parti terraszok alacsony vízállás mellett. (NEURDEIN fotográfiai főlvétele szerint, LÖWL F. könyvéből.)

[309.JPG]

316. kép. A norvég parti terraszok Henningsvaer mellett, a Lofoti-szigeteken, sekély tengerből apró *schär*-szigetek gyanánt bukkannak föl. (LÖWL F. könyvéből.)

A gazdagon tagozott part a maga szirtjeivel, előhegyeivel és mély öbleivel teljesen ki van fejlődve. Ha az abrázio továbbra is előre halad, eltűnik a tagozódás és csaknem sík térszín marad, a mely mint a parti terrasz talaja, lankásan emelkedik egészen a meredek sziklafalig, a mely maga az elmállás folytán mindinkább letarolódik. Az előbb említett nyugalmi szünet csak akkor következhetik be, ha a partvonal változatlan marad. Ha a partvonal pozitív értelemben eltolódik, a szárazulat süllyed, vagy a tenger tükre emelkedik, akkor az abrázio az alámerülő vidéken keresztül tovább halad, a tenger *transzgredál* és messzeterjedő szárazföldi vidékeket a tengerből felmerülő *abrázios síkká* tarolhat le, a melynek elméletileg nincsen határa. Az abrázios síkot a fluviatilis végső síktól alig lehet megkülönböztetni, a mennyiben a keményebb kőzetekből képződött talajkiemelkedések a rajta keresztülhaladó abrázio mellett is ki fognak emelkedni és az ideális síkok elmosódnak. Ilyen kiterjedt abrázios síkot végesvéig Norvégia nyugati partján, az ú. n. Schär-tábla tár elénk, a mely nyugaton vagy 30 km szélességben a tenger alá merül. Ebből a vízalatti táblából a glaciális erózió által kidolgozott dudorodások, mint apró szigetek, *Schär* nevű szigetcskék ezrével tűnnek fel a sekély tengerből, míg az abrázios sík a szárazföld felé vagy 100 méterig emelkedik fel, mint a Lofoti-szigetek parti terraszán (316. kép).

[310.JPG]

317. kép. A magas tengeri terraszok keresztmetszete Algier mellett (LAMOTHE O. után). A vastag vízszintes vonalak az egykori tengerpart lerakódásait jelzik. D = a mai dűnék, D' = a régi dűnék homokbuczkái.

Ha a meredek parton a partvonal negatív értelemben mozdul el, a szárazföld emelkedik, vagy a tenger tükre süllyed, akkor a partszegély kikerül a hullámverés területéből és a tenger újabb mélyebb szegélyt vág be. Ha az elmozdulás nem egyenletes módon történik, hanem megszakításokkal megy végbe, akkor ilyen partvonalat csakis a nyugalom korszakában teremt a tenger. A meredek partokon gyakrabban több ilyen keskeny szegélyt és üreges padmalyt figyelhetünk meg, a melyek mind beszédes tanúi azoknak a változásoknak, a melyek a tenger tükrenek a szárazföldhöz való fekvésében az előidőkben bekövetkeztek. A partvonal negatív elmozdulása alkalmával a legmagasabb terraszok a legöregebbek, a pozitív elmozdulás alkalmával az öregebbek elmerülhetnek és a gorcz alatt eltemetve megmaradhatnak, míg fölöttük a fiatalabbak a parton bevésődhetnek, úgy hogy a tengerparton az előidőkből származó terraszok képződésének idősorozata nem bizonyos. Erre vonatkozólag a legjobb példát a Földközi-tenger partjai szolgáltatták, a melyek különösen Algírban és a francia Riverián régi tengeri terraszokat mutatnak. Ezek a terraszok a gyakran még kőülettartalmú parti képződményeikkel egészen a pliocénbe visszanyúló korra utalnak és összhangzásban az egészen 200 méterig s még azon felül terjedő magas abszolút fekvésükkel azt bizonyítják, hogy keletkezésüket a tengerszint időszakos süllyedésének tulajdoníthatjuk; a tenger tükre ugyanis a nyugalmi állapot alatt jelzéseit bevészte a partokba (317. kép). A fluviatilis (folyóvízi) terraszok, a melyeket a partoktól a folyók hosszában a szárazföldön befelé

követhetünk, világosan megmutatják, hogy miképpen alkalmazkodott a folyóvízi-erózió aránylag rövid idő alatt az erózió bázisának, vagyis a tengeri erózió vonalának a fekvéséhez. Az ebben az irányban folytatott tanulmányok még sok fontos áttekintést fognak nyújtani a tengereknek az egész világra kiterjedő ingadozásaira nézve, a melyeket SUESS után *eusztatikus mozgások* néven ismerünk.

Suess Ede szerint a tengeri medenczék térbeli megváltozásai - az eusztatikus mozgások - az egész világtengerben egyidejűleg történnek.

A gazdagon tagozott partokon a hullámverésen kívül felismerhetjük az árapály által mozgatott víz erodáló hatását is; ugyanis a víz a mély öblök belsejében és a csatornában való megrekedése következtében észrevehetően emelkedik. Míg az óceáni szigeteken a szökőár magassága csak 0.9 m, az Angol-Francia csatornában a rendes dagály eléri a 11 métert és Észak-Amerika északatlanti partjain a 21 métert. Az öblökbe nagy erővel be- és kiáramló víztömegek a talajt mélyen erodálják. Egészen különös azoknak a gazdagon szétágazó csatornáknak a helyzete, a melyek Puget Soundból, Washington államban, az országba behatolnak és széles folyókhoz hasonlatosak; első pillantásra valóban folyamoknak is tartanók őket erős áramlásuk miatt. Csak a mikor az ember néhány órával később az áramlást ellenkező irányban látja folyni, akkor ismeri föl, hogy itt árapályáramlások mennek végbe, a melyek mélyrehatóan erodálnak. A dagály és különösen az apály alkalmával visszaáramló vizek kimélyítik és időnkint más helyre térítik a forgalmi csatornát a szigetek között a homokos sekély tengerben, amint ez a németországi Északi-tenger parti zátonyaiban történik.

A tengervíznek az elmállás alkalmával való működéséről »A mállás« fejezetében már előbb szóoltunk.

A tavak.

A szárazföldön az állóvizeknek nagyobb felgyülemleseit általában tavaknak nevezzük. Vízháztartásuk szerint a következő csoportokba szokták őket osztani. Az első csoportba tartoznak azok, a melyeknek minden nagyobb felszíni hozzáfolyás nélkül lefolyásuk van, tehát pozitív mérleget mutatnak; ezek a *forrástavak*, a melyekhez tartoznak a *talajvízből eredő tavak is*. A második csoportba sorozhatjuk a *közbeiktatott tavakat* felszíni hozzáfolyással és lefolyással, a melyek tehát kiegyenlített mérleget mutatnak. A harmadik a végtavak csoportja, a melyekben az elpárolgás vagy az altalajban való vízvesztesség felülmúlja a hozzáfolyást és a melyeknek mérlegegyensúlya a beszivárgás vagy az elpárolgás következtében negatív. Tavak akkor is keletkeznek, ha a folyóvizek feltorlódnak, a mint ilyen torlódások hegyomlások, törmelékkúpok, lavinák, jégárak és ezek morénái (l. a glecserek hatását), vagy pedig láva-folyamok következtében történnek. Ezek a *torlaszos* vagy *feltorlaszolt tavak*. Ilyen a Csík vármegyében fekvő *Gyilkos-tó*, a mely 1838-ban hegyomlás következtében keletkezett s a melyből a vízzel elöntött fenyősudarak ma is kiállnak (318. kép). Ugyanebbe a csoportba tartoznak a Brenner-tó, a Loppio-tó (*hegyomlási tavak*), a felsőengadinvölgyi Silaplana-tó (*törmelékkúp-tó*), az észak-tiroli Achen-tó (*morénatorlasz-tó*), a Lac-Chambon, Auvergneben (láva-folyam-tó). A torlaszolt tavak élete többnyire rövid tartamú, mert általában kisebb méretűek és a keresztülhaladó vízfolyás többé-kevésbé rövid idő alatt a gátat keresztül fogja metszeni. Azokat a tavakat, a melyek Dalmáciában a Kerka vízesés fölött fekszenek, szintén torlasztavaknak kell neveznünk; ezek a folyó alkotta, 40 méter magas mésztufa-zátonyok folytán keletkeztek, s a tavak egyike 14 km hosszú (378. kép). Nehrungskok, parti gátak és dűnék, valamint korallzátonypítmények is levághatják a kisebb tengerrészeket és ezek az édesvízi hozzáfolyás következtében vagy részben (*félig sós víz, brack-víz*), vagy pedig egészen

is kiédesednek. Ezek az *elgátolt* vagy *elrekesztett tavak*. Ide tartoznak a *parti tavak*, a *haffok*, *limanok*, *lagunák*, *delta-tavak* és az *atoll-tavak*. Elrekesztett tavak a nagy szárazföldi tavak között is keletkeznek, pl. a Kaspi-tó.

[311.JPG]

318. kép. A hegyomlás útján 1838-ban keletkezett Gyilkos-tó (Csík megye). LÓCZY LAJOS
fotografiai fölvétele szerint.

[312.JPG]

319. kép. Terraszok az egykori Bonneville-tó partján Utahban (Északamerika). (GILBERT K. G.
fotografiai fölvétele szerint.)

Azokban a medenczékben, a melyek az alaptalaj bemélyedése következtében keletkeztek, az ú. n. horpadt medenczékben *kivájt vagy kimélyített tavak* gyűlnek össze, pl. a *krátertavak* (Maarok az Eifel-hegységben, Lago di Nemi 66. kép); ide tartoznak az *eróziós tavak* is, a melyeknek csekély kiterjedésű és sikér teknői a folyóvíz kimélyítő mozgása következtében keletkeztek. Ilyenek a kerek *söllé* nevű kicsiny tavak az északnémet eljegesedett vidéken és más csatornaszerű tavak, melyeket régi folyómedreknek tekintenek. Azok a tócsák, a melyek dolinaszerű mélyedésekben fekszenek, szintén ide tartoznak. A magashegységek »kar«-jaiban szintén számos apró tavat találhatunk, mint pl. a Magas-Tátra tengerszemei, a Pelaga-tó a Retyezátban és más magasalpi tavak (*kartavak*). Ezeket a jégár eróziójára vezetik vissza. A diluviális belföldi jég teremtette meg a nagy északamerikai tavak medenczéit és a Keleti-tengert. Az Alpok számos völgytava és szélső tava kialakulását nagyrészt szintén a glecser-erózióknak köszönheti, a melyről még a következő fejezetben is szólni fogunk. Részben azonban tektonikus eredetűek, mint a Garda-tó (140. kép). Amint majd látni fogjuk, száraz éghajlat alatt a szél lefolyástalan medenczéket tud kifújni, a melyek átmeneti- vagy tartósabb tóképződésre adhatnak alkalmat.

Számos tó a földkéreg beszakadásának köszönheti eredetét; ilyenek a Garda-tó, a Balaton, a Fekete-tenger, az afrikai árok tavai, a Bajkál-tó stb. A jégkorszakban az Alpok sülyedése következtében a lejtők leomlottak s állítólag ez volt az oka annak, hogy a hegységből kiinduló nagy völgyek lefolyástalanokká váltak és a svájci meg a felsőitáliai peremi-tavak kiképződésére szolgáltatnak alkalmat. E tavak további kialakítását a glecservájásnak tulajdoníthatjuk. E miatt egyes helyeken a régi völgyterrászok a hegység felé dőlnek (*visszafelé futó terrászok*). A hegység felgyűrődése folytán is keletkezhetnek lefolyástalan medenczék.

Egészen sajátos tótipusok a *reliktumos-tavak*, a melyek egyes tengerrészeknek a világ-tengertől való elválasztódása folytán keletkeztek. Ez a folyamat úgy megy végbe, hogy valamely elválasztó szárazföldi sáv kiemelkedik, vagy pedig a partvonal sülyed le, s ily módon vízalatti küszöb kerül a napfényre. Valószínűleg így vált el a Fekete-tengertől a Kaspi-tó az Aral-tóval együtt és a legfiatalabb harmadkorban az Erdélyi Havasokban végbement emelkedés folytán a Pannóniai-medencze vált el a szármát-emelet nagy Földközi-tengerétől. A Pannóniai-medencze tükre lassankint sülyedt lefolyásának a Vaskapuba való további bevágódása mellett. A valódi reliktum-tavakban még megtalálhatjuk a tengeri állatvilág maradványait, a tengeri fókákat, halakat, rákokat, puhatestűeket, medúzákat stb., a melyek életmódjukkal az édesvízhez alkalmazkodtak; ezeket *reliktum-faunának* nevezzük. Azonban az újabb kutatások kimutatták, hogy a fauna egymagában nem határozhatja meg a tó reliktum-természetét, mert a Titicaca-tóban, a Tanganikában és másokban, a melyekről bizonyos, hogy

sohasem állottak a tengerrel összeköttetésben, mégis találhatunk tengeri állatokat, a melyek ott más módon (talán a halikrák és egyéb ivadékok tovaszállítása folytán) telepedtek meg.

Ha a *közbeiktatott tavak* éghajlati változás alkalmával nagyobb párolgás következtében több vizet veszítenek, mint amennyit hozzáfolyás által kapnak, akkor lefolyástalan *végtavakká* válnak. Ezen tavak tükre addig süllyed, míg a kisebb határok közé szorított felületen az elpárolgás és a hozzáfolyás egyenlővé nem lesz, miközben a tó tükrének nyugalmi állapotát a parti terraszok örökítik meg. Hasonló terraszok keletkeznek akkor is, ha a tó lefolyása időközönként lejjebb helyezkedik, amint ezt már a Pannóniai-tengernél láttuk a pliocénben (278. kép).

Az esőben gazdag éghajlat korszakában emelkedhetik a végtó tükre és magasabb, fiatalabb terraszokat vésheet be vagy tölthet föl s ez a kifolyás áthelyezése, pl. elgátolás következtében, más tavaknál is bekövetkezhetik. A tavak feltöltött parti terraszai a folyami terraszokhoz hasonló körvonalat mutatnak (275., 276. kép).

Erre a legszebb példa a Nagy-Sóstó Utahban, a melynek egykor körülbelül 300 m magasán volt a vízállása (jelenleg 12 m mély) és tizenegyszer nagyobb volt a felszíne (Bonneville-tó); akkor a Snake-folyó vezette le a vizét. Az éghajlat változása okozta párolgás következtében a tó siker üstté gőzölgött el, miközben partjain megőrizte a világosan kivehető terraszokat, az éghajlat szerint változó vízállásokkal együtt (319. kép).

A tavakban a hullámverésnek és az áramlásoknak geológiai működése a tengeriekéhez hasonló, csak többnyire sokkal csekélyebb. A folyók által odaszállított üledékanyagok deltákat és nehrungokat építenek és a kisebb medenczéken gyorsan feltöltik. A völgyi tavaknál széles völgsík keletkezik, a mely a torlaszos tavaknál *völgszínlő*, vagy *gátfokozat* gyanánt alakul ki, a melybe a folyó bevágódik s a mely a folyót hosszú vonalon keresztül vízszintes terrasz gyanánt követi. A kifolyás bevágódása következtében a tavak egészen lefolyhatnak, de ezt mégis csak a torlasztavakon figyelhetjük meg leggyakrabban.

A lefolyástalan tavak vize az oldott ásványanyagokban, különösen pedig sóban többnyire annyira gazdag, hogy *sós tavaknak* szokták őket nevezni.¹⁸

4. A jég működése.

A hó.

Rendes nyomás alatt 0°-on fagy meg a víz. E szerint a légkörbeli csapadék elegendő alacsony hőmérséklet mellett megfagyott állapotban jut a Föld felszínére. A légkör sűrített vízgőze akkor hexagonálisan *dér*, *jégeső*, *dara* vagy *hó* alakban kristályosodik ki. A megfagyott csapadék három első alakjának nincsen jelentősége a Föld felszínének változására nézve. Csak a hónak van kiváló szerepe a felszíni formák átalakítói között. A földrajzi szélesség és a tengerszín feletti magasság szerint vannak olyan vidékek, a hol sohasem esik a hó, más helyeken a csapadék egyszer eső, másszor hó alakjában jut a Földre s végül vannak vidékek, a hol a csapadék csakis megfagyott állapotban kerül le a Földre. A földrajzi szélesség és

¹⁸ Hazánk legnagyobb tava: a *Balaton* (szintje 106 m t. f. m.) sekély nagy tó; 596 km² vízterülete alatt átlagosan alig 4 m mély s a tihanyi félsziget előtt húzódó árokban is csak 11 méter mély. Vize hígított ásványvíz, minthogy 5147 km² vízgyűjtő területéről másodpercenként beömlő 15 m³ vízmennyiségéből csak csekély rész folyik le a Sión, hanem legnagyobb része elpárolog s így vize szulfátokban gazdag ásványos vízzé sűrűsödik. (CHOLNOKY JENŐ, A Balaton hidrografiája, 1918.)

abszolút magasság hasonló alapján nyugszik az »örök hó« és az »örök tél« vidékének körülhatárolása: a *hóvidék*, a melyre szabály szerint nem terjed ki a nyár melege, hogy megolvassza az utolsó tél havát; ezt a vidéket a *hóvonal* (*hóhatár*) zárja be. Ez az a vonal, ameddig nyáron az összefüggő hótakaró visszahúzódik. Ezt a vonalat *éghajlati hóhatárnak* nevezzük és ez a két előbb említett körülményen kívül a csapadék tömegétől, az uralkodó széliránytól, a talaj hajlásától és a világtájak szerint való helyzetétől függ. E miatt a hóhatár még kisebb területen is változó. Az egyenlítőről a sarkok felé süllyed, még pedig a déli sark felé gyorsabban, mivel a déli félteke nyári hőmérséklete csekélyebb. Az Andokban körülbelül 6120 méterig terjed, a Kuenlunben 6000 méterig, a déli Himalaya-lánczban 4600 méterre süllyed. Ha összehasonlítjuk ezt a himalayabeli mélyebb fekvést a kuenlun-beli magasabb hóhatárral, akkor az 1400 méternyi különbség okát abban a nagyobb csapadékmennyiségben találjuk, a mely az indiai tengeri szelek eredménye. A Kuenlunben azonban tapasztalat szerint a hatalmas, tagozatlan magas földtömeg és a fölötte magas nyári hőmérséklet a hóhatárt a magasba szorítja. A nyári- és téli hőmérséklet között az erős különbségek a hóhatárt fölfelé tolják, míg az egyenletes éghajlat a hóhatárt lefelé nyomja. Az Alpok hóhatára a déli oldalon 2700-3000 m, míg az északi oldalon 2500-2700 m magasban van s ez a világtájak szerint való fekvésen kívül a meleg déli szelek hatása. Úgy látszik, hogy a tenger tükrét sehol sem éri el, mert még magán az észak-szibériai parton, a mely pedig a Föld leghidegebb vidékei közé tartozik (ugyanis évi közepes hőmérséklete -16°), nyáron körülbelül 600 m magasságig nincsen hótakaró a hegyeken. A Ferencz-József-földjén, Grönlandban és az antarktis szárazföldön a partszegélyen nincsen hó (apertum) nyáron. A Ferencz-József-földön körülbelül 40-50 m tengerszín feletti magasságban fekszik a hóhatár. A hóhatár fekvése tehát az egész Föld felületén az abszolút magasságtól függ és a tenger szintjében fekvő egyetlen területről sem állíthatjuk bizonyosan azt, hogy az »örök¹⁹ hó« vidékével van dolgunk.

E szerint a hóhatáron belül a hótömegek állandóan fölhalmozódnának és az Alpok például e folyamat következtében a számítások szerint a krisztusi időszámítás kezdete óta körülbelül 1600 méterrel emelkedtek volna, ha a hó szilárd állapotban, folyékony vagy gáznemű alakban el nem távolodott volna. A hó eltakaródását a szél, az olvadás és a napsütés létesítette párolgás, a meleg levegő és az eső okozza. Szilárd alakban a meredek lejtőkön, darabonkint és hirtelen következik be a hó lefolyása: ez a *lavina*. A térszín árkaiban pedig lassan, a tömeg belső elváltozásával jégár, *glecser* (*ferner*) gyanánt folyik le.²⁰ A hó saját súlya alatt a meredekebb lejtőkön elveszti nyugalmi helyzetét és lavina gyanánt lefelé indul. Csúszó-, folyó- és zuhanó-mozgása van s ez rendszeren a szokott *lavina-pályán* (*lavina járaton*) megy végbe. A lavinák útján hótömegek jutnak a mélységbe, főképpen a hóhatár alá, a hol azután gyorsabban elolvadnak. Vannak száraz, porhanyós *porlavinák* és összetapadó nehéz *fenéklavinák*. A porlavinák nagy hidegben - tehát télen - a magas vidékeken keletkeznek, vagy pedig a sarkvidékeken nyáron is, a frissen esett, porszerű, száraz hóból. Felhőszerűen emelkednek és az őket megelőző szél fúvása következtében pusztítóan hatnak. A *fenéklavinák* hirtelen beálló hőmérsékletemelkedés alkalmával, az olvadás beálltával tavasszal, vagy a főhn-szelek hatására jönnek le. A fenékhó nedves, nehéz, ragadós, csúszik, folyik, gördül és mikor nyugalomba jön, a fagy következtében megszilárdul. Az a levegőmozgás, a mely ez alkalommal keletkezik, csak csekély. A fenéklavinák mélyen hatolnak le a völgyekbe, tuskókat, törmeléket, fákat és a talajtakaró darabjait hozzák magukkal; ha az emberi település

¹⁹ Az »örök« kifejezés a továbbiak szerint csak annyiban alkalmazható, a mennyiben nem azt akarjuk vele jelölni, hogy a hó örökké ugyanaz marad, hanem azt jelenti, hogy bizonyos hely örökké hóval van borítva.

²⁰ Az alpesi nagy jégárakat *Gletscher*, Tirolban *Ferner* és Karintiában *Kees* néven ismerik.

városait eléri, katasztrofálisan pusztítva hatnak. A lavina hótömege gyakran igen jelentékeny. Eléri a 100.000, sőt még az 1 millió köbmétert is.

Abból a célból, hogy a völgyeket a lavinaomlások ellen biztosítsák, sokféle intézkedést tesznek. Így főképpen ültetések, rőzsenyalábok és alacsony deszkafalak (hópárkányok) alkalmazásával megakadályozzák a hó lecsúszását a lavinák miatt veszélyes hegyoldalakon.

Az a hó, a mely a hóhatár felett nyáron sem olvad el, lassanként felhalmozódik, szerkezete pedig megváltozik. Ez a folyamat kivételesen néhány óra alatt is végbe mehet. A frissen esett hó jégkristályok halmazából áll. A napszakok váltakozása közben részben megolvad és újból megfagy, minek következtében kristályos jég szemecskék halmazává válik, a melyet a jégcement köt össze. E változás következtében a hó daraalakú és szemecskés lesz, vagyis *firnné* alakul. A mélyebb fekvésű helyeken a kristályszemecskék felemészítik a cementet. A megismétlődő hóesés, olvadás és a felszíni rétegnek újból való megfagyása következtében és gyakran a felszínre hulló porfúvás folytán is rétegzés keletkezik. A most említett átalakulások következtében a hó laza minőségét elveszti és térfogatából is sokat veszít, úgy hogy a körülbelül 8 méter vastag hótakaró, a mely a magas Alpokban minden évben leesik, *csak 1 méter vastag firn-et ad*. A hó mélyebb fekvésű telepeit a ráakadó tömegek nyomása jéggé, *firn-jéggé* változtatja; ez porózus, ennél fogva fehér és habos. A felszíni olvadás (*abláció*) és a párolgás évenként kb. 1 méter vastagságra korlátozzák ezeket a firn-tömegeket, azonban mégis azokon a helyeken, a hol nagyobb vastagságot érnek el, különösen a teknőkben és az üstökben (*firn-teknők*) megzavarodik az egyensúly állapota, a melyet a dőlési viszonyok szabnak meg. A magasabban fekvő firntömegek nyomása alatt a mélyebben fekvők lefelé sajtolódnak, a hóhatáron a hótakaróból jég tűnik elő. A mennyiben a jég egyenletes hőmérsékletű talapzatán a firnformájú «örök» hónapok kevésbé ingadozik a határa, mint a kőzet, ennek a kifejezésére a *firnvonal* fogalmát állapították meg. Ez többnyire mélyebben fekszik, azonban szintén nem állandó és az Alpokban körülbelül 200 méternyre ingadozik.

A glecserek (jégárak) természete, felosztása és mozgása.

A firnmezőkben keletkezett jég nyelv alakban hajló jégfolyam, vagy jégár: *glecser* gyanánt, a lejtőket követve, a hóhatár alá a völgybe nyomul le. Az abláció itt már nagyon jelentékeny, mert egészen 6 méterig terjed évenként és ezt növeli még az a körülmény, hogy glecser alulról is olvad az alaptalaj melegsége és a szivárgó vizek stb. következtében. A firnvonal felett tehát a túlnyomó hóesés és a jégtömeg növekedésének vidéke fekszik (*tápláló terület*), míg a firnvonal alatt az uralkodó olvadás vidéke következik (*fogyasztó terület, glecsernyelv*, röviden *glecser*; 320. kép). A glecser tehát folyamhoz hasonlóan folyik medrében, a mélységi vonalakat követve (*völgyi-glecser - alpesi típus - I. rendű glecser*). Azokat a kis glecsereket, a melyek többnyire magasán, a hóhatáron belül meredek árkokban (barázdákban) fekszenek és gyakran firn-mezőjük sincsen, hanem csakis a lavinák táplálják őket, *függő-glecsereknek* (*pyreneusi típus*) vagy *II. rendű glecsereknek* nevezzük. Az Alpok 1200 glecsere között 250 elsőrendű jégár van.

[313.JPG]

320. kép. A tiroli Langtauffer-glecser tápláló és fogyasztó területe.

A glecser tömege többnyire nagyon ingadozó, főképpen az éghajlattól, a hóesés mennyiségétől és a hegység magasságától függ. Az alpesi glecserek között az Aletsch-glecser a legnagyobb a berni Oberlandban, egész hossza 24 km (a jégfolyam hossza 16.5 km) és a közepén 1800 m a szélessége. A felszíne összesen (firnmező és nyelv) 129 km², köbtartalma pedig 11 km³.

Ebből a tömegből 250 m² keresztmetszetű gyűrűt csinálhatnánk a Föld körül. A Keleti-Alpokban a legnagyobb a Pasterzen-glecser, területe 32 km², egész hosszúsága 10.4 km és a szélessége 400-1200 m között van. A jégár hajlása körülbelül 13°. A Himalaya glecserei 60 km hosszúságig terjednek. A glecserek vastagságáról még nincsenek pontos adataink. A fúrások eddig még nem sikerültek. A mérések szerint 260 m mély hasadékok is vannak. A völgy formájából azonban néhány száz méteres (400-500 m) vastagságra következtethetünk. A hol az utánpótlás és az olvadás egymást egyensúlyban tartja, ott van a glecser vége. Itt a jég vastagsága már csekély. A glecser többnyire nagyon meredek leszakadásban végződik, gyakran függélyes fal az, melynek talpán, a közepén, felboltozott alakú nyílás van: ez a *glecserkapu* s ebből folyik ki a *glecserpatak*. Jelenleg az Alpokban a glecserek nem nyúlnak 1100 m t. f. szint alá, a Himalayában pedig 3000 méterig érnek le. Brit-Kolumbiában az 58° északi szélesség alatt, Chileben a 46° 50' déli szélesség alatt (tehát az Alpok szélességében) egészen a tenger tükréig nyúlnak le. Még tovább a sarkok felé többnyire a tengerig érnek le a glecserek.

[314.JPG]

321. kép. A Siachen-glecser Karakorumban, Belső-Ázsiában, hét jégfolyammal és határozott középmorénával. (WORKMAN HUNTER W. fotografiai főlvétele szerint.)

Két vagy több glecser a folyókhoz hasonlóan egyesülhet egymással és közös jégfolyamot alkothat. Itt azonban a tömegek nem keverednek össze, mint a folyóvízben, hanem egymás mellett, egymástól elkülönítve mozognak tovább (321. kép). Csak ritka esetben sikerült olyasmit megfigyelni, hogy az egyik jégfolyam rátolódott a másikra.

[315.JPG]

322. kép. Morénák és pizsoksávok (ogivák) a Mer de glace-on. (SPELTERINI E. fotográfiája szerint.)

A függő glecserekből hatalmas jégtömegek zuhanhatnak le, különösen ha valamely sziklafal fölött kinőve, előre terjeszkednek: ezek a *glecserlavinák*, *glecseromlások*, a melyek hóval és kövekkel kevert jégből állanak és több millió köbmétert tesznek ki. A glecserlavinák az omlások alkalmával keletkező szélnyomással együtt nagy pusztulást okoznak a völgyekben. Gyakran megtörténik, hogy elrekesztik a völgyeket, másfelé vezetik a patakokat és eltorlaszolják azokat. Ilymódon néha az *eltorlaszolt tavak* pusztító kitérőse keletkezik; ilyen volt a Dranse-völgyi (Wallis) katasztrófa 1818-ban. Az omlások alatt a jégtömegek ismét a *regenerált glecserben* egyesülhetnek, a mely azonban nem függ össze a firnvidékkel, mindazonáltal továbbmozgásra képes.

A glecser *mozgására* nézve különféle nézetek alakultak ki és terjedtek el szélesebb körökben. Hosszas tapogatózás után úgy látszik, hogy legalább is közel járunk már az igazsághoz. Az bizonyos, hogy a glecser csakis a nehézség hatása alatt halad előre, egészen úgy, mint a víz a folyóban és pedig különben azonos körülmények között, a különböző kutatók szerint 10000-től több milliószorosan lassabban. E szerint egy jégrészecskének 450 esztendőre volna szüksége ahhoz, hogy a Jungfrau tetejéről az Aletsch-glecserig terjedő 24 km hosszú út végére érjen. A glecser sebessége növekedik medrének hajlásával, a firnhó szaporulatával, tömegének gyarapodásával és széles határok között ingadozik. Egyes glecserek, pl. a Vernagt-glecser sebessége igen nagy, mert táplálóvidéke nagy kiterjedésű és lefolyása szűk árkon keresztül visz le. Már az 1'-es hajlásnál megkezdődik a mozgás, a melyre a nap- és évszakok is hatást gyakorolnak. Megfigyelték, hogy a nyári sebesség a télihez úgy aránylik, mint 100:75 egészen

100:22 arányig. Más kutatók szerint a nyári s téli sebesség közt semmi különbség sincs. A mozgás általában fölötté lassú. Így a Pasterzen-gleccser naponként megtett útja 6-43 cm hosszú, más glecserek az Alpokban és Skandináviában gyorsabban mozognak. A Himalaya-ban 3.7 méteres s még ennél nagyobb napi úthosszúságok is ismeretesek. Grönland nyugati partjain naponként eléri a 32 métert, úgy hogy ott a mozgást szemünkkel követhetjük. Számos mérésből kitűnik, hogy a nagyobb alpesi glecserek évenként 40-100 m hosszú utat tesznek meg.

Ez a vonalmenti (lineáris) mozgás föltételezi általában a meder egyoldalú hajlását. A gleccserjég nyúlósan folyós (viszkózus) tömeghez hasonlít. A nyomás leszállítja olvadási pontját, éppen ezért a nulla pont alatt levő hőmérséklet mellett a gleccser belsejében télen is olvadás megy végbe. Mihelyt azonban a víz a jég repedéseibe és üregeibe kerül és a nyomás enged, azonnal újra megfagy. Ez a folyamat, a jég *regelációja, újra megfagyása, a gleccsermozgás Tyndall-féle regelációs-elméletének az alapja*. A nyomás következtében a jégtömeget állandóan finom repedések szelik át, a melyeket azonban a megfagyó víz ismét begyógyít. Ezen folyamat következtében az egész tömeg látszólagosan nagy képlékenységhöz jut, kitér az egyoldalú nyomás elől és a csekélyebb nyomás irányában folyik. Éppen ezért a jégfolyam részben független az alaptalaj dőlési viszonyaitól, a nehézségi-pontvonal hajlása szerint mozog, tehát siker-medenczéken is keresztül tud folyni. A regeláció mellett a *transzláció* is szerepe van. Ez abban áll, hogy az egyes szemecskék számos hajlítható levélkéből keletkeztek, a melyek nyomás következtében síkjukban eltolhatók, miáltal beáll a jégtömeg plaszticitása.

A gleccserjég *szemecskéinek nagysága* az idővel, tehát a megtett út hosszával növekedik. A magas vidékeken még csak borsónagyságú, később azonban növekedik és tojás-, sőt ökölnagyságot is elér, a mikor a gleccserszem súlya 100 g-nál nagyobb. Ez a növekedés úgy történik, hogy a nagyobb szemecskék fölemésztik a kisebbeket. A mikor a firn jéggé változik át, akkor további térfogatcsökkenés áll be, a sűrűség növekedik a pórusokban levő levegő kiszorítása következtében, 1 kg firnben körülbelül 64 cm³, a fehér gleccserjégben pedig csak körülbelül 15 cm³ levegő van és a levegő-kőtartalom még kevesebb a kék gleccserjégben. Ugyanis a gleccserjég színe a firnvonal fölött a levegőbuborékok következtében tejfehér és szivacsos, lefelé azonban a pórusok eltűnése következtében zöldeskék és áttetsző. A továbbhaladás folyamán párhuzamos szerkezetűvé válik és szalagos szerkezet támad, a mely keskeny, kiékelődő lapocskákra való szétbomlás következtében keletkezik. A jéglapocskák színe keményebb kék, egészen a lágyabb, világosabb kék színig (*kékszalagos-szerkezet*). Ez különösen a gleccser közepén, a mozgás irányában halad, a széleken ferdén a völgy felé, a gleccser közepe felé irányítva és a meder térdüregében, a hol a nyomás fölötté erős lesz, a nyomás irányára merőleges. A középen való nagyobb sebesség folytán és a jégtömegeknek szertelődése következtében ezek a szalagok a völgy felé görbülnek. E mellett a keményebb, kékszerű telepek a felszíni olvadás következtében domborúan emelkednek ki és a finom mállási por lerakódása folytán alkalmat szolgáltatnak a *piszoksávok (ogivák)* keletkezéséhez. Az eredetileg egyenesen keresztben haladó ogivák további fejlődésükkel elgörbülnek. Több jégár egyesülése alkalmával egymástól elválasztva maradnak és fűzyszerű sávokat alkotnak (322. kép). A kékszalagos szerkezet tehát fluidális szerkezet. Egyes kutatók azt vélik, hogy ez a szerkezet a magasabb gleccservidékek vízszintes rétegeinek redőzése következtében keletkezett, a melyet az oldalnyomás hozott létre. Mivel azonban ezt a szerkezetet a jégárványból összenőtt regenerált glecsereken is megtalálhatjuk, itt csakis nyomás folytán keletkezett palás szerkezetről lehet szó.

323. kép. Glecserhasadások; *a* hosszanti-, *b* peremi- és *c* keresztvasadások.

Az ogivák és azok a közvetetlen megfigyelések, a melyeket a glecseren keresztül bevert czölöpök sorozatán folytattak, bizonyítják, hogy a glecser közepe gyorsabban mozog, mint peremi részei, a melyeket a súrlódás gátol és éppen így a felszín is gyorsabban mozog, mint a mélyebben fekvő jégtelep. Azonkívül a peremi részek nagyobb ablációjából még egy jelenséget származtathatunk, nevezetesen azt, hogy a jég felszíne a középén magasabb, mint a széleken és pedig a jégfelület középső része helyenkint 60 méterrel emelkedik a peremi részek fölé.

A glecser végződése ritkán van helyhez kötve, hanem nagyobb sebesség, vagyis erősebb utánpótlás alkalmával előrehalad (*a glecser előrenyomulása*), míg a túlnyomó olvadás folytán visszahúzódik (*a glecser visszahúzódása*). A nagy csapadéktömegek időszakában, különösen a nedvesebb, hűvösebb éghajlatú vidékeken az előrenyomulás felülmúlja az olvadást, míg a szárazabb, melegebb éghajlat időszakában az olvadás az uralkodó. Ezek az ingadozások a Földön az összes glecsereken körülbelül egyidejűleg mennek végbe, úgy hogy közös okra vezethetők vissza. RICHTER egészen a tizenhetedik századig visszamenőleg kinyomozta az alpesi glecserek történetét és empirikusan átlagos 35 éves periódust állapított meg. Kapcsolatba hozza az éghajlati ingadozásokkal, a melyek BRÜCKNER szerint hasonló ciklusokból állanak. Az előretörések (előnyomulások) sokkal gyorsabban történnek, mint a visszahúzódások és pedig időtartamuk csak harmadrésze amazokénak. Az utolsó glecser-visszahúzódás alkalmával megállapították, hogy ennek évi értéke 34 méter volt egy esetben. A Pasterzen-glecser egy évi térfogatvesztése 6.81 millió köbméter volt. Míg az egyik glecser az egész visszahúzódási periódus alatt alig néhány száz métert veszít hosszúságából, addig más glecserek viszont néhány ezer métert is veszítenek. Ennek értéke a táplálóvidék csapadékviszonyaitól függ. Mennél gyorsabb az előrenyomulás, annál jobban tud a glecser végződése az olvadásnak ellentállni. Az előretolt jégtömegek az alpesi glecsereken sok millió köbmétert tesznek ki; Alaszka óriás glecserein pedig több köbkilométert. A glecser-visszahúzódás korszakában a függő glecserek egészen eltűnhetnek. A glecser-ingadozások lehetővé teszik azt, hogy a glecsernek alaptalajára való hatását megfigyeljük. Az előretörés alkalmával a glecserek gyakran elzárják a vízlefolyásokat és tavakat torlaszolnak fel, mint például a Vernagtferner jégár az Ötztali-csoportban. Ez eltorlaszolta a Rofener Ache-t, a melyből 1500 m hosszú, 300 m széles és körülbelül 100 m mély tó keletkezett, hozzávetőleg 45 millió köbméter víztartalommal. Az új tó pusztító kitörésekkel ürült ki. Dél-Tirolban a Martell-völgy ismételten elműrosodott és pedig a Langenferner glecser-patakának elrekesztése folytán. A Zufallferner-i és az ezt követő kitörések iszaposították el.

Az alaszakai Jakutatbay-ben a glecser-előretörésnek egészen egyedülálló okát figyelték meg, a hol 1906 végén vagy 1907-ben feltűnő gyors, de csak rövid ideig tartó előrenyomulás ment végbe a nyugalomban lévő, vagy a visszahúzódó jégfolyamok között. A jelenséget arra a hirtelenül nagy hógyarapodásra lehet visszavezetni, a mely a firn-teknőket a lavínák folytán érte. 1906. év szeptemberében hetekig tartó heves földrázkódások szabadították el ezeket a lavínákat. A megnövekedett nyomás és bizonyára a rázkódás folytán is a jég sokkal nyúlékonyabb lett, a minek következtében a glecserek gyorsabban folytak. Miként a tengeri szökőárnak a hullámozása, úgy mozgott lefelé a völgybe - gyorsabban, mint a jégtömegek - az erősebb nyomás túlterhelése folytán keletkezett jégár és például a Hiddenglacier-en néhány hónap alatt 1-2 km³-nyi tömeget több mint 3 km-nyire szállított, mire ismét igen gyorsan következtek be a normális viszonyok. Ennek folytán a glecsermozgások tanába új tényezőt

vezethetünk be, a mely talán az egyes, eddig meg nem magyarázott gyors előnyomulásoknak az oka lehetett.

A glecserjég - *Forbes és Heim* kutatásai szerint - a nyomás folytán plasztikus lesz, a húzással szemben azonban nagyon mereven viselkedik: nyomásra kitér, húzásra szétszakad. Nyúlósan folyós szerkezete miatt medréhez simul és alkalmazkodik ennek görbületeihez, valamint a talaj hajlásához, a mint ez erősebb lejtésből, csekélyebbe megy át. Minthogy a glecser oldalsó részei lassabban mozognak, a völgy felé ívalakban hajolt görbék keletkeznek, a jégtömeg szétszakad és *peremi-hasadások* keletkeznek, a melyek vagy 45°-nyi szög alatt a parttól ferdén a közép felé és pedig fölfelé haladnak (323. kép). A peremen és a felszínen szélesen tátonganak, a közép felé és a mélységben záródnak. A középben való nagyobb sebesség következtében a glecser szélén levő végpontjuk körül megfordulnak s ez alkalommal ismét bezárulnak, mire megint újak keletkeznek. A peremi hasadás olyan jelenség, a mely minden glecsert kísér. A jégnyelvet a firnvidéktől többnyire mély, széles repedés, a *hegyhasadék* választja el. A hol a kisebb lejtő erősebbre megy át, tehát a talaj lépcsőjén, a jégtömeg elválik a glecser felső részétől és most gyorsabban folyik tovább. Repedések keletkeznek, a melyek a mozgás irányára merőlegesek, ezek a *kereszthasadások*. Ezek ismét bezárulnak, ha a jég plasztikusabb, t. i. ha a glecser alsó része ismét egyenletesebb mozgásba jön. Ezek a peremi hasadékokhoz kapcsolódva fölfelé görbült hasadékrendszert alkotnak. Ha a lejtő hirtelen szakadéka megy át, vagy pedig az a lejtő, a melyen a glecser lejön, nagyon meredek, akkor a szabálytalan jégtömegek omladéka keletkezik (*glecsertörés*, teljes elszakadásnál *glecserzuhanás*, *esés*, *jég-* vagy *glecserlavinákkal*), a mely a regeláció következtében ismét összefagy, megszilárdul és regenerált glecser keletkezhetik. Ha a szélső- és a kereszthasadékok egymást keresztezik, akkor bizarr, tömbalakú jégformációk, *tűk*, *zeg-zugok* s ehhez hasonlóak keletkeznek (*Serac*).

Ha a jégfolyam a völgyszorosból valamely szélesebb helyre jut, a jégtömeg nem tud olyan gyorsan az új altalajhoz alkalmazkodni, saját súlyával az oldalak felé terjed ki és legyezőalakú hasadékrendszerek, különösen *hosszanti repedések* keletkeznek. A glecser végén, a hol az elapadó jégnyelv mindig kiszélesedik, ezáltal sugaras hasadások képződnek.

A glecser munkája.

A glecserek a Föld felszínén kettős munkát végeznek. Megtámadják az alaptalajt s ennek anyagát szállítják és lerakják; tehát hatásuk romboló és építő. Ma általában mindenki elismeri azt, hogy a glecserek erodálnak, vagyis letarolnak (*exaráció*, *glecserszántás*, *glecservájás*), csak éppen a letarolás rendje, módja és értéke tekintetében ágaznak el a vélemények. A glecserek tömegük mozgásánál fogva megtámadják a völgyfalakat és különösen a völgy fenekét. Ezt a munkát előmozdítják a lehurczolt hegységtörmelék tömegei. Legömbölyítik a kiugrásokat és lapos, hosszúkás púp formára csiszolják azokat. Ilymódon keletkeznek a *báránysziklák* (*roche moutonnée*). Ezek a hosszas alakú púpok a lökési oldalon erősen le vannak símítva, míg ezt a mozgás irányában fekvő (Lee-) oldalon nem láthatjuk annyira. Ezeken a *gömbölyű púpokon* (Rundhöcker) ismerhetjük fel tehát az egykori glecser irányát. A glecser kisajtolhatja vagy kitörheti a töredékeket és a tuskókat (*hasogató erózió*), a mi előkészíti a meder lesímitását. Azt, hogy mekkora a szilárd sziklán a lecsiszoló hatás eredménye, még nem tudjuk. Bizonyára nagyon csekély, úgy hogy csakis a folyamat hosszas tartama következtében emelkedhetik jelentékenyebb mértékre. Megkísérelték az így kapott törmeléktömegből az évi kivájást kiszámítani, azonban a 4-5 cm-es érték bizonyára igen magas és a módszerek pontatlanok ahhoz, hogy biztosabb mértéket adjanak nekünk. Ehhez úgy juthatnánk, ha megfigyeléseket tennénk a legközelebbi előretörés ideje alatt. E célból a

glecservégződésük előtt pontosan megmért lyukakat mélyítettek a sziklafenekbe és színes anyaggal töltötték meg azokat, úgy hogy egykor a legközelebbi visszahúzódás alkalmával a lehordás értékét meg lehessen állapítani. Ez könnyen érthetően a kőzet ellenálló erejétől függ. Az izlandi Vatnajökul alaptalaját állítólag körülbelül 647 mikronnyira, a Jostedalstrahe Norvégiában 79 mikronnyira, az Aargletscher 327 mikronnyira hordja le, amibe a morénaszállítás nincsen beleszámítva. A Hintereisferner egyik belső morénájáról évi 27 mikronnyi lehordást számítottak ki. A hegyi glecserek évi kivájását tehát 700 mikronra s még annál is többre becsülhetjük.

[317.JPG]

324. kép. A Lauterbrunnenvölgy Svájcban, U-völgy függővölgyekkel, melyekből vízesések ömlenek a fővölgybe. Figyelemre méltók a tisztán látható »vállak« mind a két völgyfalán. (Vásárolt fotográfia szerint.)

Bizonyos, hogy a glecserek azokra a völgyekre, a melyeken át lefolynak, az inkább laposan működő lehordás következtében egészen jellemző keresztmetszet képét nyomják, meredek falakkal és lapos *völgyfenékekkel* s ezért *vályúvölgy*, *U-völgy* a nevük, mert keresztmetszetük az *U* betűhöz hasonlít (324. kép). Vannak ugyan tapasztalt glecserismerők, a kik tagadják az ilyen *U-völgyek* keletkezését és azt állítják, hogy ezeknek az alsó ívét a törmelékhalomok teremtették meg. Sőt ellenkezőleg azon a nézeten vannak, hogy a jég megvédi a völgyformákat a víz eróziójától. Kétségtelenül sokkal erősebben támadja meg a fagy hatása a glecser alaptalaját; ezt a hatást éppen az olvadó vizek fejtik ki. Ezek ugyanis behatolnak a kőzet finom repedéseibe és hasadékaiba s ott megfagynak a csökkenő nyomás alatt, miközben a kőzetet darabokra robbantják s a törmelékek a völgy fenekét takarják. Csak akkor lesz világos előttünk, hogy mekkora jelentősége van ennek a folyamatnak a glecsermeder kimélyítésében, ha ismerjük ezeknek a repedési fagyoknak erős hatását a magas vidékeken. Éppen ilyen erősen kivájó hatást gyakorol a glecser akkor is, hogyha a glecser vége előrehaladása alkalmával keresztülhatol az elmállott törmelékeken és növénytakarón. A glecser feltúrja ezeket és mint *homloksánczot* tolja maga előtt. Eközben alárendelt redőzések és áttolódások keletkeznek.

[318.JPG]

325. kép. A glecser keresztmetszete; *a* = parti moréna, *b* = oldali-, *c* = középső-, *d* = elválasztó- (találkozó), *e* = közbülső-, *f-f'* = fenék- és alpmoréna.

A glecsereknek, mint szállítóeszközöknek, még ezeknél is jóval nagyobb jelentőségük van. A magas hegygerinczek és a glecservölgy oldalain az elmállás következtében szabaddá vált törmeléktömegek a mélységbe zuhannak, a glecsermozgás területére érnek s ekkor megkezdődik a völgy felé való szállítás. Jóval nagyobb szikladarabokat tud a glecser hátán továbbszállítani, mint a víz taszító ereje. Még 3000 köbméternél nagyobb tömböket is megfigyeltek szállítás közben. A sziklafal bizonyos pontjáról a csapás árkában lezuhanó omladékok nem jutnak a glecser felszínének mindig egy és ugyanazon helyére, a hol felhalmozódhatnának, mert a jég továbbmozog. Így tehát hosszú törmeléksánczban halmozódnak fel a glecser oldalain (322., 325. kép) és végre a firn-öböltől egészen a glecser végéig nyúlnak, a hol, miután a jég kiolvadt alóluk, a völgy fenekén lerakódnak. Ezeket a törmeléksánczokat oldalmorénáknak nevezzük (325. kép, *b*). A völgyben lefelé többnyire hatalmasabbak lesznek, mert egyre újabb anyaggal gyarapodnak. A hóhatáron belül fiatal hórétegek is betakarhatják a törmeléket, a mely csak mélyebb szintben jut napfényre. Sokszor megtörténik, hogy az oldalfalokról lezuhanó törmelék fennakad a glecser párkányán és

törmeléksánczot alkot a völgy oldalán: ez a *parti moréna* (325. kép *a-a*). Különösen a visszahúzódó glecser rakja le ezt oldalmorénáiból és a növekvő glecser oldalt félrenyomja. A parti moréna tehát nem más, mint az a felhalmozott oldalmoréna, a melyet a jég hátrahagyott. Az oldalmoréna eléri a 10-20 méter magasságot, a parti moréna azonban egyes esetekben a 100 métert is. Az oldalmorénákban többnyire megtalálhatjuk a jégmagot, a melyet a törmelék megóvott az ablációtól és sánczszerűleg tör fel, míg a parti moréna csak tisztán törmelékből áll. Külső oldalukon lejtésük 30-40°-os, felül éles éllel és a glecser felé szintén meredek a lejtő. Ha a parti moréna már néhány éves, gyakran növénytakaró is fedi külső oldalát, míg belső oldala friss letörést mutat (325. képen, *a-a*).

[319.JPG]

326. kép. A glecser hosszanti metszete; *a* = felszíni moréna, *b* = belső moréna, *c* = alap- és fenékmoréna, *d* = homokmoréna, *e* = törmelékkúp, uszadék kupacz (Izlandban *sandr*), *f* = alaphegység.)

A hol két jégáramlás összefolyik, ott a bal hozzáfolyás jobb oldalmorénája egyesül a jobboldali jégfolyam bal oldalmorénájával s ekkor *középső-moréna*, *Guffer-vonal* keletkezik (321., 322., 325. képek). Ezek törmelékvonalak, vagy törmeléksávok, sőt néha hatalmas sánczok, a melyek a jég mozgásirányával párhuzamosan és élesen határolva húzódnak tovább. Keletkezésük szerint többnyire annál a hegyfoknál kezdődnek, a melynél az *oldal-glecserek* egyesülnek. Az ilyen kiugró sziklából származó törmelékkúp maga is alkothat közép morénát, a mely azonban többnyire gyengébb lesz. A firnőbőlben gyakran eltemeti a morénákat a firn és a hó s csak az olvadáskor kerülnek napfényre. Két glecser ad egy oldalmorénát s mindegyik oldali glecser még egyet fűz hozzá. Ha a glecser szélesebb lesz, a morénák is kiszélesednek. A közép morénában többnyire jégsáncz van a váltakozóan vastag törmelékréteg alatt. Oldalának lejtője körülbelül 20°, magassága az Unteraar-glecseren eléri a 42 métert, szélessége pedig az alsó végénél 200 méternél is nagyobb. A gyarapodási terület szerint a különböző anyag sávszerűen marad elkülönítve. A glecser lezuhanása alkalmával a moréna a keresztvasadékokban tűnik el. Amennyiben azonban e hasadékok nem érnek le az alaptalajig, a moréna a lejtő-könyök alatt, kevésbé élesen határolva, az olvadás (abláció) következtében ismét napfényre jut. Anyaga finom iszapból, homokból és szögletes, éles törmelékből képződik. Néha olyan széles a moréna, mintha törmeléktakaró fedné az egész glecsert. A jégbe ágyazott tuskók abláció következtében előbukkanhatnak és ha rétegalakú *közbülső morénává* (325. kép *e*) egyesülnek, szintén takarót alkothatnak (*ablációs moréna*). A felszínen gyéren elszórt kisebb tuskók erősebb hófelvétel következtében a jégbe süllyednek és ez a jelenség a szitához hasonlít (*szitamoréna*).

A szikla felülete és a jég fenéke között finom iszapból és homokból álló vékony réteg fekszik, a melybe számtalan hordalék van beágyazva. Ez az *alpmoréna* (325. kép *f*, 326. kép *c*). Anyaga az alaptalajból származik, a melyet a glecser lesúrol, vagy pedig a hasadékokon, különösen pedig a peremi hasadékokon át a felszínről jutott le. A glecser anyagától nagyon nehezen lehet elválasztani, amennyiben ennek fenéke gyakran törmelék felhalmozódásból áll, a melynek a jég a kötőanyaga (*fenékmoréna*). Az alpesi glecserekben a nyomás 2-4 tonna egy négyszögdecziméterre. A törmelékeket a nagy nyomás alatt végbemenő mozgás lecsiszolja, éleiket és csúcsaikat leköszörüli. Ezért a glecser törmelék a folyógörgetegekkel és hordalékokkal ellentétben többé-kevésbé lapos 1-3 síkot mutat (*metszett-, oldalas-, facettás hordalék*). Az iszap (*hordalékagyag, hordalékmárga*) csiszoló-közeg gyanánt szolgál és a *súrolt kövek*, a melyek gyakran a jégbe vannak növe, ennek következtében fénymázat kapnak. Ugyanakkor a glecser az alaptalajt is lesúrolja és lecsiszolja (glecser-síkarolás, *glecser-csiszolás*). A glecser tehát úgy működik, mint valami óriás köszörülő-készülék. Az éles

csúcsok vagy közetszemecskék megkarczolják a hordalékokat és a sziklák felületét (*glecserkarczolások*). Ezek a karczolások a kőzetek keménysége szerint különböző vékonyságúak, többnyire 1-2 mm szélesek és gyakran 10 m távolságig követhetők. Különösen a keményebb kőzetek mutatják világosan a kőszőrüléseket és karczolásokat. A durvaszemecskéjű, egyenlőtlen alkotású kőzetek, pl. a durva homokkövek, konglomerátok nem tartják meg olyan élesen a karczolásokat, hanem egyenlőtlenül vannak legömbölyítve és durván barázdálva. A görgetegeken a karczolások hegyesszög alatt keresztezik egymást, míg a sziklafalakon inkább párhuzamosak (327., 328. kép). A jég az alapmorénát továbbtolja, kivájja s a glecser alatt folyó vizek pedig elmoszák. Nagyobb tuskók csaknem teljesen hiányoznak, hihetőleg széjjelnyomódnak. A kőzetanyag meglehetősen elkülönítve marad és csak a glecserpatakok keverik azt össze. A hordalékanyag felhalmozásából pajzsalakúan felboltozott, többé-kevésbé hosszúra nyújtott kiemelkedések keletkeznek, a melyeket glecserhalmoknak, *drumline*eknek neveznek. A glecservíz (*glecserzagyvalék*, *glecser tej*) tejfehér színét az alapmoréna finom iszapjának tulajdoníthatjuk.

A hol a felszíni- és az alapmoréna anyaga a jég eltűnése következtében összekeveredik, a glecser alsó vége körül a *végmoréna* (*homloksáncz*) keletkezik, a mely többnyire a glecser alsó végének megfelelően domború görbülettel hajlik a völgy felé és a 100 m magasságot is eléri. Az oldalak felé az oldalmorénákhoz csatlakozik, a glecserpatakok pedig áttöri (326. kép, *d*). A glecserek egyesülése következtében azok a hordalékanyagok, a melyek idáig a jégben s a jég alatta glecserkarok oldalain tovább mozgottak, felsajtolódnak és függélyesen álló *belső morénákat* (*találkozó morénákat*; 325. kép, *d-d*) alkotnak, a melyek élükön lesimított törmelékből képződnek. Ha ezek abláció következtében a felszínre kerülnek, *középső morénákat* alkotnak (325. kép, *c-c*).

[320.JPG]

327. kép. Glecsertől karczolt görgeteg.

[321.JPG]

328. kép. Diluviális glecserkarczolás sziklafalon.

A morénák tüzetes felosztása BÖHM nevéhez fűződik. BÖHM megkülönböztet: 1. *vándor-morénákat*, a melyek a jég előrehaladó mozgásából képződnek. Ezek a) *felszíni morénák* (*oldal-, közép-, takaró-, szitamorénák*), b) *alapmorénák*, c) *belső morénák* (*fenékmorénák, találkozó-, ablációs morénák*). 2. A *czölöpmorénák*, a melyeket a megmaradó glecser az anyag hozzájövele, a kiválás és a feltöltés folytán alkot: a) *parti morénák*, b) *homlok-morénák*. 3. A *fogyó, vagy eltűnő morénák*, a melyek a glecser visszahúzódása alkalmával a szétterülő törmelékből képződnek: a) *fogyó morénahalmok* (*lejtő- v. gorczmorénák*), a melyek az eltűnés alkalmával az oldalakon, b) *fogyó morénamezők* (*mezőmorénák*), a melyek az eltűnés alkalmával a glecser végén keletkeznek.

A felszín előrehaladó olvadása (ablációja) következtében a jég belsejében a mélyebb szintben található kőzetomladékok a felszínre kerülnek. Fent a magasban a glecser hasadékaiba esett tárgyak a völgyben, a glecser végén ismét a felszínre jutnak. Ezt a folyamatot azelőtt az idegen testek kitaszításának, a glecser *öntisztításának* nevezték. Míg a kisebb testek, különösen a finom törmelékek, a melyek a glecser hátára kerülnek, a Nap melegének erősebb elnyelése következtében besülyednek, a nagyobb tuskók megóvják az alattuk található jégtömeget a megolvadástól és a jégtömbön kimagaslanak a felszínből (*glecserasztalok*). Ezek később különösen a délnek forduló oldalon megolvadnak és feldőlnek.

Az előbbi tárgyalásokból az következik, hogy az úgynevezett *erraticus* glecserek a kőzetanyagot hegynek fölfelé is, sőt még a térszín sülyedésén keresztül is tudják szállítani. Ebből magyarázhatjuk meg az ilyen tuskók előfordulását a hegyhátakon, a melyeket eredő helyüktől mélyedés választ el. Ezt különösen az Alpok diluviális eljegesedésének a vidékén figyelték meg (lásd alább).

[322.JPG]

329. kép. Glecsermalom ú. n. malomkövekkel, Nago mellett, Dél-Tirolban. (A zürichi Photoglob Co. fotografiai fölvétele szerint.)

A jég olvadó vize vízereket alkot a glecser felszínén; gyakran egész patakok képződnek, a melyek a repedésekbe zuhannak, ezeket kimossák, kimélyítik és az alaptalajt különösen a súroló kövek segítségével megtámadják. Az ilyen *glecsermalom* helyén *örvénylyukak* (óriás üstök) képződnek, a melyek 10 m mélységig érnek és a csavaralakúan kisúrolt falon világosan felismerhetjük a tuskók örvényszerű mozgását, míg a tuskókat a fenéken találhatjuk meg. A glecser mozgásával együtt a repedések is előrehaladnak és ismét bezárulnak, azonban a vízesés erodáló erejének valóban hosszabb időn keresztül kell a glecsermalmot egy és ugyanazon ponton működésben tartani, hogy azon eróziós jelenségeket okozhassa, a melyeket a glecser visszahúzódása után megfigyelhetünk. Ilyen óriás üstöket az Alpok több pontján ismerünk. A Luzerni glecserkertbéli üstök a legszebbek közé tartoznak; a Gasteiner-völgyben és Nago-nál a Sarca-völgyében Dél-Tirolban is figyelemre méltó példákat találhatunk (329. kép). A megolvadt víz a szubglaciális csatornában a völgy felé mozog és széles, barlangszerű folyosókat teremt, a melyekben a jég alatt nagy utakat lehet megtenni. A legnagyobb szubglaciális csatornák Alaszkában a Malaspina-glecserben vannak, a melyek messze széjjelágazó folyamrendszerhez tartoznak. A glecserpatak a glecserkapun keresztül jut a napfényre. Vízét a finom iszap tejszerűvé zavarja. A mészhegységben tisztán kiiszapolt mésziszapot visz, mely *hegyikréta*, *glecserkréta*, *hegyitej* gyanánt ülepedik le. A patak homokja és iszapja a végmoréna előtt lapos törmelékkúp gyanánt (uszadékkupac, Izlandban *sandr*, 326. kép, e) ülepedik le. Ez tehát főképpen a fenékmoréna átiszapolt anyaga, vagyis *fluvioglaciális* képződmény. A jégtömeg belsejében, a folytonos oladás miatt télen is folynak a glecserpatakok, de mégis sokkal nagyobb a víztömeg a forró nyárban és a napszakok is erősen érezhetők a vízszolgáltatásban. A glecserpatakok egy köbméter vízben vagy 2374 gr lebegő anyagot visznek. Az olvadó vizek gyakran a glecser barlangjaiban (zsebeiben) is összegyűlnek és egyszerre hirtelen törnek ki, mikor is katasztrófákat idézhetnek elő.

Glecsertípusok.

Eddig azt a glecsertípust ismertettük, a melyet az Alpokban, a Kaukázusban, a Himalayában, az Andokban, az újjélandi Alpokban és a Föld egyéb alpesi fölépítésű gyűrődött hegységeiben, valamint a vulkáni hegységekben találhatunk. Ezek az *alpesi típusú glecserek*. Főképp a firnteknők jellemzik, a melyeket éles gerinczek választanak el egymástól, továbbá a hosszú, nyelv alakú jégfolyamok. Ezekről eltérnek azok a glecserformák, a melyek Norvégia széles, platószerű hegytömegeiben, a Spitzbergákon, Nowaja Szemlján, Izlandban és mindenekelőtt Grönlandban vannak elterjedve. Táblaalakú nagy közös firnmezők ezek, melyekből a glecserek rövid, széles folyamok gyanánt különböző irányban folynak a völgybe (*Norvég-típus*, *Inlandeis*, *belföldi jég*, 330. kép). A kettő között az a különbség, hogy az alpesi glecserek alapjukhoz simulnak, míg a belföldi jég bizonyos mértékben elárasztja ezt és minden domborzati különbséget kiegyenlít. Ez főképpen a fölötté nagy jégtömegben alapszik

és elképzelhetjük, hogy egyes hegységek, a melyekben ma alpesi glecserek vannak, a jégkorszakban belföldi jéggel voltak borítva.

[323.JPG]

330. kép. A grönlandi belföldi jég, a melyből egyes hegycsúcsok - nunatak-ok - szigetszerűen kiállanak. (NORDENSKIÖLD A. E. szerint.)

[324.JPG]

331. kép. A Mount Tahoma (Mt. Rainier), Észak-Amerikában, tizenhárom nagy glecserével. (RICKSECKER E. szerint.) Mértéke körülbelül 1:200000.

A két típus között állanak az *ikerglecserek*, a melyeken egy firmmezőből különböző irányba áramlanak a glecserek. Egyik legszebb példa az ikerglecserekre az északamerikai Mount Tahoma (Mt. Rainier) a Cascad-hegységben, a melynek jégdómjából elágazás folytán tizenhárom nagy jégár sugárzik ki (331. kép).

Még egy újabb glecserformára Alaszka tanított bennünket. A Mt. Elias 5486 méter magas vulkánmasszívumáról hatalmas alpesi glecserek húzódnak le dél felé, a melyek a hegy lábánál egészen a tengerig érő jégfelületté egyesülnek (elővidéglecser, Piedmontglacier). Legnagyobb közöttük a Malaspina-glecser, a melynek felszíne 25 angol mérföld hosszúság mellett 70 mérföld széles, területe 1500 angol négyszögmértföld (3800 km²) és 500 láb vastag. Látszólag halott; ez azt jelenti, hogy nem mozdul többé. Az olvadásos abláció erősen lehordta, letarolta és részben vastagon vonja be az ablációs morénatakaró, úgy hogy rajta fák és bokrok tanyáznak. Úgy látszik, hogy korábbi periódus erősebb glecserműködésének jelensége lehet, mert a mai viszonyok között nem alakulhatott volna meg. A törmeléktakaró megakadályozza teljes lehordását. Ezt a hosszú ideig tartó nyugalmi állapotot megzavarták a már említett 1899. és 1906. évi földrengések. Az 1899. szept. 3-ától 21-éig tartó heves földrengések következtében az alaszakai Malaspina glecser mozgásba jött, felszíne összetört és a rajta levő erdő elpusztult (l. a 194., 195. képeket). Azóta az abláció a glecsert ismét kiegyenlítette. A dilúviumban egyes alpesi glecserek ugyanilyen típusúak lehettek.

A belföldi jég.

A *belföldi jég* (Inlandeis) Grönlandban és az antarktikus kontinensen van a legnagyobb mértékben kifejlődve, a melyről a legutóbbi idők sarki expedíciói, különösen NANSSEN 1888. évi útja révén nyertünk sokféle felvilágosítást. A grönlandi belső jégóriás pajzsalakú jégtömeg, kiterjedése 1½-2 millió négyszögkilométer, körülbelül 1000 m vastag és a perifériák felé mozog. Azonban nem terjed egészen a partokig, hanem meredek leszakadásban végződik és szabadon hagyja a partvonalat. Csak a völgyekben érnek a tengerig egyes alpesi típusú glecserek az általános jégpárkányon keresztül. Elérik a 150 km szélességet és sebességük (naponként 32 m-ig) messze felülmúlja az alpesi glecserekét. A belföldi jég belseje lankásan emelkedik egészen 3500 m-ig s jellege száraz hósivatag. Hasadékok csak a peremén vannak és éppen úgy csakis ott törnek föl szirtek módjára az eltemetett hegységek csúcsai (*nunatak*, többesben *nunatak-ok*, 330. kép). Belsejének felszínén nincsenek olvadó patakok: ezek a széleken nehezítik meg az előrejutást; a morénák is hiányoznak, mert semmi törmelék sem juthat a felszínére. A párkányöv szélessége 100 km-ig terjed, benne nyáron megolvad a hó. Ebben a peremi övben széles felületeket takar a részben kozmikus eredetű szürkés fekete színű jégpor (*kryokonit*) fölötté vékony rétege.

[325.JPG]

332. kép. A glecser borjazása Grönland egyik fjordjában. (HELLAND A. szerint.)

A belföldi jég fenekén állandóan (még télen is) folyamatban van az olvadás és ebből számos vízfolyás tör ki a partszegélyen az alapmorénában. Ez utóbbi fölötté hatalmasan van kifejlődve és azon hegyvidék lecsiszolásából ered, a melyet a jég elborított. Csak ott, a hol a hósivatag egyformaságát kiálló hegycsúcsok (nunatakok) szakítják meg, jelennek meg a felszínen a morénák; ezek pedig, mielőtt a jég a szirteket elérné, az alapmoréna fűlsajtolt anyagából képződnek. Ez az anyag iszapból és karczolt kövekből alakult, míg a szögletes törmelékek csak a szirtekből keverednek hozzá.

A völgyekben felszíni morénák vannak a jégfolyamokon. Ezek a jégtömegek meredek, 100 méter magas falakkal érik el a partot és beletolódnak a tengerbe. Eleinte ráfékűsznek a sekély fenékre, később hatalmas dörgés kíséretében leszakadnak és *jéghegyek* gyanánt szabadon úsznak ki a tengerbe (332., 333. kép). Ez a folyamat a glecser *szaporodása*, a melyet *borjazásnak* is neveznek. A grönlandi glecserek jéghegyei a glecser végén levő repedések és nyomások következtében nagyon szabálytalanul vannak összetörve. Mivel a jég fajszűly 0.92, s a tengervízé 1.028, azért a jéghegy tömegének csak $\frac{1}{9}$ - $\frac{1}{7}$ -ed része nyúlik ki a vízből s így a 45 m magas tömbök körülbelűl 400 m mélységbe nyűlnak a tenger szűne alá. A morénákból eredő anyag többnyire beléjük van fagyva; különösen a fenéken viszik magukkal az alapmoréna részeit. Olvadás következtében a jéghegy súlypontja megváltozik úgy, hogy helyzetét megváltoztatja; felbukik, meghempereg. Ezáltal a törmeléktartalmű övek kerülnek a felszűnre. A hullámverés megtámadja a jeget és így olyan talapzat keletkezik, a melynek letarolási felűlete a vízfelűlet alatt fekszik. Ez a letarolási felűlet a jéghegy látható peremétől messzire terjedhet és nagy veszélyt jelent a hajókra nézve, a melyek azt hiszik, hogy kitértek a jéghegy elől s rászaladnak annak tengeralatti részére. Ez okozta 1912-ben a »Titanic« elsűlyedését. Az áramlás a jéghegyeket messzire, a mérsékelt övbe sodorja, a hol egészen elolvadnak. Ez az északi féltekén, különösen az óceánok nyugati oldalán a hideg áramlások folytán megy végbe. Ez a *jégáramlás* moréna-anyagot szórhat el az óceánban. A hol jéghegyek vannak a parton, ott nagyobb mennyiségben felhalmozódhatnak, mint pl. az Új-Fundland padján, a mely a 2600 m mély tengerből 260 m mély sellő gyanánt mered fel és a melyen nagy mennyiségű ideszállított anyag van lerakódva. Több száz méter mély tengerfenéken az áramló jéghegyek a fenék felszántását, exaráczióját idézhetik elő.

[326.JPG]

333. kép. Borjazó glecser elszakadt jéghegyei az Ekman Bai-ban a Spitzbergákon. (HALLDIN O. fotografiai fűlvétele szerint.)

[327.JPG]

334. kép. Táblaalakű jéghegy a déli sarkon, az Antarktiszon. A tenger szintjéből 40 méter magasra emelkedő jéghegy tömege 300 méter mélységre nyűlik a víz alá. (PHILIPPI E. fotografiai fűlvétele szerint.)

Az északi sarkvidék és a déli földszűg (Antarktisz) között éghajlat dolgában nagy az ellentét. Északon a szárazföldi tömegek háttérben vannak és nagy éghajlati különbségek uralkodnak a Földfelszűn képének nagyobb változatossága következtében; délen ellenben inkább a vidék egyformasága mutatkozik azoknak a nagy hójégtömegeknek következtében, a melyek az antarktikus kontinens 13 millió négyszögkilométernyi, tehát Európánál nagyobb felűletét betakarják és a tengerbe nyűlnak. Az utóbbi évek merész utazásai alapján ennek természetét

meglehetősen ismerjük. Az Antarktisz belföldi jégsüvegének sugara több mint 2000 km és magassága eléri körülbelül a 3300 métert. Nagy kiterjedésben táblaalakú takaró, a melyben a kiálló sziklák hiányoznak és a mely meredeken sülyed a Wedell-tengerbe és a Ross-tengerbe, a hová messzire kitolódik. Csak ott vannak glecserek, a hol hegytömegek tűnnek föl, mint pl. a Beardmore-glecsér, a mely több mint 200 km hosszú és 45 km széles. A jég vastagsága igen nagy, a parton még 300 m volt a mérések szerint és bizonyára eléri az 1000 métert. Mozgása itt naponként $\frac{2}{3}$ méter.

[328.JPG]

335. kép. A jéghegy 40 m magas fala az Antarktiszban, rétegzéssel és az olvadó vizek csatornáival. (PHILIPPI E. fotografiai fölvétele szerint.)

A tengerbe kinyúló jég a Ross-tenger déli részén körülbelül 850 km hosszú és keletről nyugat felé húzódó jégfalat alkot, a mely 30 m (régebben egészen 60 m) magas (*barriere-jég*). Szélessége 500 km és nem egyéb, mint a valamikor sokkal hatalmasabb jégtakaró maradványa, a mely a tenger fenekén nyugodott. Ma úszik ez a szörnyű tábla és naponként körülbelül 1 métert tesz meg előre. Ez tehát a belföldi jég kifolyása. Hatalmas, átmérőjükben a 60 mérföldet is elérő, táblaalakú jéghegyek válnak le róla függélyes szélekkel, a melyek körülbelül 350 méter vastagok (334., 335. kép). Észrevehető rétegzést mutatnak, a mely megfelel az eredeti firnrétegzésnek és egyrészt egykori melegebb periódus sötétebb, tisztább jégrétegeiből, másrészt valamely hidegebb időszak világos, buborékokban gazdag jégéből származnak. Olvadási csatornák szelik ezeket keresztül és az említett morénabetelepüléseket mutatják, a melyekben lapos, csiszolt törmelékeket egy vagy több metszett oldallal, facettával találhatunk. A törmelékek ritkán vannak lesimítva és karczolva. A jéghegyeken láthatjuk, hogy azt a belföldi jeget, a melynek nincsenek felszíni morénái, törmelékszalagok (*belső morénák*) szelik át meredek szög alatt, a melyek az egyenlőtlen alaptalajból származnak.

Az Antarktisz *jégszegélye* (Schelfeis) 150 km széles, alacsony terraszt alkot a szárazföld előtt, többnyire sík és hasadéknélküli s néhány száz méter vastag. A mint a neve is mutatja, ráfekszik a tengerfenékre és látszólag nincsen saját mozgása. Tengerjégnek tartják, a melyet a hójég hatalmas telepei vastagítottak meg. Egyes kutatók a barriere-jéggel azonosítják.

A glecservidék.

A geológusra nézve nagyon fontos, ha az egykori glecsert azokból a nyomokból tudja kimutatni, a melyeket a glecsér hátrahagyott. Ilyen nyomnak tekinthetjük mindenekelőtt az U alakú vályúvölgyet, a víz erózióknak V alakú völgyével szemben, legalább a folyók felső részében (324. kép). A meddig a jégtömeg felért, a völgyoldalak karczolva vannak, azután egy *lejtőtér*d (váll) következik, részben *csiszolt horonnyal* és e fölött az a terület, a melyet a jég hatása nem ért s a melynek zeg-zugos formáit az elmállás teremtette meg. A csekély kivájt erő miatt és a glecsér előrenyomulása alkalmával a glecsér hatásának rövidebb tartama folytán is, a kisebb glecserek munkájukban hátramaradnak és völgyeik meredek lépcsőben szakadnak le a fővölgybe. Ezek a *függővölgyek* és *kimélyített fővölgyek* az Alpokban és más hegységben az egykori eljegesedés jellemző nyomai. A magas Alpokban alkalmat szolgáltatnak a legszebb vízesések egész sorozatának keletkezéséhez. A mint már láttuk, a megszakított vagy csekélyebbé vált vízerózió is teremthet függő völgyeket.

Annak a völgynek a talaja, a melyet a glecsér elhagyott, lesimított és lecsiszolt karczolásokkal borított sziklatalaj, a mely azonban nem tökéletesen sík, hanem benne a háta és a teknők szabálytalanul következnek egymás után; ezek gyakran törmelékekkel vannak borítva úgy,

hogy majd laposan terülnek el, majd kupaczban vagy gátszerűen vannak elrendezve. Ez az egyhangú legömbölyített púpok (Rundhöcker) és *morénák vidéke*. A kerek púpok kérges leválás következtében gyorsan elmállnak. A völgyfenék szelíd lejtőjét néha meredek leszakadások (völgylépcsők) szakítják meg. Rajtuk keresztül vízesésekben zuhan le a patak (vízfolyás), vagy pedig már valamely szorosban keresztülszelte azt. Az eltűnt glecser homlokmorénái *végmorénák* gyanánt, parti morénái pedig *peremmorénák* gyanánt maradnak meg. Némely diluviális alpesi glecser homlokmorénái széles körgátakat alkotnak a medenczék körül, a melyekbe néha tavak települnek (*moréna-amfiteátrumok*); ilyenek pl. a Dora Baltea-é Ivreánál és az Etsch-glecseré a Garda-tó déli végén (336. kép).

[329.JPG]

336. kép. Az Etsch-glecser moréna-amfiteátruma végmorénaival. (PENCK A. szerint.)

A fogyó morénák a *fogyó-morénatakarót* alkotják. Az alpesi glecsereknek csekély alapmorénájuk van, a melyeket az egykori jégfolyamok vidékén *tuskóságagnak, törmelék márgának* neveznek. A mennyiben a felszíni morénák néha hiányozhatnak is, az alapmorénának nagy jelentősége van az egykori elglecseresedés megállapításakor. A párhuzamos halmok (drumlin-ek) is gyakran megmaradnak. A glecserüstök szintén nagyon jellemzők.

A glecservidék, a mint ez a glecsermozgásnak megfelel, nyugodt vonalakat mutat, azonkívül alaprajzában és keresztmetszetében a domborzat egyszerűbbé válásával tűnik ki; a kisebb egyenlőtlenségek elmosódnak, a nagyobbak viszont megerősödnek. A vertikális méretek háttérbe szorulnak, míg a víz eróziójánál éppen ezek tűnnek elő; ez azt jelenti, hogy a víz élesebb domborzatot teremt. A vízhez hasonlóan, pályáján a jég is teknőket váj ki, a melyek a jég visszahúzódása után tavakká válnak. Az alpesi tavak legnagyobb része a jégkorszakbeli eljegesedésnek köszöni keletkezését, vagy pedig végső homorú alakjának kivájasát. Többé-kevésbé a hegység szélén fekszenek, mint pl. a Bajor és a Svájci elővidék tavai, vagy félig a hegységben, mint a felső-itáliai tavak, pl. a Garda-tó, vagy pedig egészen a belsejében, mint a Salzkammergut és Karintia tavai. A nagy alpesi tavak méretei, a melyek elérik a 60 km hosszúságot, fogalmat adnak a régi jégfolyamok erodáló erejéről, a mely a hegységben különösen a lejtőből a síkságba való átmenetnél érvényesült a legerősebben. Ha pedig ezeknek a medenczéknek a nagy mélysége kétséget támasztana az iránt, vajjon a glecserek valóban kivájhatták-e azokat, akkor számításba kell vennünk a glecsereknek sokszor 1000 méteres és még annál is nagyobb vastagságát, továbbá a tó mélységének a hosszúságához való viszonyát. Ez az arány a tektonikailag előkészített Garda-tavon, a mely egyike a legmélyebbeknek, 1:280, a Starnbergi-tavon 1:180, tehát elenyészően csekély. Egyes tavakat a végmorénák torlaszoltak el (*moréna-tavak*), Számos tó, különösen a fővölgyek tavai, mint közbeiktatott tavak feltöltődtek, vagy pedig lefolytak.

A glaciális eróziót ott látjuk nagyszerűen kifejlődve, a hol azt a hegység szerkezete támogatja, mint a Garda-tó medenczéjében, a mely azt az egyoldalú árkos sülyedést követi, melyből a Monte Brione szigetszerűen emelkedik ki Rivánál és a melyet nem tekinthetünk tisztán glaciális eróziós alaknak (140. kép). Az erős széthasadozás is előmozdítja a glaciális eróziót, mint a Sierra Nevada Yosemite-völgye Kaliforniában, a hol a gránit kéregszerűen leválk és látszólag számos hasadék szeli át. Ezek készítették elő ezt a legnagyobb szerű glecservölgyet, a melynek hosszúsága 16 km és legnagyobb szélessége körülbelül 2 km; 1500 m magas, függélyes, simára súrolt falak zárják körül (337. kép).

[330.JPG]

337. kép. A Yosemite U-alakú völgye Kaliforniában. (Vásárolt fotográfia szerint.)

Svájcban a Gasterenvölgy alaptalajának 200 méterig terjedő túlnagy mélysége, a mely megfelel a régi tófenéknek, okozta a Lötschbergi-alagútban a nagy víz- és kavics tömegek betörését.

[331.JPG]

338. kép. A Gosautavak kár-lépcsői, U-alakú széles fenekű fülkék, felülről nézve. (SIMONY F. fotografiai főlvétele szerint.)

Az egykor eljegesedett hegységekben igen jellemző eróziós alakok a szélesfenekű fülkék, a «kár»-ok. Ezek czirkuszszerű mélyedésformák a völgyek végződésénél a gerinczek lejtőin, a melyek egyik oldalon nyitott üsthöz hasonlítanak. Fenekük többnyire a szilárd sziklába vájta lapos, zárt medenczévé van kimélyítve, melyben tó képződött (*kár-tavak*). Az alpesi magas tavak többnyire kár-tavak. A kárképződés többnyire egymás mögött és egymás fölött is többször megismétlődik, úgy hogy az egyes károkat meredek leszakadások választják el egymástól (kár-lépcsők 338. kép). Az U-alakú *vályúvölgyek* szintén hatalmas kárhoz hasonló völgyzáródással végződnek (*czirkusz*). A mint a *Fizikai mállás* cz. fejezetben a czirkusz-völgyek tárgyalása alkalmával kimutattuk, a károkat és a czirkuszokat (218. kép) a hóhatáron a fizikai mállás (hasadékfagy) körvonalazta és a firn mozgása folytán csak kitisztításukat és végső faragásukat nyerték el. Az előmunkálatokat a mészhegységben a hasadékokban való mállás végzi, amint ez a *dolináknál* történik s a glecsersúrolás csak ez után vájta ki a talajt medenczealakúan. Azoknak a völgyeknek, a melyek nincsenek eljegesedve, tölcsealakú völgyzáródásuk van és a lejtőkön hozzáfolyási, barázdák vannak, a melyeknek semmi lefolyástalan mélyedésük nincsen. A kárlépcsőkön keresztül gyakran vízesések zuhannak le, vagy pedig lavinák képződéséhez nyújtanak alkalmat, ha a kárban még firn- vagy jégtömegek fekszenek. A glecserek a lejtőiken levő lépcsőket még élesebben kialakítani igyekeznek, mert eróziójuk e lépcsők lábainál a legerősebb. Ezzel ellentétben a víz a lépcsőket kiegyenlíteni törekedik, mert a lépcső élén a legerősebben támadja meg.

[332.JPG]

339. kép. Simodal a Hardangerben, U-alakú völgy és fjord. (KNUDSEN K. fotografiai főlvétele szerint.)

Azok a partvidékek, a melyek egykor el voltak jegesedve, feltűnően szaggatott sziklás partokat alkotnak. Ez a *fjord*-ok munkája. A *fjordok* valódi, alámerült teknővölgyek, *völgyöblök*, a melyek meredekfalúak, oldalsó függővölgyük s erős kimélyítésük van és csekélyebb mélységű előtenger zárja el őket (339. kép). A mélységi különbség gyakran 1000 m. Lehetséges, hogy utólagos sülyedés következtében jutottak a tenger tükre alá, vagy pedig a glecserek, kitolódva a tengerbe, a tenger alatt erodálhatták azokat.

[333.JPG]

340. kép. Vándorkő (erratikus tuskó) Gr. Tychow temetőjében, Hátsó-Pommerániában. (KEILHACK K. fotografiai főlvétele.)

Ha a belföldi jég visszahúzódik, akkor a glaciális letarolásnak és feltöltésnek hasonló, csak hogy sokkal jobban kiterjedt és erősebb jelenségeit láthatjuk. A szárazföld egykori eljegesedésére nézve jellemző bizonyítékok a szilárd sziklák leköszörülései, karczolásai és gömbölyű púpjai, a tuskó- és törmelékagyagból való hatalmas alapmorénatakarók, lesimított és megkarczott törmelékkel s vándorköveikkel, azonkívül a halomsorok, a drumlin-ok és a hosszúra nyújtott, egymástól sugarasan szétfutó, világosan rétegezett és hegyes szög alatt

elágazó törmelék- és homoktorlaszok. E homokgátak neve *åsar* (egyes szám *ås*, ejtsd osz-nak, oszar) vagy *esker*; 60 méterig terjedő magasságot érhetnek el és a vasúti töltésekhez hasonlóan húzódnak a síkságon keresztül. Az *ószok* (*ås*) valószínűleg szubglaciális vízerek feltöltései, tehát a *glecserpatakok* törmelékeinek felelnek meg. Gyakran 100 km-nél is hosszabbra terjeszkednek. A jég felszínének, a felszíni- és a belsőmorénáknak szegletes, *éles anyaga*, azonkívül az erraticus tuskók többnyire az alapmorénára vannak hintve. Azonban középponti, széles gátakat, homlokmorénákat is alkothatnak, a melyek néhány száz méter magasságot is elérhetnek (*tuskótöltések*). A glecsermalmok *óriás üstjeit* itt újra megtalálhatjuk. A szárazföldet alacsony talajhullámok borítják, a melyek glaciális törmelékből keletkeztek (*morénás vidék*), vagy pedig kerek szikladombok mutatkoznak (lesimított sziklás, *hepe-hupás vidék*). Medenczéiben számos tó található (a Pomerániai- és a Finn-tavak). A kicsiny, többnyire kerek tavak neve *sölle*.

Többnyire vízmosás útján keletkeztek vagy pedig azoktól a jégtömegektől származnak, a melyek a morénák alatt eltemetve megmaradtak és későbbi olvadásuk alkalmával bekövetkezett a talaj süllyedése. Ha a jég pereme az alaptalajban olyan ellenállásra bukkan, a melyet le tud győzni, akkor alaptalaját feltorlasztja, redőzi vagy szétszaggatja és áttolja. Ezen az úton szilárd sziklatömegek is elmozdultak, pl. a kréták Rügen szigetén, a melyek diluviális képződményekre tolódtak. A végmorénák előtt a *sandr* uszadék-kupacz fekszik; fluvioglaciális torlaszföld ez, a mely többnyire homokból áll (Brandenburg örgrófság) és terméketlen pusztát tár elénk *belföldi dűnékkel*. Itt rakódott le a szelek útján szállított por, a lösz, a mely finom kiiszapolt anyagból áll. A lösz részben a vízmedenczékben csapódott le és tarkán rétegezett *csíkos agyagot* alkot. Eltorlaszolás, továbbá a visszahúzódó észak-német belföldi jég eltérése következtében az olvadó vizek és a dél felől jövő folyók hatalmas, nyugatfelé irányított folyamokká egyesültek, a melyeknek mindegyike megfelel a jég visszahúzódásában beállott nyugalmi korszaknak. Homokkal telt, széles ösfolyamvölgyeket alkottak ezek a folyamok; többet közülök ki is nyomozhatunk. Jelenleg már csak a Visztula, az Odera és az Elba követi szakaszonként ezeket az ösfolyamvölgyeket, többnyire azonban ezeknek mellékvizei húzódnak rajtuk keresztül.

Amíg a glecserek mozgásuk irányában viszonylagosan csak keskeny pályát vájnak ki, addig a belföldi jég előrehatolása alkalmával hosszúra nyújtott homlokzatára merőlegesen egyidejűleg nagykiterjedésű felületen hat. A belföldi jég tehát, a tengerhez hasonlóan, üledékeivel együtt a szárazföldön transzgredál. A mint a glecserek kicsiben tómedenczéket tudnak teremteni, ugyanezt a belföldi jég nagy arányokban hajtja végre. Kanada tómedenczéi, a Hudson-öböl országainak domborzata, az Északi- és a Keleti-tenger nagyrészt a belföldi jégnek köszönik alakjukat. Széles szárazföldi sávokat, mint pl. Észak-Kanadát, Lapplandot, Finnországot és a Svéd Alföldet a jég gyalulta le simára, míg az Észak-Német Alföldet és Oroszország nagy területeit a belföldi jég által szállított anyag töltötte föl. Ez az anyag Németországban eléri a 200 m vastagságot; közeteinek mineműségéből és kövülettartalmából eredetét megismerhetjük. Németország részére Skandinávia erraticus anyaga az eredő vidék. A tuskók és törmelékek között oly nagy számmal fordulnak elő a kövületek, hogy ezek a paleozoos fossziliák valósággal paleontológiai munkák alapjait szolgáltatták.

Az egykori eljegesedés összes vidékein találhatunk *erraticus tuskókat*, *vándorköveket* vagy *lenczköveket*. Ezek a vándorkövek olyan kőzetből vannak, a melyek sehol a közelben szálan nem találhatók, tehát ezeknek messziről kellett idekerülniök. Megtalálhatjuk ezeket a nagy alpesi völgyekben és az elővidékeken, de az északnémet mélysíkon és más egyéb helyeken is, a melyek az egykori jégműködés területére esnek. Régebben eredetük még rejtélyes volt és a legkalandosabb magyarázatokra adott alkalmat. Így azt hitték, hogy az alpesi középponti zóna közettuskói, a melyek a Jura-hegység magaslatain fekszenek, kitörések

következtében repültek, szóródtak ki, vagy pedig árvíz útján úsztak oda. Az északnémet leletek magyarázatául a *drift-elmélet* szolgált. E szerint a vándorkövek jégrogók hátán úsztak volna oda. Ma a diluviális eljegesedés tanúinak tekintjük e leleteket, a melyek hegyen, völgyön és tengerrészekén át korlátlan nagyságban hurczoltattak el. A germán alföld legnagyobb tuskója: 30000-40000 mázsa súlyú szikla Gross-Tychow temetőjében van Hátsó-Pomerániában; ez Skandináviából származik (340. kép). 5000 tonnánál nagyobb súlyú darab fekszik Monthey mellett Wallisban: ez a Montblanc-csoportból eredt. Azokon a vidékeken, a melyek kőzetekben szegények, nagyon keresett építő anyagok ezek a leletek, úgy hogy e miatt többnyire szétrombolták őket. Rügen szigetén, Schleswig-Holsteinban és más partokon, a hol a diluviális eljegesedés alapmorénája át van metszve és a víz a partokat kikezdte, a tenger a tuskókat kimossa s ezek sziklás partot alkotnak. A legfiatalabb kőkorszakban a vándorköveket az ősember megalith-sírok felállítására használta. Nagy Péter emlékműve Szent-Pétervárott vörös finnországi gránitból való vándortuskón áll.

A glaciális nyomoknak más egyéb nyomoktól való megkülönböztetésére HEIM a következő összefoglalást mondja: A mi a leülepedett anyagot illeti, a morénákban az elkülönülés nem a törmelékek nagysága és alakja szerint megy végbe, hanem az eredet (a kőzet fajtája) szerint, míg a folyóvíz a törmelékeket nagyságuk és alakjuk szerint, nem pedig a kőzet minemúsége szerint osztályozza. A glecserek nyomai a szilárd sziklákon a bemélyített vonalak (karczolatok), a melyek be vannak vésve az általában lesimított felületekbe. Ezek a vonalak pontosan nem párhuzamosak, a mint azt a dörzstükör-síkon (*pánczélon*) láttuk (126. kép), a melyen párhuzamos barázdák és finom bordák vannak, hanem gyakran hegyes szögek alatt keresztezik egymást. A karczolatokat csakis a felszínen találhatjuk, míg a dörzspánczél a kőzet belsejéhez tartozik és csak alkalmilag jut napfényre, e mellett a vetődési hasadék *mindkét* oldalán található.

Víziég, kőzetiég.

A szárazföld állóvizei 0° hőmérséklet alatt megfagynak. Csakis tökéletes szélcsendben fordulhat elő az az eset, hogy a víztükör hőmérséklete 0° alá süllyed, anélkül, hogy felszínét jég réteg takarná. Ha azonban a víz nyugalma a legcsekélyebb megrázkódás megzavarja, pl. szél kerekedik, vagy pedig állatok isznak belőle, azonnal jégkéreg keletkezik a felszínen. A *víziég* a hosszúprizmás vagy szálas hexagonális kristályok párhuzamos összenövése, a melyeknek optikai tengelye a lehülési felületre, tehát a víz tükrére merőleges. Levegőben szegény, mert 1 kg jégben 1 cm³ levegő sincsen. Ha az állóvíz felszíne befagyott, akkor hőmérséklete lefelé növekedik egészen addig a rétegig, a melynek 4C° a hőmérséklete, tehát a hol a víz a leg-sűrűbb. Nagyobb tavakon széttörik a jégtakaró a szél nyomása hatása alatt és olyan nyomások keletkezhetnek, a melyek megtámadják a partot.

[334.JPG]

341. kép. Talajjég (tjále) a szibériai Beresowka mellett a diluviális mammut lelőhelyével. A kiásott mammut tetemét a 428., 429. képek mutatják. (A császári orosz tud. akadémia mammutexpedíciójának fotografiai fölvétele 1901/02.)

A folyókban felszíni jégtakaró keletkezik, a mely gyakran szétreped a vízállás ingadozásai következtében és *rögjég* vagy jégtábla gyanánt a folyón lefelé halad. Az alsó folyás valamelyik sekély részén megtorlódik és a rögök áttolódása folytán *jégtorlódást* alkot, mely a folyót arra kényszerítheti, hogy partjait elhagyja és a völgy árterületét elárassza. A jégtorlasz tömegénél fogva a partokat is megtámadhatja, a laza anyagok feltorlódását és a szilárd sziklák lecsiszolását okozhatja. Több kilométer hosszúságot érhet el, mint pl. az Elba, vagy pedig a Duna jege Bécs mellett, a hol egészen addig nagy veszélyt jelentett a városra nézve, míg a folyam szabályozás útján szabad csatornához nem jutott. Ha az olvadás az alsó folyástól indul ki, akkor a jégtorlódás megszűnik. Ha azonban a felső folyás vidékén kezdődik az olvadás, akkor a jég elgátolja a folyót, mely elárasztja az országot.

Ha a mélyebb vízrétegek a part megfagyott talajával érintkeznek, akkor a *talajjég* vagy *fenékjég* képződik, a mely lyukacsos-szivacsos és az alaptalaj homokját és iszapját tartalmazza magába zárva. Könnyen leszakad és segít a jégtorlaszt fölépíteni. A rögjég és még inkább a talajjég görgetegeket és finom anyagokat szállít, a melyeket az olvadás alkalmával lerak.

A tengervíz -2.5°C -on fagy meg, miközben sótartalma, különösen a lassú fagyás alkalmával, kiválik. Az Északsark-tengerben a jég csak 2-3 m vastagságot ér el, ritkán lesz $4\frac{1}{2}$ m vastag. A szél, az áramlások és az árapályok mozgásba hozzák a vizet, mire a jég szétrepedezik, az egyes rögök egymásra és egymás fölé sajtolódnak (*jégsajtolódás*), úgy hogy a jég gyakran még 15 m-nél is vastagabb lehet. Ez a nyalábos jég (*Packeis, jégnyaláb*) a régebbi és fiatalabb jegek törmelékhalmaza és részben hóval van borítva. A nyár kezdetén a jégnyalábok rögökre törnek széjjel, a melyeket a sarki áramlások a mérsékelt övek felé hajtanak, azonban még a jéghegyeknél is hamarabb elolvadnak.

A sarkok felé, magas szélességi fokok alatt, a lapályokon felhalmozódott hótömegekből a szemecskés mineműségű és sok levegőtartalmú *hójég* keletkezik. Ugyanis a hó felszínén többszörösen megismétlődik az olvadás és a fagyás, mire a hó átkristályosodik. Ha kellő nyomás jön hozzá, megalakul a hójég. Szibériában és Észak-Amerika sarki részein nagy kiterjedésű vidékeken mélyen meg van fagyva a talaj (*talajjég, tjäle*). Összehordott hótömegekből, homokból és agyagból keletkezik, melyeket a nyári árvizek hoznak össze (*kőzetjég*, 341. kép). A talaj nyáron csak csekély mélységig, többnyire néhány lábnyira olvad föl. Irkuczk mellett 116 méterig megfagyott talajban fúrtak, a hol a végső hőmérséklet -3°C volt, a nélkül, hogy a jégrétegen keresztül tudtak volna hatolni, úgy hogy itt a fagyott talaj legalább is 200 m vastag. Az Új-Szibériai szigeteken a vidék fölépülésében nagy része van a *kőzetjég*nek, a mely vidék éghajlatváltozás bekövetkezése alkalmával részben valószínűleg el fog tűnni. Ebben, valamint a szibériai *kőzetjég*ben a diluviális korból számos mammut-maradvány van beágyazva, részben a puhább részekkel együtt. A kereskedésbe jutó elefántcsont nagy részét ezek szolgáltatják s ezért a kereskedők gyakran keresik föl ezeket a vidékeket. Ezeknek a maradványoknak köszönhetjük a legtokéletesebb kövületet is, a melyet egyáltalában találtak s ez a Beresowka talajjegéből kiásott mamut (v. ö. 428. képpel). A Malaspina-gleccser mozdulatlan jégtömegét is, melyet törmelék takar, szintén a *kőzetjég*hez számíthatjuk.

[335.JPG]

342. kép. A Beilstein-barlang egy bejáratával, légszákkal. (BOCK H. szerint.)

A barlangi jég.

A jég a barlangokban is felhalmozódhatik, a mint ezt már többször megfigyelték. Olyan barlangokban, a melyeknek egy bejáratuk van (*levegőzsákok*), vagy pedig két vagy több bejáratral bírnak (*szélkürtők, átjáróbarlangok*), jég is képződhetik. Olyan barlangba, a mely zsákformájú és lefelé hajlik 342. kép), behatol a hidegebb külső levegő, a kőzetektől átmelegszik, elvonja tőlük a meleget és fölmelegedve ismét kiáramlik. Ezáltal a hideg beraktározódik a barlangba. Mihelyt a külső hőmérséklet a barlang hőfoka fölé emelkedik, több légáramlás nem keletkezik s a hideg sem tud felgyülemelni. A szélkürtőkben a hőmérséklet lehülését azok a levegőáramlások idézik elő, a melyek a barlang sajátos fekvésénél fogva egyenlőtlenül hatnak, mint a nyári és téli levegő áramlások. A hőmérséklet lehülése ugyanis akkor következik be, ha a barlangnak vízszintes alsó szakasza és fölfelé vezető kürtője van s középhőmérséklete az illető hely évi középhőmérsékleténél kisebb (343. kép). Ezekben az esetekben tehát a szivárgó vizek megfagynak és maradandó jégtömegekké halmozódhatnak fel. A legszebb példa erre vonatkozólag a dachsteini Óriásbarlang Obertraun mellett, pompás jégstalaktittekkel, jégfüggönyökkel s ehhez hasonló jégormokkal (344. kép).

[336.JPG]

343. kép. Jégbarlang két bejáratral, szélkürtővel. (BOCK H. szerint.)

[337.JPG]

344. kép. Jégorom a dachsteini Óriásbarlangban, Felső-Ausztriában. (BOCK H. szerint.)

Hazánk egyik legszebb természeti ritkasága a *dobsinai jégbarlang*, a melyet 1870-ben RUFFINYI JENŐ dobsinai bányamérnök fedezett fel. A triasz kori mészkő üregeiben mintegy 125000 m³, vagyis 1125000 métermázsas jégtömeg van felhalmozódva, a mely különösen a nedves évszakokban évről-évre növekszik, úgy hogy a barlangot a teljes összenövés veszélye fenyegeti. A barlang szája északnak néz s ez a körülmény KRENNER JÓZSEF SÁNDOR budapesti egyetemi tanár szerint elősegíti a jégképződést. Hőmérséklete a Nagyteremben - 0.44, a folyosó mélyén -0.69C° állandóan. Legszebb jégcsapjai és hatoldalú jégkristályai a tavaszi hóolvadások alkalmával keletkeznek.

A természet műhelyében a hó és a jég nagy jelentőségű, mégpedig azért, mivel heteken és hónapokon át felhalmozza a víztömegeket; ezek pedig gyors hóolvadás alkalmával rövid idő alatt lefolynak. A vízfolyás tavaszi magas vízállásának hatása sokkal nagyobb, mint a mekkorát a folyó az év többi részében gyakorol. Azok az árvizek, a melyek a főhőn alkalmával keletkeznek, európai alpesi országainkban már nagy katasztrófákat okoztak. Ennek következményei a völgyfenékek eliszaposodásai és más jelenségek, a melyeket egyik előbbi fejezetünkben a folyóvíz működése kapcsán tárgyaltunk.

A hóvíznek nagy a széndioxidtartalma s ennek következtében kémiai (oldó) hatást gyakorol, melyet szemünkkel nem láthatunk közvetlenül. Ennél fogva a hóvíznek sokkal nagyobb az ereje, mint az esővíznek s ezzel magyarázhatjuk a már tárgyalt karrképződményeket a mészhegységekben. Minthogy a hó erősen elnyeli a gázokat s így a belőle keletkező víz erősebben oldja a kőzeteket, mint a közönséges esővíz, ebből megérthető, hogy a mészkőhegységekben a hótakaró alatt a karrmezők barázdái igen gyorsan képződnek.

A jégkorszak.

Azokból a különféle jelekből, a melyeket az előbbieken kifejtettünk, felismerték a legfiatalabb geológiai mult időszak fölötté nagyszabású jégtaakaróját. Ezt a korszakot éppen ezért *jégkorszaknak* (*diluvialis kornak*) nevezték. Ez az ismeret az Alpokból indult ki, a hol ezt a tüneményt a legpontosabban tanulmányozták. Akkoriban az Alpok csaknem egészen hatalmas jégtaakaró alatt voltak eltemetve, melyből csak egyes csúcsok törtek fel. A Kárpátok, a Pyreneusok, az Apenninek is mélyen el voltak jegesedve, sőt még magában az Óriás-hegységben is, továbbá a Vogézekben, a Schwarczwaldban és a Cseherdőben is, azonkívül Európa és a többi világrészek más hegységeiben, még magukon a trópusokon is megtalálhatjuk a nagy eljegesedés nyomait. Ugyanakkor a belföldi jég a sarki vidékeket jégburok gyanánt fedte és Skandinávián, Észak-Németországon, Anglián és Észak-Oroszországon keresztül egészen a Német-Középhegységig, a Kárpátokra és messze be Oroszországba nyomult elő, sőt Észak-Amerika nagy részét is elborította. A déli féltekén szintén megvannak a mainál sokkal erősebb poláris eljegesedés nyomai. Olyan jeleket is találtak, a melyek szerint ez a jégáradás ennek a vidéknek nem egyszeri elárasztása volt, hanem előrenyomulások és visszahúzódások váltakozásából állott. Az éghajlat tehát többszörösen változott és pedig ma (főképpen PENCK és BRÜCKNER után) 3-6 előretörést szokás megállapítani, míg egyes kutatók még mindig a jégkorszak egységessége mellett maradnak. A megismétlődő eljegesedést mindenekelőtt az bizonyította be, hogy több ponton két alapmorénát találtak egymás fölött, a melyek közül az alsó a szétbomlás előrehaladó fokát és az anyag más elváltozásait mutatta. A kettő közé többnyire más eredetű réteg van beiktatva és pedig fluviatilis folyóbeli képződmény, hegytörmelék, lösz kővületekkel, különösen növénymaradványokkal együtt, még gyakran lignit is. Mindez azt bizonyítja, hogy az illető hely a közbülső korszakban jégmentes volt. Ezek a nyomok tehát a jég visszahúzódására, melegebb éghajlatra utalnak (*interglaciális korszak*, *interglaciális képződmények*).

Éppen így koncentrikusan fekvő, régi végmorénákat is találnak különféle állapotban, a melyek éppen ezzel különböző korukat is bizonyítják. A legkülsőbbnek kell a legrégebbnek lenni, mert valamely későbbi előretörésnek kellett azt szétrombolnia. A morénák előtt fekvő fluvioglaciális üledékek szoros kapcsolatban vannak velük és pedig a magasabb terraszok a régebbi morénákhoz tartoznak, a mélyebben fekvők pedig a fiatalabbakhoz, úgy hogy a négy jégkorszakbeli kavicstakaróból, a melyet sok folyón felismerhetünk, az eljegesedés különféle szakára következtethetünk.

A jégtaakarónak annyira jelentékeny változására nézve, mint a minőt a diluviális korszak kimutat, föl kell vennünk a hóhatár mélyebbre való elhelyezkedését, tehát a hőmérséklet csökkenését és a csapadék növekedését. Ennek a tüneménynek a magyarázatára sokféle elméletet állítottak föl, de még mindig nem szolgáltatnak megnyugtató megoldást. Az okokat a Földön kívül keresik (*kozmosz*, *asztronómikus* elméletek), vagy pedig magán a Földön (*tellurikus*, *geológiai* elméletek). Az éghajlati változások kimutatása céljából azt a változást is szemügyre vették, a mely a földtengelynek a földpálya síkjára való hajlásában megy végbe, s a mely a napéjegyenlőségek preczessziójában mutatkozik. Ugyanis a preczesszió folytán 26000 esztendő alatt az északi- és a déli félteke váltakozva 8 napi hosszúságig terjedő melegebb évszakot kap. A földpálya excentricitásának változása is közreműködhetett, a mely természetesen más periódust követ. E föltevések szerint a jégkorszaknak az északi és a déli féltekén váltakozva kellett volna megjelennie, holott egyidejűségük be van bizonyítva.

Továbbá a nyári hőmérséklet változásához, a napfoltok felhalmozódásához fordultak és a Föld útját kozmosz ködön (Orion-köd) irányították keresztül, miáltal az inszoláció ereje lenyomódott volna. Azonban ezek az összes elméletek nem tudtak eddig megnyugvást kelteni.

Éppen olyan kíváncsiság sikerült ez azoknak a nézeteknek, a melyek az okokat magában a Földben keresték. Így a változásokat a fokozottabb vulkános működésnek, a levegő nagyobb vagy csekélyebb széndioxidtartalmának tulajdonították, a mely a Nap sugárzását és Föld felszínének kisugárzását megváltoztatta volna. A szárazföldek és tengerek eloszlásában beálló különbség a meleg és hideg tenger- és levegőáramlások folytán szintén hatással lenne e változásokra, míg más oldalról a kontinenseknek függélyes irányban való ingadozását vonták felelősségre. Azonban mindezek, a gyakran éles elmével védett elméletek végül tarthatatlanná váltak és újból rámutatnak azokra a nehézségekre, a melyek akkor állnak be, ha a természet működésének okait kutatjuk.

A jégkorszak lényegéről szóló összes kérdésekre nézve a legnagyobb jelentőségű az a bizonyíték, a mely a legutóbbi években készült és a déli félteke széles területeinek, továbbá a Dekhan és a Salt Range-nak a paleozoós korszak végén történt eljegesedéséről szól, míg ilyenféle nyomokat eddig az északi félteke többi részein kétségtelenül nem tudtak megállapítani. Újabban még Dél-Afrika ópaleozoós és eozoikus jégkorszakáról is tudnak. Azonban ezeknek a kérdéseknek a fejtegetése az általános geológia keretein kívül esik, mert ezek a tanulmányok a paleoklimatológiából már a történelmi geológiához vezetnek.

5. A levegő működése.

A sivatag deflációja.

Néhány évtizeddel ezelőtt még azt hitték, hogy a sivatagok felszíni alakjai a Föld előző korszakaiból származnak, a mennyiben nem ismerték azokat az erőket, a melyeknek a formák keletkezését tulajdonítani lehetett volna. Azt állították, hogy ezek az előidők nedves éghajlata alatt keletkeztek és a mai sivatagi éghajlat mellett változatlanok maradtak. Azonban WALTHER J. beható kutatásai kimutatták, hogy a Lybiai-sivatag éghajlata 4000 év óta nem változott, azonban ezen idő alatt az ó-egyiptomi építmények egészen hasonló mállási- és eróziós formákat kaptak, mint a minőket a sziklákon nagy mértékben láthatunk. Így a faragott kocka-köveket lyukak szelik át, vagy pedig egészen ki vannak vájva, a falakon bemélyedéseket találhatunk és Ramses óriás nagyságú szobrát a Rameseumban repedések törik meg. A Memnon-oszlopok, III. Amenhotep két 16 méter magas, ülő szobra, a melyek homokkőből vannak, erősen széjjel vannak repedezve. A repedéseken keresztül fújó reggeli szél okozta az egyik szobor zengését, a melyet a régi írók feljegyeztek. A zengés megszűnt, mikor SEPTIMIUS SEVERUS idejében a szobrot restaurálták. Éppen a restaurálás következtében hiányzik róla a barna védőkéreg, míg a másikon 3600 év alatt kifejlődött ez. Számos példa bizonyítja tehát, hogy ma ugyanazok az erők működnek, mint egykoron, és nagy jelentőségű a geológiára nézve, hogy felismerték e nagykiterjedésű jelenségek okait; ezek az okok: a száraz mállás és a szél.

A vízhez hasonlóan a mozgó levegő is szétrombolóan és, fölépítően működik. A levegő romboló kémiai működését a mállásról szóló fejezetben említettük; a kémiai mállásban; ugyanis a levegő is részt vesz nedvessége, oxigéntartalma, széndioxid- és egyéb gáztartalma következtében.

Mozgó állapotban és mechanikai úton azonban sokkal nagyobb mértékben rombol a levegő. Szilárd anyagokat, finoman elosztott állapotban, még a leggyengébb szél is el tud szállítani. A hol a litoszféra felszínét víz-, hó- vagy növénytakaró nem védi és így a légkörbe kerül, a szél azonnal megtámadja és a hol végre a csupasz talaj ki van száradva és hiányzik a laza részecskék megkötése, ott annál könnyebben talál támadási pontokra.

A Föld felszínének a legnagyobb része azonban éppen az ismertett okoknál fogva nincsen kitéve a szél támadásának, működési körébe főképpen a magas hegységek esnek meztelen sziklafalaikkal, továbbá az a két sivatag-öv, a mely a térítőkörök mentén a Föld körül kanyarog. A magas hegységekben a levegő ereje többszörös a mélyebben fekvő részekhez képest és ebből magyarázhatjuk meg jelentékeny működését. Éppen így van a sivatagokban is, a hol a szél éppen úgy, mint az óceánokon csekély sűrűlódásra talál. Minden sziklamászó tudja, minő veszélyt jelentenek a széllelkések, a melyek a laza köveket feje fölött elszabadítják és saját, magát is a mélységbe való taszítással fenyegetik. A laza anyagot, tehát a homokos köztelepüléseket elfújja a szél és ezáltal gyakran nagy kőzetrészeket utána törését, szakadását okozza, a mint azt minden homokbánya meredek falain szépen láthatjuk. Ugyanezt a jelenséget megtalálhatjuk a vulkáni hegyek között is (Somma alatt a Vezuv Atriójában), a hol a szél kifújja a hamu- és lapilli telepeket, mire nagy utána-szakadások következnek.

Mindezek a jelenségek azonban csak alárendelt jelentőségűek ahhoz a hatáshoz képest, a melyet a szél a sivatagban fejt ki. A sivatagok határai a tengerek eloszlásától, az esőgyűjtő hegységektől és a szabályos szelek irányától függnék. A *sivatagtípusok képződésére* nézve a meteorológiai viszonyok az irányadók és pedig ezek: a *csekély csapadék* és a *nagy párolgás*. A Szahara az északi és az északkeleti szelek hatása alatt áll, a melyek semmi nedvességet sem hoznak; hasonló körülmények uralkodnak Arábiában, Szíriában, Mezopotámiában, Perzsiában és Magas-Ázsiában, a Kalahari-sivatagban, az északamerikai sivatagokban, az Atakamában és Ausztráliában. A magas hegységekben és a sivatagokban, a mint már láttuk, a váltakozó hőmérséklet hatásának következtében a fizikai mállás a csupasz sziklákon igen nagy. A mállási törmelékek mindenütt felhalmozódnának, ha a légköri hatások nem távolítanák el azokat. A magas hegységekben a víz, a lavinák, a glecser és szél gondoskodnak az elszállításról. A mállási takaró hiányát a mi vidékeinken is, helyenként a mélyebb településeken, főképpen a szél működésére vezethetjük vissza; ilyen hatást fejt ki a *bóra* az osztrák partvidéken, a *mistral* Provence-ban és Toulon vidékén; ezek akadályozzák meg a növénytakaró meggyökerezését. A sivatagban csak az alkalmi heves záporosók szállítják a nagy törmelék-tömegeket a völgybe. A finom szemecskéjű anyagot azonban felkavarják a szelek és tovább sodorják (*defláció, lefújás*). A sivatagövben a nagy hőmérsékleti ingadozások következtében a fölötte meredek, nagyfokú légnyomási grádiensek elég gyakran fordulnak elő, így tehát a szelek is különösen hevesek és olyan működést vihetnek véghez, a minők a mi éghajlatunk alatt ismeretlenek. Minden sivatagnak van vihart középpontja, a mely felé a szelek áramlanak s a honnan a szomszédos vidékekre lefolynak. A szelek egyszer nedvesek, másszor szárazak, függőleges és vízszintes áramlások, izzó szelek és jeges viharok váltakoznak minden szabályosság nélkül. Hirtelen megállanak, irányt változtatnak és nagy erősséget érnek el.

A megfigyelésekből kiderült, hogy miként növekedik a szél erősségével az elmozdított homokszemecskék nagysága és pedig a másodpercnyi sebesség értékét a talaj fölött 12 cm magasságban mérték.

Szélesebesség mperczenkint	A megmozgatott homokszem átmérője	
4.5-6.7 méter	0.25	milliméter
6.7-8.4 "	0.50	"
9.8-11.4 "	1	"
11.4-13 "	1.50	"

Minthogy azonban a szél sebessége gyakran a fentemlítettek sokszorosát teszi ki (egészen 50 méterig), még borsónagyságú homokszemecskék és kisebb kövek is lövésszerűen mozdulhatnak el. Míg a legfinomabb anyag elszállítása a szél erőssége szerint lebegve történik - *futóhomok* -, a nagyobb szemcsék szökdelve vagy gördülve mozognak tovább a talajon, a melynek akkor nincsen nyugodt vonala s az egész talaj mintegy megelevenedni látszik. A por- és homokviharak, a napot elsötétítve, végigseprik a széles síkokat és elszállítják mind azt a finomszemecskéjű anyagot, a melyet az elmállás előkészített. Ez a Szahara félelmes *száumum*-ja, a Lybiai sivatag *chamsin*-je. A meleg talajlevegő fölemelkedő áramlása a finom részecskéket gyakran *homoktölcsérek*, *forगतagok* gyanánt ragadja fel; egészen 1000 m magasságig emelkednek, miközben a síkon lassan tovább húzódnak. Elő-Ázsia homokpusztáin, pl. Kappadokiában, ezekből gyakran egész tuczatot láthatunk, a mint óriás oszlopok sorozata gyanánt kísértetiesen közelednek. Megpillantásukban van valami félelemgerjesztő, pedig egyáltalában nem veszedelmesek. Az embernek csak éppen nagyobb mennyiségű sós port kell nyelnie. A bennszülöttek *seitan gelini*-nek nevezik, ami annyit jelent, hogy az ördög menyasszonya.

Ha a szél a sivatagban túlnyomóan egy főirányt követ, akkor kitisztítja a vidéket. A legfinomabb anyagot elszállítja és tömegvesztést okoz, a melynek, hosszú időn keresztül összegezve, jelentékeny értéket kell elérnie. A *passzátpor*, a mely a Szaharából jön, Afrika nyugati partjain gyakran veszélyezteti a hajózást, mivel láthatatlan. A Szahara vörös porát a szél messzire elragadja, elárasztja vele Európa legnagyobb részét, felviszi egészen Svédország déli részéig, az eső pedig lecsapja (*véreső*). Hogy ezen közben mekkora tömegek távolodnak el, azt az a becslés mutatja, a mely egy alkalommal egyedül az Itáliára eső tömeget 13 millió tonnában állapította meg. Kínában, vagy Észak-Amerika badland-jában a levegő gyakran napokon át zavaros és a nap sárgán vagy vérvörösén süt. A szél az anyagot elkülöníti, osztályozza; a legnehezebbeket nem viszi ki a sivatag határain túl, hanem a váltakozó szélirány szerint ide-oda fújja. Uralkodó szélirány mellett a szél letarol és mélyedéseket alkot, míg a váltakozó légáramlások ezeket kiegyenlítik és a meglévő mélyedéseket kitöltik. A szél hatása a sivatagtípusok szerint különböző. A *szikla*- vagy *kősvatagokban* (*hamada*), a hol a szilárd, sík kőzettáblák széles földszávokat alkotnak, a talaj ki van tisztítva, a port és a homokot elfújta a szél s még a heves szelek alkalmával is tiszta marad a levegő. A csekély finom mállási termék mindig azonnal eltávozik és a szél nem tudja megtámadni a szilárd sziklákat. A szél kifújja a kőzetek porát a mélyedésekből, a melyek a száraz mállás következtében a sziklafalakon képződnek.

[338.JPG]

345. kép. Szélérozió a Lifos-on, Erdsiasz-Dagh, Kis-Ázsia. (ZEDERBAUER E. fotografiai főlvétele.)

Ilymódon a keményebb települések következtében bemélyedések és menyezetes sziklák keletkeznek (345. kép). Gyakran láthatunk mészkő- vagy homokkőfalakat, melyeket védőkéreg borít. A kéreg lyukakkal van megtűzdelve, úgy hogy ezek egymásután sorakoznak és csak a kőpillérek maradtak meg közöttük. A kőrácsok, oszlopos folyosók, gombasziklák, ingó kövek és hasonló mállási formák képződésénél a defláció is közreműködik (214., 226., 235. kép). Ablakszerű nyílások rágódnak be a sziklákba és magukban annyira kiszélesedhetnek, hogy sziklapukát alkothatnak, a mint ilyeneket Utahban különösen szép példákban találunk. Ilyen továbbá a Prebischkapu Szász-Svájcban. Hasonló eredetű sziklaablakokat a magas hegyekben is gyakran lehet találni (346. kép) és a meredek partokon levő sziklapukok keletkezésüket részben szintén a szél működésének köszönhetik (pl. a havrei kapu, 315. kép).

[339.JPG]

346. kép. »Thörl« sziklaablak a semeringi Raxon. (CRAMMER fölvétele.)

A Szahara kősvatagjai nagyrészt csaknem vízszintesen települt rétegekből képződtek, a melyek egymásföle emelkedő terraszokra oszolva (*réteglépcső-tájkép*), 2500 m magas hegy-ségeket építenek föl. Keményebb és kisebb ellentálló képességű telepek váltakoznak benne. A puhább telepek ott, a hol napfényre kerülnek, a mállás áldozatául esnek és a szilárd padok alkotják a vidék felszínét. Messze területen szomorú egyhangú vidéken át utazhatik az ember ilyen kőfelületen keresztül és végre meredek emelkedéshez ér, a mely a magasabb terraszhoz vezet fel; ezen keresztül folytatódik a fásztó út. Az ilyen leszakadás mentén a különféle rétegek napfényre jutnak, a könnyebben elpusztíthatók elmállanak, a szél eltávolítja a laza anyagot, a szilárd padok kiugró párkányokat alkotnak, a melyek végre utána törnek. Így a magasabb terraszok széle visszafelé farol s a lehordás egészen az alsóbb terrasz szintjéig, felületéig halad előre. Azonban a lehordás nem történik egyenletesen az egész vonalon. Több helyen a puhább kőzet megkönnyíti a támadást és a meredekfalú völgyek hirtelen völgyzáródásokkal nyúlnak be a leszakadások közé; az omlások elágazhatnak és a magasabb terraszok szélső részeit elszakíthatják. Ezekből lesznek a tábla- vagy piramisalakú *szigethegyek*, melyeket az arabok *guráknak* (*tanúk*) neveznek; e szigethegyek megmaradnak és - mint a sivatag tanúi - felismerhetővé teszik az illető magasabb terrasz egykori távolabbi kiterjedését. A felszín szilárd padja egy darabig megvédi a pusztulástól ezeket a hegyeket, míg végre a lehordás egészen ahhoz a kőzetlaphoz ér, a mely az alsó terraszt alkotja. Ilyen tanúhegyeket Észak-Amerika Green River homokkő-vidékein (347. kép) is találunk.

[340.JPG]

347. kép. Tanúhegyek (a sivatag tanúi) a Green River mellett, Észak-Amerikában. (JACKSON W. H. és társa fotografiai fölvétele szerint.)

A völgyek a száraz mállás összes bizonyítékait szolgáltatják, a fenekükön ellenben a folyóvíz nyomai láthatók. Ezek a *száraz völgyek* (*vádi-k*, *uadi-k*), a melyekben csak ritkán, néha éveken át sem áramlik a gyorsan áthaladó magas árvíz (*szel*, 348. kép).

[341.JPG]

348. kép. Száraz völgy (vadi) Thebe mellett, meredek völgyzáródással, Egyiptomban. (BLOCH S. fotografiai fölvétele szerint.)

A defláció működésének a sivatagvidékek térfelszíni kialakulására nagyobb hatást tulajdonítunk, mint kellene, ha az amfiteatrális völgyvégződésekkel bíró, mély, meredekfalú és gyakran igen hosszú száraz völgyeket, a melyeknek nincsen maradandó folyóvizük, szintén az *eolikus* (a szél okozta) *letarolásra* akarjuk visszavezetni. A kisebb alakulatok valószínűleg így keletkeztek, a nagyobbaknál azonban bizonyára olyan időszakos víztömeget kell föltételeznünk, a mely víztömeg katasztrofális betöréssel mélyreható működést tudott kifejteni. Azok a görgetegek, a melyek a völgyben találhatók, továbbá a terraszok, a melyek ezt kísérik, azután a meredek- és csúszó part között az ellentétek mind az egykori folyóbeli (fluviatilis) működést bizonyítják. Az esőben gazdagabb előidőben egyes nagy vádikon át nagy folyamok folytak keresztül, sőt alaptalajában a talajvíz áramlását még ma is ki tudjuk mutatni. Ez a körülmény kutak ásatásához vezetett, a melyek folytán ezeket a vidékeket a kultúra számára megnyerhették. Azok a folyók is, a melyek anélkül, hogy beszívárognának, útjukat a sivatagon keresztül irányítják, szűk helyen szorosan egymás mellett egyesítik, a deflációnak és a folyóvízbeli erózióknak jellegeit, A legnagyobb példát e tekintetben a Colorado River

nyújtja, a mely 6000 láb mély szurdokát a Colorado-plató vízszintesen fekvő táblájába véste be. A folyó a mélységben erősen zuhog és mélyíti medrét (mélységbeli erózió), ugyanakkor a völgyfalak a sivatagbeli mállás hatása alatt állanak (oldalsó erózió). A völgy falai óriás amfiteátrumokká öblösödtek ki. A számos tábláshegy és piramis mind az egykori plató bizonyítékai és elárulják azt, hogy az egykori plató a tulajdonképpeni szurdok párkányáig ért. Legszebb példáit a Colorado, grand-kanyonja mutatja (273. kép).

Mivel a sivatag mállási termékeit a szél lebegve elszállítja, alkalom nyílik arra, hogy a vidék felszínén olyan mélyedések, teknők és árkok keletkezzenek, a melyek lefolyástalanok. Ha a talajvíz, szintjéhez közelednek, akkor *oázisok* keletkezhetnek. Arkanzasban számos kisebb teknőt a szél teremtett meg; ezekben a vizek összegyűlnek és tavakat alkotnak. A száraz-völgyek elveszítik egyenletes lejtőjüket, alacsonyabb völgy vízvásztók képződnek és az ilyen egykori folyóból csak térszíni barázda lesz, a mely a teknők sorozatát mutatja. A szél szállító ereje sehol sem mutatkozik jelentékenyebben, mint itt, a vidék ezen mélyedési formáiban. Míg a víz és a jég csak alárendelten tudnak kimosás útján ilyen homorú formákat teremteni, addig a mélyedékes barázdák kiterjedése eolikus keletkezés mellett csaknem határtalan.

A *kavics-sivatag*-ban vagy *szerrir*-ben, a kőzetalaptalajon kavicsgörgöttegek és konkrécziók vannak felhalmozva. Ezeket a kavicsokat az előző korszakban a vizek szállították ide, vagy pedig a letarolt kőzetrétegekből mállottak ki. Alakjuk máris többé-kevésbé le van gömbölyítve vagy pedig ezt a mállás útján kapta. Az is meglehet, hogy e kövek alakjukat a homokos szél lecsiszolásának köszönhetik; erről azonban majd később lesz szó.

Azokon a vidékeken, a hol a szabályos szelek elcsendesednek, legelőször az elszállított homok száll le, míg a finom por a levegőben lebegve marad. Itt tiszta kvarcshomok-halmok keletkeznek; a homok többnyire jól le van gömbölyítve, ugyanis a talajon többszörös súrlódásnak van kitéve és a homokszemek egymást is gömbölyűre súrolják. A homok kitölti a vidék felszínének mélyedéseit és ha a domborzat nagyon éles ellentéteket mutat, gyakran félig eltemetett, meredek sziklaszirteket vagy hegyeket láthatunk ottan, a mint a homokfelületből közvetlenül felmerülnek. Nagyrészt azonban az erősen letarolt vidéket teljesen betakarják a homoktömegek, úgy hogy semmi szilárd kőzet sem jut a napfényre és *homok-sivatag*, *areg* keletkezik. A nagyobb ellenállóképességű anyag kiválása folytán főképpen kvarcshomok képződik, a mely a tömeges kőzetek és még nagyobb mértékben a réteges kőzetek száraz elmállásából származik. Alárendelten a folyó vagy az állóvizek is szállíthatnak anyagot a homoknak. A sivatagöv legkülönbözőbb részeiben ismerünk homok-sivatagokat, a melyeknek mindenütt az alaphegységtől függő, jellemző összetételű homokjuk van. A homok színe részben a színes alkotórészekről függ; a legtöbb esetben a vasoxidhidrát és a vasoxid a homok felszínét vörösbarnára vagy vörösre, többnyire azonban világos sárgára színezi. A homok ritkán rakódik le laposan, hanem többnyire hát- vagy kúpalakú kiemelkedésekben, ezek a *dűnék*. Olyan helyi kiemelkedéseket kell alattuk értenünk, a melyek keletkezésüket és alakjukat lényegében a szél működésének köszönhetik. A dűne alapformájának a *sarlódűne*-t (Transzkáspióban *barkhán*) tartják, a mely gyakran nagyon csekély akadályon is kiképződik. Egy kő, egy növény is elegendő, de nem föltétlenül szükséges ahhoz, hogy a homok fölhalmozódjék; a buczka aztán magától halad előre. Pajzsalakú homokbuczka keletkezik a szél irányában (Luv) laposan hajló szöglettel és konvex körvonallal, míg a szél árnyékában (Lee) meredekebb hajlásszöglet és konkáv körvonal képződik. Az újonnan érkező homok felgördül a lankás lejtőn, mire a dűne felül növekedik, a gerinczen keresztül legördülő tömegek pedig elől gyarapítják a dűnét. A sarlódűne lába a szél irányában csak 5-10°-os hajlású, feljebb 15-20°, a tető lapos és az oromvonaltól lefelé a lejtés a szél árnyékában több mint 30°. Minthogy a szél a homokot a dűne oldalán tovább sodorja, szárnyyszerű meghosszabbodások, nyúlványok

képződnek és a sarlóalak mind jobban előtérbe lép (349. kép). A dűnehomoknak általában nincsen szerkezete, azonban részben mutatkozik bizonyos ferde rétegzés a felülettel párhuzamosan, amennyiben a váltakozó erősségű szelek különböző súlyú homokot raknak le. Ezen a módon az oromvonalról, illetőleg a gerinczélről mindkét oldal felé eső rétegzés keletkezik, a mely a dűnákra nézve jellemző. A vastartalom váltakozó oxidációs foka következtében a homok különböző színezetet nyer és így tarka csíkozottság, szalagozás keletkezhetik benne.

[342.JPG]

349. kép. Újonnan keletkező, sarlóalakú homokbuczkák, barkhánok alaprajza Bukharában. (WALTHER J. szerint.)

Ha a szél iránya változik, akkor a sarlódűne alakja is meg fog változni. Ha a szél sokáig fúj ugyanabban az irányban, akkor több sarlódűne hátformájú *dűnevonulattá* egyesül. Ha a szél megfordul, akkor ezek ismét egyes sarlódűnákra vagy szabálytalan buczkákra bomlanak fel. Az összes dűnevonulatok keletkezését szívesen magyaráznánk ezen a módon, azonban a talaj alakja, a szél erőssége és a homok mineműsége bizonyára szintén hatást gyakorol a dűnák fölépítésére. Elegendő homokgyarapodás mellett néha a nagyszámú, egymással párhuzamos hosszanti dűnét, a melyek szabályosan hullámhegyek és hullámvölgyek gyanánt követik egymást, a levegőhullámok maguk is fölhalmozhatják, a nélkül, hogy valamely akadály megtartaná a homokot. Ezek a *kereszt-* vagy *harántos (transzverzális) dűnék*, a melyek az uralkodó szélirányra merőlegesen fekszenek. Ha a homokgyarapodás csekélyebb és a heves szél meghatározott irányát megtartja, ezek a párhuzamos halomvonulatok szabálytalan lejtőkkel képződnek ki, a mely lejtőket barázdák választják el egymástól (a Kalahári-sivatag, Közép-Ázsia *hosszanti dűnei*). A dűnék gyakran ezer meg ezer négyszögkilométernyi területet is takarnak és a 20 m, 50 m, sőt a Szaharában még a 200 méter magasságot is eléri; több száz méter szélesek és 70-80 kilométer hosszúságban húzódnak. Felszínüket gyakran az úgynevezett *homokfodrok (rippel)* borítják; keskeny, hosszúra nyújtott párhuzamos barázdák és hátaik ezek, a melyek parányi dűnevonulatokhoz hasonlítanak és a heves szél következtében keletkeznek (350. kép). Ez a jelenség hasonlít a viharhullámok fodrához és nagyságát a szél erőssége határozza meg.

[343.JPG]

350. kép. Dűnék Biskra mellett Algirban. (LEROUX fotografiai fölvétele szerint.)

A dűne magassága és szélessége a homokszemcsék nagyságától és a szél erősségétől függ és bizonyos mértéken túl nem halad, mindaddig, míg a két hatás ugyanaz marad. Ha a szél erősebben fúj, lesodorja a dűne legfelső részeit, úgy látszik, mintha az él füstölögne és a homok felhalmozódik a szél árnyékában (lee), úgy hogy a gerincz egy kicsit előbbre nyomul, a dűne *vándorol* (351. kép). Ezen a módon a dűne tovább mozoghat a szél irányában, elboríthatja az előtte fekvő síkokat és csak a talapzatát (lábát) hagyja hátra, a melyen a szél nem talál több támadási pontot. A dűnák vándorlása különböző sebességgel halad előre. A bokharai oázison megfigyelték, hogy a dűnák télen 12 méternyire észak felé, nyáron pedig 18 méternyire dél felé haladtak előre, tehát egy évben csak 6 méterrel vándoroltak dél felé. Sok nagy dűnéje van a Szaharának, a melyek egymástól 1-2 km távolságban fekszenek és látszólag nyugalomban vannak. Nevük is van, akár csak a hegyvonulatoknak. Azokon a dűnéken, a melyeket váltakozva ellenkező oldalról ér a szél, a lejtők között a különbség csaknem eltűnik. Ha a dűne tovább vándorol és hátrahagyott lábán talán megváltozott szélirány vagy szél-erősség hatása alatt új dűne halmozódik fel, az új dűne megváltozott belső szerkezete ellentétbe kerül alapjának szerkezetével és ha ez a folyamat megismétlődik, az ilyen

homoktömegek keresztmetszete a gyorsan kiékelődő rétegek látszólag teljesen szabálytalan összevisszaságát mutatja. Ha azonban ezeket jobban szemügyre vesszük, akkor kiderül, hogy a ferde vagy divergáló rétegzés egymás fölött többszörösen megismétlődik. (Lásd a *diagonális-, keresztretegzést* az üledékes kőzetekről szóló következő fejezetben, 364. kép.)

[344.JPG]

351. kép. A dűne fölépülésének és vándorlásának vázlatos ábrázolása; *a-g* a homokbuczka ormának egymás után következő helyzete.

Láttuk, hogy a defláció távoli vidékeket kiegyenlíthet és letarolási síkok keletkezhetnek, a melyek nagy messzeségbe csaknem vízszintesen kiterjeszkednek. Ha a szabályos szelek homoktömegeket sodornak erre, akkor a homoksivatag a kősvivatag fölé terjeszkedik. A sivatagok szélén többször láthatjuk, miképpen terjeszkedik a homok a művelt területek fölé és mint temeti maga alá, mindörökre megsemmisítve azt. A sivatag a tengerhez hasonlóan transzgredál és több száz méter vastag hatalmas üledékes réteggel takarja be a vidéket.

A szél szitáló és szűrőfolyamata elválasztja a porszemecskéket a homoktól és csak azokon a vidékeken ejti le, a melyekben a levegő mozgása teljesen elcsendesedik. Ez többször megtörténik a sivatagvidékek szélein vagy a steppéken. Azonban a könnyű port a legközelebbi szél ismét tovább fujná, ha nem kötné meg azt a növénytakaró, különösen a gyepföld. A fűszálak között azonban a por oltalomra talál és ezáltal a talajt növeli. A por a fűvet lassacskán eltemeti, mire új növénytakaró ver gyökeret és a porból képződött talajon, többnyire agyagtalajon, vagy agyagos homokon számtalan finom csövecske húzódik keresztül, a melyeket az elkorhadó gyepföld és gyökérrostok hagynak hátra. Így keletkezik az úgynevezett *löss*, vagy *löss talaj*, a mely egyes vidékeken, különösen Kínában, igen nagy területeket borít. Erről az üledékes képződmények során, a következő fejezetben még bővebben szólunk.

Ott, a hol a felhalmozódott port semmi növénytakaró sem borítja, megvan az alkalom az *agyagsivatag* kiképződésére. Záporesők után a por szanaszét folyik és szilárd takarót alkot, a mely összesül és a deflációval szemben ellentállást tud kifejtetni. Ilyen a transzkaspiai turkmén sivatag *takirtalaja*, Középázsia *szala*-ja, és Afrika *szebchá*-ja. A kiszáradt talajt a szárazsági repedések sokszögű táblákra bontják, a melyek összezsugorodás alkalmával tölcser vagy hengerszerűen összegomolyodnak. Ha ezeket a szél tovább gördíti, homokfelületre érhetnek. A homok beágyazza ezeket a képződményeket és újabb átnedvesedés alkalmával a sárból *agyaggumók* képződnek a homokos üledék közepén. Ezen a kiszáradt agyagfelületen megmaradnak a rajta keresztül haladó állatok nyomai, az esőcseppek lenyomatai, sőt még a robbanó gázbuborékok gödröcskéi is; és ha újabb réteg takarja el, alakját a végtelenségig megtarthatja (*fosszilis lábnyomok és esőcseppek*).

Azokon a nagykiterjedésű vidékeken, a melyeket *félsivatagoknak* nevezünk s a melyek az északamerikai nyugaton vigasztalan terméketlenségben terjednek el, a könnyen szétrombolható homokkövekben, márgákban és agyagokban rendkívül fantasztikus felszíni képződmények alakulhatnak, a melyeket részben a szél eróziójára kell visszavezetnünk. (Dutton C. E. »bad-land-erosion« néven gyönyörűen ábrázolta 1882-ben a Point Sublime panorámáját). A nagyobb ellenállóképességű padok beékelődése bástyák, csipkék, pillérek és effélék képződéséhez szolgáltat alkalmat; ezekből felismerhetjük a kőzetek legfinomabb keménységi különbségeit (352. kép).

[345.JPG]

352. kép. A Big Bad Lands, South Dakotában, Észak-Amerika félsivatagán, a szélerózió munkája. (DARTON N. H. fotografiai főlvétele szerint.)

A szél a tenger felől sósvízport s ennek elpárolgása következtében sókristálykákat szállíthat a szárazföldre és így sógyarapodást okozhat. Éppen ilyen módon alkalmilag nagy mennyiségű virágport is visz magával, a mely »kénes eső« alakjában hull a Földre és a melynek, a mint a *Biolitek* cz. fejezetben a *kannelszén* keletkezésénél látni fogjuk, a Föld háztartásában is szerepe van.

Folyómenti és tengerparti dűnék.

Nagy homokfelhalmozódásokat és dűnéket azonban nemcsak a sivatagok vidékein találhatunk. A tenger is a homok egyik forrása, a mennyiben lapos partjain nagytömegű szétsúrolt anyagot vet ki, a mely aztán a szél játékává válik; ily módon keletkeznek a *parti dűnék*. Ugyanez bekövetkezik a belföldi tavak és folyók partjain is (*folyódűnék*). Árvizek alkalmával a folyók gyakran kilépnek a medrükből és messzire elárasztják a vidéket. A mikor csatornájukba ismét visszahúzódnak, a talaj iszappal van fedve, a mely finom homokból és agyagból áll. Azok a folyók, a melyek homokvidékeken keresztül folynak, a dűnék vándorlására nézve nem szolgáltatnak akadályt, mert a homok, a melyet a szél a folyóba fúj, a tulsó parton homokpad gyanánt ülepedik le és vándorlását tovább folytatja. Arra alkalmas vidékeken a kőzetek elmállása folytán, vagy pedig valamely homokban gazdag altalaj felszínre kerülése következtében szintén keletkezhetik homokfelhalmozódás, úgy hogy az összes említett hatások nélkül is csekély kiterjedésű homokfelületek keletkezhetnek és dűnékké halmozódhatnak fel. Így történt ez például a diluviális eljegesedés vidékén a Germán és az Orosz Alföldön, valamint a Nagy Magyar Alföldön, a hol igen szép belföldi dűnéket találunk (353. kép).

[346.JPG]

353. kép. Futóhomok-buczka garmadája (belföldi dűne), Vadkert mellett, Pestmegyében. (LÓCZY LAJOS fotografiai főlvétele szerint.)

E homokvidékeknek csakis a partokon van nagyobb jelentőségük, különösen a tengerpartokon, a melyek számos lapos parton dűnéket mutatnak. A dűne-öv Dél-Franciaországból indul ki, csekély megszakítással követi az Atlanti és a Keleti-tenger partjait egészen a Finn tengeröbölíig és átlagosan 6 km szélességet ér el.

A tenger örökös hullámverésével kimossa a homokot s ennek felszínét a Nap heve gyorsan kiszárítja, a mikor is a szél szárnyain a homok a szárazföldre befelé hatol. Hosszúra nyújtott dűne-övek keletkeznek a parttal párhuzamosan (*parti dűnék*, 354. kép), ritkábban *sarlódűnék* és pedig azért, mivel a szél a homokot egyenletesen hajtja oda és viszi tovább. Ha a part huzamos ideig homokot vet ki, akkor ez alacsony *elődűnévé* halmozódik fel, a mely dagály alkalmával végbemenő alámosások folytán többnyire meredek lejtőjű. A hullámjárások szerint a part különböző szélességű (355. kép) és az újabb homok csak akkor halmozódhatik fel ismét, ha a tengeri szél a régi anyagot már eltávolította. A homok a víznek kimosási folyamata következtében pormentes és többnyire sárgás színű. A szemecskék kvarczból, földpátból, amfibólból, augitból, gránátból, mágnes- és titánvasból, mészből és egyéb ásványokból vannak; fajsúlyuk több mint 2.5.

[347.JPG]

354. kép. Dűnék a Keleti-tenger partján, ívelt dűnék, homokfodrok, szélbarázdák. (GOTTHEIL ÉS FIA fotografiai fölvétele.)

[348.JPG]

355. kép. Parti gát szelvénye a Sylt szigeten. (MEYN szerint, GERHARDT P. könyvéből.)

A dűnék a német partokon elérik a 40-50 méteres magasságot, Bordeaux-tól délre pedig 90 méteres homokhalmok is vannak. A tengeri dűnéket az uralkodó szélirány hozza mozgásba és így több méternyire vándorolnak tovább, legfőljebb 25 méternyire évenként és homoktömegeik alatt eltemetik a művelt vidéket, erdőket és helységeket (356. kép). A Keleti-tenger partján a folyótorkolatok elé hosszú, keskeny félszigetek (*nehrungok*) települtek, a melyek a siker öblöket (*haffok*) a nyílt tengertől csaknem egészen elzárják (310. kép).

[349.JPG]

356. kép. Kunyhó Perwelkben, a Keleti-tenger partján, a melyet a dűnék eltemetéssel fenyegetnek. (GOTTHEIL ÉS FIA fotografiai fölvétele szerint.)

A nehrungok kizárólagosan csakis homok felhalmozódásból épültek fel és dűnékkel vannak borítva, a melyek a haff felé vándorolnak. Itt figyelték meg azt, hogy a dűnék egyes telepeket eltemettek, ezek azonban, hosszabb idő múlva a dűnéből ismét felbukkantak, mihelyt a dűne elhaladt fölöttük. Ennek legismertebb példája a kur gáton (Kurische Nehrung) Kunzen falu, a mely a mult század elején BERENDT geológus leírása szerint még egy 70 m magas dűne előtt feküdt és a melynek romjai körülbelül félszázad múlva, 1869-ben, ismét láthatóvá váltak. Az előrehaladó dűnék következtében a haff egyre szűkebb térre szorul és kiszámították, hogy legkésőbb 550 év alatt a homok teljesen föl fogja tölteni. Azok a gazdasági károk, a melyeket a dűnék vándorlásai okoztak, arra indították az embereket, hogy a dűnék természetét behatóan tanulmányozzák és keressék azokat a módokat, a melyekkel a dűnéket meg lehetne szilárdítani, a halmokat megkötni. Ez a növénytakaró mesterséges előállításával történik; a növények azután a homok gyarapodását, majd pedig a dűne továbbvándorlását megakadályozzák. Először is sövénygátakkal kísérlik meg a szél támadását elhárítani, miáltal lehetségessé válik, hogy elegendő parti fű verjen gyökeret. Csak később lehetséges a már nyugodtan fekvő dűnén bokrokat és fákat ültetni. A dűnék megkötése sok államra nézve nagyjelentőségű s ezért a futóhomokbuczkák termékennyé tétele a kulturtechnikai munkák fontos célja lett.

Azokat a korallhomokokat, a melyek mállási termékek gyanánt fordulnak elő a korallzátonyokon, valamint a mészoolithokat is dűnékké halmozza fel a szél. Gyakran meszes kötőanyag szilárdítja meg ezeket, úgy hogy szerkezetüket igen jól megőrzik.

Eolikus korrázio.

A szél elszállító munkája mellett (a laza anyag lefújása, defláció) lesikároló munkát is végez (*eolikus korrázio*), a mellyel a szilárd kőzetet megtámadja. Természetes, hogy a mozgó levegő hatása magában még igen csekély, azonban a mikor a vihar porral és homokkal terhelve nyargal a síkon át, akkor homokfúvó gyanánt működik és még a legkeményebb kőzetet is lekoptatja. A homokviharok ereje számtalan lövéshez hasonlóan, vágja a szemecskéket minden akadályhoz és a sivatagi vidékek építményein ennek hatását mindenütt világosan felismerhetjük. A legfinomabb por, a melyet még a leggyengébb szél is elfúj, különösen az

összes finom szemecskéjű kőzeteken fénymázát idéz elő: a kőzeteket látszóan ragyogó, átlátszó *lakkal* vonja be (*sivatagi máz*). Megtalálhatjuk ezt az összes sziklákon, tuskókon és görgetegeken. Ennek köszönheti a sivatag csodálatos színhatásait különösen naplemente alkalmával. Azonban már egy rövid eső is elegendő ahhoz, hogy a sivatagi máz eltűnjön, a mikor a kőzetek ismét fényteleneknek és durváknak látszanak.

Sokkal erősebb a homok korráziója. Ez kicsiben többé-kevésbé sík, tompafényű felületeket teremt. Ha a homokkal terhelt szél hosszú időn keresztül egy irányból fúj, a görgetegen csiszolt felületet metsz ki, a mely a szélirány felé dől és erre merőlegesen éles élben végződik. Az ilyen görgetegeket *egyélűeknek* nevezzük (357. kép). Ha a görgeteg átbukik az alsó felére, anélkül, hogy csapása változnék, a görgeteg a széllal szemben olyan helyzetbe kerülhet, hogy egy vagy két másik felülete is csiszolathoz juthat (*párhuzamos élű kavicsok*). Ha a görgeteg a földön gyorsan továbbmozgó homok akadályá gyanánt szolgál, akkor rajta a homokfolyam két ágra szakad, a melyek mögötte ismét egyesülnek, oldalain azonban síkokat csiszolnak, a melyek éles élekben metszik egymást. Így keletkeznek a *piramis-élek*, *háromélű kavicsok*, vagy *facettás törmelékek*, általában: az *éles kavicsok* (357. és 358. kép). Gyakran a kavicsokon törési felületek is vannak, a melyek a csiszolást megkönnyítik.

[350.JPG]

357. kép. Egyélű kavics (a szélről üzött homok munkája).

[351.JPG]

358. kép. Háromélű kavics (a szélről üzött homok csiszoló hatása).

Azt, hogy a sivatagokban a háromélű kavicsok keletkezése jelenleg miképpen megy végbe, megfigyelhetjük, azonban a mi éghajlatunk alatt ez a képződés nem lehetséges. Az előző korszakokban ismételtlen megvoltak hozzá a szükséges körülmények, a mint ezt a legkülönbözőbb formációkban, így Skótország prekambriumában, Svédország kambriumában, Alsó-Ausztria permi rétegeiben, a tarka homokkőben Thuringiában és különösen Közép-Európa diluviumában előforduló ilyen törmelékek bizonyítják.

Az összes kovák vagy kovás konkrécziók, fossziliák stb. tompa fényt (fénymázát) kapnak a homokcsiszolás következtében. A kristályfelületek éppen parányi egyenlőtlenségük következtében válnak fénytelené. A kőzet keménységi különbségei siker gödröcskéket idéznek elő, a kőzet ripacsos külsőt kap, a keményebb alkotórészeket vagy kőzetrészeket a szél kidolgozza; ily módon például a puhább dolomitból a keményebb kvarczerek kiállanak (359., 360. kép); a kővületek, különösen a nagy foraminiferák (nummulitok, operculinák), osztrigák, tüskésbőrűek stb., a melyek többnyire el vannak kovásodva, gyakran rövid nyélen fordulnak elő s végre is felhalmozódnak a vidék felszínén.

A homok köszörülő hatása a sziklát lesimítja és szabálytalan, egymást labirintusszerűen többszörösen keresztező barázdákkal borítja. A mészkőből való négyszögletes köveken vagy 3 cm mélységű vízszintes barázdákat figyeltek meg. A fizikai mállást a szél erősen támogatja. A Nagy Spfinxen Gizeh mellett a vassóinfiltráció következtében a megkeményedett rétegek a domborzatból kiemelkedve láthatók (mennyezetes sziklák, 361. kép). Éppen így van ez a dakotai Badland-ban is, a hol a konkrécziós lapok az agyagos kőzetből kiemelkednek (352. kép).

[352.JPG]

359. kép. A szélfúttá homoktól, eolikus úton kipreparált kvarczér a dolomitban.

[353.JPG]

360. kép. Hematitból és homokból álló eolikus úton kipreparált hasadék-kitöltés.

A magasabb sziklákon a csiszolás működésére nézve bizonyos különbség észlelhető, a mennyiben a szikla lábát durva homok, a felsőbb részeket pedig a por dörögli. A korrázio méteres mélységű barázdákat és éles gerinczeket dolgoz ki, azonkívül a könnyedén megszilárdult iszapszerű anyagból alacsonyabb, legömbölyített dombokat formál, a melyek a jég működésére emlékeztetnek. Az épületeken a falak lábai mintegy aláásva látszanak. A kínai sivatagokban az uralkodó szélirányra merőlegesen fekvő falakat gyakran egészen elpusztítva találták.

[354.JPG]

361. kép. A szél eróziójának hatása az egyiptomi Sphinx-re; alul homokfűvástól betemetve.
(FIORILLO L. fotografiai főlvétele.)

A viharok örvényszerű mozgása mélyedéseket teremthet, a melyeknek meglehetősen kiterjedésük van; ezeket *szélkátyuknak* nevezzük. Könnyen érthető, hogy az ilyen mélyebb kivájások többnyire az agyagpusztákon gyakoriak, a hol a széteső anyag könnyen eltávolodik. Ide tartoznak Közép-Ázsia *sardang*-jai; ezek hosszúra nyújtott, egymástól meredek bordák által elválasztott teknők. E domborzati formákon nehéz felismerni azt, hogy milyen messzire terjed bennük a szél korradáló működése, a mennyiben ez nagyrészt csakis a mállási termékek lefújása körül tevékenykedik.

A Nagy Magyar Alföld hajdani pusztái.

Úgy az eolikus korráziónak, mint a folyómenti dűnéknek, vagyis a futóhomokbuczkáknak gyönyörű hatását és maradványait látjuk a Nagy Magyar Alföld peremén, az egykori levantei-korú beltő partjain s az utána következő diluviális idők pusztaságain.

Hazánkban a sivatagi *kavicsok* nyomaira legelőször STAUB MÓRICZ tanár bukkant rá 1887-ben a *pestmegyei Csömör szőlőhegyén*. A levantei kavicstelepen talált szögletes kavicsokat meg is mutatta SZABÓ JÓZSEF geológus-tanárnak, a ki azonban 1887-ben még a BERENDT-féle elmélet álláspontján ezeket *glecser-súrolta hömpölyöknek tekintette*. Ugyanilyen kavicsokat talált később SCHMIDT SÁNDOR 1896-ban a sopronmegyei Iván község határában, majd KOCH ANTAL a horvátországi Károlyváros vidékén. Mindezeket a leleteket, a saját gyűjtéseivel kiegészítve, PAPP KÁROLY ismertette a *Földtani Közlöny* 1899. évi 29. kötetében: *Éles kavicsok Magyarország hajdani pusztáin* címmel. A horvátországi pontusi homokból való kavicsok, a miket KOCH tanár talált, mészkőből vannak s ennek megfelelően határozatlan élűek és bágyadt fényük van. Ellenben a magyarországi szögletes kavicsok, a melyek a levantei kavicstelepekből származnak, legnagyobbbrészt kvarcz-kavicsok, jellemző 2 vagy 3 éllel és a sivatagi homokcsiszolásra utaló fényes lapokkal. Hazai kavicsainkat az egykori levantei tóba ömlő folyók hagyták hátra, azonban éles kavicsokká való kicsiszolódásuk a levantei tavak kiapadása után kezdődött, a mikor a szelek a felszárado homokot felkapva, korradáló működésüket megkezdték. Az a jégkorszak, a mely Közép-Európát a diluviumban 3 ízben elborította, 2 interglaciális időközzel megszakítva, hazánk alföldjét és dombvidékeit nem érte, hanem szabadon fejlődött itt a preglaciális fauna;

az *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus*, *Cervus megaceros*, *Cervus alces* mindaddig élhettek, míg a nedves éghajlat szárazra fordultával a *steppe-kor* ki nem szorította őket. A *szelek működése ekkor a tetőpontra hágott*. A szél a síkságot szegélyező kavics és homoktelepekből tovaragadta az elhordható részeket, élesre csiszolta a kavicsokat s a futóhomokot buczkákba verte.

A *futóhomok mozgásának törvényeit*, belső ázsiai és magyarországi megfigyelései alapján CHOLNOKY JENŐ ismertette a *Földtani Közlöny* 1902. évi 32. kötetében, a mely munkája azóta világszerte ismertté lett a sivatagról szóló irodalomban.

1. *Ott, a hol a homok születik, dűnéket találunk*, egymással párhuzamos sorokban. Európa homokterületének legnagyobb része tengerparton van, csupán Magyarországon és Oroszországban vannak nagyobb futóhomokterületek a tenger partjától távol. Ez utóbbiak a fiatal harmadkorban, belsőtavak partjain képződtek. A homok a partszegélyen születik, első felhalmozódása a parttal párhuzamos gáton történik. Ha a homok a folyó partjain terem, akkor az elődűne a folyó irányával lesz párhuzamos. A Deliblát dűnéi a legmunkaképesebb szél: a kossava-szél irányára merőlegesen helyezkednek és széles tömegükkel Európa legösszefüggőbb homokbuczkáit alkotják, melyeknek vándorlása a diluvium óta tart.

2. *A dűnék haladásuk közben barkánokká bomlanak szét*. A legszabályosabb barkánok a mongol puszták szélén: Lama-miao városka közelében vannak, a hol a messzi pusztaságból vándorló homok már eltemetéssel fenyegeti a sivatag szélén álló városkát. Itt a sivatag végső nyúlványán 30-40 m magasságú, feltűnően szabályos barkánok emelkednek. Ugyanilyen szabályos barkánok voltak a diluviumban a Duna-Tisza közén is, a melynek futóhomokbuczkái helyenként még ma is szabályos alakúak. Ezekről a barkánokról CHOLNOKY megállapította, hogy sarlóformájuk és meredek lejtőjük nem olyan, mint a legtöbb sivatagutazó ábrázolja. Ugyanis az utazók a meredek omlásos lejtőket túlozzák, viszont a lankás lejtőket nem veszik észre. Az oromvonalat a homokhalom legmagasabb pontja gyanánt ábrázolják, holott a halom tetőpontja messze hátul van az oromvonal mögött. Ugyancsak túlzott a barkánok erősen félhold alakja is, mert az előre nyúló 2 sarlókart túlságos hosszúra rajzolják, holott a halom testéhez képest a kivágás csak igen kicsiny.

3. Ha a *barkánok* olyan helyre jutnak, a hol *megkötődnek*, a szél a halmok közepét kikezdi, *barázdát vág rajtuk* s a barázdák végén hosszú gerinczeket, *garmadákat halmoz föl*. A garmadák tehát a szél árnyékában keletkezett hosszanti halmok, a milyenek főképp a Delibláton képződnek.

4. *Ha a futóhomokterületen az éghajlat megváltozásával a homok megkötődik*, akkor az egész *térszín átalakul hosszan nyúló gerinczekké*, a melyek a legmunkaképesebb szél irányában fekszenek. Ilyenek a Nyírség északdéli irányban elnyúló hosszú gátjai s a pestmegyei homokvidék ÉÉNY-DDK-irányú buczkái.

A defláció a száraz (arid) éghajlatú területeket lehordja, letarolja. Ez nagy területeken egyidejűleg megy végbe és elméletileg korlátlanul folytatódhatna, míg a talajvíz tükrét el nem éri. A szél széles teknőket fúj ki és hogy a laza anyagnak mekkora tömege jön mozgásba, azt a lösz tömegének becslése mutatja. A lösz ugyanis a legfinomabb por üledékének tartjuk. Ázsiában 1324000 km² területet borít a lösz, a mely 30 méter vastagság mellett csaknem 40000 köbkilométernyi tömeget tesz ki. Ez bizonyára megfelel a Föld kérge más helyén levő tömeghiányának. Ezzel szemben azonban az előrehaladó deflációt megakasztja a védőtakaró, a sivatag *pánczéja*. Végül a kősvatag felszínét a legkeményebb pad alkotja, a melyet a szél már nem tud megtámadni. Csak ott, a hol rétegzavarodások találhatók, vagy pedig az alatta

levő puhább részek a napfényre kerülnek, ott tudja a szél a letarolást folytatni. Némely sivatagvidéket nagyon régi felszíni formáknak tekintenek, ilyenek a Kalahári vagy a Lybiai hamada. A kovák és kimállott konkrécziók felhalmozódása, a keményebb telérek (kvarcz és eruptív kőzetek) nagykiterjedésű szétesett kőzetei és a vaszárványos kérgek védik a könnyebben széjjelrombolható rétegeket. Helyenként a durva homok teljesen laposan ülepedett le, úgy hogy ez is ellent tud állni a szél támadásának. A defláció azonban ismét azonnal kiújul, mielőtt valamely ok következtében e nyugalmi állapot megzavarodik. A tovahaladó karavánok nyomában porfelhő kerekedik, a melyet elfúj a szél, éppen így történik az országúton is, a hol a vándor léptei nyomán a por magasra verődik fel, ha mindjárt a szelíd szellőt alig érezzük is. Ilyen módon mély utak keletkeznek a löszben a száraz vidékeken. Ilyen mély utakat találunk a kínai lösz-területen, hazánkban a Dunántúl és a pestmegyei Cserhát déli nyúlványának löszfalaiban. Ezeket csak az évszázados használat temeti be, a mely a könnyen szétmorzsolható anyagot a szél szállításai részére előkészíti.

A felszálló nedvesség elpárolgása következtében különösen az agyagsivatagok felszínét só- vagy gipszkéreg borítja, a mely éppen így, legalább is átmenetileg gátolja a további letarolást

Minthogy a különböző letaroló erők támadásának módja legnagyobb részben az éghajlattól függ, azért a tájképi kialakulás fázisát is ez szabja meg. Tehát a térszíni felület vonásaiból a vidék egykori éghajlati viszonyaira is következtethetünk.

6. Erózió és domborzat.

A tájkép nagy formáinak teljességét s ennek egyes részleteit azon letaroló erők támadásaiból magyarázhatjuk, melyeket ezen erők a Föld felszínének a hegyképződés következtében megteremtett domborzatára gyakorolnak. A tájkép formáit még a szétrombolás termékeinek lerakódása is megvilágítja. Ha a Föld felszínének egyik darabján a letarolás működik, akkor ez olyan vonásokat nyom a Föld felszínére, a melyek ennek fölépülésétől, a kőzetek szilárdságától, településétől és a letaroló erők módjától függenek. A geológiának az a feladata, hogy e formák *jellegéből*, a *fázis-ból* felismerje azokat az erőket, a melyek e formákat megteremtették és magyarázatot szolgáltatassanak keletkezésükhöz. A dinamikai geológia a *morfológia* és a *morfogénia* alapja, a Föld felszíni formáinak a keletkezéséről szóló tudomány.

A szétromboló folyamatoknak nagyban és kicsinyben az a legeredetibb következményes jelensége, hogy a nagyobb ellentálló képességű kőzettömegek homloktérbe túlnak a könnyebben szétrombolható - puhább vagy erősen széthasogatott - kőzettömegekkel szemben. Az összes keményebb kőzetrészletek kialakításában a legfinomabb munkát az elmállás után a szél korráziója szolgáltatja; e miatt találhatjuk a száraz, arid éghajlat alatt a bizarr eróziós formák oly nagy változatosságát. A mozgó víz működése is erősen, a különböző ellentállóképesség szerint irányul, a mint ezt az összes magas völgyekben és minden sziklás parton láthatjuk, azonban a mozgó víz működése a mi nedvesebb vidékeinken a kőzetek szétbomlása folytán részben elmosódik. Még kevésbé érezhető ebben a tekintetben a mozgó jég hatása, a mely mindent legyaluló munkájában csak a durva kőzetkülönbségekre van tekintettel. Azokat a hegyeket, a melyeket nagyobb keménységük következtében az erózió kidolgozott, DAVIS egy newhampshiri elaggott hegy után *Monadnock*-nak, kemény hegyeknek nevezi. E jelenségek összességét *szelektív* erózióknak nevezzük. A korrázió működése folytán megteremtett többé-kevésbé sima kőzetfelületek különbözők lehetnek a korrázió különböző módja szerint. A keményebb kőzet felülete a homokos szél hatása folytán tompa fényt kap, míg a görgetegek csak nedves állapotban fényesek. A gleccsercsiszolat gyakran tükröző fénymázat mutat, jellemző karczolatokkal.

Az egyes erők munkájának módszere fölötté különböző. A szél, mint homokfűvás, alkalom adtán örvény segítségével kimélyítően hat a laza anyagban. A folyó víz a magával hurczolt törmelékkel együtt súrol és mélyít, a hullámverés úgyszólván viharkosokkal támadja meg a sziklás partokat, a jég pedig nagy nyomás alatt levő alapmorénájával gyalul és csiszol.

A szél felszínileg és nagykiterjedésű területen egyszerre működik, a folyó víz elágazó vonalakon, a glecser a fenekét szélesíti, a hullámverés hosszú vonalon, a partra merőlegesen hat, a belföldi jég nagykiterjedésű felületen egyidőben működik, különösen előrehaladó homlokzatának segítségével. A szél, a hullámverés és a belföldi jég ideális síkokat tudnának teremteni, míg a folyóvízi fluviatilis végsík ezt az állapotot sohasem éri el. Ezeket összefoglalóan *letarolási* vagy *törzsökös síkoknak* nevezzük. A szél és a jég munkája csakis a klimatikus vidékekre szorítkozik, míg a hullámverés az összes tengerpartokon működik. A folyóvízi eróziót az egész Földön mindenütt megtalálhatjuk, ha mindjárt alkalmilag hatásában háttérbe is szorul.

A folyó vagy oldó víz csak csekély átmérőjű lefolyástalan mélyedéseket tud teremteni, a jég már jelentékenyebb medenczéket váj ki, azonban a legnagyobb kiterjedésű lefolyástalan süllyedéseket a defláció képes kitisztítani. A depressziók, nagy szárazföldi süllyedések - vagyis a szárazföld felszínének a tenger tükre alá nyúló részei - csakis utánaszakadás útján, tehát tektonikai okokból, továbbá defláció és elméletileg jégvájás következtében is keletkezhetnek, de sohasem a folyó víz útján, a mely a tenger szintje felé törekedik.

A különböző erők sokszor egymástól elválasztva, azonban gyakran, együttműködve végzik munkájukat, miközben egyik közülök annyira homloktérbe lép, hogy a tájkép típusát, a vidék *fácziését* meghatározza. Beszélhetünk valamely vidék glecsertájképéről, eróziós domborzatáról és deflációs fácieséről, továbbá transzgressziós síkokról is, azon erők szerint, a melyeknek valamely felszíni formát tulajdoníthatunk. Azonban a Föld történetének váltakozásában, ha valamely más domborzatalkotó folyamat jobban az előtérbe lép, ez a külső mez átalakulhat. Így a folyókkal áthatott országon keresztül húzódhat a sivatag, a tenger előnti a völgyeket és behatol a középső vidékekbe, a glecserek pedig átalakítják a folyó eróziójának domborzatát. Ilymódon a szárazulat éghajlatának jellemző rovátkái a felszínen kidomborodnak és a geológus a letarolt felületnek gyakran csak elmosódott nyomaiból betűzi ki azt, hogy milyen erők hagyták hátra ezeket a jeleket, továbbá, hogy a földfelületnek ezen a részén milyen éghajlati viszonyok uralkodtak. A történelmi geológiára nagyon fontos, hogy a tájképtípus fejlődésének folyamatában felismerje ezeket a változásokat, ami azonban gyakran nehéz feladat. Erről még az üledékes kőzetekről szóló fejezetben fogunk beszélni, mert gyakran csakis az üledékes kőzetek adnak belepillantást a végbement átalakulásokba. Még nehezebb megértenünk a régebbi geológiai korszakok tájképének fácieseit, ha a tektonikus folyamatok, valamint a kőzetek átváltozásai ezeknek a magyarázatát megnehezítik.

A szárazföldi tömegek lehordásának, letarolásának az ideális végczélja szükségképpen a litoszférának az a felülete, a mely az abrázio legnagyobb mélységét képviseli, tehát körülbelül 200 méternyire fekszik a tenger színe alatt. Ha tehát az ilyen sík az összes lehordó, letaroló erők működési körén kívül esnék, ez volna az ideális, *abszolút végsík* és régebben ezt is tekintették az uralkodó formának, a mikor még elsősorban a tengeri abráziónak akarták tulajdonítani az általános lesimítás főrészt. Későbbben mindjobban előtérbe vonták a folyóvíz működését és a fluvialis végsík lett volna a letarolás végczélja. Jelenleg ismét arra hajlanak, hogy ebben az általános letarolásban a deflációnak és a glecser- (belföldi jég-) vájásnak is részt tulajdonítsanak. A szétromboló erők sokféle működésének tárgyalásából eléggé kitűnik, hogy a szintkülönbségek kiegyenlítésén egyaránt s éppen úgy működnek a fizikai és chemiai mállási folyamatok, mint a laza talajanyagok mozgásai, valamint a növény- és állatvilág

életműködései. Az előbb mondottakból az is kitűnik, hogy valamely megállapodott letarolási felület keletkezésénél a megfelelő éghajlat, magassági fekvés és az alaptalaj minősége szerint az együtt dolgozó erők sokfélesége működött közre. Ha a kutatók ez erők közül egyiket vagy másikat előtérbe helyezték, akkor ez valamely különösen művelt munkakörre való egyoldalú támaszkodás volt. A jelenségeket minden egyes esetben a legpontosabban kell tanulmányozni, ha azt akarjuk eldönteni, hogy minő erők működtek közre valamely lesimított felület kiképződésében. Az általánosítás éppen a morfológia terén különösen veszélyes, a mennyiben a természet gazdag változatossága ismereteink elé új rejtélyeket állít.

Az évi letarolás összes értékét körülbelül 16 km^3 -re becsülik; ebből $10\text{--}43 \text{ km}^3$ az erózió, 0.30 km^3 a tengeri abrázió és 4.92 km^3 a kémiai letarolás munkája. Ezáltal a szárazföld 0.11 mm -nyivel alacsonyodik; viszont a tenger tükre a benne leülepedett letarolási termékek következtében 0.044 mm -rel emelkedik, tehát a kontinensek évenként 0.154 mm -rel alacsonyodnak.

C) Az üledékes kőzetek képződése.

Az üledékes kőzetek természete és osztályozása.

A Föld felszínének azon tömegei, a melyeket a letaroló erők oldás által, vagy pedig többé-kevésbé felaprózott állapotban távolítottak el, olyan vidékeken rakódnak le, a hol a tovaszállításukat végző föltételek többé már nincsenek meg. Ezek a lerakódások vidékei, a legtagabb értelemben véve, a melyek - miként említettük - a letarolás vidékeitől szigorúan elvannak különülve. Azok az ásványtömegek, a melyek az említett úton rakódtak le, képződésükre nézve tökéletes ellentétben vannak a tömeges kőzetekkel. Ezek az *üledékes kőzetek* alkotják a litoszféra legfelső burkát: a sztratoszférát és szerves eredetű zárványaikkal - mint a rétegtan alapjai - hasonlíthatatlanul nagyobb fontosságúak a Föld történetében, mint a tömeges kőzetek. Az üledékes kőzetek magukban foglalják: 1. a többnyire vizes oldatokból kicsapódó *kémiai lerakódásokat* vagy a *praecipitatumokat*, 2. az állati és növényi életfolyamatok által, szerves úton képződött *organogén lerakódásokat* vagy *biolitokat*, 3. az *üledékeket*, melyeknek meghatározására később térünk át.

A legtöbb üledékes kőzet természetében rejlő és képződésének módjából következő típusos sajátossága: a *rétegzés*. Az üledékeknek mindennemű megszakítása, lassúdása vagy gyorsulása, vagy az anyag minőségében való változás - egyéb zavaró körülmények kivételével - merőlegesen hat annak az erőnek az irányára, a mely az üledékeket előidézi, tehát merőlegesen a nehézségerőre vagy ennek összetevőire, a lerakódott tömeghez tartozó megszakítására; ily módon származnak az *elkülönült, rátelepülési* lapok, a melyek tehát a különböző minőségű lerakódásokat elválasztják egymástól. Ez a megszakítás gyakran olyan csekély, hogy pusztán szemmel nézve alig vehető észre és mint gyöngéd bevonat, ú. n. *váladék-lap*, eltérő minőségével ismerhető fel. Azt a kőzet-tömeget, melyet két ilyen felület zár be és csekély vastagsága mellett nagy oldalsó kiterjedést mutat, *rétegnek*, az elválasztólapokat pedig *réteglapoknak* nevezzük. A rétegek eszményi kiképződésükben eredetileg vízszintesek, azonban, miként majd látni fogjuk, egymás felé hajolhatnak is, vagy pedig többé-kevésbé szabálytalan irányúak lehetnek. A réteg alsó része (*talpa*) és felső felülete (*fedője*) között levő távolság a *réteg vastagságát* adja. Az üledékes kőzeteket gyakran számos réteglap egyes *rétegekre* vagy *padokra* - a bányászati fontos ásványoknál pedig *telepekre* - osztja.

Ebben az esetben azután, mint *réteges* vagy *pados* képződményeket, réteges kőzeteknek nevezzük. Nem minden üledékes kőzet egyszersmind réteges kőzet is. Az egyes padok erőssége szerint *vastagpados* vagy *vékonypados* kőzetekről, illetőleg igen gyenge telepeken

vékony rétegzésű vagy *leveles* üledékekről szólnak. Ezek az elnevezések azonban önkényesek s rájuk nézve semminemű mértéket nem állapíthatunk meg, mert például egy igen magas feltárásban a közettömeg vékonypadosnak, míg egy kicsiny feltárásban ugyanez a tömeg aránylag vastagpadosnak látszik. Általában azonban az $\frac{1}{2}$ méternél vastagabb réteget *padnak* nevezzük. A réteges kőzet csak valamely feltárás szempontjából mondható padozatlannak, különben az rétegfelületekkel mindig padokra van tagolva.

A réteg vastagsága csapásában vagy megmarad, vagy változik és pedig gyarapodik - megduzzad -, illetőleg megkeskenyedik. Néha oldalfelé teljesen megszűnik, *kiékelődik*, majd ismét *előtűnik*, beköszönt (362. kép). Az olyan padot, a mely meglehetősen vastagság mellett minden oldal felől gyorsan kiékel, lencseszerű betelepülésnek, vagy egyszerűen *lencsének* nevezzük (363. kép). A kevésbé erős lencsét *suhogóknak* hívjuk. Ha a réteg egész vastagságában más kőzetben végződik, akkor ez *levágódik*, *elmetsződik* vagy megszűnik. A réteglap fölött levő tömeget fedő rétegnek vagy röviden *fedűnek*, a réteglap alatt levőt pedig fekvő rétegnek vagy *fekűnek* nevezzük. Azok a rétegek, a melyek bizonyos kapcsolatban egymáson fekszenek, *rétegcsoporthoz* vagy *rétegsorozathoz*, *réteggé* alkotnak.

[355.JPG]

362. kép. A réteg kiékelődése, újabb előtűnése és levágódása; sötét lencsealakú betelepülések a világos mészkőben.

[356.JPG]

363. kép. Lencsealakú betelepülés a lajta-mészben Baden mellett, Alsó-Ausztriában. (SCHAFFER X. F. fotografiai fölvétele.)

Ha a rétegsorozatba különböző anyagú réteg kerül, azt mondjuk, hogy ez *betelepült*; különböző szinteken ismételt megjelenésekor, váltakozó település esetén a *rétegek váltakozásáról* vagy *rétegcsereéről* beszélünk. Ha valamely sziklafalat szelvényben, vagyis a rétegsorozat keresztmetszetében tekintünk, a réteglapok mint az egyes padok elválasztó vonalai, hézagai (illesztékei) mutatkoznak. A párhuzamos réteglapok mindig párhuzamos választékokat is adnak. Hajlott réteglapokon a metszési felület helyzete szerint különböző szöget zárnak be. Ha a rétegek többé-kevésbé ferdén fekvő végződnek a felszínen, akkor azt mondjuk, hogy a rétegek a nap színére, külszínre bújnak s a kiálló véget *réteggibűvés* (*rétegfaj*) néven ismerjük. Ha valamely pad a főrétegzés irányára ferde rétegzésű, akkor a diagonális vagy *transzverzális rétegzés* áll elénk, ha pedig a rétegzés iránya úgy függélyes, mint vízszintes kiterjedésben többszörösen váltakozik, *keresztvétegződés* támad s ez különösen a homokfűvásokból keletkezett homokkőtelepek sajátja (364. kép).

[357.JPG]

364. kép. Keresztvétegződés a homokkőben, az utahi Badlands-ban, az északamerikai Egyesült-Államokban. (SCHAFFER X. F. fotografiai fölvétele.)

Praecipitációs kőzetek.

A kémiai üledékekhez kell számítanunk a vizet és a havat is, a melyek a levegőben feloldott vízgőzből azonnal lecsapódnak, mihelyt a telítési pontot elérik. Mindkét anyagnak nagy jelentőségét a természetben az előbbi fejezetekben méltattuk, melyekben a víz és a hó geológiai működését tárgyaltuk. A szublimatio által keletkezett ásványtömegeket már előbb szintén megismertettük.

Az oldatokban található ásványanyagok, a melyek - bárha nem is egészen - de legnagyobb-részt régi kőzetek kilúgozásából keletkeztek, azonnal kicsapódnak, mielőtt az oldószer telítési pontját meghaladják. Ez az oldószer a valóságban, a nagy természetben jóformán csakis a víz. Az ásványos anyagok kicsapódása a következőképpen történhetik: 1. az oldószer térfogat-kisebbedése (elgőzölgés, elpárolgás) folytán, miáltal a telítettség nagyobbodik; 2. az oldóerőt növelő gázok, különösen szén-sav eltávolításával, a megmaradó hőfok mellett; 3. hőfok-csökkenés folytán, miáltal az oldóerő kisebbedik; 4. a folyadék hőfokának emelkedése által, ami mellett a gázok (különösen a szén-sav), a melyek az oldóképességet emelik, eltávoznak; 5. egy más oldható ásványi anyag hozzákeveredése által, a mely a már oldott anyagokkal kémiai reakciót hoz létre. Ezáltal nehezebben oldható vegyületek keletkeznek, a melyek azután kicsapódnak. A természetben az 1-3. pont alatt felsorolt módoknak van nagy szerepük a kőzetképződésben.

Chemiai lerakódások álló vízből.

A Föld felületének legfontosabb ásványos oldata a tengervíz, 1000 részben átlagosan 34 rész sótartalommal; ebből 27 rész nátriumklorid (konyhasó), 3 rész magnéziumklorid, 2 rész magnéziumsulfát, 1 rész kalciumsulfát (gipsz). Ez az átlagos 3.4% óceáni sótartalom forró vidékeken - a csekélyebb édesvízi hozzáfolyás miatt - emelkedik, így a Földközi-tengerben 3.9%-ra, a Vörös-tengerben 4.3%-ra. Ebből következik, hogy a víz nagy oldóképessége mellett ezek a sók a nyílt tengerben nem csapódhatnak le. A tengervíz párolgása (elgőzölgése) alkalmával az oldott ásványos anyagok oldhatóságuk sorrendjében kicsapódnak a vízből. Ha 1000 súlyrész víztömeg 533 súlyrészre párolog, a vasoxid kicsapódik, 190 súlyrész bepárolgásnál a mészkarbonát, 30 súlyrészre való bepárolgásnál a gipsz, míg 16 súlyrészre való bepárolgás mellett a kősó legnagyobb része kicsapódik és csak csekély tömeg marad belőle az ú. n. *anyalúgsókkal* együtt oldatlan. Az anyalúgok: a könnyen oldható magnéziumsulfát, klórmagnézium, brómnátrium és klórkálium (még 1/5-e az összes só-tömegnek). Ez az UZIGLIO-féle *elpárolgási sorozat*.

Ha tehát a tengervíz bepárolog, olyan sósóréteg képződik, a mely eredeti víztömege térfogatának $\frac{1}{67}$ -ed része. Tehát a világtengerekből elkülönült tengerrészben túlnyomó párolgás mellett a sótartalom koncentrálnálódik s az öböl szélein és a talajon kikristályosodik.²¹ Minthogy a párolgás következtében a víz tükre süllyed, azért egy meglevő szűk csatornán át a tenger vize folytonosan ide áramolhat és ezáltal hatalmas sótelep keletkezhetik, különösen ha az elzárt öböl lassú süllyedése támogatja ezt a folyamatot. Ily módon hatalmas só-tömegek rakódhatnak le, a melyekben tengeri kővületek ágyazódnak be, gyakran magába a sóba is, a mint ez pl. Wieliczka alsó miocén-kori sótelepeiben igen gyakori tünemény. A sótelepben a Caryophyllia salinaria tengeri korall egyik jellemző vezérkővülete. A sótelepek képződésének vázolt módját 1877-ben OCHSENIUS fejtette ki először s ezért ezt az OCHSENIUS-féle *elgátolási elmélet* néven ismerjük.

Miként egy végtőben minden lesüllyedő anyag lerakódik, éppen úgy valamennyi oldott anyag is dúsabbá halmozódik. Az esővíznek elenyésző csekély a sótartalma, azonban a folydogáló vizek útjokban minden könnyen oldható anyagot feloldanak a kőzetekből. A lefolyó vizek túlnyomóan mészkarbonátot, azután gipszet, kősót, magnéziumkarbonátot és más anyagokat

²¹ Egy köbméter tengervízből átlagosan 14 milliméter vékonyságú kősóréteg párolog le, tehát 1000 méter mélységű óceánból 14 méter vastag sóréteg képződne. Ha elképzeljük azt, hogy a 4 km közepes mélységű világóceán egészen elpárologna, úgy 56 méter vastagságú sóréteg maradna az óceánok fenekén. *Fordító.*

tartalmaznak oldott állapotban. Minthogy a tengervíz a folyóvízzel szemben igen szegény mésztartalommal, azonban hasonlíthatatlanul több szulfátot és kloridot tartalmaz, azért ez utóbbi sótartalom a folyóvízből nem eredhetett, hanem a tengervíznek részben már eredeti sótartalmának kell lennie, hacsak a nehezebben oldható ásványokból többet le nem csapott. A száraz éghajlat végtavaiban az elpárolgás igen tetemes, így Felső-Egyiptomban 2-3 m, Délnyugat-Afrikában 4 m fölött évenként, az ázsiai Balkas-tó tükre a párolgás következtében 15 év alatt 1 m-t süllyed. Ez által a sótartalom koncentrálnálódik, és míg a Kaspi-tóban a Volga torkolatán 1.4%-t tesz ki, addig a Kaidik-öbölben 56.2%-ot ér el és a Karabugaz-öbölben 180%-ra rúg a sótartalom. A Karabugaz-öböl 18000 km² területű nagy haff, melyet északdéli irányú gát zár el a Kaspi-tótól s ezen a gáton át csak 100 m széles csatorna köti össze a tóval olyképp, hogy a víz a tóból állandóan áramlik az öbölbe. A Karabugaz-öböl tehát hatalmas pároló üstöt tár elénk, melyben a sók oldhatóságuk és vegyületi viszonyaik szerint lecsapódnak. Legelőször a mész és a gipsz, azután a só kristályosodik ki s bekérgezi a talajt és a partokat, míg az öböl vize az anyalúg-sók oldatát tárja elénk, melyből már a glaubersó (nátriumszulfát) is kiválik. Ily módon a só és a gipsz váltakozó települése keletkezik. Ha az üledék 10 légkörbeli nyomás alá, vagyis 100 m mélységbe kerül, a mézszulfát mint anhidrit csapódik ki belőle. A Föld valamennyi befolyástalan területén, Elő- és Belső-Ázsiában, Afrikában, Ausztráliában és Északamerikában számtalan sóstavat ismerünk, a melyeknek sótartalma úgy tömegében, mint összetételében különböző. Szép példa az elpárolgásra az utahi Nagy-Sóstó, a mely mint *Lake Bonneville* a diluviális időkben tizenegyszer nagyobb területet fedett és 300 méterrel magasabb vízállása volt. Elpárolgás következtében 12 m mély sósüstté alakult (319. kép). Partjain és a régi tó fenekén 30 m vastag mézscsapadékot látunk rétegekben, vagy szabálytalan kéreg, gomba és hasonló alakokban elkülönülve, A tónak jelenleg 22% a sótartalma, mely a tó partjain csillogó fehér lepel alakjában kristályosodik ki. Benne világos mézshomok (*aragonit*) képződik, a mely szabályos kis golyócskákból (oolitokból) áll. A golyócskák a mézscsapadékból és porrészeszkékből képződnek, a vízben úsznak és ha megnagyobbodnak, a fenékre süllyednek. Az oolit mézsgolyócskák részben mint dűnék fedik a partokat. A Holt-tenger vize 26% só, túlnyomóan magnézium-, nátrium- és kalcium-klorid sókat tartalmaz. Néhány kisebb tóban évenként 4 cm vastagságú sóskéreg csapódik le. Ha az ilyen végtavak hozzáfolyásai az évszakok változásával, vagy szabálytalanul is nagyobb víztömeget zúdítanak a tóba, a sós víz annyira meghígul, hogy belőle só nem csapódik ki, hanem a magas vízállás, következtében keletkezett erősebb zavarodás mint homok- és iszapréteg rakódik le.

Ily módon a kiterjedt iszaprétegek sóval váltakoznak s alkalomadtán idők múltán, mint a fák évgyűrűi, időmértékül szolgálnak. Ezt az időmértéket azonban csak bizonyos óvatossággal használhatjuk, mert nem ismerjük azokat az időszakokat, a melyekben a lerakódások változása történt. Némely sóstóban a szélből befújt homok- és portömegek szakítják meg a sóüledést, a mi azonban semmiféle éghajlati változásoktól nem függ. Igen sok tavat a kémiai és mechanikai üledékek kitöltenek és sómocsarakat alkotnak, a miként ez Tunisz néhány söttyében szemünk előtt történik. Ezeknek a shott-mocsaraknak külseje rendkívül változik, eső után mint kék tó terjed ki, majd iszapos pocsolyává s végül csillogó sós takaróvá változik s alatta sósiszapot tartalmaz. Ha a sós steppék és sós sivatagok helyi hidrográfiai változások következtében kilúgozódnak, akkor nagy tömegű tiszta sós víz távolodik el, a mely arra alkalmas, más helyütt felhalmozódik és besűrűsödik, úgy hogy rövid idő múlva hatalmas sótümegek rakódhatnak le. Ily módon kell némely nagy sótelepünk képződését is magyaráznunk. A keserűtavakban, a mikor azokat a Szuezi-csatornával átvágták, 13 km hosszú, 5 km széles és 13 m vastag sótümsöt találtak, a mely gipsz- és agyagtelepekkel elválasztott 6-25 cm vastag sórétegekből állott.

Bár a mai viszonyokból a sótelepek keletkezése érthető is, mégis nehéz elképzelni azt a folyamatot, hogy pl. miként képződhetett az a méreteiben iszonyú sőtömeg, a mely a Német Mélysíkság alatt nagyjából néhány száz méter vastagságban, sőt a Berlin közelében levő Sperenberg alatt 1200 m vastag tömegben az Alsó-Rajnáól az orosz határig és Hamburgtól Fuldán át dél felé a Thüringiai erdőkig, illetőleg a Cseh-Szász-Érczhegységig húzódik. Épp olyan nehéz az anyalúgók kicsapódását megmagyaráznunk, miként az Németország számos helyén, különösen Stassfurt mellett, azonkívül Elzászban s végül Kaluszon, Galicziában lerakódott. A 365 a. kép a stassfurti porosz királyi kálisóbányászati sótelepeit mutatja, a miket a Berlepsch és Maybach 400 m mély ikeraknákkal tártak fel. A szelvény az idősebb kősó felső telepeitől kezdve fölfelé főképp a kálisótelepeket s a felettük levő triászkorú fedő rétegeket tünteti fel, tehát a diászkorú sóhegységnek felső részeit. A poroszországi Egel, Stassfurt és a szomszédos anhalti Leopoldshall legrégebben ismert kálisótelepei az ú. n. Egel-Stassfurti nyereg különböző helyein a felülről lefelé a következő rétegsorozatot mutatják:

[358.JPG]

365a. kép. A németországi Stassfurt kálisótelepeinek szelvénye. (PAPP KÁROLYY szerint.)

Rétegek vastagsága:	A rétegcsoporthoz megnevezése:	Koruk:
2-6 méter	durva kavics és törmelék	Diluvium
150-200 "	agyapala ikráskőpadokkal, tarka homokkő	Triász
20-30 "	tömeges vörös agyag anhidrit-gumókkal	Felső-Diász vagy Neodiász
40-50 "	fiatal, deszczendens kősó (Na Cl)	
1-5 "	anhidrit-réteg (Ca SO ₄)	
5-15 "	vörös agyag anhidrit-gumókkal	
100-150 "	fiatal, tiszta kősó (Na Cl)	
40-90 "	anhidrit főtelep (Ca SO ₄)	
4-10 "	szürke sósagyag	
30-40 "	karnallit kálianyatelep (K ₂ Cl + MgCl ₂ + 6 H ₂ O)	
20-40 "	kizerit (Mg SO ₄ + H ₂ O)	
40-60 "	polihalit (2 Ca SO ₄ + Mg SO ₄ + K ₂ SO ₄ + 2 H ₂ O)	
300-500 "	idősebb kősó (Na Cl), anhidrit-gyűrűkkel	
70-100 "	idősebb anhidrit, bitumenes dolomittal (bűdös mészt)	
4-10 "	zechsteini mészkő	
1-4 "	rézpala	
3-10 "	zechsteini konglomerát	
- -	fekü-konglomerát	Karbon
830-1320 méter	összes vastagság a különböző helyek szerint.	

A mélységben a fekűt a karbonkonglomerátok alkotják, erre települ a diász- vagy permkori sóhegység, a mely a zechsteini rezespalákkal jellemzett képződmény fölött az idősebb anhidrit-teleppel nyitja meg a sorozatot. Ez az anhidrit, bitumenes, dolomitos palákkal, az ú. n. бүдös mésszel váltakozik s észrevétlenül megy át az idősebb kősó rétegeibe. Ezért az idősebb anhidrit és idősebb kősó tömegét együttesen *anhidrit-régió* névvel is szokás jelölni. Ez a hatalmas rétegcsoporthoz, a hol legvékonyabb is, 330 m vastagságú és 8-10 centiméteres kősórétegeknek 5-7 milliméteres anhidrit-rétegecskével való váltakozását (évgyűrűk) tünteti fel. Ez a váltakozó település kétségtelenül klímabeli változásoknak, évközlöknek köszöni eredetét és kiszámították, hogy ez a helyenként 900 méter vastagságú település 10000 esztendő alatt képződött. Ez a számítás azonban nagyon is hozzávetőleges s bizonyára sokkal hosszabb periódusokkal van itt dolgunk. Az idősebb kősó felett 40-60 m vastag *polihalit* ($2\text{CaSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MgSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$, e fölött 20-40 m vastag *kizerit* ($\text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$) szürkés só, mint keserűsóttelep ismeretes. Fedőjében van a kálianyatelep, 30-40 m vastagságú *karnallit* ($\text{KCl} + \text{MgCl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$) csípös, kesernyös só, a melynek íze a tenger vizére emlékeztet. Színe a hematit-pikkelyecskéktől vörhenyes s olyan könnyen oldódik, hogy már a levegő nedvességétől is szétmállik. A kálisóbányászkodásnak ez a főterméke s ennek másodlagos terménye a *kainit* ($\text{KCl} + \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$), a mely többnyire a karnallit-telepek kalapja gyanánt találtatott. Közeliükben, de csak gyéren fordul elő a *szilvin* (KCl) csípös ízű fehér só, a melynek a kősóval való keveredését *szilvinit* néven ismerik. A *keménysó* viszont a szilvin, kősó és az anhidrit keveréke. A kálianyatelep felett vékony sósagyag, majd 40-90 m vastag *fő anhidrit-telep* (CaSO_4) s fedőjében 100-150 m vastagságú fiatalabb kősó (NaCl) következik. A sóhegység felső részeit a fiatal deszcendens kősó vöröses és fehér színű tömegei foglalják el, fedőjükben anhidrit-gumókkal, a melyek helyenként gipsszé alakultak át. A sóhegység fedőjében triászkorú vörös és kék palák vannak, helyenként vékony ikraköves rétegekkel elválasztva egymástól. Az *anyalúgsók*, főképp a kálium- és magnéziatartalmú sók mint fedő-sók ismeretesek, minthogy az idősebb kősó fedőjében vannak. A múlt század első felében a német sóbányászok *hulladéksó*, *eltakarítandó só* néven ismerték s értéktelen voltak miatt a gorcra dobták, de 1860 óta műtrágyagyártásra s vegyi czélokra használván, mint rendkívüli értékes anyagot *nemes só* gyanánt bányásszák. Minthogy nagyon könnyen oldódnak, a legtöbb sóttelepben a kálisók nem kristályosodnak ki, vagy pedig ismét feloldódnak, a mi már a nedves levegőn is megtörténik. Néha több sóttelep vagy több káliumsóréteg következik egymás fölé, a mi arra utal, hogy a már előrehaladt elpárolgás megszakadása vagy kisebbedése után a folyamat újból megismétlődött. Ma már azonban tudjuk, hogy az anyalúgsók csak 40C° hőfok fölött kristályosodnak ki, a mi a természetben nem éppen közönséges tünemény, úgy hogy felszívódásuk magyarázatául a vándorló homokot vagy a kifagyást vehetjük segítségül. A sóképződéshez azonban mindenesetben s minden időben szükséges az, hogy a siker tengert állandóan kiterjedt pusztaságok övezzék. Kősó a Föld történetének minden képződményében található s ha egy vidék lefolyástalanságát képződésével okszerűleg összekapcsoljuk, akkor azt látjuk, hogy a központi vidékeknek mindig sivatag jellegük van. Lefolyásos területek az állat és növény életének, továbbá, a szerves lerakódások képződésének az országai, míg a lefolyástalan vidékek minden élet ellenségei s a chemiai csapadékok gazdag forrásai. A németországi kálisóttelepek a felső-diász (permi) korszakban képződtek; Elzász-Lotharingia kálisóttelepei az eocén-kor maradványai, míg a keletgalicziai Kalusz kálisóttelepei miocén-korúak (365 b. kép).

[359.JPG]

365b. kép. A keletgalicziai Kalusz sóttelepeinek szelvénye. (PAPP KÁROLY szerint.)

A sótelepeket többnyire a *sósagyag* (az Alpokban Haselgebirge), vagy más vízrekesztő üledék burkolja be, a mely fedőréteg a sótelep kilúgozását megakadályozza. Azok a források, melyek a sóban gazdag kőzetekből felszínre kerülnek, sótartalmúak s mint *sósforrások* ismeretesek. A só és a gipsz feloldódása által *kiirtőszerű üregek* keletkeznek, a melyek beomolva felületi süllyedéseket okoznak. A hol az anhidrit vízzel érintkezik, $\frac{2}{3}$ térfogat nagyobbodással gipsszé alakul át, a miáltal torlódások és alárendelt gyűrődések keletkezhetnek, a miként ezt a gipsz felpuffadásai, az ú. n. fodroskövek mutatják (231. kép). Azok a sokkal nagyobb mérvű zavarások, a melyek a sótelepekben történnek és gyakran kupolaszerűen kiemelkedő tömegeket, az ú. n. sótömszőket alkotják, részben tektonikai hatásoknak, részben pedig az ú. n. autoplasztikus átalakulásoknak tulajdonítandók. A sótelepeket terhelő kőzetrétegek nyomása, a magasabb hőmérséklet s a víz hozzáfolyása következtében a só tömegében átkristályosodás történik, a mi a könnyebb sótömegeknek a nehezebb mellékkőzetekkel szemben való izosztatikus nehézségi kiegyenlítődésére vezet. Ezáltal a *sótömegek* kisajtolódnak, *felpuffadnak* és mint *ekcémák* a fedőrétegekbe nyomulnak, a melyek köröskörül felállítva veszik körül a dómszerű sótömszőket, pl. az erdélyi sóbányákban a Mezőség peremén: Torda, Kolozs, Szék, Désakna, Sajó völgye, Szováta, Parajd, Vízakna, Marosújvár sótömszéiben (366. és 367. kép). Ezáltal meredek redőzések keletkeznek. A törések és flexurák az ekcémák képződését elősegítik és siettetik, a miáltal ezek gyakran sorokban rendezkednek el.

[360.JPG]

366. kép. A marosújvári sótömsz keresztmetszete. 1 = miocénkorú sós agyag; 2 = sótömsz; 3-4 = a Maros régi terrasza; 5-9 = a Maros ártere, allúviuma. (KORMOS TIVADAR szerint.)

[361.JPG]

367. kép. Hurokszerű gyűrődések (redők) a marosújvári miocénkorú sótömszben, a sóbánya belsejében. (KORMOS TIVADAR fotográfiai főlvétele.)

A só az egyetlen ásvány, a mely a táplálkozás céljára embernek, állatnak egyaránt szükséges. Éppen ezért az ember már a történelmi ősidők óta bányássza, vagy pedig a tengervíz elpárologtatásával az ú. n. *sós szérűkön* tengerpartokon termeli. Csekély mennyiségben a só a vulkáni kitörések alkalmával is képződik. Az utóbbi évtizedekben a sótelepek művelése a kálisónak trágyául való felhasználása következtében nagyon fellendült. E tekintetben Németország jár elől, minthogy kálisók nagy tömegben jóformán csakis Németországban vannak s így csaknem kizárólagos monopóliuma van ebben a kémiai iparnak is nélkülözhetetlen anyagban.

A sótartalom kémiai összetétele és a belföldi tavak lecsapódása igen különböző és e szerint nevezik azokat. Egyes tavakban a nátriumkarbonát vagy *szóda* ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$) uralkodik, másokban a nátriumszulfát vagy *glaubersó* ($\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O}$) s a lecsapódott sókat is ez a jelleg szabja meg. Ilyenek Egyiptom, az Örmény-felföld, Venezuela, Wyoming, Kalifornia *nátron-* vagy *szódatavai*.²² A sótartalom a környező hegységek kilúgozásából származik, azonban részben a vulkáni kilehelésekből és hévforrásokból is. A nyugatmagyarországi Fertő

²² A *Palicsi nátron-tó* Szeged és Szabadka között 1000 rész vízben 2.2 rész sót tartalmaz és pedig a konyhasón kívül főképp a szénsavas és kénsavas nátront. A Tisza-Duna közi s Debreczen-vidéki szikes tavak sótartalmának anyaga *Peters Károly* geológus szerint az alföldi üledékek trachitos (andezites) alkotó részeiből ered. Említettük, hogy a *Balaton* vize is tk. hígított ásványvíz, a mely *Ilosvay Lajos* elemzése szerint 1000 gr-ban átlag 0.5 gr. sót tartalmaz; vize szulfátokban gazdag szénsavas víz. A *fordító*.

kivirágzásai eme sók mellett még nátriumkloridot is tartalmaznak. Nevada és Kalifornia boraxtavaiban a NaCl mellett a vízben *borax* ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 10\text{H}_2\text{O}$) van feloldódva, a mely az iszapban kikristályosodik. A *chili*- vagy *nátronsalétrom* (NaNO_3) Peruban beszáradt tavak peremén recens tengeri kagylókkal együtt található, keletkezése azonban még ismeretlen.

Forró parti részleteken - mint Key West Florida mellett, Rhede Suez mellett, a Sinai-félsziget partjain - a tengervízből a porszemek körül mészsapódása által ú. n. *mészoolitok* képződnek, a melyek a partokra dobva *düne*-jellegű buczkasorokká halmozódnak fel.

Chemiai lerakódások folyó vízből.

Az álló vizek praecipitátumainál hasonlíthatatlanul változatosabbak azok az ásványi képződmények, a melyek forrásokból keletkeznek. Az ásványi anyagok a források száján vagy a kőzet üregeiben ülepednek le. Ide számíthatjuk azokat a képződményeket is, a melyek az elpárolgó talajnedvesség (*exsudatio*) következtében a földrétegek felületén keletkeznek. A könnyen oldódó sók igen telített oldatokat (pl. egész 36%-os kősóoldatot) alkothatnak és az elpárolgás alkalmával lecsapódhatnak, miként ez számos sivatag *sósforrásán*, vagy Közép-ázsia, Toszkána és Nyugat-Északamerika melegforrásaiban a boraxsal megtörténik. A *kálisalétrom* a talajvíz elpárolgása következtében a steppék és sivatagok felületén, különösen a régi sírok és emberi telepek közelében kivirágzik. Száraz éghajlat alatt a felszálló és elpárolgó talajnedvességtől a sótartalom a felületen felhalmozódik s mészs, gipsz és só kristályosodik ki. Hasonló jelenségeket találunk a mi vidékeinken is az ú. n. sárvízes érföldeken, a melyek egyes iszapos helyek a termékeny szántóföldeken s rajtuk a száraz évszakokban magnézium- és káliumszulfátos bekérgeződések látszanak, a melyek az altalaj kőzeteiből származnak.

[362.JPG]

368. kép. A karlsbadi forrás üledékével bevont csokor (kőbokréta).

[363.JPG]

369. kép. Pizolites mészborsókő.

Mésztartalmú vizek hőmérsékletük csökkenésekor és a széndioxid eltávozásával mésztartalmukat lecsapják és pedig a meleg vizek *aragonit* alakjában, a hideg vizek pedig *mészpát* gyanánt. A karlsbadi hévvizek Csehországban leginkább rostos, szalagos és vasoxidtól festett aragonit-rétegeket raknak le. Ezeket *forráskő* (*Sprudelstein*) néven ismerik, a mely az egész város alatt végighúzódik s mint *forráskéreg* (*Sprudelschale*) nagy jelentőségű a források vízszolgáltatása szempontjából, minthogy ez a lerakódott aragonit-kéreg egyik-másik forráshasadékot egészen elzár. A vizek még jelenleg is vasoxidtól vöröses barnára festett aragonittal vonják be a vízbe merített tárgyakat, ily módon készítik Karlsbadban a *kőbokrétákat* (368. kép). Helyenkint *borsókő* (*pizolit*) rakódik le, a mely vagy a homokszemecskét körülvevő mészrétegből, vagy pedig a bugyogó vízgázbuborékait borító mészhártyácskákból keletkezik oly módon, hogy a mészgömböcskék a fenékre süllyedve borsókővé állanak össze (369. kép). Nagyobb arányú mésztufatelepek rakódnak le azokból a forró vízű hévforrásokból, a melyek az algiri Hammam Meskutin mellett (371., 372. kép), a kisázsiai Pambuk Kalessi (Hierapolis) vidékén, az északamerikai Yellowstone-Parkban a Mammoth Hot Springs néven ismert 30 m magas forrás környékén (370. kép), Új-Zélandban a Tatarata-szökőforrás körül és a Rotomahana tó lejtőin (373. kép) képződtek. Az új-zélandi kovaszugorék-teraszt azonban a

Taravera vulkán 1886. évi kitörése legnagyobbbrészt szétrombolta. Mindezek a mésztufa és részben kovasavas képződmények terraszokban állanak, a melyeket a forró vizek alkottak s helyenkint 100 méter magas közuhatagokat képeztek. Ezek a közuhatagok számos kicsiny, egymásfölött terraszszerűen fekvő medenczéből állanak, a melyeknek felmagasodott szélein át a víz lefelé permetezik és így a meszet igen gyorsan lerakja. E mellett a különböző algák, a melyek a forró vízben élnek, elősegítik a tufaképződést és a mészkő vakító fehér anyagát zöldes, vöröses vagy sárgás hártáival vonják be, a miáltal a legpompásabb színjátékot okozzák.

[364.JPG]

370. kép. Mész-zsugorék-képződés a mésztufa-szivárkó-terrasz magaslatán, Yellowstonepark, Észak-Amerika. (JACKSON W. H. fotografiai fölvétele szerint.)

[365.JPG]

371. kép.

[366.JPG]

371., 372. kép. Mész-tufa-terraszok Hammam Meskutin mellett, Algirban, felülről és alulról nézve. (Vásárolt fotográfia szerint.)

Az isztriai St. Kanzian Reka-Barlangjában ilyenféle terraszokat igen kicsinyített mértékben találunk (374. kép), ezek azonban jelenleg többé már nem képződnek. Némely meleg forrás olyan oolitokat alkot, a melyekből kúpalakú kifolyó cső keletkezik, s ez mind feljebb hatol mindaddig, míg a víz nyomása nem elegendő ahhoz, hogy a túlfolyásra képesítse. Ilyen magas forráscsőveket, találunk az algiri Hammam Meskutin (375. kép) és a boszniai Ilidse-fürdő mészkúpjain (376. kép). Egykori gejzir-kráterek a Tihanyi-félszigeten látható csöves kupaczkok, a melyek a pliocén-kor végén, sőt a diluvium elején keletkeztek.

[367.JPG]

373. kép. A Rotomahana-tó kovatufa terraszainak keresztmetszete. (HOCHSTETTER F. szerint.)
 a = főmedencze, b = a terraszok medenczéi, c = tufaképződmények, rh = rhyolith.

[368.JPG]

374. kép. A Rekabarlang forrásai St. Kanzian mellett. (A Német és Osztrák Alpesi Egylet Tengerpartvidéki Osztályának fölvétele szerint.)

[369.JPG]

375. kép. A Hammam Meskutin mellett levő hőforrások forráscsővei Algirban, mész-oolitokból fölépülve. (Vásárolt fotográfia szerint.)

Számos hideg forrás és vízfolyás, különösen a vízeséseken *mésztufát* rak le, a mint ezt pl. a Róma mellett levő Tivoli zuhatagain látjuk, a hol a hideg vízből alkotott *travertino*-tufát az örök város építkezései számára fejtik (377. kép). A dalmáciai Scardona mellett levő Kerka-vízesések (378. kép), a boszniai Jajcze mellett a Pliva vízesései stb. itt-ott 40 m magas mésztufa-gátat építenek fel, a melyeken át a víz lerohanva ezeket a folyó mentén lefelé mindjobban előre tolja. Ily módon egy-egy patak, a mely más vízfolyásba torkollik,

természetes hidat törhet fölötte (természetes hidak). A mésztufákban gyakran növényi maradványokat is találunk, különösen ágak és levelek lenyomatait (379. kép). Hazánkban különösen a Buda-svábhegyi s kisczelli mésztufa nádféle csöveket, a szepesmegyei Gánócz mésztufája pedig gyönyörű levéllenymatokat tartalmaz. A mésztufában az elkorhadó szerves, anyagok a mész kő kiválásához mindenesetre hozzájárulnak.

[370.JPG]

376. kép. Mésztufakúp a forrás telérével Ilidza mellett, Boszniában. (WÄHNER F. fotografiai fölvétele.)

[371.JPG]

377. kép. Az Anio kaszkádjai Tivoli mellett, Róma közelében, mésztufa-teraszokkal. (SOMMER G. fotografiai fölvétele.)

[372.JPG]

378. kép. A Kerka-vízesés Scardona mellett, az önmagukat felépítő mészsugorék-gáttal. (LAFOREST F. fotografiai fölvétele.)

Azonban hideg, mésztartalmú források is alkothatnak oolitokat, miként ezt számos mésztufában látjuk. Ha a szemecskék nagyobbak, így néha 10 cm átmérőt is elérnek, úgy *ooid*-nak nevezzük.²³ Ezek koncentrikus héjas, vagy sugaras rostos szerkezetűek és agyag- s vasoxidhidráttól helyenkint különbözően színezettek. Az oolit-képződéshez a vízben való mozgás szükséges és ezért nagyobb darabok képződését vízesés alatt tételezzük fel.

Különösen a mészhegység barlangjaiban a lecsepegő és csörgedező vizek a falakat mészcseppkővel vonják be. A tetőről lehulló cseppek folytonosan kicsiny mésztömeget raknak le és végül nyulánk, függő csapokat alkotnak koncentrikus héjas és sugarasan szális szerkezettel; a belül többnyire üres, lelógó cseppköveket *sztalaktitoknak* nevezzük (380., 381. kép). Ezekkel szemben a barlang fenekéről a lehulló cseppek lerakódásából, felfelé növekedő széles, héjas *sztalagmitok* keletkeznek, a melyek a lelógó mészcseppekkel egyesülve oszlopokat alkothatnak. Ilymódon keletkeznek a legkülönbözőbb alakú, gyakran igen festői cseppkő-képződmények, mint az adelsbergi barlang híres cseppkő-termei (382. kép), a Manacor cseppkőbarlang Majorkán, az Aggteleki barlang cseppkövei Gömör megyében és sok más helyütt.

[373.JPG]

379. kép. Mésztufa növény szár-csövek bekéregzésével.

²³ A *pizolit*- és *ooid*-telep sajátos keverékét mutatja a budai Várhegy mésztufájának alsó része. Ugyanis a Dísz-tér környékén 50-80 méter átmérőjű ellipszis alakú területen 75 cm vastagságú pizolit-telep van. A várhegyi Alagút aknájának és a budai pincék feltárásai szerint az oligocénkorú budai márgára 75 cm pizolit-telep, erre 5 m vastag diluviális-korú mésztufa-takaró és erre lösz települ. A pizolit-telepben SCHAFARZIK FERENCZ szerint az apró mákszemnyi gömböktől kezdve diónyi alakig különböző nagyságú oolitokat találunk, leggyakoribbak azonban a *tojás*-nagyságú ooidok. Anyaguk sugaras, rostos aragonit s minthogy aragonit csak 30°-on felül levő vízből képződik, azért az egykori források hőmérséklete 30°-on felül volt, majd később a langyos vizekből mésztufa képződött. A *fordító*.

[374.JPG]

380. kép. A sztalaktit sugarasan-szálas és koncentrikusan-héjas keresztmetszete.

[375.JPG]

381. kép. Cseppkősztalaktitek egy antik vízvezetéken Anavarza mellett, Kis-Ázsiában. (SCHAFFER X. F. fotografiai fölvétele.)

[376.JPG]

382. kép. Az Adelsbergi-barlang részlete. (SCHÄBER M. fotografiai fölvétele.)

A gejzirek forró vizei a vulkáni kőzetekből kovasavat oldanak ki a melyek a felületre kerülve az algák segítségével kovakúpokká alakulnak, a mikből ezek felszöknek; mint a tihanyi félsziget egykori gejzir kúpjain, a melyek a diluviális időkben képződtek. A vastartalmú források, *vasas savanyúvizek*, többnyire vasoxidulkarbonát-oldatot tartalmaznak s ezt mint oolitos *vasokkert* (limonitot) rakják le. A vasokker gyakran egész telepeket alkot s mint festékföld igen értékes anyagot ad. A *barna vasfej* tulajdonképp sztalaktit képződmény. A borsónagyságú vagy nagyobb szemű *pizolitos limonit*, héjas szerkezettel, gyakran gumósan összetapad és mint *babércz* ismeretes. Úgy ezek, mint a barnavasércz és vörösvasércz oolitok többnyire forrásképződmények.

A források kénhidrogénjéből a levegő oxigénjének hatása alatt kén keletkezik Badenben, Achenben s sok más helyütt. A szulfátok, mint a gipsz és a barit, a szulfidok mint a pirit, galenit, cinnabarit és más ásványok szintén mint forrásképződmények találhatók. A talajba nyomuló felszíni vizek a felületi részeken feloldó hatást, a mélyebb részeken lerakó működést fejtenek ki s találunk olyan kőzettörmelékeket, a melyek felső oldalukon az oldás által kisimultak, alsó részükön pedig mészkéreggel vannak fedve. A fagyökereket gyakran mész kérgezi be. A kőzetek kicsiny üregeit, például a tömeges kőzetek hólyagos üregecskéit, a beszivárgó vizek oldott anyagukkal falaikon kristályokkal vonják be (*szekrétzió*) s ilymódon üreges fészkeket, *geodákat*, *kristályodukat* alkotnak, míg végtére teljesen kitöltik az üregeket. Ilymódon mészpát, aragonit, barit, nátrólit, kvarcz- és achát fészkek keletkeznek. A chemiai üledékekhez tartoznak a *dendritek*, a kőzetek hasadási lapjain levő faszerű, vagy mohaalakú bevonatok, a miket a vas- és mangánoxid csapadékai okoznak (383. kép).

[377.JPG]

383. kép. Mangándendritek a réteg felületén.

A mészkőhegység üregeiben gyakran képződnek *érczfészkek*, mint gálma, limonit, galenit, mangán stb. fészkek, a melyek vizes oldatokból csapódtak le és a melyek vagy mint a hasadékoknak ásványokkal való kitöltései (*meddő vagy ásványos telérek*), vagy mint érczek (*nemes vagy ércz-telérek*) különböztethetők meg. Ezek az ércztelepek gyakran nagy jelentőségűek a bányászatban.²⁴ Az ásványtömegeknek vizes úton való eredetéről főképp két vélemény terjedt el. A *termális* vagy *aszccenziós* elmélet föltevése szerint az ásványokat a forró víz, a mélységből hozta magával és rakta le, míg az oldali kiválás (*laterális szekrétzió*) szerint a mellékkőzetben tartalmazott ásványos tömegek, különösen a finoman eloszlott fémek feloldódnak és a hasadékokban felhalmozódnak. A telérekben a külső, a mellékkőzeten fekvő lerakódások az idősebbek. Határlapjukat *váladéklap* (salband) néven jelöljük. Az egészen

²⁴ Hazánk ércztelepeiről a Függelék VII. fejezete szól.

kitöltött hasadékok gyakran újból felhasadnak és új csapadékokkal ismét behegesztődnek. Miként az intruzív telérek, úgy itt is megkülönböztethetünk *valódi teléreket*, a melyek a közetrétegeket átszelik és *telepteléreket*, a melyek a rétegfelületen fekszenek. Azokat a teléreket, a melyek különböző kőzetek, különösen intruzív kőzet határán fekszenek, érintkezésbeli *kontakt-telérekek* nevezzük. A telérek éppen úgy, mint a rétegeken megkülönböztetjük a telérek csapását, dülését, vastagságát, fedűjét, fekűjét, kiékelődését stb. A vetődött telérek éppen úgy, mint az intruzív telérek képződésük sorrendjét is megismerhetjük l. a 34. képet).

Biolitok.

A biolitok aszerint, hogy képződésükben növények vagy állatok működtek-e közre, *fitolit* és *zoolit* csoportokra oszlanak. Az égethető biolitok, mint a kőszén és a földolaj, *kausztobiolit* néven foglalhatók össze.

Kőszén.

A geológia egyetlen téren sem nyúl bele olyan mélyen az egész emberi művelődés alapjaiba, mint az ásványszének kikutatása és kihasználása terén, mert szén nélkül a mai gazdasági viszonyokat el se tudnók képzelni. Érthető, hogy a gyakorlati kérdések mellett régóta elméleti kérdésekkel is foglalkoztak, mint a szén keletkezésével, azonban ez hosszú és sokat vitatott út volt, a mely végül annak a megismeréséhez vezetett, hogy a szén növényekből keletkezett. A *cellulóz*, a farost ($C_6H_{10}O_5$), a mely a növényi testet legnagyobb részben alkotja, a levegőn, *rothadás* által, a baktériumok közreműködésével, gázszerű alkotórészekre, különösen széndioxidra és vízre bomlik. Azonban a levegőtől való teljes vagy részleges elzárása által a víz alatt, vagy a víz által lerakott agyagos rétegek alatt, ugyancsak a mikroorganizmusok közreműködésével korhadás történik. Ekkor széndioxid, víz és metán (CH_4) képződik és pedig úgy, hogy a hidrogén és oxigéntartalom gyorsan fogy, a szén pedig gazdagodik (*szenesedés*). A folyamatok még kevésbé ismeretesek, de hasonlítanak a szeszes erjedéshez, úgy hogy humózus, kocsonya képződik, a mely a tulajdonképpeni szénanyagot tárja elénk. A különböző széntípusok változó széntartalmukkal e szerint az előbb ismertetett folyamat korábbi, vagy későbbi szakaszaitól függnék. Míg régebben e különbségek okát az idő hosszúságában látták, addig jelenleg annak a nyomásnak és nagy hőfoknak, a melynek a szén ki volt téve, tulajdonítanak nagy hatást a szenesedés folyamatára. Ezt a természetben többszörösen megállapították és kísérleti úton is bebizonyították. A legfontosabb növényi égőanyagok növekvő széntartalmukkal a következő sorozatban rendezkednek:

	Szén (C)	Hidrogén (H)	Oxigén (O)	Fajsúlya
Fa	50%	6%	44%	-
Tőzeg	60%	6%	34%	-
Lignit	67%	6%	27%	-
Barnaszén	75%	5%	20%	1.2-1.4
Feketeszén	83%	5%	12%	1.2-1.5
Antracit	94%	3%	3%	1.4-1.7
Grafit	100%	-	-	1.9-2.3

A szenesedési folyamat ma is szemünk láttára történik a nedves réteken, az ú. n. *tőzeg-lápokon*. Megkülönböztetünk sík-, magas- és erdei lápokat. A *síklápok* alföldeken fekszenek és elmocsárosodó vízgyülemleésekből származnak. Flórájuk főképp füvekből (*Carex*, *Eriophorum*) és nádból áll, míg felületükön mohok (*Hypnum*-félék) tenyésznek. A síklápokban a növényzet gyakran homokkal és iszappal váltakozik. A *magas lápok* (fellápok) leginkább elterjedtek és lapos, kupolaszerű kiemelkedéseket alkotnak, aljukon gyakran síkláppal. Bennük leginkább hanga-féle növények (*Erica* stb.), valamint füvek (*Eriophorum*, *Scirpus*) és mohok (*Sphagnum*) tenyésznek. Ha az ilyen lápok emelkedés folytán az előhaladó növekedés mellett kiszáradnak, tűlevelű és lombos fák telepednek meg bennük.

Az *erdei lápok* mohákból és *lezuhanat fatörzsekből* keletkeznek, a mint ezek a nedves őserdőkben elkorhadnak. Az Egyesült-Államokban az északkarolinai Dismal Swamp e tekintetben értékes bepillantást nyújt a nagy cellulóztömegek felhalmozódásának módjára. Ezen a kiterjedt mocsárvidéken 8 m vastag talajtakaró van növényi anyagokból. *Sphagnum* nembe tartozó mohok, nád, kúszó növények, magas lombos és tűlevelű fák, különösen a mocsári cziprus (*Taxodium distichum*) uralkodnak itt. A cellulóz bomlása a lápokban csak részben történik meg és a növénynek a függ, a melyeknek rostjai néha jól megmaradnak, részben azonban amorf, porladozó humusz-tömeget alkotnak. A fák minden repedés nélkül laposra nyomódnak, a mi a mellett szól, hogy ezek meglágyultak. A növényzet tenyészete oly gyorsan fejlődik, hogy a tőzeg 100 éven át 5 méternyi vastagságra is felnövekszik, átlagosan azonban 1 méter vastagságot ér el.

A fellápok ki is törhetnek és az alacsonyabb vidéket iszapárammal borítják be, a miként ezt különösen Írországra megfigyelték. A lecsapolás alkalmával a lápok felülete lassanként néhány métert süllyed. Igen kedvező a tőzeglépcsődésre a langyos víz és a mérsékelt éghajlat. Az átalakulás addig halad előre, a míg az antiszeptikus szerves savak a baktériumokat meg nem ölik. Tőzegtelepeket a mérsékelt övben sok helyütt találtak és ki is használtak. Írországra, Északnémet földön és a szomszédos vidékeken nagy telepek vannak üzemben. A Fertőtől keletre a Hanság típusos síklapot tár elénk (384. kép), melynek tőzege 61% széntartalmával, víz, kén és hamu nélkül, 4500 kalória fűtőképességű. A tőzegtelepekben napszínre kerülő ásványvizek ásványtartalmuk egy részét a tőzegben lecsapják, mi által ez különös gyógyítóhatáshoz jut (Franzensbadi ásványos tőzeg). A tőzeglápok csaknem mind a jelenkorban találhatók, csak kevés közülök diluviális korú.

[378.JPG]

384. kép. Tőzegvágás a Hanyságban, a Fertő mellett Magyarországra. (DR. LÁSZLÓ GÁBOR fotografiai fölvétele.)

A *fa*, a mikor szenesedés alá kerül, először is *lignitté* alakul. Ilyenkor a fa a jellemző faszövetet még világosan mutatja, színe és karcza barna; ha tovább halad a szenesülés, *barna szén* keletkezik, a mely tömöttebb, széntartalma nagyobbodik, színe fekete, karcza barna és törése földes jellegű. Kálilúgoldattal felmelegedés mellett megbarnul. Hőfejlesztőképessége 6000 kalóriáig is fölmege. Növényi szerkezete legnagyobbbrészt szétrombolódott. A lignit- és barnaszéntelepek keletkezésére gyönyörű példát nyújtanak a Dismal Swamp mocsaras erdei. Ezekben gyakran látjuk, hogy hatalmas fatörzsek ugyanabban a magasságban élesen le vannak metszve, a mely tünetényt a barnaszéntelepek külfejtéseiben is ismételt megfigyelték (385., 386. kép). Ezen jelenség oka még nincs megfeytve. A Misszisszippi vidéken egy föld-rengési dagályhullám 1811-ben a New-madrid vidéki erdőséget egész szabályosan ledöntötte. Legnagyobbbrészt azonban úgy foghatjuk ezt fel, mint a vízfelület által határolt korhadást. A Bécs mellett levő Zillingsdorfi barnaszénbányában azt látjuk, hogy az összehordott

fatömegekből álló, s világosan rétegzett szén (3000 kalóriás lignit) 10 m vastag, fölötte agyag és homok, többeli lerakódások vannak, melyekben a fatörzsek még függélyesen vannak beágyazva; ezek a fatörzsek azonban nem gyökereznek, hanem csak uszadék-fák. Helyenkint egy-egy szenesedett fa is be van települve. Más telepekben, mint a senftenbergi barnaszén-telepben Niederlausitzban, függélyes fatönkök vannak gyökerestül, a miből kitűnik, hogy ezek ott helyt nőttek, vagyis *autochton telepek*, ellentétben az uszadékok által összehurczolt *allochton*-széntelepekkel. Habár a telepek kora - miként föntebb említettük - egyedül nem is irányadó a szenesedés mértékére, mégis a barnaszének leginkább fiatal eredetűek, különösen diluviális és harmadkorbeliek.

[379.JPG]

385. kép. Allochthon barnaszéntelep Zillingsdorf mellett Alsó-Ausztriában. Fedőjében kereszt-rétegzésű homokkal és függélyes fatörzsekkel. (LANGER ÉS TÁRSA fotografiai fölvétele.)

[380.JPG]

386. kép. Függélyes *Taxodium*-fatörzsek a zillingsdorfi széntelep fedőjének homokjában, Alsó-Ausztriában. (BÄDECKER D. fotografiai fölvétele.)

A *feketeszén* vagy *kőszén* feketeszínű, karcza fekete és fűtőképessége a 8000 kalóriát is eléri. A növényi szerkezet csak ritkán ismerhető meg pusztá szemmel, azonban klórsavaskáli és salétromsavval való kezelés után mikroszkóp alatt látható. Bár harmadkorszakbeli kőszent is ismerünk, mégis túlnyomóan a mezozoós és paleozoós formációkból származnak és olyan növénynemekből képződtek, a melyek a mai flórában ismeretlenek. Ilyenek a *Calamites* (ös zsurló), *Sigillaria* (levélnyomos fa), *Lepidodendron* (pikkelynyomos fa), a cycadeákhoz hasonló *Cordaites*-félék, faalakú harasztok stb. A kőszéntelepek között is vannak olyanok, a melyek uszadék-fatömegekből képződtek (allochton telepek). Ezek az altalaj szabálytalan domborzatán éles határral települnek, oldalt többnyire gyorsan kiékelődnek, azonkívül törmelékes anyaggal kevert szenet tartalmaznak, a melynek finomabb növényi alkotórészei rosszul maradtak meg. Azonban van számos olyan telep is, melyekben a régi humuszos talaj (underclay), az ezen fekvő *Lepidodendron*- és *Sigillaria*-gyökerekkel s ezek finom kiágazásaival, a merőlegesen gyökerező ágakkal helyben képződött *autochton*-eredet mellett szól; ugyanezt támogatja továbbá a kőszén tisztasága s a széntelep állandósága, hogy t. i. azonos vastagságban nagy csapásban terjed ki. Néha számos szintet találtak egymás fölött függélyes fatörzsekkel, a mi a mellett bizonyít, hogy a kihalt növényzet fölött új erdei vegetáció nőtt; tehát a régi, kihalt növényzet már telepet alkotott s homokkal, agyaggal kellett földve lennie, a mikor az új növényzet fölötte kifejlődött.

A kőszénből száraz lepárlás alkalmával szénhidrogén s más gázok fejlődnek, a melyek *világító gáz* fejlesztésére használhatók fel.

Tűzben való viselkedése szerint megkülönböztethetjük a kövér *tapadó* vagy *sülő szenet*, a mely a hőségben megolvad és száraz desztillácziónál kemény, salakos tömeggé, *kokszsza* sül össze, a *zsugorodó szenet*, a mely nem sül össze és így szilárd kokszt nem is ad. Külsejük szerint a következőképp nevezik a szeneket: *fénylő szén*, egészében fekete, rideg, kagylós törésű kőszén, *szurokszén* szurokfekete színű, durvakagylós törésű, *rostos szén* szürkés fekete, színehagyott foszlós szén, azután a réteges *palás szén*, a vékony lemezes *leveles szén* (dizodil). Azok a szenek, a melyek desztilláczió alkalmával a világító gáz számára a legtöbb szénhidrogént adják, főképpen a *boghead*- és a *kannel*-szén. A *boghead*-szén (a skóciai *Balghate* vidékéről nevezve) fénylő, kagylós törésű, tömött, puha barnaszén, oxigént alig

tartalmaz s úgy látszik, hogy tengeri algákból képződött. A *kannel*-szén homályos, kevésbé kagylós törésű, oxigénben gazdagabb, koromszínű szén, a mely kevés algamaradvány mellett az edényes virágtalan növények spóráiból és sporangiumaiból, valamint a gimnoszpermák pollen-szemecskéiből képződött (v. ö. a sivatag deflációjáról szóló fejezetben a *kénesezők* mai tüneményével). Mindkét szénben a szerves maradványok humózus tömegbe vannak zárva, a mely a mikrobák segítségével növényi anyagokból származott.

A szenesedés a széntelepekben még ma is folyamatban van s az e közben felszabaduló gáz, különösen a *metán*, a levegővel együtt robbanó keveréket alkot, a mely mint *robbanólég*, *bányagáz* vagy *viheder* meggyulladva a bányaszerencsétlenségeket okozza.

Az *antraczit* fekete színű, fekete karczolást mutató, kagylós törésű szén, a melynek hőfejlesztőképessége 8000 kalórián felül van. A tűzben nem olvad és csak erős léghezamban ég; gázfejlesztésre nem használják. Az antraczitot leginkább csak a paleozoós képződményekben találjuk, azonban nyomás és hőség következtében a fiatalabb szenek is antraczittá változhatnak.

A *grafit* vasfekete, igen lágy, zsíros tapintatú, fémfényű színehagyott ásvány, a mely a szénsorozat végső tagja és bizonyos, hogy részben ebből származott. Minthogy azonban telérekben is található, keletkezhetett szerves és szervetlen úton egyaránt.

A kőszén képződése a sejtanyagból tetemes térfogatcsökkenés alatt történik, a mely a fekete szénben $\frac{7}{8}$ -ada, az antraczitban $\frac{11}{12}$ -ede eredeti tömegének. Ennek a folyamatnak aránylag gyorsan kell történnie, minthogy a kísérő meddő kőzetben (a közbülső anyagban) széndarabokat és törmelékeket találtak, a melyek tehát akkor már megszilárdultak és a miként említettük, fiatalabb vegetációnak egyenes törzsei találhatók a telepek fölött.

Allochton (idegen helyről idekerült) *telepek* keletkezéséhez nagy növényi tömegek összemostatása volt szükséges, amiként ez jelenleg a Misszisszippi deltájának tavain, vagy a Columbia folyó tavi vidékein történik. Az *autochton* (helyben képződött) *telepek* bizonyára mocsarakban keletkeztek s gyors növényi tenyészetre utalnak, a mi meleg, nedves éghajlatra vall, azonban magasabb hőmérséklet nélkül, a mi a cellulóz megmaradására kedvezőtlen lett volna. A kísérő kőületekből, a melyek a közbülső kőzetekben találhatók, kitűnik, hogy némelyik telep *édessvízű tóban* keletkezett, tehát limnikus eredetű, míg más telepek tengeri kőületekkel vegyes maradványokat mutatnak, úgy hogy lerakódásuknak parti tavakban kellett képződniök, a melyeket átmenetileg a tenger ismételt elárasztott, vagyis tenger melléki: *paralikus* telepek. Ilyen előfordulásokra emlékeztetnek a trópusi partok mangrove-mocsarai.

A kőszéntelepek többnyire 1-5 méter, ritkán 15 méter vastagok, a barnaszéntelepek gyakran 15-20, sőt 50 méter vastagságot is elérnek. A barnaszéntelepek azonban többnyire egyedül vagy egymás fölött csekély számban találhatók, míg a kőszéntelepek gyakran nagy számban, százon fölül vannak; sőt Morva-Ostrau vidékén 370 telep 109 méter összvastagságú szénrel települ, többé-kevésbé erős meddő rétegekkel váltakozva. Ebből megmagyarázható a kőszéntartalmú rétegek nagy vastagsága, a mely a Saar vidékén 5000 méterre, Dél-Walesben 7000 méterre rúg. A kőszéntelepek kiterjedése tetemes, Angliában 30 mfl², Pennsylvániában 700 négyszögmérőföldet ér el. A telepek gyakran többfelé oszlanak, ismét egyesülnek vagy gyorsan kiékelődnek. Tektonikai erők sokféleképpen megzavarják a széntelepeket, nevezetesen meghajlítják, felgyúrik, kihengerelik, szétszaggatják, lesülyeszti vagy összesajtolják, úgy hogy néha emeletszerű telepeket mutatnak. A mai telepek csak gyér maradványai az egykor sokkal elterjedtebb, könnyen elpusztítható képződményeknek. Angliában és Írlandban az egykori széntelepek 9000, Északamerikában 200000 mfl² területet foglaltak el és Kinában elterjedésük még nagyobb volt. Már a prekambriumban ismerünk antraczittelepeket

(Finnországban), a melyek algákból származtak, azonban először a *karbon*-formációban jelennek meg a Föld legnagyobb szénkincsei, a melyek részben még a permében is folytatódnak. A jura-képződményben Európa némely vidékén kiadós telepek vannak, így hazánkban Pécs és Anina vidékén; azonban Dél-Afrika, India és Ausztrália ú. n. gondwana-rétegei sokkal gazdagabbak szenekben. A kréta-képződmény szegény szenekben, hazánkban Ajka és Nagy-Báród vidéke rejt felső kréta-korú szeneket, azonban a harmadkorban különösen az oligocén- és miocén-emeletekben öltenek hatalmas méreteket a barnaszenek.²⁵

Bár az elmondottak szerint a szén széntartalma a régibb korról látszólag növekedik, azonban még nincs közvetlen összefüggés a széntartalom és a kor közt, mert paleozoós barnaszenet és harmadkori antracitot is ismerünk. A földkéregnek idősebb, erősen zavarodott rétegei jóval erősebb nyomásnak és a fiatalabb rétegekkel való reátelepülés folytán a mélységi fokozat szerint magasabb hőmérsékletnek voltak kitéve s így a nyomás és hőmérséklet növekedése, mint két fontos ok, a szén felhalmozódását elősegítette.

Sokszor a szén vasérczekkel együtt található. Már a tőzegtelepekben is találunk foszfor-savtartalmú gypvasérczeket, vasockert, kénkovandót. A széntelepek még szorosabb kapcsolatban vannak a szénvaskővel és agyagos szferoszideritokkal, a melyek együttes előfordulásukban annál jelentősebbek az iparra. Sokszor a szén piritet tartalmaznak, a melynek oxidálódása következtében meleg származik, úgy hogy a telepek meggyulladnak; ezek az öngyulladás által keletkező *földégések* folyamán századok át tarthatnak. E közben egyes szénrészletek elkokszosodnak s a közbülső meddő kőzetek megpetyhednek, téglává égnék. Ugyanez történik az eruptív kőzettel való érintkezésen is.

A nagy szénmezők és a hegyredőzés képződése időbeli kapcsolatot mutat, a mi egyúttal térbeli összeköttetést is föltételez, úgy hogy a parti vidékeken keletkezett széntartalmú üledékek olyan nagy vastagságot vesznek fel, hogy ezek a vidék folytonos süllyedésekor keletkeztek, a mi mellett a gyűrődésben levő hegységek nagy letarolási tömeget szolgáltatottak, a melyeknek lerakódása ezzel a süllyedéssel lépést tarthatott. A Földnek csaknem valamennyi nagy kőszén-medenczéje az északi féltekén a 25° és 50° szélességi fokok között, a déli féltekén pedig a 25° és 45° szélességi fokok között fekszik. Később látni fogjuk, hogy milyen vonatkozások származnak ebből más általános jelenségekhez.

A *Canarium bengalense* és más trópusi fák nagy mennyiségű gyantát szolgáltatnak, a mely mint kopál kerül a kereskedésbe. Ilyen foszilis gyanta a *borostyánkő*, a mely a *Pinus succinifera* fenyőből származik. Ez a fenyő az eocén-korszakban a balti tartományok vidékét borította. (V. ö. a III. D. szakaszban a foszilis növények fejezetét.)

A földgáz.

Gázszerű szénhidrogén-vegyületek, különösen a metán (CH₄), csekély mennyiségben némely helyütt a talajból törnek elő és gyakran meg is gyulladnak. Az ilyen tüzekeket ősidők óta tiszteletben tartják s mint szent tüzekeket ismerik a kisázsiai Chimere mellett Lykiában, a liguriai Velleia romjainál Északolaszországban, Baku örök égő tüzeit a Kaspi-tóba nyúló Apseron félszigetén. Fúrások által számos helyütt feltárták, így a felső-ausztriai Welsz városkában, a hol bár csekély mennyiségben, de több száz kút szolgáltatja a városka kézműiparosainak a földgázt, Neuengammén Hamburg mellett, a mely azonban rövid 10 év leforgása alatt

²⁵ Hazánkban a karbontól kezdve a legfiatalabb harmadkorig csaknem minden képződményben találunk széntelepet. Geológiai rendkívül érdekes széntelepeinkről a Függelék VIII. fejezete szolgál felvilágosítással.

sajnos csaknem teljesen elapadt, azonkívül Kínában, a hol a fúrások feltalálói már több ezer év óta bambuszcsöveken vezetik a földgázt a sós vizek lepárolásához, különösen azonban az Északamerikai Egyesült Államokban. A kolozsmegyei Kissármáson a II. számú fúrás 302 m mélységből 864000 köbméter gázt szolgáltat 26.5 légköri nyomás mellett s számos más erdélyi fúrás már 100 méter mélységből gázt szolgáltat, benzingázokkal keverve, a mi a vérmesebb geológusok szerint petróleumra utalna.²⁶ Északamerikában 100 légköri nyomású gázkutat is fúrtak, a melyből azonban a gázáramlás már néhány hónap múlva alább hagyott. A gázkitörések alkalmával gyakran homok, földolaj és sós víz szóródik ki.

[381.JPG]

387. kép. Iszapfolyás, fortyogó (mudlump) a Misszisszippi metán-gáztól felhajtott deltáján.
(SHAW E. W. fotografiai fölvétele.)

A metán néhol a szenesedési folyamatok alkalmával képződik, s a széntelepekből áramlik ki, a mikor a veszélyes sujtóléget alkotja. Máshol kősóval együtt fordul elő, mint az alpesi triaszbeli sóagyagban, néha magából a sóból tör ki, mint az erdélyi sötömzsökben és elillanásakor sistereg (*sistergő só*).

A Misszisszippi deltáján apró iszapforrások, fortyogók (*mudlump*) törnek elő a szigetkéken; metángázok (387. kép) hajtják fel az iszapot s a szénhidrogén itt a növényi anyagok bomlásából keletkezik, a miként ez sok más mocsárban is történik.

Ha a földgázok vízzel találkoznak, úgy az altalaj könnyen rombolható rétegeit iszappá porlasztják, a mely azután petróleummal és sós vízzel keveredve, a magasba szóródik, kívül vulkáni kúphoz hasonlóan felhalmozódik s gyakran romboló iszapáramokat alkot. A kitörések többnyire normális hőmérséklet mellett nagy zajjal járnak, a feltörő gázok azonban igen könnyen meggyulladnak, gyakran villámcsapás gyújtja meg ezeket s néhány száz méter magas tűzoszloppal világítanak. Ezeket a kitöréseket *iszapvulkánoknak*, iszapokádó hegyeknek nevezik. A legismertebbek az északolaszországi *salinellák*, az Apenninek északi lábánál, Párma és Modena között, különösen a Modenától délre eső Sassuolo, azután a szicíliai Girgenti közelében levő *Macaluba* (49 m magas iszapvulkán), a legnagyobbak a Kaspi-tóba nyúló Apseron félszigeten Baku közelében, részben a tengerből apró szigetek gyanánt törnek fel s a szárazföldön a Kaukázus lánczában s déli lejtőjén, *Semacha* városkáig terjednek (388. kép), végül a Krimi-félszigeten is van néhány iszapvulkán. Működésük a földrengések következtében gyakran föllevenedik. Az iszapvulkánok Rotti szigetén, a Timor tengerben a különböző formációkból kővületekben gazdag kőzeteket szórnak ki.

[382.JPG]

388. kép. Iszapvulkán Kalendar Tepe mellett Semacha közelében, Transzkaukáziában.
(ANDRUSOFF N. fotografiai fölvétele szerint.)

Hasonló tüeményeket látunk a szilárd kőzetekből kitörő természetes szökőkutakban is, a melyek gázt és vizet szórnak ki, a melyek néha sósak vagy más ásványos anyagokat tartalmaznak.

A földgázoknak fontos közgazdasági szerepük van, mert fűtésre, világításra szolgálnak, amiként ezt főképp az Észak-Amerikai Egyesült-Államokban és újabban Erdélyben látjuk.

²⁶ Az erdélyi földgázokról a Függelék IX. fejezetében behatóbban szólunk.

A földi olaj (petróleum).

A földgáz-kitörések alkalmával gyakran petróleum tör elő s legtöbbször homokkal keveredve, szökőkút módjára 100 méter magasra szóródik fel (olajszökés, 389. kép). Ezek a kutak rövid idő alatt óriási olajtömeget szolgáltatnak, naponként 12000 köbmétert, sőt többet is, idővel azonban gyengülnek, gyakran csak évek múlva s végül egészen kiapadnak. A szomszédos kutak egymást gyengítik. Legtöbbször azonban a fúrások alkalmával a petróleum a mélységben csapolódik meg s azért szivattyúzni kell. Azon nagy jelentőségűnél fogva, a melyet a földi olaj az emberiségre gyakorol, továbbá világszerte való elterjedésénél fogva, gyakorlati okokból a kutatók érdeklődése a földi olaj telepeinek és keletkezésének vizsgálata felé fordult, azonban mindeddig nem sikerült valamennyi kérdésre kielégítő magyarázatot találni. A Föld leggazdagabb petróleumvidékei az Egyesült-Államokban (Pennsylvániában, Ohio-ban, Kaliforniában) vannak, azonkívül Transzkaukáziában (Baku vidékén), a Szunda-szigeteken, Romániában, Galicziában s más helyeken.

[383.JPG]

389. kép. Kőolaj (petróleum) szökőkút Balachany-ban, Transzkaukáziában. (Vásárolt fotográfia szerint.)

A *földi olaj*, nyers petróleum, *kőolaj*, nafta, a mely folyékony, sárga, barnavörös, gyakran zöldesen fluoreszkáló folyadék, impregnáció gyanánt a lyukacsos és hasadékos üledékes kőzetekben található s csekély fajsúlya (0.6-0.9) miatt a rétegvízen úszva száll föl és ezért a megzavart rétegek legmagasabb helyein, pl. a redők boltozataiban (földolajvonalakon) gyülemlik össze. A kambriumtól kezdve minden kőületes formációban találtak földi olajat. Némely kutatónak az a véleménye, hogy a *földi olaj* mindig *másodlagos telepekben* jelentkezik, tehát nem ott, a hol képződött, vagyis *regionálisan vándorol*, más szóval migrációt végez. Más kutatók azonban csak helyi vándorlásokat ismernek a hasadékokon vagy lyukacsos kőzeteken keresztül s a petróleum székhelyét elsődleges telepeknek tekintették. Fölismerték, hogy a földolaj-források a hegység íveivel párhuzamosan húzódnak és az olyan redőkben fekszenek, a melyek az elővidéken nem szenvedtek a törések által erősebb zavarást, úgy hogy az olaj a mélységben bezárva megmaradhatott. Kiadós olajszintek csak az olyan lyukacsos rétegekben vannak, a melyeket olajtól áthatlan rétegek határolnak; az ilyen helyeken a fúrások alkalmával először földgázokat találnak, azután jön az olaj s végül a víz nyomul utána, a mely leginkább sós víz. A földi olaj különböző kémiai összetételű, a benne levő szénhidrogének szerint, rendszeren a következő vegyületekből áll: C_nH_{2n+2} (pentan-sorozat), C_nH_{2n-6} (benzolsorozat), C_nH_n sorozat s végül C_2H_6 (etán).

A régebbi föltevések szerint a petróleum a Föld belsejéből származik, minthogy a vulkáni exhalációk alkalmával szénhidrogének áramlanak ki. Azonkívül eredetét a kőszénből is származtatták. Jelenleg azonban kétségtelenül megállapították, hogy a földi olaj közvetlenül szerves eredetű, habár számos olajvidéknek csaknem kimeríthetetlen gazdagsága még rejtélyesnek látszik. A földi olaj természetes desztilláció által magas hőmérséklet alatt - a geotermikus fokozat szerint - és magas nyomás alatt állatok és alacsonyrendű növények, különösen diatomáczéák, zsíros maradványaiból keletkezett. Ezek az álló vizekben szürkés-kék, zöldes-kék és zöldes iszapot, *rothadó iszapot*, ú. n. *szapropelt* alkotnak, a melyből a kísérletek során sikerült petróleumot és paraffint előállítani. Minthogy a szenek jóformán soha sincsenek földi olajjal együtt, azért úgy látszik, hogy inkább az állati anyagok működnek közre, a melyekből hasonló szénhidrogéneket kaphatunk. A *szapropelben* fejlődő gázok gyakran robbanásszerűen távoznak s az Ögel-tóban (Brandenburg tartományában) a talaj szigetszerű felpuffadását okozzák. Gyakran találtak már az állati felhalmozódásokban petróleumot, mint a

harmadkori kagylópadokban, a paleozoós cephalopodák vázaiban és a mai korallzátonyokban. Némely bitumenes, aszfaltban dús pala (*halpala*, gyúlopala, bűdös pala) és a kannel-szén tulajdonképpen nem más, mint szapropele.

A *gáz-szenek* nagy gáztartalmukat bitumen (aszfalt) anyagnak köszönik, a mely viszont a bennük található számos *hüllő, hal, rák s ízeltlábú állat (Arthropoda) maradványából ered*. Habár az őssanyag, a petrolea képződésében az alacsonyrendű, gerincztelen állatok uralkodnak mint zsírtadó lények, mégis magasabbrendű állatok, pl. halak tömeges felhalmozódásait is észlelték egy-egy katasztrofális haldögvész alkalmából, ezért ezt is fontolóra kell venni. Kétségtelen, hogy az állati héjakat és csontokat a képződő széndioxid feloldja, úgy hogy a földiolaj-tartalmú rétegekben úgyszólván sohasem találunk állati maradványokat.

A földiolaj oxidációja által a levegőn nyúlékony lesz, nehezebbé válik és fekete, zsírosan fénylő *aszfalt* vagy *bitumen* tömeggé alakul, 100C°-on olvad és kormozó lánggal ég; tömörsége 1.1-1.2-re emelkedik. Gazdag aszfalttelepeket találunk Szíriában, a Holt-tenger mellett és Trinidad szigetén. Gyakran bitumenes meszekből és palákból is nyerik Dalmáciában, a tiroli Seefeldben; a kőzetek hasadékaiban gyakran felhalmozódik; vagy homok és konglomerát kötőanyagát alkotja, pl. Dél-Kaliforniában, a hol a lapályokon mocsarakká gyülemlik, míg a mélységből a petróleumot hozzák elő a fúrások.

A *földi viasz, ozokerit (CH₂)* sárga, zöldes-barna puha tömeg, mely 56 és 82C° között olvad és különösen a galicziai Boryslaw mellett óharmadkori homokkő hasadékaiban a felső szintekben található, míg a mélység felé puha és legalul földi olaj következik, a melyből mind a többiek származnak.

Foszfor, kén, gipsz, vas és kovasav.

A foszforvegyületek állati maradványok felhalmozódásából keletkeznek. Ide tartozik a *guano*, állati ürületek, különösen a mész-, magnézia- és ammonfoszfátból álló madártrágya maradványa. Több déltengeri szigeten, különösen Peru mellett a Chinha-szigeten 40 m vastag telepeit trágya céljából művelik. A guano foszforsava a mésszel mészfoszfáttá vegyül pl. a korallszigeteken. A halak és tengeri emlősök hullái és ürületei a tenger fenekén foszfortartalmú lerakódásokká halmozódnak fel. Ilyen módon részben az állati maradványokból *foszforitok* (mészfoszfátok) képződhetnek, a melyek többnyire ökölnyi, szürke színű, tömött és sugaras szerkezetű gumók. Ezek a *foszforit-gumók* hal-, hüllő- és kagylómaradványokkal keveredve szabálytalan vagy rétegszerű településben található az agyagokban és márgákban (390 A. kép). Ezek a foszforitok részben megkövesült ürületek (koprolitok). Különböző formációkban található Angliában, Franciaországban, Galiczia, Oroszország és Algir egyes vidékein. Néha, mint a hasadékok kitöltései gumóalakban mutatkoznak, pl. a franciaországi Quercy üregeiben, a hol óharmadkori emlősök maradványaival együtt vannak. Itt azonban forrásképződmény látszik, a melybe az itatóba menő és vízbefült állatok ágyazódtak be. A *csontbreccsiák* magasabbrendű állatok maradványainak felhalmozódásából keletkezhetnek, a mint ezt a diluviális barlangi medvének vörös barlangi agyagba ágyazott maradványaiból láthatjuk. Ide tartoznak a *bonebed* néven ismert csonttelepek, a melyek különböző formációkban található és csont, pikkely, fog, koprolit és más maradványokból állanak.

[384.JPG]

390 A. kép. Foszforitgumó keresztmetszete. -

[385.JPG]

390 B. kép. Lithothamniumokból alkotott gumó.

A kén képződésében is baktériumok szerepelnek, melyek források és álló vizek kénhidrogénjéből a ként kicsapják. A szerves anyagok rothadó anyaga gázokat fejleszt s a gázok a vízben elterjedt mészsulfátot (gipszet) szétbontják és kénhidrogént fejlesztenek, a melyből a magasabb rétegek oxigénjének hatása alatt az iszapba kén csapódik le. Ez az olyan tengeri és tavi medenczékben történik, a melyekben miként a Fekete-tenger mélységeiben, semminemű áramlás nincs. A kénhidrogén annyira felhalmozódik, hogy itt már többé semmiféle élet sem lehet, ugyanitt *pirit* csapódik ki, melynek vastartalma az állati testekből, vagy a szárazföldről származik. A kéntelepek, miként ezt a szicíliai Girgenti mutatja, 1 cm-től 3 m vastagságig terjedő szalagok gyanánt települnek a mészmárgában, úgy hogy a kőzetek gyakran bitumenesek; mindenesetre organogén eredetű lecsapódások. Hasonlóak a horvátországi és galicziai kéntelepek is. A kéntermelésben az egész földkerekségen *Szicília* áll az első helyen, a mennyiben a világ kéntermelésének 80%-a innen való. Az 1792-ik évtől az 1914. évig kb. 22 millió tonna ként szállítottak ki Sziciliából 2200 millió lira értékben. Girgenti és Sommatino között a kéntelepek 300-400 méter tengerszínfeletti magasságú halmok alatt húzódnak s a legnagyobb telepet 15 km hosszúságban 60 m vastagságúnak találták. A szicíliai kén, éppen úgy, mint a gipsz is, tengeri eredetű s a mai elmélet szerint a kalciumsulfát redukciójából keletkezett.²⁷ Kiterjedt kénbányászás van Sziciliában még *Imera* határában is, a hol a Santa Maria akna 289 m mélységig hatol s alulról fölfelé a következő rétegeket szeli át (391. kép): 1. = középső miocénkorú agyag 30° Ny-i dűlésben, gázömléssel; 2. = felső miocénkorú tripoli (diatomaceás pala); 3. = 15 m vastag kéntelep, kén-, márga- és mészpadokkal; 4. = 10 m vastag, gyűrődött gipsztelep (a 2-4 rétegek 15-20° déli dűlésben); 5. = foraminiferás fehér márga 6. = azurkék agyag. S végül az egészet 7. = pliocénkorú kagylós mész fedi. A *solfo* nevű *bánya-ként* a bányák fölött számos kemenczében olvasztják, a melyekből saját tűzükkel hevítve 114C° hőmérsékleten folyik ki a barnás-sárgára olvasztott kén.

A mocsarakban a vasbaktériumok hatása alatt földes, gumós limonit (*gyepvasércz*) keletkezik. A vasbaktériumok a vízből vasoxidhidrátot csapnak ki, a mely mint csillogó hártya a felületen úszik, vagy barna foltocskákban jelenik meg.

A hasadó algák, *diatomeák* mikroszkópi kicsinységű kovapánczéljainak felhalmozódásából a világos színű, földes, sovány *kovaföld*, vagy infuzóriás föld keletkezik, mely tengeri, vagy tavi üledék és gyakran 10 m vastag telepeket alkot (Lüneburgi pusztán és Berlin altalaján). A csehországi Franzensbadban 20 cm vastag kovaföldet találunk a lápban. Ide tartozik a *tripoli* is, mely Oran, Szicília (390. kép, 2. réteg), Barbado-sziget harmadkori rétegeiben diatomeák mellett radiolária-vázakból áll. A vékony leveles *csiszoló pala* pl. a csehországi Bilin vidékén, szintén diatomeákból keletkezett. A hévforrások, különösen a gejzirek vize, az oldott kovasavat részben az algák (*Leptothrix* és *Calothrix*) közreműködésével csapja ki; ezek az algák még 85C°-on is meg bírnak élni s az általuk lecsapódott kocsonyaszerű anyag csakhamar megszilárdul.

²⁷ Hazánk gipsz- és sóbányáiról a Függelék X. fejezete ad számot.

391. kép. Az imeriai kénbányák geológiai szelvénye. (PAPP KÁROLYY szerint.) 1 = középső miocénkorú alsó agyagrétegek (argilli inferiori); 2 = felső miocénkorú tripoli, diatomeás pala; 3 = kéntelep (solfo) 4 = gipsztelep (gesso); 5 = foraminiferás fehér márga (trubbi); 6 = felső agyagrétegek (argilli superiori); 7 = pliocénkorú kagylósmész (calcarei conchigliiferi). - Az alsó agyagrétegek (1) vetődéseinek feltóduló földgáz (metán) ömlések iszapvulkánokat (maccalubákat) okoznak, a melyek Sziciliában mocsárgázon kívül széndioxidot is tartalmaznak.

A radioláriák kovavázai különösen a mély tengerekben messze terjedő lerakódásokká, *radioláriás iszappá* halmozódnak fel, azonban mint úszó plankton-testecskék a sikér öblökben is felhalmozódhatnak. Ezekből áll a radiolária-föld, a mely azonban diatomeákat is tartalmaz s a Nikobarokról és Barbados szigetéről ismeretes.

A *szarukövek*, *radiolaritek* és *kovapalák*, amiként arról a vékony csiszolatokból meggyőződhetünk, legnagyobbbrészt radioláriákból keletkeztek. A kovapalák különösen a legrégebb formációkban nagyon elterjedtek. A tűzkő, melynek gumói különösen a krétaképződményekben gyakoriak, néha még a kovaszivacsok szerkezetét is mutatja, részben azonban már konkrécziós képződmény (a konkrécziókat lásd a diagenézisről szóló fejezetben) s anyagát az organikus kovavázak feloldásának köszöni.

A mészkő.

Az újabb vizsgálatok szerint a denitrifikáló baktériumok (*Bacterium calcis* és mások) a tengerben feloldott mészkarbonátot kicsapják, a mi által tömött mészkövek keletkeznek. Működésük a 15C° vízhőmérséklet fölött levő meleg tengerekben a leghatásosabb. Lehetséges, hogy az ilyen baktériumok útján kicsapódó mézsrészecskékből középpont körül való lecsapódás útján *oolitok* keletkeznek.

Számos növénynek és állatnak megvan az a képessége, hogy sejtjeiben mészkarbonátot rakjon le s ebből vázat építsen, vagy ezt körülvonja, bekérgezze, inkrusztálja. A gyorsan folyó patakokban növe algák a patak vízszálain kicsiny, fehér mézsszemecskéket képeznek s végül a vízszálakat mésszel vonja be. Éppen így más édesvízi növények, mint a *Chara* és *Hypnum* is bekérgeződhetnek és mésztömegeket alkothatnak. Sokkal fontosabbak a *tengeri algák*, a *Florideák*, így a *Lithothamnium*, *Melobesia* stb., a melyek 50 m mélységig terjedő vízben gumósan s gypszerűen burjánznak és törzsecskéiket, ágacskáikat mésszel kérgezik be, a mi mellett organikus szerkezetük tönkremegy, minthogy a széndioxidtartalom következtében a méssz feloldódik s ismét lecsapódik. Ilymódon lithothamniumgumók keletkeznek (390 B. kép). A tengeri algák lecsapódásai 54% mészkarbonátot és 5.5% magnéziumkarbonátot tartalmaznak. Jelenleg a melegebb tengerekben nagy kiterjedésben földik a sikéresebb helyeket és a korallszirtek felépítésében is kiváló szerepet visznek. Ez a kinőtt, *elsődleges* vagy eredeti *lithothamnium-mész* szétrombolódása folytán törmeléket szolgáltat, a mely ismét megszilárdulva, a törmelékes, detrituszos lithothamnium-meszet alkotja. Az algák mézscsapadékaiknak tekintjük a *kokkoliteket* is, a melyek mikroszkópi kicsinységű mézskorongocskák, pálczikák. Ezeket régebben az ostoros véglényeknek (*Flagellata*) tulajdonították, a melyeknek héja állítólag ilyen testecskékből keletkezett volna. Az újabb vizsgálatok *mészalgák* kiválásainak tartják. A travertino képződésében az algák közreműködése már régóta ismeretes. A Yellowstoneparkban és más méasztufaterraszokban a forró vízben, élő algák résztvesznek a mézscsapadék képzésében.

Sok alsórendű vízi és szárazföldi állatnak megvan az a tehetsége, hogy váza vagy háza felépítésére mészkarbonátot válasszon ki; ezáltal ezek az állatok a legfontosabb közetképző lényekké válnak, minthogy a mésztömegeknek legnagyobb részét, a mit a Föld felületén látunk, ezek építették fel. Az állatok mészfölvételének és mészleadásának módjáról semmi biztosat nem tudunk. Ezek a folyamatok az organikus savak közreműködésével történnek. Ha arra gondolunk, hogy 1 liter tengervízben átlag 1/35000 gramm mész van, csodálkoznunk kell azon a kémiai munkán, a mit egy kagyló végez az által, hogy gyakran több kilogramm súlyú nehéz héjat választ ki és rak le.

Az alsóbbrendű állatok aragonitból vagy kalcitból álló kemény részeket építenek föl, a miről majd a következő fejezetben részletesebben szólnunk. A Foraminiferák s közöttük különösen a Globigerinák, a mészszivacsok, kőkorallok, a csövesférgek és mohállatok (*Bryozoa*), továbbá az édesvízi és tengeri csigáknak, kagylóknak gazdag világa, mind kiváló részt vesznek a mésztömegek megalkotásában. Sőt a Föld régebbi időiben még más állatsoportoknak is volt szerepük a mészkő alkotásában, a miről még majd bővebben lesz szó. A mai tengerekben, a sekélyebb vizekben *Pecten* és *Venus* nevű kagylóhéjakból álló padokat találunk, azonkívül roppant kiterjedésű osztrigatelepeket; így Északamerika Atlanti partján több ezer kilométer hosszúságú osztrigapad húzódik. Azonkívül a növényevő csigák is alkotnak mészpadokat. Hasonlíthatatlanul gyakoribbak a *lumachella* és *kagylómurva* (*falun*) néven ismert széttöredezett konchylia-héjak felhalmozódásai, melyeknek mésztartalma a tömeg 90%-át is eléri.

A legfontosabb mészképző állatok közé tartoznak a telepalkotó *korallok*, habár az utolsó évek kutatásaiból tudjuk, hogy munkájukat sokféle más szervezet fölülmulja. Leggyakoribb nemeik a *Heliopora*, *Porites*, *Madrepora*, *Pocillopora*. Ezeket a korallnemeket azután a Hidromeduzák is támogatják működésükben, közöttük különösen a *Millepora*. A hol a mészkorallok lárvái megtelepedhetnek, ott azonnal megindul a mészképződés. A láblemezekből, csillagléczekből és korallfalakból alkotott váz főképpen aragonitból s alárendelten magnézium-bikarbonátból, foszforsavas és fluorsavas mészből, kovasavból áll; ez a váz az állat elpusztulása után megmarad és a rengeteg számú állatvázak egyesülése következtében gyeppforma, párnaszerű, gumós-, cserje- és faalakú mészképződmények keletkeznek. A hullámverés, továbbá a különböző fúrókagylók, férgek, tüskésbőrűek és fúró szivacsok szétrombolják a koralltörzseket, szétdörzsölik a porhanyó meszet, a mi által a *korallhomok* származik. Ez a homok a mészalgák, Foraminiferák, mohaállatok, kagylók, csigák és tengerisünök vázrészeiből és tüskéiből keletkezett darával vegyülve, a koralltörzsek üregeit beiszapolja. A szerves mállási anyagokban gazdag meleg víz feloldja s újból lerakja a meszet, a mi által ez össze-ragasztódik és szilárd, tömött, teljesen szerkezet nélküli zátonykő keletkezik. Néha azonban benne a korallkelyhek mint kőmagvak megmaradnak. A durva törmelékes anyag a zátony lejtőjén mint ráöntéses réteg felhalmozódik és összeragasztódva mészbreccsiát alkot. A korallzátonyokon a mozgóvíz a finom mésziszaptól (*koralltej*) messzire megzavarodik. Ez a mésziszap a zátonymész szétdörzsöléséből keletkezik és a csendes lagunákban lerakódik, ami által tömött meszek keletkezhetnek.

[387.JPG]

392. kép. A zátony keresztmetszete, DARWIN elméletének szemléltetéséhez. A sziget süllyedése alkalmával a szegélyzátonyból (a) sánczzátony (b) keletkezik és végül korallgyűrű (atoll) keletkezik lagunával. - I-I (a-a) = szegélyzátony; II-II (b-b) = sánczzátony; III-III = korallgyűrű vagy gyűrűzátony (atoll); I, II, III = a tenger szintje a süllyedő szigeten. MARSHALL P. szerint.

Zátonyképző korallok csak az olyan normális sótartalmú (*sztenohalin*), tiszta, iszapnélküli tengervízben élnek, melynek hőmérséklete nem süllyed a 20° alá, vagyis *sztenotermális* vízben

s ennek is csak legfőljebb 50 méter mélységéig fejlődhetnek. Minthogy a korallak a parti vizeket kerülik - ugyanis ezek a terrigén letarolási termékektől megzavarodnak -, azért a partoktól csak bizonyos távolságban találhatóak és körülbelül 30 m mélységben a sziklás talajon tenyésznek legjobban. A friss víz és táplálékszállítás miatt a szélnek kitett (*lúv*) oldalon jobban díszlenek. A zátonyok e miatt gyakran a tenger felé kinyúlva növekednek és a szárazföldtől egy sikér csatornával, az ú. n. lagunával vannak elválasztva. Magassági növekedésüket az apály állása szabja meg, habár némely korallfajta órák hosszán át is szárazon maradhat. A hullámverés a zátonyra törmeléket hány, a zátony ezáltal magasodik, minek következtében *hullám-gát* s magasabban a *vihar-sáncz* keletkezik. Még magasabbra való emelkedését azután a szél végzi, a mely a mészhomokot dűnékké halmozza fel. Tenger felé néző oldalukon a zátonyok lejtője legtöbbször 10°-nál nagyobb s 63°-ig terjedhet; ezek a zátonyok 4500 métert mutató tengermélységekből emelkednek fel, a miként ezt egy szigetszoport egyes szigetei között a mélységmérések kimutatták. Itt tehát a lejtőkön a rétegek igen erős hajlással rakódtak le. A korallszigetek gyakran csoportokban együtt vannak és a forróövi tengerekben különösen a déli oldalon találhatóak. Növekedésük rendkívül lassú. Az ágas alakok ugyan évenként 10-50 cm-t is nőnek, azonban csak kevésbé tömött, inkább laza zátonymeszet szolgáltatnak; a tömeges ágak ellenben egy év alatt csak ½-14 millimétert növekednek. Ha a zátonykorallak a partszegély sikér fenekét riffkő-takaróval fedik be, akkor kéregzátonyról, *parti zátonyról* beszélünk. Ez az igen sikér mélységben, gázlókon keletkező kéregzátony a peremén gyorsabban nő, mint a közepén és *gyűrűs zátonyt*, *atoll-t* alkot, melynek gyakran 1500 m átmérője van és belsejében sikér lagunát zár be. Minthogy az atollok gyűrűjében 90 m mély lagunát is ismerünk s minthogy például az Ausztrália keleti partjait szegélyező Nagy Barrier-zátony 2000 km hosszúságú vonulatát (részletképe a 393. képen) a kontinenstől 100 méter mély és 100 kilométer széles tengerrészlet választja el, ebből kitűnik, hogy a zátonymeszek sokkal vastagabbak, mint a korallak életföltételéhez szükséges mélységek. Ezért, hogy ezt megérthessük, az egész vidék sülyedését kell föltennünk. Ilyen sülyedések által az alacsony *szegélyzátonyok* magasabb *sánczátonyokká* (Barrier-rift) s ezek ismét *gyűrűs zátonyokká* (atoll) alakulnak át, ha a korallak növekedése a sülyedéssel lépést tart. Az első szakban tehát a part szélén *szegélyzátony* (392. kép, I-I.) keletkezik. A második szakban, pozitív parteltolódással *sánczátony* (Barrier-Reef II-II.) alakul, minthogy a korallak a hullám-csapásnak kitett külső oldalon gyorsabban növekednek, mint belül. Ha a pozitív elmozdulás még tovább tart, akkor a harmadik szakban (III-III.) a zátony *gyűrűszerű atollá* alakul át.

[388.JPG]

393. kép. A növekedő zátony felszíne, Great Barrier Reef, Ausztráliában. (SAVILLE-KENT W. szerint.)

Ezt az elméletet először DARWIN fejtette ki 1872-ben, azonban később többen megtámadták, míglen végül a *Funafuti*-atoll 340 méteres fúrása²⁸ DARWIN elméletét mégis csak beigazolta.

²⁸ *Funafuti* a Csendes Óceán *Ellice* szigetszoportjának atollja a 9° déli szélesség alatt. A kúpalakú sziget alapja 5500 m mélységben 48-45 km átmérőjű, a honnét kezdetben lankásan, majd mind meredekebben emelkedik föl. 700 m fölött 30° lejtője van, míglen 260-60 m között helyenkint merőleges falat mutat, úgy hogy óriási hegykúpon ülő várhoz hasonlítható. A hegykúp tömege az Etnánál nagyobb kialudt vulkán, a jellemző domború lejtővel s csak kúpját koronázza a korallgyűrű. Az 1904. évben befejezett fúrás 334 m mélységig korallzátonyban haladt. A fúrás beigazolta, hogy a sziget, jelentéktelen oszcillációktól megszakítva, állandóan sülyyed s ezzel a sülyyedéssel azután a korallak növekedése lépést tartott. Az újabb kutatásokból kiderült, hogy a legtöbb ú. n. korallsziget tenger alatt kitört egykori vulkán, a melynek csak kúpját borítja a korallgyűrű. *A fordító.*

Ily hatalmas korallzátonyok csakis lassan történő, folytonos sülyedéssel keletkezhettek. E mellett az is kitűnt, hogy a korallós mészt a foraminiferákkal és mészalgákkal, különösen a lithothamniumokkal szemben erősen háttérbe szorul, még pedig a térbeli viszonyok szerint 1:5 arányban. A korallzátony tehát csak a legcsekélyebb részében épült fel korallokból.

A fölemelt korallszigeteken (Fidsi-szigetek) a szirtmész 240 m vastagságúnak bizonyult. Ez azt bizonyítja, hogy az emelkedést ugyanolyan értékű sülyedésnek kellett megelőznie. Mészzátonyokat nagy vastagságban a Föld régebbi idejéből ismerünk és ha felépítésükben legnagyobb részt mészalgák vettek részt, ezt csakis sülyedéssel magyarázhatjuk. Ha egy bizonyos vidéken olyan zátony épül fel, a melyben terrigén üledék (szárazföldi letarolási termékek csapadéka) uralkodik, akkor mindkét lerakódásnak váltakozása kiékelődő nyelvekben (fogazódásokban) történik, a mi által egykorúságuk bebizonyosul (394. kép).

[389.JPG]

394. kép. Zátonyfogazódás a Sett Sass-on, Dél-Tirolban. A zátony kiékelődése a márgás rétegekben. (MOJSISOVICS E. szerint.) A nyugaton emelkedő Richthofen-szirt (CD₀₂, CD₀₃) dolomitnyúlványa kelet felé nyelvalakúan keskenyedve ékelődik bele a márgás rétegek (CM) közé. A Richthofen-szirt dolomitja a középső triász Cassiáni-rétegsorozatába tartozik.

A funafuti fúrásban a 10 és 35 láb között levő mélységben, a korallszirt öve 9-16% magnéziumkarbonátot, a 637 és 1114 láb között levő öv 35-40% magnéziumkarbonátot mutatott. A második zóna tehát dolomitból áll, a melynek keletkezése még nincs eléggé tisztázva. A dolomitosodás jelenleg 1-25 öl mélységben történik. A könnyen kicsapódó mészt kilúgozódása következtében a magnéziumkarbonátnak főlhalmozódása következhetik be, vagy olyan átalakulás állhat be, a mi mellett a meleg, erősen mozgó víz és a szerves anyagok bomlásából keletkezett széndioxid szerepehez jut.

Már a víz alatt is történnek a zátonyokban olyan kémiai átalakulások, a melyek a megszilárdulást elősegítik, azonban még továbbmenő változások történnek a szárazzá vált mésztömegekben, a miként ezt az összes képződmények zátonyaiban látjuk. Azonban az, hogy az Alpok gyakran 1000 m magas mészt- és dolomithegyei valóban mind zátonyok-e, a miként ezt sokan föltették, még kérdéses.

Ezeket néha vetődések határolják és így bércszerűen is keletkezhettek. A zátonylagunákban rendkívül finoman rétegzett mészszipap képződik, amiként ez kövesülve különösen solnhofeni lemezes mészt néven ismeretes (395. kép).

[390.JPG]

395. kép. A jurakorú mészzátonyok (szirtek) szelvénye Pappenheimtől Eichstädtig, Altmühl környékén, Bajorországban. A lagunákban lerakódott lemezes meszek fogazódása a zátonymeszekkel. (WALTHER J. szerint.) - A képződmények sorozata alulról fölfelé a következő: 1 = Oxford emeletbeli impresszámárga a *Terebratula impressa* után nevezve; 2 = *Ammonites bimammatus* tartalmú rétegek; 3 = szivacsos mészkő; 4 = Kimmeridge-emeletbeli dolomit ú. n. frank dolomit; 5 = Tithon emeletbeli lemezes mészt.

A kalciumkarbonát (szénsavas mészt) mai ismereteink szerint eredetileg mindig szerves úton keletkezett és másodlagosan, feloldása után, mint kémiai csapadék ülepedhetett le.

Üledékek.

Az *üledék* kifejezést (szedimentum, csapadék) a chemiában alkalmazták először s kizárólagosan a szuszpenzióból (*csapadékból*) álló mechanikai kiválások megjelölésére használták. Meghatározása a következő: »Üledéknek chemiailag valamely zavaros folyadékból az edény fenekére való leülepedés által keletkező csapadékot nevezzük. A szedimentálás leülepedést jelent (ZERNIK).« A geológiában először az oldásból eredő chemiai *kiválást* (technikailag *praecipitatum*), mint pl. a kősót, gipszet stb. nevezték tévesen üledéknek, miáltal a fogalom éles elhatárolása lehetetlenné vált. Így tehát szükségessé vált a régi, szűk keret helyreállítása és visszamentünk a kifejezés szó szerinti értelméhez. *Üledéknek* nevezzük tehát a *Föld kérgének* mindazon *ásványtömegeit, a melyek szilárd alkotórészek felhalmozódásából keletkeztek*. Az a sok egyes tömegrészecske, melyet valamely erő elszállít, üledéket alkot. Az üledékeket az egyes alkotórészek alakja és nagysága szerint nevezzük el. Ha az alkotórészek szegletes töredékekből állanak, akkor *brecscsia* az üledék neve, ha nagyobb, legömbölyített törmelékből van, akkor *konglomerátnak* (*pszefit*) nevezzük. Ha a töredékek átmérője 0.05 mm-től a borsónagyságig terjed, akkor *homokkal* és *homokkővel* (*pszammit*) van dolgunk, viszont *iszap*-, *por*- vagy *agyagkőzetnek* (*pelit*) nevezzük az üledéket, ha 0.05 mm-nél kisebb, legfinomabb ásványpor felhalmozódásából képződött.

Azokat az alkotórészeket, a melyek üledékekké települtek, eredetük szerint osztályozhatjuk. Eszerint ismerünk: 1. *kozmos* alkotórészeket, melyek a világűrben származnak, 2. *vulkanogén* alkotórészeket, melyeket a vulkáni kitörések szolgáltattak és 3. *klasztikus* alkotórészeket, melyek a kőzetek szétrombolásából keletkeztek.

A *klasztikus* üledékeket *detritusz*-oknak is nevezik, mert a már meglevő szilárd anyagok szétrombolódásából képződnek. Ezek a szilárd anyagok eredetileg tömeges kőzetek lehettek, vagy pedig organikus úton képződhettek (e szerint *minerogén* és *organogén* üledékek) és így nem szabad figyelmen kívül hagynunk, hogy milyen kőzetből keletkezett a klasztikus üledék. A mint látni fogjuk, belső és külső hatások következtében az üledékekből olyan kőzetek képződnek, a melyeken az üledékek természetét a legtöbb esetben felismerhetjük. Ha ezeket a kőzeteket ismét mechanikai szétrombolás éri, akkor új üledékek képződnek, a melyek ismét megszilárdulva egészen hasonló kőzeteket szolgáltattak. Azonban ezeket *másodlagos* képződményeknek nevezzük. Anyagukat másodlagos telepeken találhatjuk és a Föld történelmének folyamán még ismételten is átdolgozódtak.

A precipitátumos kőzetek csak alárendelten tudnak detrituszos üledéket alkotni, amennyiben nagyrészt az oldásnak esnek áldozatul.

Az üledékek csak bizonyos sorrendben tudtak letelepedni. A vulkáni és a kozmos anyag az ősidők tengereiben csapódhatott le, mert ekkor még talán nem volt szilárd szárazföld, a mely a letaroló erők támadásainak kitéve, klasztikus üledéket szolgáltatott volna. A chemiai üledékek csaknem kivétel nélkül föltételezik a szárazföldet és hosszú időközöknek kellett eltelniök, mielőtt organikus úton ásványanyagok képződhettek.

Szállításuk módja szerint az üledékeket több csoportra oszthatjuk. Az anyagot a szárazföld folyóvizei, patakok, folyók, azután a tavak és tengerek áramlásai, a hullámmozgások teremtik (*hidatogén képződmények*), nagy tömegeket szállít a glecser is (*glaciális, kryogén képződmények*), a mozgó levegő mindenütt működő szállítási eszköz (*eolikus, anemogén képződmények*) és azok a laza, kirepített anyagok, a melyeket a kitörés ereje szolgált, a Földre hullanak (*vulkanogén képződmények*). A kozmos eredetű csekély mennyiségeket és az állatvilág alárendelt szállítmányait csak a teljesség kedvéért említjük.

Az üledékek beosztása és elnevezése közönségesen azon hely szerint történik, a hol a település végbe ment, minthogy ezt az üledékek mineműségéből gyakran könnyű kinyomozni és a recens képződményekkel való összehasonlítás is rendelkezésünkre áll. Az *üledék fázis*-ének azokat a tulajdonságokat nevezzük, a melyek az üledék keletkezési helyének természetétől, a települési körülményektől függenek. E szerint az üledékeket feloszthatjuk:

I. *Szárazföldi (terrestris)* üledékekre, a melyek a szárazföldön a levegőtenger fenekén - szubaërikusan - képződtek:

- a) kozmikus por (*kozmozgén*),
- b) vulkáni kirepített anyagok (*vulkanogén*),
- c) *klasztikus* anyag, szárazon lerakódva.

II. *Vízi (aquaticus)* üledékekre, a melyek víztakaró alatt, vagy pedig nedves úton telepedtek le. Ezekben az eredet és a szállítási út természete a fázis-sal szemben erősen háttérbe szorul. A fázis szerint beoszthatjuk:

- a) *fluviatilis*, fluviális (folyóvízi-),
- b) *lakusztis* (tavi-),
- c) *marin* (tengeri-) üledékekre.

Mindenik csoportba beoszthatjuk a kozmozgén, vulkanogén és klasztikus anyagokat, a melyek különböző szállítási utakon jutottak oda.

Szárazföldi üledékek.

Az a csekély mennyiségű kozmikus por, a mely a meteoritekhez hasonlóan a világűrből kerül a Földre, kikerülné megfigyeléseinket, ha egyes helyeken nem tudna fölhalmazódni. A grönlandi belföldi jégnek vagy 100 km széles párkányöve van, a melyen belül nyáron az évi hó elolvad. Ezen az övön nagy területeket takar az ilyen *jégpor (kryokonit)* fölötté vékony rétege. Finom, szürke, nedves állapotban szürkésfekete por ez, a mely a teresztrikus alkotórészek mellett kozmikusokat is tartalmaz (magnetit, fém kobalt-nickelvas). Kerek lyukakban fekszik, a melyeknek mélysége 1 méterig és szélessége is 1 méterig terjed. A por maga 1-2 mm vékonyságú hártát alkot. Ezek a lyukak az által keletkeztek, hogy a sötétszínű por erőbben veszi fel a meleget. Ezek az ú. n. olvadási lyukak az egész felületet elborítják és ugyancsak megnehezítik az előbbre jutást. *Kryokonitot* a Spitzbergákon és más északsarki vidékeken is találtak.

Azok a magmatöredékek, a melyek a vulkáni kitörés alkalmával repülnek ki, így a bombák, lapillik, homokok és hamuk, részben közvetlenül a kitörési hely közelében esnek le, vagy pedig a szél fujja el őket. Ezek a kontinenseken a *szárazföldi tufát* alkotják, még pedig rétegzés nélküli lerakódásokat, ha a kirepített anyagok meglehetősen egyforma nagyságúak. Ha különböző nagyságúak, akkor a levegőben különválnak és rétegzett üledékeket alkotnak. Természetesen a legdurvább anyag a kürtőhöz közelebb fekszik. A rétegek hajlása az alaptalajával váltakozik és 50°-ig terjedhet. A lávák és a hamuk néha váltakozva települnek és nagykiterjedésű földsávokat takarnak; több száz méter vastag tömeget alkothatnak. A záporosók következtében, a melyek a kitörésekkel kapcsolatban keletkeznek, továbbá a szivárgó vizek folytán a feloldó és lecsapó folyamatok megszilárdítják a hamut. Vízrel gazdagon keveredve iszapfolyamokat alkotnak, a melyek messzire terjedve több méter magasságban elárasztják a vidéket és finom szemecskéjű, rétegzés nélküli tufát alkotnak.

A vulkáni vidékeken lecsapódott tufák erős változásoknak vannak kitéve. A fumarolák és szolfatarák, forró gőzök és vizek a tufákat szétrombolják és megváltoztatják. Néha a tufák a gőzök következtében vakítófehér, agyagos közetté (*alunit*) változnak, némelykor különféle színeket játszanak. A tufák a letarolásnak nagyon alá vannak vetve, a vizek eliszaposítják őket és másodlagosan lerakódnak. A trópusok alatt elmállásuk lateritszerű, *vörös agyag*. A növények és az állati maradványok a tufákban gyakran igen jól megmaradnak. A fák néha megkovásodnak és a csontokat meg a konchyliahéjakat a gyors beágyazás az elpusztulástól megvédi. Pompeji eltemetése alkalmával a hamueső beágyazta a hullákat; ezekről a megszilárdult anyagban pontos benyomat maradt, a melyek után gipszmodelleket lehetett előállítani.

A magas hegységeken és a sivatag-vidékeken a fizikai mállás következtében a hegyek lábainál törmeléktömegek halmozódnak fel. Ezek néha meredek hajlású, azonban többnyire elmosódó rétegzéssel *breccsiává* szilárdulhatnak. A hegyomlások anyaga egész dombokat épít fel. A törmeléket alkalmilag valamely agyagos kötőanyag is megszilárdíthatja, vagy pedig a szivárgó vizek és források mészkő-üledéke köti meg, a mint ez a Taurus hegységben, Kis-Ázsiában a Tsakyt Tsai szurdokában végbement hegyomlás után történt. A törmeléket itt travertin ragasztotta össze s így természetes híd (Jer Köprü, földhíd) keletkezett az óriás tömbök között ömlő folyón keresztül. A kőfolyamok többnyire szögletes törmelékekből állanak és szintén elmosódó rétegzést mutatnak, a melyek gyakran csak 10° hajlásúak. Két kilométer szélességig terjedő síkokat boríthatnak és többnyire nincsenek megszilárdulva. Az összes törmeléktömegeket könnyen szét lehet rombolni, ha csak valamely szilárd cement nem köti azokat össze. Sok diluviális lejtő törmeléktömeg maradt meg a hegységeken. Ilyen pl. a *Höttingi breccsia* Innsbruck mellett, a mely két agyagos tuskószint közé települt és flórájával a jégkorszakok megismétlődésének elméletére az egyik legfontosabb bizonyítékot szolgáltatja.

A közettörmelékek a környező hegylejtőkről a glecserre zuhannak és minden további kopás és elkülönülés nélkül a jég tetején és a jégben tovább szállítatnak a völgy felé. A glecser homlokán végmorénaként rakódnak le. A törmelékanyag a repedéseken keresztül a glecser fenekére kerül és az alaptalajról lesúrolt anyaggal egyidejűleg a talajmorénában széjjel dörgölődik, úgy hogy a különböző nagyságú szabálytalan tömbök, a melyekre élek csiszolódtak, vagy a melyek egészen legömbölyödtek és csiszolatokat, meg karczolásokat mutatnak, a durva- vagy finomhomokos agyagba és iszapba belesültek és rétegzés nélkül az egész jégfelület alatt kiterjeszkednek (*tuskós agyag*). A szubglaciális vízfolyások ezeket az üledékeket átiszapolják és helyenként rétegzést okoznak. Ezek a *fluvioglaciális uszadékkupacz (sandr) képződmények*, a melyek szintén a jég pereme előtt terjeszkednek ki, a glecsertorlasztavakban tudnak nagyobb vastagságban lerakódni. Hasonlóan, csak hogy hasonlíthatatlanul nagyobb mértékben működik a belföldi jég. Az el nem különült anyag a végmorénában 45°-ig terjedő hajlású sánczban rakódik le és többnyire csak lazán van megkötve (*tuskósáncz*). A glecsereken ez a 100 métert eléri, a belföldi jégen pedig néhány száz méter magasságot. A glecser előtt a végmoréna többnyire ívalakú hátat alkot, a mely a völgyet lezárja. A belföldi jég előtt több száz kilométer hosszú és 40-60 km széles dombvonulatok helyezkednek el, a melyek egymással párhuzamosan sorakozó sánczokból állanak. Ha a glecser visszahúzódik, akkor fenékmorénája a napfényre kerül és a hosszanti morénák mint hosszúra nyújtott hátak helyezkednek el rajta. A belföldi jég fenékmorénájáról az ószok (Åsar) több mérföld széles törmelék- és homokgátai emelkednek ki (v. ö. a *glecservidék* fejezetével).

A glecservizek finom zavarodásai a mélyedésekben fölötté finoman rétegzett és szalagszerűen váltakozva színezett *szalagos agyagok* gyanánt ülepednek le, a melyeken világosan felismerhetjük az éghajlati (pl. az évszakos) ingadozásokat.

Csakis a fenékmorénák tömegei jutnak nagyobb szilárdsághoz, a mennyiben agyagos vagy meszes iszappal vannak összetapasztva; ezek hatalmas lerakódásokat alkotnak és nagy területeken maradnak meg, míg a lazább törmeléktömegek hamarabb lesznek a szétrombolódás áldozatai.

A magas hegységek völgyeiben a jégkorszakbeli glecserek üledékei szélesen kiterjeszkedtek. Észak-Európában és Észak-Amerikában a diluviális belföldi jég óriás kiterjedésű vidékei több száz méter vastag takaróval vannak borítva. A már említett fiatal paleozoos korú eljegesedés vidékein 350 méter vastagságig terjedő hatalmas tuskós agyagot (*tillit*) találtak széles földszívon elterjeszkedve.

Arról, hogy milyen körülmények között történhetik a kontinenseken a *homokok* száraz úton való lerakódása, már a szél működéséről szóló fejezetben beszéltünk. Felhalmozódásukat dűnéknek nevezzük, még pedig megkülönböztetünk *belföldi dűnéket* (különösen *sivatagi dűnék*, *folyami dűnék*) és *parti dűnéket*, a melyek a tengerek vagy tavak partjain keletkeznek. A dűne homokja nagyon finom szemecskéjű, többnyire jól le van gömbölyítve, főképpen kvarcshomokból áll, néha korallhomokból vagy mészoolithból is, a melyekhez még más ásványrészecskék is csatlakoznak, így a mágnesvas, titánvas és mások. Általában nincsen szerkezete, azonban a dűne felszínével párhuzamosan bizonyos ferde rétegzést mutat, a mennyiben a váltakozó szélerősség folytán bekövetkezik a szemecskék szétválasztása. E mellett a színező fémtartalom, vas és mangán különböző oxidációs fokozatainak következtében, továbbá a ritka fémszemecskék hozzákeveredése következtében bizonyos tarka szalagos szerkezet keletkezik. A sivatagi dűnék többnyire sárga, sokszor azonban vörös színűek, mit részben a friss földpátok okoznak. A szélnek kitett oldalon (Luv) a rétegek hajlása 20°-ig terjed, szélárnyékban (Lee) pedig több mint 30°-os a hajlásuk. Ha a dűnéket letarolás éri és talapzatán újak épülnek fel, akkor a párhuzamos rétegzésű telepek között olyan lerakódások keletkeznek, a melyeknek rétegzése sokfelé hajlik. Ez a *diagonális*- vagy *transzverzális-rétegzés* és a *kereszt-rétegzés*, többnyire hirtelen kiékelődő padokkal (364. kép). A beszáradt iszapból *agyagos sár* keletkezik. A sivatagvidékeken ilyen képződmények több ezer négyszögkilométernyi területen és több száz méter vastagságban keletkezhetnek. Velük szemben a parti dűnék erősen háttérbe szorulnak, a mennyiben a part hosszában csak keskeny övet alkotnak. A dűnékbe a szárazföldi és az édesvízi konchylia is betelepülhetnek, a tengeri dűnékbe pedig a tengeri állatok maradványai is. A megmaradás lehetősége azonban egyikre sem kedvező. A vándorló dűnék a különböző virágzó területeket közvetlenül eltakarhatják, úgy hogy a homoktömegek transzgressziójának bizonyos neme következik be. Ha a szél a nehrungról a haffba fujja a dűnéket, akkor ezek az üledék mineműségében éles váltakozást idézhetnek elő, a mennyiben a valódi tengeri, gyakran kőületekben gazdag rétegekre egyhangú, kőületekben szegény homokok következnek, a melyeknek leülepedése természetesen az álló vizek leülepedési viszonyai szerint megy végbe.

Már a felhalmozódás alkalmával bekövetkezik a rétegek bizonyos könnyű megszilárdulása s ez a megszilárdulás a nedvességgel csak növekedik. Ezáltal meszes vagy kovás kötőanyag ülepedhetik le, úgy hogy tarka szalagos szerkezetű, finom szemecskéjű, vékonyrétegzésű, gyakran diagonálisan rétegzett homokkővek keletkezhetnek. A szivárgó vizek következtében a homok helyileg megszilárdul és így kicsiny, fordított kúpok képződnek homokkőből, a melyek több telepen keresztül húzódnak.

A száraz homokképződmények a Föld felszínén olyan nagy kiterjedésűek (az egész terület 7%-a), hogy erre támaszkodva bátran állíthatjuk azt, hogy a Föld előző korszakaiban is széles területeket foglaltak el. Az összes geológiai korszakokban ismerünk hatalmas, vörös konglomerátokat, homokkőveket és agyagokat, a melyeket sivatagi képződményeknek tartanak. Ide

tartoznak a homokkarczolások a görgetegeken, a földpátban gazdag, regenerált homokkövek (*arkozák*) stb. Az ilyenemű legjelentékenyebb képződményekhez számítjuk Németország tarka homokkövét és Skócia homokos agyagját, a *torrido*-t.

Az a finom *por*, a melyet a szél az aszályos (arid) éghajlatú vidékeken felkavar és elvisz, szárazon csak ott tud tartós leülepedéshez jutni, a hol a növénytakaró megszilárdítja, tehát különösen a szteppéken vagy pedig a hegyoldalakon, a szél árnyékában. Itt képződik a *löss*, lyukacsos, világos sárga színű, szögletes kvarczzsemecskékből, agyagpelyhekből, csillám-pikkelyecskékből, mész- és barnavasércrészesekéből álló *rétegzetlen tömeg*, a mely porhanyó és számtalan finom csövecske húzódik rajta keresztül. Ezek a csövecskék az eltűnt gyökérszálak rothadása következtében keletkeztek. Az egyik növénynemzedék a másik fölött tartotta meg a finom porhullást: a lösz. Összetétele azon kőzetek természete szerint ingadozik, a melyeknek szétbomlásából keletkezett. Néha inkább agyagos, meszes vagy homokos. Mohón felszívja a vizet, a mely feloldja a meszet és mint a gyökércsővecskék márgás kitöltése vagy pedig gumós képződmények, *konkrécziók* (*lössbabák*, *lössemberkék*) gyanánt ülepedik le. Bár a lösz könnyen széjjeldörgölhető, mégis megmarad függélyes és kiálló vagy áthajló falakban. Azokat a pinczéket, a melyeket a löszbe építenek, nem kell kifalazni, jól átszellőzöttek és szárazok. A lösz vastagsága különböző, az alsóausztiai Erdőnegyedben eléri körülbelül a 20 métert és a szűk, mély szurdokok többszörösen feltárják (396. kép). Európában a késői diluviális korszakban az eljegesedésen kívül álló területeken, különösen az alföldeken és a dombvidékeken rakódott le. Ez a lösz a talajmoréna és a fluvioglaciális képződmények kifúvásából származott. A sivatag-vidékek szélső részein a löszképződés ma is folyamatban van. Kínában a lösz 200-600 m vastag s minthogy ott a 2000 éves sírokat vagy 2 m vastag lösz borítja, a löszképződés körülbelül 200000 évre nyúlhat vissza. A prériken, a pampákon, az amerikai Nyugat lefolyástalan medenczéiben és Kelet-Európában éri el a legnagyobb kiterjedését. Magyarországon az ősrómai várost, Aquincumot Ó-Buda mellett egészen elborította a lösz (397. kép). Ez azt bizonyítja, hogy képződése egészen a jelen időkig tart. Kiszámították, hogy a Földön 4% a lösztalaj. A löszben megtalálhatjuk: a konchyliaák szteppefaunáját és számos emlőst, közöttük a mammutot, a rinocerot, a pészmatulkot, a sarki rókát, az iramszarvast, a vad lovat és a vad szamarat, sok rágcsálót, így a vándoregeret, az ürgét, a szteppék mormotáját, az ugró egereket stb.

[391.JPG]

396. kép. Lössszurdok az alsó-ausztiai Erdőnegyedben. (SCHAFFER X. F. fotografiai fölvétele szerint.)

[392.JPG]

397. kép. Az aquincumi ősrómai amfiteátrum Óbudán, a melyet löszhöz hasonló üledékekből ástak ki. (LÓCZY LAJOS fotografiai fölvétele.)

A lösz minálunk körülbelül 400 m magasságig található, azon felül illuviális agyag következik. Néha *elagyagosodott öveket* tüntet fel, a melyek azáltal keletkeztek, hogy lerakódásuk idején átmenetileg nagyobb nedvesség uralkodott, a mely a lösz porát megszilárdította. Ha a szél a löszport valamely vízmedenczébe fujja, akkor réteges löszhöz hasonló üledék képződik. Ez az úgynevezett *tavi lösz* (*mocsárlöss*), a mely természetesen vízi konchyliaákat zár magába.

Száraz vidékek talajfelszínén a talaj csekély nedvességének elpárolgása folytán a sók, különösen a konyhasó, nagyobb mennyiségben gyűlnek össze. Ezeket a kristálykákat a szél könnyen elszállíthatja és a finom porral együtt lerakja a steppéken. Így képződik a sóban

gazdag agyagtalaj (*agyagsivatag, Sebcha, Taky, sósteppe, sósivatag*). Eső alkalmával a só felolvad, sóüstök, sósmedenczék keletkeznek, a melyek elpárolognak és a sókéreg leülepedik. A száraz vidékeken a vízpor elpárolgása alkalmával keletkezett sókristálykákat a tenger felől fújó szél is magával viheti és egyes helyeken lerakhatja.

A plasztikus, nedves agyagtalajokban az esőcseppek benyomatai megmaradnak (*fosszilis esőcseppek*); hasonló csészikék keletkeznek a gázbuborékok pukkanása következtében. A *száradási repedések* a kiszáradó rétegeket sokszögű táblákra bontják (222. kép), a különböző állatok nyomai a legfinomabb részletekben megmaradnak. A mai agyagsivatagokban aránylag ritkán fordulnak elő a szerves élet ezen bizonyítékai. Ezek a nyomok, különösen ha nagyobb számban fordulnak elő, parti síkokra utalnak, hacsak a vándorló állatsordáknak nem tulajdonítjuk ezeket.

Folyóvízi leülepedés.

A magas hegységekben, a melyeken nincs növénytakaró, a gazdag mállási anyag kőomlások, kőlavínok, hegyomlások, hegyszakadások útján, vagy pedig vízzel keveredve murkitörések alakjában kerül a völgybe. A mállás termékeit a fenéklavínok magukkal ragadják és minden vízerecske kicsiben a felszínen fekvő kőzetek szétrombolásán dolgozik. Nagy lekoptatott tömegek kerülnek állandóan a patakok medrébe és a völgyek felé haladnak, a finom anyag állandóan, a nagy tuskók pedig csak árvizek alkalmával, a melyek, a mint láttuk, pusztító erővel minden ellentállást megtörnek. E közben a tuskók szétrombolódnak és ily módon a törmelék a vízfolyás folytonosan csökkenő taszító ereje mellett is szállítható. Azt a törmeléket, a mely a normális víznyomásnak ellent tud állni, a következő árvíz sodorja tovább.

A hol a magas hegységek patakjai (vad patakok) a meredek lejtőről a lapos völgyvonalba jutnak, különösen a fővölgybe való betorkolásuknál, *törmelékkúpot* halmoznak fel, a melyen keresztül hol itt, hol ott, gyakran elágazva keresik útjokat. Az az eset is bekövetkezhetik, a mint már gyakran megfigyelték, hogy csekély vízmennyiség mellett a patak egészen beszívárog a törmelékkúpba és csak a lábánál jut ismét a napfényre. A törmelék anyaga szegletes vagy élesre van lekoptatva, nagyság és a kőzetek minemúsége szerint nincsen elkülönülve és a hézagok térfogata többnyire nagy. Néha meszes vagy agyagos betelepülések vannak közbeékelődve; ezek a patak zavarodásaiból csendesebb folyás alkalmával ülepednek le. Bennük elmosódó, völgy felé hajló rétegzést találunk. Ha a fővölgy folyója a törmelékkúpot keresztül metszi, akkor vízszintes réteghézagok mutatkoznak, a melyek ez üledékek természetére vonatkozólag könnyen tévedésbe ejthetnek bennünket. Többnyire meszes cement által megszilárdítva, a szegletes törmelékből *breccsiák*, míg a legömbölyített tuskókból és görgetegekből *konglomerátok* képződnek, gyakran csekély kiterjedés mellett nagy vastagságban (398. kép).

[393.JPG]

398. kép. A Meteora kolostor konglomerát-sziklái Görögországban. (BÁRÓ STILLFRIED fotografiai fölvétele szerint.)

Mihelyt a folyó vonszoló ereje lecsökken, nyomban a leülepedésre való törekvés válik uralkodóvá. A folyó a nehezebb törmelékeket medrének fenekén fekvőre hagyja, *kavicsmedret* alkot (*allúvium*) és ezen folyik tovább. A kavicsmeder azonban nem állandó, hanem a folyó tovább görgeti és taszítja a közettörmelékeket, a melyek éppen ennek következtében és a súrlódás folytán egymást legömbölyítik (*görgeteg*) vagy pedig lelapítják (*hordalékok*). Kezdetben az első, később az utóbbi forma uralkodik. Magas vízállás, árvíz alkalmával a

megnövekedett taszító erő következtében sokkal hevesebben mozog tovább a kavics tömeg és a völgyfenéken át oldalt kiterjeszkedik (*árterület*). Így keletkeznek az egyes alpesi völgyek széles kavicsos fenekéi, a melyekben alacsony vízállás mellett a vízfolyás csaknem, vagy egészen elenyészik, míg a hóolvadás idején vagy pedig felhőszakadások után vad folyam gyanánt zúg tovább (260. kép). Számos alpesi völgy kőszivattá változott ezáltal és a kellő költségek mellett sem lehetséges, hogy a gyakran egy zivataros éjszaka alatt elpusztított művelt vidéket a folyótól ismét elhódítsuk. A kavics tömegek szemecskéi nagyon különbözőek, alkalmilag helyenkint nagy tuskók is vannak közöttük, a melyeket többnyire valamely oldalsó torrens vad patak teremtett oda. A rétegzés hiányzik, a legömbölyített csúcsú és élű kőzetdarabok összevissza fekszenek egymáson. A folyó szakaszának ebben a részében a kavics alkotó részeiből még felismerhetjük a vízterület fölépülését (*helyi kavicsok*). A további folyás mentén általában szélesebb és vastagabb lesz a kavicsmeder és a lejtő csökkenésével együtt az egyes görgetegek nagysága is fogy, kisebbedik. A magas- és alacsony vízállás ellentéte kitűnik a durvább és finomabb anyagok szabálytalan váltakozásából, a mely anyagok telepei a kavics- és homokpadok vándorlása alkalmával oldalt hirtelen kiékelődnek.

A partok peremén, különösen a bemetszett terraszokon, nagyon jól kivehetjük a *folyami képződmények* szerkezetét. Ha az anyag nincsen különválva, akkor a pórusok térfogata 30-35%. A kavicsok rétegzése elmosódó vagy pedig hiányzik, többnyire finomabb anyagok telepei, homoküledékek vannak beléjük ágyazva, úgy hogy ez padképződést jelent. A hordalékok hosszanti tengelyükkel a folyó irányába helyezkedve fekszenek és pedig egy kissé a sodra felé hajolva, úgy hogy a kavicsok fekvéséből felismerhetjük az áramlás egykori irányát (399. kép). Sokszor találunk olyan görgetegeket is, a melyeket a vasoxid kívülről sárgásra színezett és a melyeken fehér lesúrolt foltok láthatók. Mindez arra utal, hogy ezek a magasabb fekvésű, gyakran rozsdavörös színű, régebbi terrasz kavicsokból származnak. Néha többszörösen átiszapolódtak. Némelykor a folyókavicsokban olyan kőzeteket találunk, a melyek a folyó vízterületén ismeretlenek. Ezek az előző korszakok hidrográfiai viszonyainak változására utalnak, hacsak valamely más szállításra nem kell gondolnunk. A kavics telepekből felismerhetjük az egykori vízfolyásokat. Így az északi Mészalpok magas platóján fekvő *szemkövek* (többnyire jól legömbölyített kovák) azt bizonyítják, hogy valamikor a centrális övből folyóvizek folytak keresztül ezeken a magas fennsíkokon, még mielőtt az északalpesi hosszanti völgy ezeket a fennsíkokat el nem választotta.

[394.JPG]

399. kép. A görgetegek helyzete a folyó kavicsmedrében.

Amint már előbb kimutattuk, a folyók kavicsmedrének vastagsága az árterület szélétől a folyó felé növekedik. A Dunáról Bécs mellett kimutatták, hogy a kavicsmeder vastagsága a szabályozás előtt a természetes csatorna jobb partján volt a legnagyobb és a balpart felé csökkent. Ezt a jelenséget BÄR törvénye szerint magyarázták, vagyis a folyó hajlama szerint jobbra törekszik. Bármely nagy folyó kavicsmedrében egymás fölött három különböző lerakódást különböztethetünk meg. Ezek különösen a Dunában nagyon jól kialakultak. Legalul fekszik a *uszádkavics* (*driftagyag*), vagy 4 m vastag, finom, sötétkékgyag, a mely néha homokos is és természete az alatta fekvő kőzettől függ, a melyből a lassan továbbmozgó kavicsmeder alatt alapmoréna gyanánt fejlődött ki. Bécsnél átdolgozott és tisztátalan az agyag (tályag). E fölött fekszik a *kavics* vagy 12 m vastagságig, a melynek görgetegdarabjai nagyon különböző nagyságúak. Míg az átlagos nagyság körülbelül 70 cm^3 , de azért fejnagyságú darabok is előfordulnak és a mogyoró nagyságú kavicsok egész padokat alkotnak. Bár a folyó fő mellékfolyói a Mészalpokból erednek, vagy pedig ezt keresztezik, a görgetegek

főtömege (62%) mégis tejfehér kvarcz és csak 12% a mész, meg a dolomit. Ebből az következik, hogy az anyag nagyrészt a magasabb, régebbi terraszok átmosott kavicsaiból áll. Mennél kisebbek a görgetegek, annál jobban előtérbe lép a kvarcz, minthogy a hosszú úton a puhább kőzetek széjjel dörzsölődnek.

A kavics fölött, berkeket és szigeteket alkotva, fekszik a *folyami agyag (silt)*. Ez finom, sárgás vagy világos barna, elmosódott rétegzésű, finom homokos agyag, a mely számos fehér csillámpikkelyecskét tartalmaz. A folyami agyag nem más, mint a zavaros víz csapadéka, üledéke, a mely nedves állapotban iszapszerű. Gyakran homoktartalma növekszik és így mindjobban a homokba megy át. A folyam pályáján ennek van a legcsekélyebb vastagsága, nagyrészt egészen hiányzik és csak az ártereken halmozódik fel, a hol az árvizek lerakják. Itt eléri a 4 m vastagságot és egészen elnyomja a kavicsot. Nagyon kedvező talajt nyújt a növényzetnek.

Érthető, hogy az uszadékagyban (driftagyag) az organikus maradványok fennmaradására nézve nagyon kedvezőtlenek a körülmények. A kavicsban is csak nagyon rossz állapotban levő csont- és agancsmaradványokat találtak alkalmilag. A folyami agyagba (silt) gyakrabban mocsárrétegek is be vannak ágyazva. Ezekben olyan kagylók és csigák fordulnak elő, a melyek ma a berkekben és a holt ágakban, morotvákban élnek, különösen az *Unio*, *Dreissensia*, *Helix*, *Pupa*, *Lymnaea*, *Planorbis*, *Paludina*, *Bythinia* és a *Valvata*.

Az Alföldeken a legfinomabb homok és agyag nagy terjedelmű területeket alkot. Ezt az anyagot a folyamok árvizek alkalmával vagy pedig az elrekesztett *folyami tavakban* (holt ágakban, morotvákban) kiterjesztik. Ezen üledékek vastagsága igen jelentékeny: a Tisza síkjában az alluviális képződmények vastagsága meghaladja a 200 métert, a felső-rajnai alföldön 175 méternél vastagabb, míg a Gangesé 480 méter vastag. Némelykor a süllyedt vidékeken a felhalmozódás az utánasüllyedésnek arányában történik. Ezzel magyarázhatjuk a fluviális üledékek nagy vastagságát a nélkül, hogy a tenger tükreinek egykori mélyebb állását kellene feltételeznünk, ha mindjárt maguk az üledékek több száz méternyire nyúlnak is a tenger színe alá, miként pl. a Pó síkján.

A folyók tavi vagy tengeri torkolatukon némelykor *deltát* építenek föl, a mely a tetemes üledékszállítás mellett gyorsan növekedik. Lejtője a meredek parton és durva anyag mellett az összeverődés következtében elérheti a 35°-ot. Az iszapos üledék lejtője laposabb (maximálisan 25°). Durva padosodást, padképződést mutat egészen a legfinomabb rétegzésig, teljesen az anyag szerint. Gyakran meredekebb lejtő mellett a rétegek vastagsága lefelé hirtelen fogy és a rétegek a tőfenék üledékeikhez kapcsolódnak, fogazódnak (400. kép). Sokszor *deltató* és *laguna* képződik, a melyek különböző leülepedési körülményeket és életviszonyokat nyújtanak és felsős vizekké (*brackvizekké*) válnak, ha a tengervíz hozzájuk férkőzik. Így a tengeri, felsősvízi (brackvízi) és édesvízi képződmények a tavakban és a folyókban gyakran közvetlenül egymásra helyezkedhetnek, egymásba átmehetnek és a vidék felszínének csekély változása mellett egymás fölé települhetnek.

[395.JPG]

400. kép. A delta hosszanti metszete.

A folyami képződmények pszeffit-ek, pszammitt-ek, vagy pelitt-ek (kavics-, homok-, vagy iszapból valók). A nagyobb elemek le vannak gömbölyítve, a legfinomabbak, a melyek lebegve haladnak, szegletesek. A rétegzés nagyrészt csak jelezve van, többnyire nagyon zavarodott és csak a legfinomabb üledékben világos, a holt ágakban vízszintes és anyaga az iszapolás következtében elkülönült. Megszilárdulása folytán konglomerátok, homokkövek és agyagos-

közetek keletkeznek. Az organikus maradványok nagyon ritkák, részben szárazföldi eredetűek is, megmaradási körülményeik fölötté kedvezőtlenek. A tőzeg és a fatömegek beékelődhetnek (szénképződés), mészkő, gipsz és só képződik a kiszáradó holt ág csapadéka gyanánt. A fluviális képződmények csakis a nagy alföldeken tudnak széles felhalmozási felületeken és nagy vastagságban lerakódni és jelentékeny rétegtagok gyanánt megmaradni.

A tavi leülepedés.

A közbeiktatott tavak és a végtavak tisztító medenczék gyanánt működnek. A természetes iszapolási folyamat a durva üledékeket a torkolat közelében rakja le, a finomabb lebegő anyagot azonban tovább viszi. Ezért a belföldi tavakban a durva anyag elterjedése a parthoz közeleső területre van korlátozva (delta) és a tófenék iszappal van borítva, a mely homokkal keveredhetik. Ez az iszap a mészhegységekben világos szürke mésziszap, a kristályos hegységekben szürke agyag, csillámmal és kvarczhomokkal. Rétegzése finom vízszintes és homoktelepekkel váltakozik, mivel az évszakos vízgyarapodás szerint a folyó zavarodásai ingadoznak. A tavi üledékekre a ráöntött rétegekhez hasonlóan rátalálódik a kavicsdelta, mivel a torkolat egyre előbbre épül, úgy hogy a feltöltött tó keresztmetszete olyan szelvényt nyújt, a mint a milyen a 401. képen látható. Legfelül fekszik azután a kavicsmeder. Ilymódon csekély kiterjedésben hatalmas durva kavicsok és konglomerátok képződhetnek. A lefolyástalan tavakban, amint kimutattuk, mechanikai és chemiai üledékek váltakoznak a hozzáfolyás szerint. A kisebb tavak, a melyek a folyók felső szakaszán nagy számban jelennek meg, aránylag rövid idő alatt feltöltődnek és így széles kavicsmezők keletkeznek, a melyek mocsárképződésre hajlanak. Ez a folyamat sok alpesi völgyben már határozottan be van fejezve. Tirolban ily módon a legutolsó században 118 tó tűnt el.

[396.JPG]

401. kép. Folyóvízi (fluviális) behordás folytán feltöltött tó. A tófenék vízszintes rétegzésű képződményeire delta-üledékek települtek és e fölé a folyóvízi üledékek terjeszkednek ki. (LÖWL F. szerint.)

Sok tóban gazdag állatvilágot és különösen a Lágytestűek (*Mollusca*) héjait találhatjuk és pedig főképpen *Bythinia*, *Valvata*, *Unio* stb. héjakat. Ezek mésztelepekké halmozódnak fel és mésziszappá hullanak széjjel. A szárazföldi csigák a völgyfenék elárasztása alkalmával lebegve (úszva) kitűnően megmaradhatnak és nagy számmal bemosódnak, az álló vizekbe. Némely tó fenekét pépszerű, világos, csomós iszap borítja. Ez száraz állapotban alaktalan, porhanyó vagy darás, piszkosfehér homokká válik. Ez az úgynevezett *tavi kréta* vagy *alm*. Részben konchylia-héjak bomlásából keletkezett, részben azonban szervesetlen úton, elpárolgás folytán csapódott le. Összetételében valószínűleg az egysejtű algáknak is részük van.

A mészben szegény vizekben, a partok mellett vízi mohák nőnek, a melyek sűrű, úszó takarót alkotnak és a rétekhez hasonlítanak. Ezek a mohapárnák a fenékre süllyednek és tőzegképződésre nyújtanak alkalmat. A mésztartalmú vizekben füvek és úszó vízinövények tenyésznek, a melyek a tavat a parttól kezdve elposványosítják. Ezek közül az algákat és pedig a *Chara*-t és a *Nitella*-t kell kiemelnünk, a melyek sok szénsavas meszet választanak ki. Így tehát különböző módokon *édesvízi meszek* képződnek. A vulkáni hamu az álló vizekben gyakran hatalmas, rétegzett tufává halmozódik fel (402. kép), a mely, minthogy részben összegöngyölített hamugolyócskákból áll, *pizolitos* (borsóköhöz hasonló) szerkezetű tufává válik, pl. a kisázsiai Sindsere vidékén.

[397.JPG]

402. kép. Tufás vidék Sindsere mellett Kis-Ázsiában. (ZEDERBAUER E. fotografiai fölvétele szerint.)

Azok az uszadékfák, a melyeket a vízfolyások magukkal hoznak, egyes tómedencékben (Kanada) hatalmas telepeket alkotnak, a melyek lignitbe mennek át és homokkal meg agyaggal váltakoznak. Ilymódon *allochthon* (idegen talajról származó) *széntelegek* fölhalmozódására nyílik alkalom. Magasabbrendű állatok beiszaposodott hullái és a növénymaradványok gyakran kitűnő állapotban maradnak meg és az előző korszakok gazdag szárazföldi faunáját és floráját főképpen a tavi képződmények nyújtották. A tavakban és tengerekben előfordulhat, hogy a sótartalomnak vagy a hőmérsékletnek gyors váltakozása, valamint fémoldatok hozzáfolyása vagy gázexhalációk (gázkigőzölgések) következtében a halak és egyéb állatok nagy tömegben egyszerre elpusztulnak, miáltal a szerves anyagok fölhalmozódnak.

[398.JPG]

403. kép. Homokkölemez hálós lécekkel, a melyek kiszáradás folytán keletkezett repedések kitöltései.

A nagy tavakban bizonyos tekintetben olyan leülepedési viszonyok következnek be, mint a milyeneket a tenger mutat. A felsósvízi (brack), vagy a sósvízű tavak olyan faunát honosítanak meg, a mely az eltérő életfeltételekhez alkalmazkodik. A növekedő sótartalommal egyre szegényedik a fauna, míg végre a sós fenéken már semmiféle élet sem marad meg, csak kémiai csapadékok és üledékes rétegek váltakoznak. A relikturnos tavakon gyakran nagy nehézségekbe ütközik a tengeri és tavi leülepedések körülményei között a határt meghúzni.

[399.JPG]

404. kép. Hullámbarázdák a luzerni miocénkorú homokkövön. (BACHMANN tanár fotografiai fölvétele szerint.)

A vízállás ingadozása mellett a kiképződési (fáciesbeli) feltételek gyorsan váltakozhatnak. A tó kiterjeszkedése alkalmával a hullámverés képződményei gyakran a környék széles területe felett transzgredálnak (túlterjeszkednek) és a vízfelület összezsugorodása alkalmával ugyanez történik a tófenék képződményei fölött. Ezen közben nagykiterjedésű felületek a szárazra kerülnek, a talaj sokszögű táblákra szakad széjjel, a rajta keresztülhaladó állatok benyomják lépésnyomaikat. Ha az üledék megszilárdul és a rátelepült rétegek megvédik azt, úgy ezek a nyomok a szárazsági repedésekkel és hullámbarázdákkal (rippelmark) együtt megmaradnak. A fedőrétegek alsó oldalán ezen díszítések ellenlenyomatait láthatjuk, úgy hogy még a megzavart rétegekben is felismerhetjük a padok alsó és felső oldalait. A szárazsági repedések lenyomatai lécszerű kiemelkedéseket mutatnak, a melyek egymást többszörösen keresztezik (*hálós lécek* a 222., 403., 404., 436-438. képeken).

Tengeri leülepedés.

A szárazföldi lerakódási vidékek, a mi az üledékek elterjedését, egyformaságát és nagy vastagságát illeti, valamint a faciesbeli kiképződés éles jellegzetessége tekintetében korántsem mérkőzhetnek a tengerrel, a melynek ölébe az összes kémiai és mechanikai letarolási termékek törekednek. Csakis a lefolyástalan vidékek vetekedhetnek velük kiterjedés dolgában. A kozmikus, vulkáni és klasztikus anyagok egyesülnek a tengerben, az összes lehetséges

szállítási eszközök ide hordják össze azokat; ide kerülnek a kémiai és az organogén üledékek. A tengerek medenczeit a *bathimetrikus (mélységi) viszonyok* szerint különböző lerakódási kerületekre osztjuk fel, melyeket azonban különféle módon szoktak elhatárolni. A *partközeli (litorális-) vidék* a maga siker vizével, a selfővnek megfelelően, körülbelül a 200 méteres vonalig sülyedve, néhány száz kilométer szélességben kíséri a szárazföldeket és a szigeteket; magában foglalja a közép- és parti tengereket. Ez a *kontinentális* vagy *terrigén*, a szárazföldről eredő *üledékek* (pszefit, pszammit és pelit) vidéke, ezeket az anyagokat a folyók, áramlások és a szél hordta ide. A sótartalom következtében gyorsan a fenékre sülyednek és átiszapoláson mennek keresztül s ez után a durvább anyag a parthoz közelebb, a finomabb pedig ettől nagyobb távolságra rakódik le, miközben a legfinomabb, különösen az agyagos részecskék még lebegve maradnak. A litorális vidéken lerakódott terrigén üledékek összetétele a szomszédos kontinens természetétől függ, a mely a régi tömeges kőzetek szétbomlási termékeit, mészsizapot, vulkáni kirepített anyagot stb. tud szállítani. Ezen a vidéken a leülepedés gyorsan megy végbe; vastag üledékek képződnek, a melyeknek minemősége a hely és idő szerint gyorsan változik. Az üledékek megzavart, részben meredek hajlású diagonális rétegzést és egészen a 150 m mélységig hullámbarázdákat mutatnak. Két különböző övet különböztethetünk meg és pedig a *parti vidéket*, a *Schorre-t*, az árapályok váltakozó játékával és a *sikértengert*, vagyis *neritikus (Schelf) vidéket*. A part minemősége szerint megkülönböztetünk *homokos-*, *iszapos-* vagy *sziklás partokat*, a melyekben különböző leülepedéseket és a szerves élet különféle föltételeit találjuk. Az apály idején száraz parti homokon hullámbarázdák, nyomok és szárazsági repedések láthatók, a pázsiton tengeri fű tenyészik, sós pörjék halmozódnak fel. Az organikus maradványok, különösen a kagylók nagy mennyiségben rakódnak le és morzsává (*falun*) dörzsölődnek széjjel. Földben turkáló konchyliaák és férgek, ollótlan rákok és tüskésbőrűek élnek itt (*lidotípus*). A lapos partokon az új szárazföld gyorsan képződik, amiben a trópusi tengerek vidékén a növényvilág, különösen a mangrove-erdők is közreműködnek. Ilyen helyeken épülnek előre a delták is. Minthogy a könnyebb fajsúlyú folyóvíz a tengervíz tetején úszik, azért zavarodása messzire kiáramlik. Az édesvíz hozzáfolyása következtében a tengervíz helyenként felsóssá válik, ami a fauna nagy változását idézheti elő. Hasonló föltételeket nyújt az iszapos part. A sziklás partokon *tuskós törmeléket* találhatunk és görgetegekből álló tengeri lejtőket, itt nőnek az algák, közöttük a mészalgák; a korallok, osztrigák és a Balanus-ok a sziklákra tapadtak, odanőttek; nagy, vastaghéjú konchyliaák a hullámverésnek ellentállanak, Patellá-k és más kagylók erősen a sziklákhöz tapadnak; a fűrőkagylók, tüskésbőrűek és szivacsok lyukakat fúrnak maguknak a kőzetbe. A litorális vidéken élő fauna a benton, nekton és plankton formák leggazdagabb társulása, a mely részben a váltakozó hőmérséklethez és a váltakozó sótartalomhoz alkalmazkodott (*eurytherm* és *euryhalin*). A mozgó víz és a behatoló fény hatást gyakorolnak az életfeltételekre. Itt képződnek az algák, korallok és konchyliaák nagy organogén mésztömegei, azokból az állatokból, a melyek itt éltek, de felhalmozódnak a planktoni szervezetek is, a melyek a legnagyobb tengeri mélységekben hasonlóképpen előfordulnak.

A *bathyalis* vagy *hemipelagikus* öv 200 m és 1000 m között terül el és folytatódik az *abysszális* mélységhez. Ez az öv állandó hőmérsékletet mutat, az áramlások következtében vize gyenge mozgásban van, a belejutó fény már gyenge, vagy éppen semmi és a meggátolt asszimiláció miatt a növények is hiányoznak. Iszából táplálkozó állatok, halak, hosszúfarkú rákok és lábasfejűek (*Cephalopoda*) élnek itt. A legfinomabb terrigén üledék rakódik le, a melyet sűrű iszapnak (*sliikk*-nek) nevezünk és ez az üledék 4000 m mélységig ér le. A *kékszíni sűrű iszap* a kénes vas festette kékre, míg a trópusi partok *vörös sűrű iszapjának* a színe a laterittől ered. Ezekben a mélységekben fordul elő a *glaukonithomok*, a mely kálivasoxid-szilikátok sötétzöld, szabálytalan szemecskéiből (1 mm-ig = 2 r) keletkezett. Ez a homok szerves lények közreműködésével az organikus kemény részekbe és ezek körül rakódik le,

különösen a foraminiferák héjacskaikat szokta bevonni. Pirit- és foszforitgumók is előfordulnak benne. A foszfátok a szerves maradványok körül képződnek, a foszfortartalom pedig az elkorhadott gerinczes állatoktól ered. A mészpartok és a korallszigetek közelében fehér *meszes sűrű iszapot* találhatunk, a mely 90%-ig terjedő meszet tartalmaz és szerves kemény részek szétrombolásából eredt, vagy pedig baktériumok közreműködésének hatására vált ki.

Az *abisszikus (pelagikus)* vagy *mélytengeri képződmények* vidéke az óceánoknak a partoktól távol levő részeire esik, ahová a szelek, az áramlások, a drift, vagy pedig a nektóni állatok gyomortartalmai juttatnak némi kevés terrigén anyagot. Itt a vulkanogén és a planktoni mészüledékek az uralkodók. Ez az *afotikus* (fénytelen) vidék a 0°-hoz közeledő hőmérséklettel, a mely csak a Földközi-tengerben melegebb valamivel; növényvilág nélkül, részben vak, vagy pedig világító készülékkel ellátott kozmopolita elterjedésű faunával. A nagy mélységekből ismételten halásztak ki szárazföldi növényeket, a melyeket az áramlások hurczoltak oda. Uszadékjég útján durva terrigén anyag is jutott oda.

Az óceánok mélységeit 4000 és 5000 m között főképpen ragadós, sárgás vagy szürke, száraz állapotban krétafehér mésziszap foglalja el, a mely két harmadrészben planktoni szervezetek héjacskaiból áll; a héjak az állatok elhullása után a mélységbe süllyednek. Ez állatok főképpen planktoni életmódú foraminiferák, köztük elsősorban globigerinák, azután kokkolithok és rhabdolithok, a melyek a *globigerinás iszapot* alkotják, egészen 90%-ig terjedő mésztartalommal. Egy köbcentiméter iszap 200000-nél több héjacskaat tartalmaz. Ez az iszap a forró égőben és a meleg áramlatok hosszában van elterjedve, de a kontinentális szegélyen is előfordul. Az eső gyanánt fenékre süllyedő héjacskaakat a víz 1000 méternél nagyobb mélységben korrodálja. A globigerinás iszapot különösen az Atlanti-óceánban találhatjuk, de az Indiai- és a Csendes-óceánban is el van terjedve. Az egyes melegebb tengermedencékben a Pteropodák finom mészházacskaik az uralkodók (*pteropodás iszap*). Más tengerekben, különösen a hidegebbekben kovaiszap borítja a medence talaját; ez az iszap az egysejtű kovaalgák parányi vázaiból, Diatomaceákból, Radioláriákból és szivacsstükből képződik; ez a *diatomaceás iszap* 90%-ig terjedő kovasavtartalommal. Ez a legnagyobb tengeri mélységeig nyúlik le, míg a mésziszap körülbelül 5000 méterben eltűnik, mivel a mészhéjacska a nagyobb nyomás következtében feloldódnak.

A legmélyebb óceáni medencéket, különösen a Csendes-óceánban 5000 m alatt, de az Antarktiszon már 2000 és 3000 m között az úgynevezett *vörös mélytengeri agyag* borítja be, a mely nyúlós, téglavörös színű, egészen a vörösbarna árnyalatig és a vulkáni hamuk és horzsolókövek szétbomlásából keletkezett. Régebben a mészhéjak, különösen a globigerinák oldási maradványának tekintették. A vörös mélytengeri agyag eolikus anyagot tartalmaz, a mely paszátpor alakjában repül át az óceán fölött; ehhez kozmikus anyagok keverednek és pedig bronzitichondritok - ½ mm nagyságú szemecskékben - és mágnesvasgolyócskák. Radioláriáktól eredő konkréziószerű mangángumókat és kovavázakat is találhatunk benne. Ha ezek az anyag 20%-át adják, akkor *radioláriás iszapnak* nevezzük, azonkívül czápafogakat feloldott dentinnel és a cetek fülcsontjait (*cetolithek*) találjuk benne. Látszólag minden más anyag, a mi a felszínről a fenékre süllyed, feloldódik. A parttól távol eső mélységekben nagyon lassan halad a leülepedés. Így a felszínes fenékpróbákban harmadkori czápafogakat találtak és a kozmikus por gyarapodását is csak ezzel tudjuk megmagyarázni. A legnagyobb óceáni mélységekben is kimutatták az üledékek rétegzését, a mely a mészdús és mészben szegény anyag váltakozásából és a különböző színezésből tűnik ki. A fenékpróbák, a melyeket 80 cm hosszúságig vesznek, a felszínen mindig nagyobb mésztartalmat mutatnak. A parttól távol fekvő nagy mélységekben is találtak homokot (pl. a Délatlanti-óceánban 7230 m mélységben), a mely bizonyára valamely tengeralatti kiemelkedésről származik. A mélytengeri üledékek óriás kiterjedése mutatja, hogy milyen kevésbé változatosak ottan a leülepedési

föltételek. A 350 millió négyszögkilométernyi tengerfenékből körülbelül 80 milliót kontinentális üledék takar, 130 millió esik az organogén üledékekre (uralkodólag a globigerinás, iszapra) és 140 millió km² a vörös mélytengeri agyagra.

Ehhez képest az életvilág létfeltételei is nagyon egyformák és a víz mozdulatlanságától, a nagy nyomástól, a mely egészen 1000 légköri nyomásig terjedhet, a világosság hiányától és a 0°-ig terjedő hőmérséklettől függenek. Őskori állatvilág él itt, a mely a Föld mezozoos korszakára emlékeztet, sajátságos halak és rákok, kicsi, vékonyhájú kagylók, apró Brachio-podák, tüskésbőrűek, tengeri csillagok és tengeri liliomok, magányos korallok, kovaszivacsok és foraminiferák, különösen globigerinák és radioláriák. Az ezekről szóló tudásunkat a legutóbbi idők nagy mélytengeri expedícióinak köszönhetjük.

A tengerfenék egyes helyein, ahová az áramlások semmi oxigént sem hoznak, a gyors rothadás megakad és az állati maradványok felhalmozódnak. A szulfátok redukálódnak és kénhidrogén képződik, mint a lagunákban és az elzárt Fekete-tengerben. Ott semmi állati élet sincsen a fenéken, sőt feljebb sem, egészen addig a magasságig, ahonnan még a friss víz odaáramlása hiányzik. A kén leválk és az állati testek vastartalma kénes vas képződésére nyújt alkalmat, a mely kékre való színezést okoz, és gumókban (konkréciókban) gyülemlik fel. Az a vasoxidhidrát is, a melyet a folyók sodornak be és a mely az iszapot vörösre színezi, szintén kénes vassá változik.

A fácies. (Az egyidőbeli lerakódások különböző arculata.)

A fácies nem más, mint a különböző viszonyok között keletkezett lerakódások egyidőben való kiképződése. Az üledék *fácies*e annak petrográfiai és faunisztikai sajátosságait jelenti, a melyek a leülepedési körülményektől és a beléjük ágyazott szervezetek életviszonyaitól függenek. Az azonos fáciesű üledékeket *izopikus üledékeknek* nevezzük, míg a különböző fáciesű üledékeknek *heterop üledék* a neve. A különböző lerakódási helyek képződményeit heterotopikusoknak nevezzük. A fáciesbeli kiképződéseknek egész sorozatát különböztethetjük meg, ilyenek a vulkáni- (tufák), eolikus- (dűnék, a lösz), a sivatagfácies, a glaciális-, eluviális- (laterit), alluviális vagy fluviális-, a deltafácies, a tavak lakusztis vagy limnikus fácies, az édesvízi-, félsósvízi és tengeri fácies, a parti fácies, a litorális-, neritikus-, bathiális-, abisszikus és pelagikus fácies, az iszap, a homok és a sziklás partok fácies, a zátonyfácies (korallok, bryozoák, mészalgák), azután az ott uralkodó fauna különböző típusai, mint pl. a pleurotomentonok, a cerithiumos homokok, a globigerinás, radioláriás és pteropodás iszapok fáciesei, az iszapfácies stb.

Azok az üledékek, a melyek a felszín váltakozó fizikai viszonyainak hatása alatt álló tenger-részekben rakódtak le, nagy változatosságot mutatnak összetételükben és faunájukban, a mely beléjük van ágyazva. Ez azt jelenti, hogy a *fácies váltakozása* vízszintes irányban igen gyors az egyidőben képződött lerakódásoknál, függélyes irányban pedig (az egymásra települt rétegekben) szintén gyors a fácies váltakozása, az életkörülmények és a leülepedési viszonyok beállott változása folytán. Például mialatt az iszap és homok oldalsó irányban egymásba átmegy, ugyanakkor egymás fölött is előfordulhat. Az egyik kőzetfáciesből a másikba való átmenet lassan mehet végbe, amennyiben például az agyag mésztartalma egyre gazdagabb lehet, míg tiszta mészkő keletkezik, vagy pedig valamely *összefogazódás* képződhetik, olyan nyelvformájú összetétel (394., 395., 400. kép), mint például a zátony, vagy parti képződményeknél a nagyobb vízmélységek lerakódásaival. Ha valamely hely lerakódási körülményei megváltoznak, akkor *fácies-váltakozás* következik be. Így valamely tengeri medence kitöltése alkalmával a nagyobb mélység fölött síkervíz fácies következik, a tengeri

képződmények a szárazföldi képződmények fölé helyezkednek, a sivatagi képződmények a vízhálózatos vidék fölé, vagy lakusztis rétegek fölé stb. Röviden a Föld felszínén a fáczies örökös vándorlását állapíthatjuk meg, a mely az előző korszakokban még nagyobb arányokban történt. Szigorúan véve tehát minden réteghézag fáczies változást jelent és a legnagyobb jelentőségű a Föld felületén végbement változások ismeretére, hogy ezen választófelületeket megmagyarázzuk.

A lerakódások vastagsága keletkezésük módja szerint fölötté változó és az ugyanabban az időben képződött rétegek még azonos kiképződés mellett sem egyforma vastagok. Itt csak néhány milliméter vastagságú finom iszap ülepedett le, míg amott több száz méter vastag durva kavicsréteg halmozódott fel ugyanazon idő alatt. A tömeges koralltörzsek csak egy milliméter töredékére vagy néhány milliméternyire nőnek egy év alatt, míg a hamueső néhány óra alatt nagy kiterjedésű földsávot tud több méter magasságban elborítani. Éppen azért merész dolog a lerakódásokat összehasonlító időmértékül alkalmazni. Annál kevésbé használhatjuk ezeket abszolút mértékek gyanánt, kiképződésük időtartamának évekre való átszámításánál, amennyiben, amint a »Chemiai lerakódások« fejezetében, a sötömegekben való rétegváltakozásoknál említettük, az egyes periódusok hosszát nem ismerjük. Csak egy kísérletről, tudjuk, hogy meglehetősen megbízható eredményt adott és ez a Svédország finoman rétegezett glaciális csikos agyagának vizsgálata volt; ugyanis ennek egyes telepei a meleg évszaknak felelhetnek meg s ez vezetett ahhoz, hogy e vidék belföldi jegének elolvadását körülbelül 12000 esztendőre becsülték. Ezek a számítások azonban olyan lerakódásokra támaszkodnak, a melyek a legfiatalabb geológiai korszakban képződtek és érthető, hogy az összes mértékek annál inkább elmosódnak, mennél messzebb megyünk vissza a Föld történelmében.

A lerakódások időbeli elterjedése éppen olyan különféle, mint térbeli kiterjedésük. Az óceáni mélységek üledékeinek hatalmas kiterjedésével ellentétben állanak a belőlük kúpformában feltörő mészzátonyok és a partszegélyi (sorr) képződmények, a melyek hirtelen kiékelődve nyelv alakban nyúlnak bele a szomszédos üledékekbe. Az álló vízburok alatt a leülepedés általában konkordánsan és hézagtalanul megy végbe, míg a szárazföldön és folyómedrekben a könnyebb letarolás következtében inkább a hézagosság és diszkordancia az uralkodó. Hullámok, áramlások, feloldódás és csuszamlások folytán az állóvizek takarói alatt is keletkezhetik *szubakvatikus*, illetőleg *szubmarin* letarolás, megszakadhat a rétegsorozat és rétegzavargások történhetnek. Mindez nemcsak a szorosabb litorális vidékeken és zátonyhalmokon következhet be, hanem a parttól nagyobb távolságokban is. Nagy mértékben fordulnak elő a kontinentális talp szélein és a mélytengerek árkaiban, a mennyiben a nagy mélységekbe vezető lejtő néha 5-20°-ot tesz ki. Úgy látszik, hogy az üledékek folytonos felhalmozódása áthágja a hajlasi szöglet maximumát és a lerakódások vastagon folyós vagy részben már megszilárdult mineműsége mellett az üledékek nagy részének a mélyebben fekvők fölé való lecsuszamlása következik be, a mi kicsiben olyan jelenségekhez vezethet, mint a minőket az erősen megzavart hegységek áttolódásaiban és átredőzéseiben ismerhettünk meg. A leülepedés megszakítását a letarolás követheti a nélkül, hogy a rétegek megzavartatnának. Az új domborzatra települt üledékek a régebbiekkel párhuzamos rétegfelületeket mutathatnak és látszólag konkordánsan fekszenek, a mire csak az elválasztó felületen túlterjeszkedő település utal (*eróziós diszkordancia* 405. kép). Ha azonban a letarolás olyan módon következik be, hogy az általa megteremtett felület megfelel a réteg felületének, akkor *rejtett diszkordancia* keletkezik, a mely csak a rétegsorozat hézagaiban ismerhető fel (406. kép). Az üledékes kőzetek a repedésekben vagy a szabálytalan üregekben kitöltések gyanánt is előfordulhatnak, mint pl. az agyag vagy a terra rossa a mészhegységekben, vagy pedig a homokok a földrengési hasadékokban (206. kép), úgy hogy ha alárendelten is, de telér alakjában fordulnak elő.

[400.JPG]

405. kép. Eróziós diszkordancia; *a-d* rétegek lerakódása után (v. ö. a 160. képpel) erózió következett be az *A-B* letarolási felületre *e* réteg rakódott le.

[401.JPG]

406. kép. Rejtett diszkordancia; az *A-B* letarolási felület egybe vág a *c* rétegfelületével és felhalmozódási felületté válik. A konkordáns települést ábrázoló 160. képpel összehasonlítva, képpünkön hiányzik a *d* réteg; s ez a réteghiány bizonyítja a diszkordanciát.

Diagenézis. (Az anyagok belső átalakulása.)

A lerakódások a belső és külső erők folytonos hatása következtében kémiai és fizikai tulajdonságaikban megváltoznak, többnyire megszilárdulnak, miáltal először is *üledékes kőzetekké* válnak. A megszilárdult üledékekből *sedimentumos* vagy *romkőzetek* képződnek. Ezek a változások nagyon sokféle módon és a belső erők hatására történnek, tehát a külső erők közreműködése nélkül, mint a milyenek pl. a vulkáni hőmérséklet és a hegység nyomása. A belső erők hatása folytán keletkezett változásokat *diagenéziseknek* nevezzük. Az anyagvesztesség vagy anyagpótlás, különösen a *kilúgozás* és a *megszilárdulás*, vagy a *kémiai átalakulás* már a lerakódás közben folyamatban van, vagy pedig a lerakódás után megy végbe. Már a hegyi nedvesség elvesztése következtében bekövetkezik a megkeményedés, a mint azt az épületköveken láthatjuk, a melyek friss állapotban könnyen feldolgozhatók és a kiszáradás alkalmával a vízben oldott anyagok (mész) kiválása folytán megszilárdulnak. A laza anyagok legegyszerűbb cementje az iszap, a mely a kiszáradás következtében megkeményedik. A feloldott anyagok, a melyek kívülről jutottak oda, vagy pedig részben az üledék feloldásából származnak, összeragasztják, a szerves rothadási termékek közreműködésével pedig kiválasztják a laza anyagokat. A leggyakrabban a nehezebben oldható kalcit pótolja az aragonitot. E mellett pszeudomorfozók keletkeznek, vázrészek vagy héjak után és mészpát-kitöltések, de víztartalmú kóvasav-kitöltések is, kalcidon (*elkovásodás*), pirit, hematit (*elérczesedés*) és más ásványok (lásd a Megkövesedés című fejezetet!). Korallók, mészalgák és kagylós homokok (*falunok*), elvesztik organikus szerkezetüket és kristályosba mennek át.

A meszes detritusz a rothadó szerves anyagok hatására a megmelegedett vízben a mész kicsapódása következtében, vagy pedig a csöves férgek, mészalgák stb. mészlerakódása folytán tapad össze. Így keletkeznek a mészzátonyok és más nagy mésztömegek, a melyek gyakran meghazudtolják szerves eredetüket. A réteges mésziszap lemezes meszet szolgáltat. A tengeri üledékek felszíne gyakran már kéreggá keményedik. A legkülönbözőbb nemű görgetegek, a fenékmorénák karczott lesúrolt kövei, a sivatagok sima éles törmelékei, a folyami- és parti kavicsok *konglomerátókká* kapcsolódnak össze, a szögletes törmelékekből pedig *szögletes sziklafalak* vagy *breccsiák* lesznek; a homokokból képződnek a homokkövek és pedig *kvarcz-* vagy *mészhomokkövek* a kötőanyag mineműsége szerint, a mely néha vastartalmú; a réteges agyag (iszap) *agyagpalává* szilárdul, a melyet a bitumen vagy szenes anyagok feketére festenek. Ha szénsavas mész keveredik hozzá, minek folytán a szilárdsága növekedik, akkor *márgáról* vagy *meszes márgáról* beszélhetünk. A tuskós- és törmelékagyag megszilárdulásából lesz a *tillit*. Azok a homokok, a melyek gránit, porfir stb. szétrombolódásából eredtek, összetapadva úgynevezett *arkóza-homokkővet* alkotnak, a melyekben az anyag nem különül el. *Grauwacke* a neve az agyagpalából s homokkő-törmelékekből megszilárdult kőzetnek. A meszes cement a kvarcz-homokot olyan módon szilárdíthatja meg, hogy a kvarczszemecskék kristályokká fejlődhetnek ki: ez a *kristályosodott homokkő*. A vas vagy a

vasas vegyületek a vízátbocsátó üledékekben oxidáló hatást fejtenek ki (rozsdásodnak) és így szénsavas vasoxidul, vashidroxid és vasoxiduloxid képződik, minek következtében vörösre, barnára, sőt feketére való színeződés és a laza alkotórészek összeragasztása következik be. Ez a hatás valamennyi vasszerszámon mutatkozik, ha hosszabb ideig feküdt a földben (407. kép).

[402.JPG]

407. kép. Vashorog, a melynek oxidációja vastartalmú kötőanyagot szolgáltatott: ez ragasztja össze a kavics görgetegeit.

Ha a cellulóz kémiai átalakulás következtében szénné válik, vagy pedig más szerves maradványokból kémiai átalakulás útján folyékony vagy szilárd szénhidrogén lesz, például a szerves testek szétbomlása alkalmával, miközben kén, foszfátok, glaukonit, pirit, mocsárcércz, rézcércz képződik, akkor is diagenézis megy végbe. Szapropel-ben bővelkedő meszekből bitúmenes (*büdos*) meszek keletkeznek. Az anhidrit vízfelvétel folytán gipsszé változik, miközben a térfogati megnagyobbodás következtében körülbelül 60%-ában gyűrődések következnek be (*fodros kő*, 231. kép).

[403.JPG]

408. kép. Sejtes dolomit. (Rauchwacke.)

A könnyen oldható alkotórészek felolvadnak és eltávoznak. Azokat az átalakulásokat, a melyek a sótelepekben átkristályosodás folytán mennek végbe, szintén a diagenézisekhez számítjuk (l. a Kémiai lerakódások fejezetét). Valamennyi víz, de különösen az édesvíz erősen megtámadja, *korrodálja* a mészhéjakat még az állatok élettartama alatt (*korrozio*). Az aragonit a mésznél gyorsabban oldódik (lásd a Megkövesülés című fejezetet). A nagyobb tengeri mélységekben ez a kovás maradványokkal is megtörténik, a vulkáni kirepült anyagok szétrombolódnak és csak a vörös mélytengeri agyag marad hátra.

[404.JPG]

409. kép. Üreges görgetegek.

Ha a löszből eltávozik a mész, akkor *agyaggá* változik, míg más helyeken a kilúgozott mész felgyülemlik és *lösszábukat* alkot.

A dolomitos mészben felolvad a szénsavas mész és lyukacsos *sejtes dolomit* (*rauchwacke*, 408. kép) marad hátra. A dolomitgörgetegek, a melyeket meszes cement köt össze, azokban a hasadékokban, a melyek a kőzetet átszelik, föloldódnak úgy, hogy *üreges görgetegek* keletkeznek, a melyekben a magnéziumkarbonát pora gyakran arra vall, hogy a kalciumkarbonát gyorsabban oldódott fel (409. kép). A meszes kötőanyag feloldása folytán a kvarcshomokból lyukacsos *grauwacke* keletkezik. A kőzet hasadékeinak kvarcból való kitöltései még akkor is megmaradnak, ha a kőzet maga már egészen eltűnt (410. kép). Az üledékekben igen gyakori jelenségek a *konkréczióképződések*, a melyeknél ugyanis oldható anyagok egyes helyeken összegyűlnek és többnyire golyószerű vagy szabálytalan gumós testeket választanak ki. Az anyagok kicsapódása valamely középpontból indul ki, a mely gyakran nem szerves, néha azonban szerves test is lehet, melynél a rothadás is közreműködik. Az agyagokban meszes konkrécziók vagy barit, foszforsavas mész, pirit, vaskarbonát, cölestin, tűzkő (flint) konkrécziók válnak ki (411. és 412. kép). A szilárd testeken bevonatok képződnek, vagy pedig a szerves maradványok, különösen a mészhéjak kitöltődnek. Néha az is előfordul, hogy a diffúzió a mészhéjak vagy csontok belsejét kristályokkal béleli ki (452. kép), vagy pedig

geodák (üreges fészkek) keletkeznek. *Szeptáriák*-nak nevezzük azokat a konkrécziókat (413. kép), a melyeket többnyire sugarasan elhelyezkedő kiszáradási repedések metszenek keresztül; a repedéseket gyakran más ásványok töltik ki. A konkréczió belsejében levő laza darabok csörgő zajt adnak (*csörgőkő*, 414. kép). A mészkőben és márgában (*szöges mészkő, tölcsérmárga*) *sztilolitek* fordulnak elő (415. kép); ezek hosszúra nyújtott oszlopok és csapok, egyenesek vagy hajlítottak, 10 cm-ig terjedő hosszúsággal és behatolnak az alattuk fekvő rétegbe. Más vélemény szerint ezek valamely szilárdabb réteg részei, a melyek az alattuk fekvő puhább kőzetbe nyomultak volna, vagy pedig a csapok egyoldalú nyomás következtében orientált feloldódás által nyomultak volna be a szomszédos rétegbe. A száraz homokokban a beszivárgó vizek folytán fordított kúpalakú vagy golyószerű képződmények is alakulnak, részben duzzanatos gyűrűkkel, a melyek gyakran még világosan mutatják a rétegzést és a mész-, agyag- vagy vastartalmú kötőanyag folytán megszilárdulva megmaradnak. A szivacsok, radioláriák és diatomeák kovasava a szénsavtartalmú vizekben oldható, a szerves maradványok elkovásodnak vagy tűzkőgumókba záródnak be. A konkréczió-képződés kémiai folyamatairól még keveset tudunk, azonban a *kolloidok (gélek)* bizonyára nagy szerepet játszanak benne. Nem tudjuk, vajjon miért képződnek konkrécziók az egyik helyen, a másikon pedig nem és hogy a felgyülemelő ásványanyagok az anyakőzet félre tolása folytán milyen módon teremtenek helyet maguknak. A kristályképződéshez hasonlóan a növekedési nyomást kell itt számításba vennünk, a mely a konchyliák héjait is szétrepeszti, ha bennük konkrécziók keletkeznek. A növekedési nyomás következtében a sivatag homokjában nagy gipszkristályok és fészkek keletkeznek, miközben a homok kiszorul (416. kép). Erre vezethetjük vissza a Belemnitek szétszakadását is, a melyekben az egyes részek között az üregeket mészpát tölti ki anélkül, hogy a plasztikus pala oda be tudott volna hatolni (417. kép). A telérrepedések a kikristályosodó ásványok nyomása folytán kitágulnak.

[405.JPG]

410. kép. Hasadékkitöltés kvarczból; az eredeti kőzetet az elmállás eltávolította, illetőleg kidolgozta.

[406.JPG]

411. kép. Homokkő-konkréczió.

[407.JPG]

412. kép. Barnavaskő-konkréczió.

[408.JPG]

413. kép. Szeptária meszes márgából; kiszáradási repedésekkel átszótt konkréczió.

[409.JPG]

414. kép. Csörgő kő, üreges barnavas-konkréczió laza maggal.

[410.JPG]

415. kép. Stilolitek, mélyebb rétegekbe lenyúló mész-oszlopocskák.

[411.JPG]

416. kép. Gipszkristályfészek Schott el Mreir sivatag talajából, Algír.

[412.JPG]

417. kép. Szétszakadás folytán megnyúlt *Belemnit* a máriavölgyi fedőpalából, Pozsony vármegyéből.

Ennek a nyomásnak nagyon jelentékenynek kell lennie és a megfelelő kristályok szétmorzsolódási ellenállásával lépést kell tartania. Így érthető, hogy a Belemniteknek repedések folytán elválasztott törési darabjai egymástól eltolódtak anélkül, hogy kívülről valamely széttűző hatás érte volna őket. A laza üledékeknek közetekbe való átmenete, például az agyagnak márgába és mészbe, vagy a homoknak homokkőbe való átmenete gyakran akként megy végbe, hogy konkrécziók képződnek, a melyek egyre gyarapodnak, végre is szilárd padok gyanánt következnek egymás után (418. kép).

[413.JPG]

418. kép. Laza üledékből szilárd közetbe való átmenet, elkonkrécziósodás következtében.

A száraz, forró partvidékeken a tengervíz hajcsövesen emelkedik fel és a mészkőre átváltoztató hatást gyakorol, amennyiben a mészkőt feloldja és gipszet meg ként rak le (391. kép). A gipszpát pszeudomorfóza gyanánt lép föl kagylók és korallok után. Így megy végbe a Sinai partokon a mészhéjagnak és a mészzátanyoknak dolomittá való átváltozása, a melyben a magnéziumkarbonát, a víz sótartalma, hőmérséklete és a bomlási anyagok játszanak közre.

A *kék agyagnak* (a melyet a bécsi helyi kifejezés *Tegel*-nek nevez s rossz magyarsággal tállyog a neve) *színezése* a finoman eloszlott pirittól ered. Ebben piritkonkrécziók is vannak s színe a szivárgó vizek következtében sárga- és rozsdabarna lesz. A szétbomlott kénkovandból vashidroxid képződik és ez okozza a színezést; a kéntartalomtól kénsav képződik, a mely a mésszel, különösen a konchylia-mésszel gipszet szolgáltat. A gipsz a megváltozott színű felsőbb rétegekben kikristályosodik.

Bár az abisszikus mélységekben nagy nyomás honol, a mélytengeri üledékek nagyrészt mégis olyan lazák, gyakran annyira híg folyósak, hogy a kutató cső vagy 1 méter mélységig beléjük süllyed. Bár a kötőanyagok kiválása (419. kép) és egyéb átváltozások ugyan már a tenger- vagy a tófenék talajvizében is végbemennek, mégis a nagyobb változások különösen az üledék szárazra kerülése alkalmával történnek és pedig, a mint már láttuk, a főszerepet ebben a szivárgó víz viszi, a mely hegyi nedvesség képében nagy mélységekbe nyúlik le. A bányanedvességből az agyag térfogatának 10%-át, az agyagpala csak 4%-át tartalmazza; nagy pórustérfogatú laza anyagban ez az érték sokkal nagyobb. A vízhatlan üledékek ennél fogva csak csekély mértékben vagy egyáltalában nem mennek diagenetikus változáson keresztül. Az üledékek megszilárdulását tehát nem tekinthetjük az idők közvetetlen működésének, mivel ismerünk egészen fiatal üledékeket is, a melyek erősen össze vannak tapadva, míg ősi üledékek, pl. a kambriumi anyagok Szt-Pétervár mellett még ma is plasztikus gyúrható állapotban vannak.

[414.JPG]

419. kép. Megszilárdult mélytengeri iszap, a melyen féreglyukak húzódnak keresztül, a Földközi-tenger keleti részéből.

Az üledékes kőzeteket sokszor lithoklázisok szelik át, a melyek részint nyomás következtében kívülről keletkeztek: *exokinetikus hasadékok*, részint magában a kőzetben kereshetjük eredetüknek okát, vagyis *entokinetikus* lithoklázisokkal van dolgunk. Most csak ez utóbbiakkal foglalkozunk. Vannak *vesztesség* folytán keletkezett (*száradási*) *hasadékok* és pedig anyagvesztességgel összeköttetésben, a melyek még a víznek mechanikai elkülönülésével (*kiszáradási hasadékok*), vagy kémiai kiválásokkal (*átváltozási hasadékok*) kapcsolódnak. A kiszáradási hasadékok a felszínre merőlegesen illeszkednek és pedig vagy szabálytalanul haladnak, néha két egymást csaknem derékszög alatt metsző rendszerben, avagy pedig sugarasan vagy koncentrikusan rendezkednek. Beszáradó agyagban többször megfigyelhetjük ezeket (222., 387. kép). A kőzeteknek oszlopokra való szétválása petyhesztés következtében, vagyis a vízvesztesség az eruptív kőzetekkel való kontaktusban szintén ide tartozik (420. kép). Az ilyen hasadékokat néha *laterális szekréciók* (a szomszédos kőzetből való kilúgozás és leülepedés) töltik ki különféle ásványokkal, mint pl. a kalczit, strontianit stb. Az átváltozott hasadékokat *elváló lapoknak* is nevezhetjük. Így például a szenesedési folyamat alkalmával térfogati csökkenés történik, s ezáltal a telepekben többé-kevésbé egymásra merőlegesen fekvő hasadási rendszerek keletkeznek, a melyek nem nyúlnak bele a közbülső rétegekbe és minden egyes telepben másképpen helyezkednek.

[415.JPG]

420. kép. Petyhesztett, oszlopalakúan elkülönült márga, Trifail, Stájerországban.

A szenesedés közben a térfogati csökkenés meglehetősen nagy, így pl. 1 m vastag pécsi liasz-korú szén körülbelül 2.5 m vastag tözegtelepből képződött, tehát a fa-anyag térfogatának 40%-ára zsugorodott össze. Ezen zsugorodás folyamatát a hasadékok mutatják.

Metamorfózis (a kőzeteknek nyomás és hőség okozta átalakulása).

A kőzeteknek külső erők hatása következtében beállott változását *metamorfózisnak* nevezzük. Az elmállás esetei nem tartoznak ide, hanem csakis a nyomás és a magas hőmérséklet hatásai. Ezekben a folyamatokban a víztartalomnak, a mely hegyi nedvesség és zárvány gyanánt vagy pedig kémiaiilag megkötve fordul elő, mint erős oldóanyagnak nagy szerepe van. Új kristályos kőzetnek keletkeznek, a melyeknek kémiai alkotása csak néha, ásványi összetétele és szerkezete azonban mindig megváltozik. Megkülönböztetjük a *dinamometamorfózist*. Ez a nyomás alatt beállott változás, a mely vagy a megterhelő rétegek alatt vertikális irányban, vagy pedig megtorlódás és a jobbra felszíni földkéreg összenyomódása gyanánt oldalt helyezkedve működik. A *kontaktmetamorfózis* az az átváltozás, a mely a megmerevedési kőzetekkel való érintkezés folytán keletkezik. Erről a fontosabbakat már a »Mélyiségbeli vulkánosság« fejezetében elmondottuk.

Csekélyebb mélységben, a hol a kőzetek merevek, gyakran az alkotórészek mikroszkópi szétrombolódása megy végbe, *kataklászos szerkezet* keletkezik és a töréses palásodás az erő irányára merőlegesen működik, tehát az új szerkezet gyakran a rétegzésre ferdén halad. A nagyobb mélységben a palásodás törés nélkül, átkristályosodás folytán megy végbe, ez a *kristályosodási palásodás*. Elméletileg a nyomás folytán beállott metamorfózisnak három mélységi fokozatát különböztetik meg. Gyakran felismerhetjük az üledéknek a metamorf kőzetbe való átmenetét és a váltakozó települést, néha még görgetegeket, valamint kövületeket is találhatunk benne. Az agyagos kőzetek elpalásodnak és muszkovit- meg kloritképződéssel selyemfényű fillitbe mennek át. Ha a változás növekedik, akkor kristályos *csillámpala* keletkezik muszkovittal és biotittel, később *kétsillámos gnájsz* és végre

biotitos gnájsz (üledékes- vagy paragnájsz). A gránit nagy mélységben merevedik meg és a nyomást gyakorló erők hatása alatt álló földkéregbe nyúlik, minek következtében a gránitot kristályos palásodás éri (*gránitgnájsz*). Muszkovit (kétszillámú palás gnájsz) keletkezik, végre kataklázisos-szerkezet és erős palásodás. Az ily módon keletkezett *orthognájszt* alig tudjuk az üledékes gnájsztól megkülönböztetni. A kristályos palák az egész Föld kerekiségén a legrégebbi kövületes formációk fekvő és igen erősen redőzöttek. Egyes hegységekben, így az Alpokban, a legrégebbi formációkat képviselik, sőt még a mezozoikumból is ismerjük őket. Tanulmányozásuk a petrográfia legnehezebb fejezetei közé tartozik és az utóbbi időben erősen kiépített munkatérre vált.

A kőzeteknek külső hatások okozta változásai közé számíthatjuk a villámcsapás hatását is. A szilárd kőzetben sugaras vetődések keletkeznek, a felszín néha megüvegesedik, a kvarczhomokban pedig néhány méternyi mélységre terjedő, elágazó *fulguritek* vagy *villámcsövek* keletkeznek (421. kép), a melyek elágaznak és a megolvadás folytán szilikátokká szilárdulnak.

[416.JPG]

421. kép. Villámcső (fulgurit), a mely villámcsapás következtében összeolvadt homokból keletkezett.

Az előidők üledékei.

A lerakódási viszonyokból következik, hogy a mélyebben fekvő rétegek öregebbek és a magasabb fekvésűek fiatalabbak. Ennek megfelel a réteges kőzetek időrendje is, vagyis a *rétegsorozat*. Tudjuk tehát, hogy a zavartalan sorozatban fekvő kőzet öregebb vagy fiatalabb a másiknál és erre nézve mértékül kínálkozik az ezekbe a rétegekbe beágyazott szervezetek maradványainak fejlődési sorozata. Ezeknek a maradványoknak a tanulmányozásából tudjuk, hogy melyik fauna a régebbi és melyik a fiatalabb és miután az élő-világ egész földtörténeti fejlődése nagy vonásokban ismeretes, az egyes rétegek korát a beléjük ágyazott szerves maradványok alapján megállapíthatjuk.

A réteges kőzeteknek nagyrészt ismertető jeleik vannak, a melyeket fáciesbelieknek nevezünk. Ezek lehetővé teszik, hogy a végbement változások ellenére is megállapíthassuk azokat a föltételeket, a melyek között a leülepedés megtörtént. Az azonos fáciesű, egykorú (homokron) réteges kőzeteket *izopikusoknak* nevezzük, mint a recens képződményeket, míg a különböző fáciesűek a *heteropikusok*. Az egykorú kőzetek egyforma faunát rejtenek magukban, ha izopikusok; az ilyen szerves maradványokat *vezérformáknak* (*vezérkövületeknek*) nevezzük, a melyek a fáciesbeli különbségektől meglehetősen függetlenül, ugyanazon korszak lerakódásaiban találhatók. Nagy térbeli és csekély időbeli (vertikális) elterjedés jellemzi őket. Ha két egykorú rétegben nincs közös kövület, akkor egykorúságukat csak közvetett úton és azzal lehet bebizonyítani, hogy ezek egymásba átmennek, vagy pedig úgy a fekvőjükben, mint a fedőjükben olyan rétegek határolják őket, a melyek páronként ugyanazon korúak (422. kép).

[417.JPG]

422. kép. A rétegek azonos korának közvetett (indirekt) bizonyítása. A b réteg lassankint átmegy a tőle petrográfiailag különböző b^1 és b^2 kőzetbe és csakis az *a* és *c* rétegek közötti fekvéséből lehet újra felismerni; *a* = fekvő, *c* = fedő réteg.

A szárazföldek és a tengerek eloszlása a Föld felszínén nem állandó és így szemünk láttára olyan eltolódások mutatkoznak, a milyeneket az előidőkből nagyobb méreteken ismerünk. Vagyis a tenger a szárazföld fölött *transzgredál* és ismét visszahúzódik (*regresszió*) és így megtörténhetik, hogy az egyik esetben a nagyobb mélységű vizek lerakódásai a sekélyebb vizű lerakódások fölé kerülnek, míg a másik esetben fordított viszony következik be. A legszorosabb értelemben vett parti képződmények, a melyek egyébként csak keskeny övre szorítkoznak a part hosszában, durva anyagukkal benyúlnak a szárazföldi letarolási síkra és elborítják a szárazföld felszínét; ez a *transzgressziós konglomerát*. E fölött olyan lerakódások következnek, a melyek arra vallanak, hogy ezen a helyen a tenger mélyebb lett. Ha a tenger visszahúzódik, akkor az üledékek éppen olyan sorrendben következnek egymásra, mintha a tenger sikkérré válását feltöltés idézte volna elő. A batimetrikusan különböző képződmények egymás fölé való településéből felismerhetjük a vízburok mozgásait a Föld előző korszakaiban. A leülepedés transzgresszió alkalmával olyan keresztmetszetet szolgáltat, mint azt a 423. kép mutatja a hol a határok későbbi letarolás következtében eltörölődnek. A regresszió képét a 424. kép mutatja. Ennél azonban a mai kép megcsalhat bennünket és pedig akkor, ha a fiatalabb rétegek csakis az erózió folytán lettek csekélyebb kiterjedésűek, anélkül, hogy a partvonal valamely negatív elmozdulása bekövetkezett volna, a mint ez a Belső Alpesi Bécsi-medenczében történt. A sziklás tengerfenék azt jelenti, hogy leülepedés ott nincsen folyamatban. Ez paleontológiailag hiányt jelent a rétegsorozatban. Fácziését néha az organizmusok fúrólukairól ismerhetjük fel. Fölötte nehéz feladat a lerakódásokban mutatkozó hézagot a rejtett eróziós diszkordanciától megkülönböztetni.

[418.JPG]

423. kép. A rétegsorozat szelvénye transzgresszió alkalmával.

A terrigén és organogén leülepedés vidékeit, főképpen a litorális övet és a Földközi-tengereket úgy ismertük meg, mint a réteges kőzetek gyors és hatalmas képződésének területeit. Ilyen képződmények az előző korszakokból gyakran több ezer métert meghaladó vastagságban maradtak ránk. Ezen az egész rétegsorozaton keresztül a csekélyebb vízmélység üledékei követik egymást, a melyek csakis a fenék lassú utanasülyedése közben keletkezettek. E mellett a mélyebb vizű üledékeknek nagyobb vastagságát találhatjuk, ellentétben a litorális lerakódásokkal. Így a Bécsi-medenczében a fiatal harmadkori üledékeknek körülbelül 1000 méteres vastagságával számolnunk kell, a melyek számára csak körülbelül 200 méteres vízmélységet vehetünk fel. Fel kell tehát tennünk, hogy a leülepedés itt lépést tartott a sülyedés értékével. Európa paleozoikumában, a mely 5000 m vastag, szintén hiányoznak a mélytengeri képződmények. Ha a tengerek eltolódnak és a litoszférának általuk elborított része a szárazra kerül, megérthetjük, hogy mindenek előtt a csekélyebb vízmélységek lerakódásai jutnak a felszínre. Ennek következtében a neritikus üledékek a szárazföld nagy felületeit foglalják el. Az agyagos, meszes és homokos kőzetek csaknem általában csekélyebb vízmélységben való képződésre utalnak és semmi bizonyítékunk nincsen arra nézve, hogy 1000 méternél nagyobb mélységű lerakódásokban általában kövesülést ismernénk. Az *irókréta* kokkolitjaival és foraminiferaival, különösen globigerináival főképpen a mészvázak és héjak porrá dörzsöléséből áll és a globigerinás meszek csekélyebb mélységben tudnak lerakódni, mivel az állatok planktonikusan élnek. Ugyanez vonatkozik a pteropodákban gazdag kőzetekre is. Egyes alpesi meszekben megtalálták az ammonitházak fedőit (*aptichus*), míg magának az állatnak semmi nyoma sem maradt (*aptichus-meszek*). Ennek magyarázatára föltették, hogy a kőzet nagyobb vízmélységben képződött, a hol a könnyebben oldható mészhéjak szétrombolódtak, azonban ennek a fáciésnek a jelentőségéről még semmi bizonyosat nem tudunk. A kovapalák, szarukövek, és radiolaritek, a melyeknek képződését

kovavázak felhalmozódására vezethetjük vissza, ugyancsak inkább a nagyobb vízmélységre utalnak. A Kelet-Alpesi Júra ilyen radioláriákban gazdag, vörös kovásagyagjában mangángumókat találtak és ezt a vörös mélytengeri agyaggal hasonlították össze.

[419.JPG]

424. kép. A rétegsorozat szelvénye regresszió alkalmával.

Az előző korok üledékes kőzeteiből gyakran csak csekély maradványok maradtak meg, mivel a szárazföldeken, a melyeknek határai folytonosan eltolódnak, a letarolás mindenütt működik. Az egykor nagy kiterjedésű üledékes takaróból gyakran csak egyes tuskók és görgetegek maradtak meg, mint utolsó nyomok, vagy pedig a petyhesztett kőzetek árulják el, hogy ott valamikor eruptiók voltak, a melyekből ma már mit sem láthatunk. Természetesen a letarolás hely és idő szerint változik, úgy hogy egyes rétegek itt a fiatalabb képződmények takarója alatt megmaradtak, míg ugyanazok más helyekről egészen eltűntek. A többnyire kevésbé vastag és helyhez kötött, laza teresztrikus képződmények, mint az eolikus, vulkanogén, glaciális és fluviális képződmények, jóformán csakis a Föld legfiatalabb korszakaiból maradtak fenn. Vannak közöttük kivételesen vastag és nagy kiterjedésű előfordulások, ilyenek pl. a tufák és a sivatagi képződmények, vagy a szárazföldi (belföldi) jég lerakódásai. Nagyobb kiterjedésben csak az olyan képződmények maradhatnak meg, a miket a vízmedencze betemet és megszilárdít, tehát a lakusztis és marin kőzetek. A sorr (Schorr)-képződmények többnyire szétrombolódnak, mivel a partvonal negatív elmozdulása alkalmával először a légköri hatások birodalmába jutnak; a pozitív eltolódáskor pedig a hullámverés martalékai lesznek.

A zavartalan üledékes kőzetek jobban megmaradnak, mint a hegységekké felgyűrődöttek, a melyeket a lithoklázisok az elmállás és letarolás részére előkészítenek és a melyek nagyrészt kopasz sziklatömegek gyanánt merészkednek fel. Nagymennyiségű letarolt üledéktömegekkel kell számolnunk. Amerikában a pliocén óta helyenként 100 méternél vastagabb, Bécs környékén 300 méternél több miocénképződmény távolodott el abban az időben, a mely az első mediterrán emelet lerakódása óta telt el. Angliában a felsőkarbon 20000 lábnyira van letarolva és mégis úgy látszik, mintha a permii üledék minden diszkordancia nélkül feküdnék rajta. Azt nem tudjuk, hogy a letarolás következtében mennyi távozott el, csak azt ismerjük, ami másodlagosan rakódott le. Ha fölteszük, hogy az összes üledékes kőzetek a tömeges kőzetekből származtak, akkor azt állíthatjuk, hogy az egész Föld felületét legalább 1000 métert kitevő letarolásnak kellett érnie. Az érték azonban sokkal nagyobb, mivel a teljes elárasztás többször megismétlődött. Ma úgy ismerhetjük meg legjobban a letarolás szörnyű munkáját, ha magunk elé képzeljük az üledékek takaróit, a melyeknek utolsó maradványait az egetverő dolomittornyok mutatják, vagy ha a zavartalan üledékeknek több száz méter magas falait látjuk a széles síkságok fölött kiemelkedni (425. kép), ha szemünk elé idézzük az eltűnt magas hegységeket, a melyeknek talapzatán utazunk, anélkül, hogy csak valami mérsékelt kiemelkedést is találjunk.

[420.JPG]

425. kép. Az üledéktakaró eróziós maradványai a Green River-en. (W. H. J. & Co. Fotográfiai fölvétele szerint.)

Gyakran jelentősége van annak is, ha a kőzetpadok felső oldalát az alsó oldaltól megkülönböztetjük, hogy abból a *normális* vagy *inverz* települést felismerhessük. Erre nézve a következő jelenségeket kell figyelembe vennünk: A bordás benyomatokon, hullámbarázdákon a gerincz sokkal élesebb, mint a barázda, a melyben még gyakran kisebb taréjok fekszenek,

úgy hogy a lenyomatuktól tisztán megkülönböztethetők. Az álrétegzés fölfelé élesen le van vágva és fölötte új település helyezkedik el, míg lefelé tangenciális görbébe való lassú átmenetet találunk az alsó rétegfelületbe. Csaknem minden padban - mikroszkópon keresztül nézve is - a szemecskék fölfelé finomodnak és a pad alul durva szemekkel kezdődik. Sok padnak a felső oldalát konkrécziók szilárdítják meg. A kövületek többnyire a réteg felületén fekszenek nagy számmal, részben az üledékbe süllyedve, miközben alsó felükön részleges feloldásban volt részük és a rétegfelülettől el nem választhatók. (V. ö. a következő megkövesedésről szóló fejezettel.) A sókristályok, a melyek a sósvizek elpárolgásakor képződnek és a melyeknek belsejét a pszeudomorfózis agyaggal vagy finom homokkal tölti ki, jellemzik a réteg felszínét, valamint az esőcseppek mélyedései (249. kép), az állatok nyomai (436-438. kép) és a kiszáradási repedések (222. kép); ellenben a kiöntött mintázatú hálós léczek (403. kép), valamint a sókoczkák lenyomatai (426. kép) a fedőréteg alsó részét takarják. A folyási duzzadásokat többnyire sokkal élesebb barázdák választják el egymástól és tolják egymásra, míg ellenlenyomatuk egészen különbözőnek látszik.

[421.JPG]

426. kép. Sókristálykoczkák lenyomatai a réteg alsó oldalán.

Egyenes fatörzsek, az ásókagylók, pl. a *Panopaea*, *Solen* stb., a melyek szifóikkal fölfelé álló helyzetben a homokban rejtőzködnek, hasonlóképpen megmutatják a rétegek fekvését.

A diszkordáns települést a következő jelenségek bizonyítják: 1. az erózió, deformáció nélkül is (*eróziós diszkordancia*); 2. a metamorfizmusban való különbség, ha ezt mindjárt litológiai különbségek okozzák is, továbbá palásodás a fekvő rétegben, bár ez az erő különböző hatásából is eredhet; 3. a fekvő- és fedőréteg különféle zavarodásai (*tektonikai diszkordancia*); 4. intruziók a fekvőrétegekben, a melyek a fedőkből hiányoznak; 5. alapkonglomerát a mélyebb rétegek töredékeivel; 6. különbségek a kőzet minemiségben, pl. üledékes kőzetek a tömeges kőzeteken, intruzív hatás nélkül; különféle üledékes kőzetek képződményeinek rátelepülései, a melyek nem mennek át egymásba; 7. hézagok a faunasorozatban; 8. olyan réteg hiánya, a mely más pontokon normális módon van beiktatva; 9. néha már a kőzetnek a felületen vagy pedig a geológiai térképen való elkülönülése is lehetővé teszi a diszkordáns sorozat felismerését.

D) A megkövesedés (fossilizáció²⁹) folyamata.

Mi a kövület?

ORIGINES hagyománya szerint a kolophoni XENOPHANES már Kr. e. 614-ben talált a hegyeken tengeri kagylókat, a parosi kőzetben babérlevelek lenyomatait és Málta talajában különböző tengeri bizonyítékokat és ebből azt következtette, hogy a szárazföldet időnkint árvizek borították el. A sardesi XANTHOS körülbelül 500-ban Kr. e. szintén ismert megkövesült kagylókat, a melyek távol a tengertől Arméniában, Phrygiában és Lydiában fordulnak elő és ebből a szárazulat és a víz váltakozását állapította meg. HERODOTOS ezekhez hasonló

²⁹ A magyarban úgy a *petrefaktumot*, mint a *fossilizációt* általában kövületnek nevezzük, s ezért a fossilizációt is a megkövesedés kifejezéssel fordítottuk. Ha finom megkülönböztetést óhajtunk, akkor a petrefaktumot megkövesedésnek, míg a fossilizációt a rétegekből kiásott, ú. n. ásatag maradványnak, kell neveznünk. *A fordító.*

bizonyítékok alapján arra a gondolatra jött, hogy Alsó-Egyiptomot valamikor tenger boríthatta. A későbbi filozófusok tovább fejtegették ezeket az ismereteket, a melyeket azonban először csak LEONARDO DA VINCI Krisztus születése után 1500 körül erősített meg határozott módon, a mennyiben megmagyarázta, hogy ezek az állatok ott élhettek valamikor, a hol ma találjuk őket.

Azonban ezen állati maradványoknak jelentőségét a mi tudományunkra nézve akkor még nem ismerték fel. Valódi értékelésük csak a XVIII. század végén keletkezett, mikor SMITH W. fölismerte, hogy e maradványok az egymás után következő faunákhoz tartoznak és hogy ezek az időmértékei az egykorú és különböző korú rétegeknek és e miatt történelmi adatok gyanánt használhatók. SMITH 1799-ben tette közzé az angol formációk sorozatának, táblázatát s ezzel a *történelmi földtan apja* lett. Az állati maradványoknak ez az értéke azt vonja maga után, hogy a geológia behatóan kezdett foglalkozni ezekkel a kutatásokkal és ebből önálló tudományág, a *paleontológia* fejlődött ki. Ez a tudomány az előző korszakok szervezeteiről szóló tan: a petrefaktumok tudománya, *kövülettan* vagy *öslénytán*, a mely ma már a geológiával egyenlő értékű tudománnyá fejlődött. Az öslénytannak (paleontológia) két része van, ú. m. a *paleophytológia* (phytopalaeontologia), a fosszilis növényekről szóló tan és a *paleozoológia* (zoopalaeontológia), a fosszilis állatokról szóló tan. Mindkét tudomány mindinkább a botanika és a zoológia felé hajlik, mert csakis a mai élővilág ismerete lehet az elmúlt korszakok szervezeteivel foglalkozó kutatások kiinduló pontja.

Kövületeknek nevezzük általában a kihalt szervezeteknek összes maradványait és nyomait. A fogalmat nem lehet egészen élesen elhatárolni, mert azokat a formákat, a melyeket a történelmi időkben részben az emberek irtottak ki, általában nem tekinthetjük kövületeknek. Ilyenek pl. a Bering-tengerből a *Steller-féle rozmár* (*Rhytina Stelleri*), a *dodo* (*Didus ineptus*) Mauritius szigetéről és a *Pezophaps* Rodriguezzről, Új-Zeeland *moá*-ja (struccz) és Európa *óriás szarvasa*. Míg a rétegsorozatban lefelé nincsen határa ennek a fogalomnak, addig a legfiatalabb rétegekben meg kell állapítanunk határait. Ezekben ugyanis olyan állat- és növénymaradványokat találunk, a melyek az egyes kövületektől semmiben sem, vagy csak nagyon csekély mértékben különböznek és olyan állatoktól és növényektől erednek, a melyek a ma is élő fajokhoz tartoznak. A tengerparton számtalan kagyló és csiga hever, a melyek be vannak ágyazva az üledékbe, azonban olyan fajokhoz tartoznak, a melyek ma még a szomszédos tengerekben élnek; az elhullott állatok csontjai a steppéken és a sivatagokon fehérednek, a kihalt őserdő-óriások a mocsarakban lignittömegekké halmozódnak fel. Ezek közül azonban egyik sem kövület s ezért az ilyen leleteket *szubfossziliáknak* nevezzük. Ezekkel szemben azonban kövületeknek nevezzük az olyan konchylia-héjakat, a melyek bár még a ma élő fajokhoz tartoznak, azonban például valamely pliocén faunával összekeveredve fordulnak elő. Van olyan vélemény is, a mely szerint a szerves maradványok ásványtani átváltozását kell a kövület ismertető jelének tekinteni. Azonban ezt sem fogadhatjuk el, mert pl. az a mammothulla, a melyet Szibériában a Beresowka jegében találtak és a melynek húsát az eszkimó-kutyák felfalták, éppen olyan kövület, mint a *Grypothierium* elmúmiásodott bőre és borzas szőrmaradványa. Ez az óriás lajhár Patagóniában, az Ultima Esperanza-öböl egyik barlangjában még mint a kőkori ősember kortársa élhetett.

Éppen ezért ez a régi elnevezés: *petrefaktum* vagy *megkövesedés*, szorosabb értelemben véve nem azonos értelmű az ásatag *fossziliával*, mert föltételezi az ásványtani átváltozást, a szerves anyagoknak szervesetlenekkel való pótlását, a *kővé válást*. Megkövesedett pl. a 427. képen ábrázolt fiatal macska hullája, a melyet egy régi falban találtak. A bekövetkezett kiszáradás (elmúmiásodás) után mész-impregnálás érte. Ezt az állati maradványt azonban mégsem nevezhetjük kövületnek, illetőleg fossziliának. Ezzel szemben az előbb említett *mammothulla fossziliás*, vagyis *ásatag maradvány*, de nem megkövesedés (petrefaktum).

[422.JPG]

427. kép. Mumifikált és mésszel impregnált macskahulla. (Krahuletz-Múzeum Eggenburgban, HEISBERGER G. fotografiai főlvétele szerint.)

A geológusnak először is a szerves maradvány fosszilis állapotáról kell meggyőződni; ez azonban, a mint már említettük, csak a legfiatalabb rétegekben szükséges, miközben azonban különböző kritériumokat kell megfigyelnie. A geológusnak ismernie kell azokat a változásokat, a melyeken az állati- és növényi testek különböző részei a megkövesedési folyamat alatt keresztül mennek, tanulmányoznia kell a viszonyokat, a melyek kedvezők vagy kedvezőtlenek a maradványok fennmaradására nézve. Továbbá ezekből az eredményekből és azon rétegek mineműségéből, a melyekben a kövületeket találja, következtetnie kell azokra a folyamatokra, a melyek e maradványoknak az üledékbe való beágyazása alkalmával végbe mentek. A legközelebbi élő rokonság szervezetéből és létföltételeiből meg kell állapítania ezen egykori szervezetek életkörülményeinek természetét és meg kell fejtenie az összes biológiailag értékes viszonyokat is, a melyekből a rég letűnt fauna élete tárul elénk. Itt szólnak bele ezekbe a kérdésekbe a geográfia, a klimatológia és a biológia, a melyeknek segítségével a Föld legtávolabbi multjába pillanthatunk be.

[423.JPG]

428. kép. A jégbe fagyott diluviális mammut hullája a megkezdett kiemelés után a Beresowkán, Szibériában. (A császári orosz tudományos akadémia mammutexpedíciójának fotografiai főlvétele 1901-1902. v. ö. a 341. képpel).

A légkör hatása alatt minden szerves lény a *rothadásnak* esik áldozatul. A levegőtől elzárva azonban kémiai folyamatok támadnak, a melyek a szerves szöveteket felbontják és helyüket új, ásványi képződményekkel töltik ki. A hús, zsiradék, porczogó és a szarunemű anyagok egészen elpusztulnak, a zsiradék néha *bitumenné* változik. A kemény részek, a melyek *kovásból, szénsavas, foszforsavas és fluorsavas mészből*, valamint *chitinből* (csaknem oldhatatlan, nitrogéntartalmú anyag, a mely az ízeltlábúak páncélját alkotja) állanak, maradandóak, miközben azonban a szerves anyagok kilúgozódnak. Ezeket ugyanis ásványi alkotórészek hatják át és kötik össze, mint a csontok enyve a csont földes alkotórészeit. Az ezen folyamatokra vonatkozó ismereteink még hiányosak.

[424.JPG]

429. kép. A kitömött Beresowka-mammut a szentpétervári császári geológiai múzeumban. (A múzeum fotografiai főlvétele szerint.)

A szerves anyagok megmaradása.

A szervezetek részei csak nagyon ritka körülmények között maradtak meg változatlanul. Ez történt azokkal a mammutokkal és orrszarvúakkal, a melyek a szibériai jégkőzetbe fagytak s ott, mint valami hűtőkamrában konzerválódtak, úgy hogy szőrük, húruk és zsírjuk is megmaradt, sőt még gyomruk tartalmát is meg lehetett vizsgálni az ételmaradványokkal együtt, mint valamely frissen leölt állatban (428. és 429. kép). Azt kell képzelnünk, hogy ezek az állatok a talaj-jég (tjále) hasadékaiba zuhantak, vagy pedig a szibériai mocsarakba és iszapos homokba süllyedve ott fagytak be (341. kép).

Alaszkában a Yukon folyam mellett is találtak egy mammutot a jégbe fagyva.

Kelet-Galicziában Starunia mellett mammutcsontokat izomrészletekkel és bőrrészekkel együtt találtak, azután egy *Rhinoceros antiquitatis* elülső részére akadtak a megmaradt bőrrel és hússal együtt (430. kép); ezek egy petróleumtelep kőolaj-mocsarába fulladtak bele és a naftába és ozokeritbe ágyazva olyan állapotban maradtak meg, hogy a munkások bőrükből cipőt készítettek. Ezekkel a maradványokkal együtt bőrostól s csontostól egy béka is előkerült, ugyanott egy madarat is találtak bőrével, izmaival, idegeivel, zsigereivel és csapó tollaival együtt, továbbá számos rovar és puhatestű állatot, valamint kitűnően fennmaradt növényi, maradványokat.

[425.JPG]

430. kép. Orrszarvú maradvány ozokeritbe ágyazva, Staruniából, Galiczia. (Dr. NIEZABI-TOWSKI E. L. fotografiai fölvétele szerint.)

A tőzeglápokban sokszor nagyszerűen megmaradt állati és emberi hullákat (tőzgehullák) találtak, a melyeket a humuszsavak impregnáltak. Ilyen tőzgehullákat a kielii múzeumban láthatunk. Fölfedezésük alkalmával olyan friss külsejük volt, hogy a rendőrség is kezdett a lelettel foglalkozni, míg tudományos oldalról azt a tanácsot nem kapta, hogy jó lesz a bűnügyi kutatásokat megszüntetni, mert a holttestek évszázadok óta ott hevernek. Más mocsarakban a hús és a csontok egészen feloldódtak, míg a kicserzett bőr a szőrrel együtt épségben megmaradt. Ezek a példák azt bizonyítják, hogy a megkövesedés, helyesebben a fosszilizáció alkalmával ilyen folyamatok keletkezhetnek.

A konyhasó és a fémsók oldatai a szerves maradványokat annyira impregnálják, hogy azok a rothadásnak ellentállanak. Így a sóbányákban a hallstadti korszakból származó állati bőroket és belőlük készült szállító kosarakat találtak; még egy történelemelőtti munkás holttestét is megtalálták. Ezekhez hasonló konzerválási folyamatokat a rézbányákban is ismerünk. A sóstavakból származó sóstalajokban csaknem változatlan testű halakat találunk.³⁰

A szerves anyag kiszáradás (mumifikálás) folytán is megmaradhat, a mint azt a *Grypotherrum* bőrdarabjai bizonyítják. Mégis világos, hogy ez csakis korlátolt időn belül maradhat fenn és a maradvány későbbben porrá esik szét.

A gyanta olyan teljes légmentességet idéz elő, hogy benne szintén elmarad a rothadás. Ez történik ma azokkal a rovarokkal, a melyeket mézgagyanta zár magába. Ha a gyantát feloldjuk, kipreparálhatjuk ugyan a rovarokat, azonban - a mint látni fogjuk - idővel a szerves anyag elpusztul.

A fosszilis molluszkahéjakban sokszor fordulnak elő szerves vegyületek, a melyek eredeti színüket megtartották. Ilyeneket azonban csak a geológiai fiatal képződményekből várhatunk.

³⁰ Arra, hogy a sósvíz milyen épségben őrzi meg a szervezeteket, a legszebb példát a vízaknai nagy sóstó szolgáltatta. Ugyanis az egyik nagy süvegalakú sóbányát 1816-ban abbahagyták s ennek a helyén 190 méter mélységű üreg támadt, a melynek alját sósvíz töltötte ki. A magyar szabadságharcz idején 1849 február 4-én 300 elesett honvédet hánytak bele az üregbe, a hol a tömény sósvíz a holttesteket áthatotta. A vízaknai nagy gödröt 1890. július 3-án egy óriási felhőszakadás színültig megtöltötte vízzel, a mikor is több honvéd holtteste a felszínre került. A negyvenegy év mit sem változtatott honvédek hulláin s a sósvíz minden bebalzsamozásnál szebben óvta meg a hősök testét. (Fordító.)

Növényi és állati anyagok szén és bitumen gyanánt konzerválódnak nagy tömegben és pedig olyan viszonyok között, hogy szerves voltukat igazoló szerkezetük egészen vagy részben veszendőbe megy, a melyről az üledékes kőzetekről szóló fejezetben a szén és földolaj kapcsán már szoltunk.

Valódi kővületek.

A tulajdonképpeni *fosszilia* (a szó szoros értelmében vett *kővület*) többé már semmiféle szerves anyagot sem tartalmaz, hanem benne a szerves anyagok helyét új képződmények, különösen szénsavas és foszforsavas mész, kovasav, szén, pirit vagy más fémvegyületek töltik ki; vagyis a szerves anyag *megkövesedik*. E szerint *elmeszesedett*, *foszforittá* változott, *elkovásodott* és *elpiritesedett* vagy *elérczesedett* fossziliákról beszélhetünk.

Gerinczesek.

A csontok kalciumkarbonátból, kalciumfoszfátból és szerves anyagból állnak. Ha hosszabb ideig hevernek az üledékben vagy a levegőn, akkor a levegő és a víz, különösen pedig a vízben levő savak oldó hatására (*kilúgozás*) elvesztik szerves anyagukat és több kalciumkarbonátot veszítenek, mint kalciumfoszfátot. Azután többnyire a szilárd szövetrészek kémiai átalakulása következik be, miközben különösen szénsavas mész, kovasav, foszforsavas mész vagy fémvegyületek, pirit, hematit, vivianit (kékszínű, víztartalmú vasfoszfát) rakódik le. A kovasav néha kalciedon alakjában jelenik meg, a mint ezt az Észak-Amerika nyugati részein talált *Dinosaurus-csontokon* láthatjuk, a melyek kvarcban bővelkedő üledékekben fekszenek. Ilyen módon ásványi pszeudomorfóza keletkezik szerves képződmény után. Néha az edény- és sejtüregek üresek maradnak, a szerves szerkezet megmarad, azonban gyakran ezek is kitöltődnek úgy, hogy a csontok elvesztik szerkezetüket és tömött anyaggá válnak. A fosszilis csontok e miatt nehezebbek, mint a reczensek és a reczens csontok gyakran nehezebbek, mint a szubfosszilis csontok, mivel ez utóbbiakat csak kilúgozás érte és a további diagenézisen még nem estek keresztül. A fosszilis csontoknak van még egy ismertető jelük, a melyet azonban nem szabad teljesen megbízhatónak venni. Ez abban áll, hogy a fosszilis csontok a nyelvhez tapadnak, a mit nagyobb lyukacsosságuknak tulajdoníthatunk, míg a reczens csontok zsírosabb voltak miatt nem tapadnak. Laza anyakőzetben többnyire porhanyósak a csontok s ezért rossz állapotban maradtak meg; megszilárdult anyakőzetben a csontok rendesen ellentállóbbak, azonban nehezebb őket ebből kiszabadítani.

A kalciumfoszfát rendkívül nehezen oldható és így többnyire megmarad. A harmadkor egyes helyein talált cápa fogakon (*Oxyrhina*, *Carcharodon*) vagy olyan példányokon, a melyek a mai tengerek mélytengeri agyagjába nyomódtak, a *dentin* egészen vagy részben föl van oldva és csak a *zománcréteg* maradt meg, a mely kalciumfluorátból áll és csaknem oldhatatlan. Ez valóban azzal az erősebb oldással függ össze, a mely az óceáni mélységekben uralkodik. A hasonló képződményekben az egyetlen csontmaradvány a csetfélék hallócsontja (a tympanoperioticum), a mely ellenálló csontszövetből áll, s a melyet *cetolith* néven ismerünk (431. kép).

[426.JPG]

431. kép. *Cetolith*, bálna-fülcsont maradványa a mélytengeri rétegekből.

A fosszilis csontok, különösen ha erősen megszilárdult üledékben fekszenek, többnyire össze vannak törve. Még az óriás Dinosaurius hatalmas czombcsontjain is éles, azonban többnyire ismét összeragadt törések, hasadékok vannak, a melyeken az egyes törési darabok különböző mértékben eltolódnak (432. kép). A koponyák többnyire félre vannak nyomva, gyakran erősen összenyomottak. Ezeket a deformációkat az *anyakőzetnek*, a *matrix*-nak nagy nyomás alatt végbement mozgásaira vezethetjük vissza. Néha a csontoknak minden törés nélkül való deformációját ismerhetjük fel - ez a törés nélküli átalakulás -, a mi arra utal, hogy a maradvány az üledékben megpuhult. A maradványok változása különösen a szilárd mészkőben, homokkőben és palában a legnagyobb. Alakjuk és nagyságuk ezáltal olyan jelentékeny változáson megy keresztül, hogy egészen más külsejük lesz. A *Titanotherium*-nak a 433. képen ábrázolt felső czombcsontjai egy és ugyanazon individuumhoz tartoznak. Minthogy ezek a czombcsontok a nyomás irányára különböző helyzetben feküdtek, különbözőképp deformálódtak. Ezek a körülmények rendkívül megnehezítik a csontváz eredeti alakjának a felismerését. Különösen a palákban jelentékeny a csontok és egész csontvázak félrenyomódása, a mint azt a legkülönbözőbb formációk halain és a jura *Ichthyosaurus*-ain is felismerhetjük.

[427.JPG]

432. kép. Rupturálisan hajlított és ismét összeragadt Dinosaurius-csont.

[428.JPG]

433. kép. Nyomás révén eltorzult *Titanotherium*-czombcsont. (HATCHER J. B. szerint.)

A csontok azonban gyakran már az üledékbe való beágyazásuk előtt megváltoztak volt. Ez történt azokkal az állatokkal, a melyek a szárazföldön pusztultak el és azután az áradás valamely vízmedenczébe sodorta őket. A csontok ilyenkor, a buroktól megtisztítva, el vannak fordulva, a csontváz egyes részei hiányoznak, az állkapocs és a fogak többnyire elvesztek. A szárazföldön való elrothadás alkalmával a dögevő állatok végzik pusztító munkájukat, vagy ha a rothadás zavartalan, avagy mumifikálás következik be, a csontok porrá hullanak szét. A konzerválás föltétele tehát az üledékbe való gyors beágyazás. Ha a hullákat a víz elsodorja, akkor ezek a fejlődő rothadási gázok következtében a felszínen úsznak. Ezenközben az izomrostok elpusztulnak, az állkapocs leválik és a fenékre süllyed, a test többi része pedig a parton vagy valamely siker helyen ülepedik le; az alak eltorzításából azután felismerhetjük a szállítás módját is.

A csontok szétroncsolódása még erősebb azon állatok maradványain, a melyek a hullámverés körzetében éltek. Hulláik a hullámok játékaik voltak és szétpattogtak. Alsó-Ausztriában, Eggenburg környékén a parti képződményekben gyakran találunk szirén-csontvázrészeket, a melyek le vannak gömbölyödve és minden szilárdságuk ellenére számos darabra törtek. A koponya hatalmas lemezes csontjai és az erős bordák gyakran kis darabokra zúzódtak.³¹ Ugyanez történt a delfinek hulláival is, a melyeket a hullámok a partra vetettek. Fonalgombák és más alacsonyrendű szervezetek a csontok felszíni szétrombolását okozzák, pl. szabálytalan, elágazó barázdák keletkezését idézik elő. Gyakran a rágsálók munkáját is felismerhetjük.

³¹ Ugyanezt a jelenséget látjuk a sopronmegyei Borbolya miocénkorú emlős maradványain is. A borbolyai agyagrétegek szolgáltatják azt a 6 m hosszú, csaknem teljes ősbálna csontvázat, a melyet *Mesocetus hungaricus* Kad. néven ismerünk, a mely azonban az *Aulocetus* nembe is tartozhatik és egy kicsiny *ősgazella* csontvázat. Ez utóbbit a közeli szárazulatról sodorta be valamelyik árvíz a tengeri üledékbe. Mindkét csontváz száz meg száz apró darabra törve feküdt a közép-miocénkori tengerpart hullámverés-övében. *A fordító.*

A fosszilis csontok színezése, a mely az elhalványodott csontvázrészek fehérségétől kezdve az összes színárnyalatokon keresztül mehet, természetesen annak a közetnek a színétől függ, a melybe bele vannak ágyazva, tehát főképpen a fémek oxidációs fokozatától, amitől a szín ered. Fehér, világos sárga szín a sötét sárgáig, rozsdaszín, világos barna a sötét barnáig és fekete szín fordul elő többnyire tarka váltakozásban. Így például Samos szigetén a pliocénkorú krétaszerű édesvízi mész csontjai fehérek, Perzsiában a maraghai vulkáni tufában levő csontok szürkés-barnák, Attikában, a pikermi vörös agyagban előforduló maradványokon vörös és fekete foltokat láthatunk. A diluviális barlangi agyagból származó csontok főképpen rozsdabarna színárnyalatúak. A csontok felszínét sokszor *dendritek* borítják.

A devonkorú pánczélos halak, pl. a *Coccosteus*, *Cephalaspis* és más halmaradványok, mint a skóciai alsó-devonkorú *Palaeospondylus*, néha szénné alakultak. Ez arra utal, hogy bőrvázuk legalább is részben valamely chitin-nemű anyagból volt. A csontos halak, különösen a palás mészben, csontvázuknak minden egyes részletét legfinomabban megtartották (434. kép).

[429.JPG]

434. kép. Halcsontváz a Monte Bolca közép-eocénkorú palájában.

A halpikkelyek, a melyek foszforsavas mészből, dentinből és zománcból állanak, sokszor konzerválódtak; a durvább hámképződmények, mint a tüskék vagy a csontlemezek mindig megmaradtak. A madarak tollainak a lenyomata többnyire csak a nagyon finom, leginkább meszes üledékből várható, a szaruanyag eltűnik. A madármaradványok ilyen kedvező fennmaradása nagyon ritka. Ide tartozik a felső-júrabeli Solnhofen lemezes mesze az *Archaeopteryx* ősmadárral (435. kép), a florissanti oligocén Coloradoban, a Green River eocénkorú halpikkelyes palái Wyomingben és a szepesmegyei Gánóc diluviális édesvízi meszei Magyarországon.

[430.JPG]

435. kép. Az *Archaeopteryx* csontváza felső-jurakorú lemezes mészben, Solnhofen. (Gipszöntvényről készült fotografiai fölvétel szerint.)

Néha az állati test izomzata, a bőr, a röplőhártya és az úszószárnyak legfinomabb részleteikben is megmaradnak. A Quercy foszforit testileg konzervált békáit és halait pszeuomorfózáknak kell tekintenünk, a melyekben a szerves anyagot ásvány helyettesíti.

A kitűnően fennmaradt fosszilis maradványok legcsodálatosabb előfordulása a felső-jurakorú lemezes mész (*litografáló pala*) Solnhofenben, az Altmühl-völgyben Bajorországban. Ez a mész ugyanis individuumokban szegény, fajokban azonban gazdag faunát szolgáltatott, a mely az akkori korszak csaknem valamennyi állatcsoportját magában foglalja. Itt ugyanis nem olyanok a viszonyok, mint a többi lelőhelyeken, a hol rendszeren az egyik vagy másik formacsoport jól konzerválódott, a többiek azonban elpusztultak, hanem a medúzák, tengeri csillagok, tengeri liliomok, rákok, rovarok, halak, gyíkok, krokodilusok és más vízi hüllők, a repülő Saurusok, pl. a *Rhamphorhynchus*, *Pterodactylus*, *Dorygnathus*, kicsi dinosaurusok, pl. a *Compsognathus*, az *Archaeopteryx* ősmadár, valamint a növénymaradványok felülmúlhatatlan jó állapotban maradtak meg. A hüllők, halak, lábasfejűek és férgek izomrészletei a legfinomabb sejteknek az összes hisztológiai részletekig való kitöltése folytán felismerhetők és foszforithoz hasonló, fluór-tartalmú közetté változtak.

[431.JPG]

436. kép. A *Compsognathus longipes* nyomai A solnhofeni felső-júrákorú palákon, $\frac{1}{2}$ term. nagyságban. (WALTHER J. szerint.)

Úgy látszik, hogy a foszfor és a fluor a táplálékból, az izmok és a vér foszforsavas sóiból származnak, a foszforitok képződésében pedig a földhalmozott ürületek (exkrementumok) is részt vettek. A kőzet tömött, törése kagylós és elefántcsontszerű, néha leveles és rostos. A kémiai átalakulás aránylag gyorsan mehetett végbe, még mielőtt a puhább részek elpusztulhattak volna. A fossziliák az úgynevezett *poshadt málladéokban*, a tiszta mészhú, agyagos közbülső telepeiben fekszenek. Az esőben gazdag, trópusi éghajlat alatt, a zátonylagunában (395. kép) a tenger váltakozó betörése és az édesvíz odaáramlása következtében fölötté finom mészhú üledék le, a melyben a szervezetek legkisebb részletei is lenyomódtak. Csodálatosképpen az állatok nyomai is megmaradtak (436. kép). A szárazföldön lakó állatok (geobios), továbbá a planktoni és nektoni szervezetek hullái itt úgyszólván folytonosan az iszapfelületre sodródtak, abba gyorsan belesüllyedtek és beágyazódtak, még mielőtt a dögfalók vagy baktériumok elpusztíthatták volna őket. Csak néhány állaton, pl. a kis molukki rákon: a *Limulus*-on ismerhetjük fel a halálküszdelmet (437. kép). Tíz méter hosszúságban lehetett ennek a ráknak a csúszási nyomait követni, míg megtalálták magát az állatot. Nyomaiból még azt is világosan ki lehetett olvasni, hogy halálküszdelmében mint csapkodta tövises farkával a talajt. E mellett a polipok gyengéd lenyomatai, a Dibranchiáták horgocskákkal fölfegyverzett karjai (438. kép) és a rovarok szárnyerezetei keltik fel csodálkozásunkat.

[432.JPG]

437. kép. *Limulus*-nyomok (molukki-rák) a solnhofeni felső-júrákorú palákon, $\frac{2}{3}$ term. nagyságban. (WALTHER J. után.) A kis rák halálküszdelmében tüskés farkával csapkodva 10 méternyire menekült az iszapban.

[433.JPG]

438. kép. Egy kétkopoltyús lábasfejű (Dibranchiata) csúszási nyomai a felső-júrabeli solnhofeni palából $\frac{2}{3}$ term. nagyságban. (JAEKEL O. szerint, WALTHER J. könyvéből.)

Ehhez hasonló, fossziliákban gazdag litografáló palák Nusplingen mellett (Thüringiában, Sváb-földön) is előfordulnak és a württembergi Holzmaden liaspaláinak kitűnő állapotban megmaradt Saurusaiból (*Ichthyosaurus*, részben bőrével, *Plesiosaurus* *Teleosaurus* stb.) nagy számmal jutott minden múzeumnak. Így az állami földtani intézet budapesti múzeumában egy bőrostól megmaradt *Ichthyosaurus quadriscissus* Quenst példánya látható.

A legtokéletesebb pszeudomorfóza a *Trachodon annectens* úgynevezett múmiája. Ezt a felső-krétakorú dinosaurust Converse County-ban, Wyomingban találták (439. kép). Az egyenesen álló, több mint 4 m magas állat csaknem teljesen megmaradt. A hátán fekszik, magasra húzott hátulsó lábakkal, kiterjesztett elülső végtagokkal, visszahajtott fejjel; hasa és mellürege fel van hasítva. Izmai és bőrtakarója egészen csodálatosan ép állapotban maradtak meg a nagyon finom homokú anyagban, mint valami öntvényben. Azt kell föltennünk, hogy az állat természetes halált halt s hullája sokáig száraz meleg hatása alatt állott, míg teljesen mumifikálódott. Ezután a mómia gyorsan beágyazódott a homokba és agyagba, s ezek az anyagok testének alakjáról tökéletes negatívlenyomatot létesítettek, még mielőtt a puha részeket és csontokat az átszűrődő víz felpuhíthatta volna. Ilymódon a kilúgozás már nem távolíthatta el a puharészeket és a kovásv ezek helyére nem is rakódhatott le. Hasonló kilúgozási folyamat következtében maradtak meg a Vezuv hamujában, illetőleg megszilárdult

tufájában azok a csodálatosan pontos üreges benyomatok, a melyek az elpusztult Pompeji áldozatainak testétől származtak. Az üreges benyomatok alapján gipszöntvényeket lehetett a holttestekről készíteni. Ritkán fordul elő az az eset, hogy a gerinczes állatból testének lenyomatán kívül semmi sem maradna meg, úgy hogy összes kemény részei teljesen eltűntek volna, anélkül, hogy valamely ásványanyag helyettesítené azokat.

[434.JPG]

439. kép. Felső-krétakorú dinosaurusnak: a *Trachodon*-nak fosszilis múmiája Wyomingból, Észak-Amerikában. (OSBORN H. F. szerint.)

Különös jelentőségre tettek szert a lábnyomok, *csapások*, a melyeket az állatok a puha talajba, homokba vagy agyagba nyomtak. Az üledékek elborították ezeket a nyomokat és így megmaradtak. Ha azt a rétegfelületet, a mely az akkori szárazföldi felszín állítja elénk, felfedjük, akkor a nyomokat a megszilárdult közetbe élesen bevésődve látjuk, a fedőréteg alsó oldalán pedig öntvényük maradt meg, a láb talpának mintázata. A gerinczesek nyomainak tanulmányozása, az *ichnológia*, az előző korszakok állatvilágának életviszonyaira nézve nagy jelentőségre tett szert. A devontól kezdve megtaláljuk ezeket a nyomokat azokban az összes formációkban, a melyek megfelelő faciesbeli föltételeket - gyorsan elborított szárazföldi képződményeket - nyújtanak. Gyakran egyes rétegekben fölötté sok nyom maradt meg, mint pl. a germán triasz tarka homokkővében (*Chirotherium-homokkő*) és Észak-Amerika *connecticuti homokos agyagjában*, Bajorország felső-jurakorú lemezes meszéjében, Északnyugati-Németország wealdenében stb. Az a sajátságos, hogy ezen szintek közül egyesekben csontmaradványok nagyon ritkák, vagy pedig egészen hiányoznak. Föltételezik, hogy ezek az állatok a barátságtalan steppéken és sivatagokon keresztül vándoroltak, hogy jobb létföltételekre akadjanak. Ezekből a nyomokból megállapíthatjuk, vajjon ezek az állatok mind a négy lábukon jártak-e, vagy csak két lábon mozogtak, mint egyes dinosaurusok. Még az állat farkának a nyoma is visszamaradt, különösen a két lábon járó dinosaurus után. A farknyom egyenesvonalú vagy kígyózott és azokon a helyeken, a hol az, állatok lepihentek, gyakran megláthatjuk testük megfelelő lenyomatait (440. kép). A lábnyomokból az ismeretlen állat magassági viszonyaira következtethetünk és felismerhetjük járásának módját, vajjon lépésben vagy futva mozogtak-e, vagy pedig nyomaikat nyugalmi állapotban nyomták-e be. Ezekből a nyomokból az állatformáknak egész sorozatát állapították meg; azonban ez a módszer fölötté megbízhatatlan és annyi bizonyos, hogy sok típust kell majd egyesíteni, ha egyszer a hozzátartozó csontvázrészek ismeretesebbek lesznek.³²

[435.JPG]

440. kép. Ülő dinosaurus lábnyomai. (LULL R. S. szerint.)

A fosszilis gerinczesek lakóhelyének s építményeinek fennmaradására nézve csak néhány példa ismeretes, a melyek közül a legcsodálatosabbak a rágcsálók járási csövei (441-443. kép). Ezek Nebraska alsó-miocén Harrison Bedjében fordulnak elő és *Daemonelix* (devils corkscrew) néven vannak leírva; csavar formájában tekerődnek és a vízszintesen települt

³² A nógrádvármegyei *Ipolytarnóc* határában a Borókás árokban czápa-fogakkal telt konglomerát fölött finomszemű homokkő lapokon *rhinoceros*-, *összarvas*- és *madár-lábnyomokat* találunk. A lábnyomos homokkő fedőjében szenes réteg van a *Pinus tarnóensis* kövesedett fával s ezt andezittufa-takaró fedi. Az emlős- és madár-lábnyomok megmaradását elősegítette az a körülmény, hogy a miocén-korú tengerpartot hirtelenül borította el a vulkáni hamu, a melyet a közeli tűzhányók ide szórtak. *A fordító.*

rétegeket merőlegesen szelik át. Kiszélesedett kamrában végződnek, a melyet gyakran csekély hajlású folyosó köt össze a felszínnel. Ezeket az építményeket szilárd homokkő töltötte ki és így igen világosan megmaradtak. Eredetileg növénygyökereknek tartották őket, később azonban felismerték ezeknek a tasakos patkányok (*Geomyinae*) folyosóihoz való hasonlóságát. A tasakos patkány ma is él Észak-Amerika nyugati részein. Egyesekben hódyszerű rágcsáló (*Steneofiber fessor*) csontvázát találták. Hasonló, de sokkal kisebb építményeket találtak Felső-Bajorország felsőoligocénkorú félsósvízi rétegeiben.

[436.JPG]

441. kép. *Daemonelix*, alsó-miocénkorú rágcsáló (*Steneofiber*) építménye Nebraskában, Észak-Amerika. (A Morill Collection of geological photographs, University of Nebraska egyik fölvétele után, OSBORN H. F. könyvéből.)

[437.JPG]

442. kép. *Daemonelix*, körülbelül 2½ m hosszú cső, a *Steneofiber* alsó-miocénkorú rágcsáló megkövesedett lakása. (PETERSON O. A. szerint.)

[438.JPG]

443. kép. A *daemonelix* (rágcsáló lakás) végső darabja a *Steneofiber* csontvázával együtt. (PETERSON O. A. szerint.)

A fosszilis állatok települési helyeihez kell számítanunk a medve- és hiénabarlangokat, a melyekben ezeket a ragadozókat és zsákmányaikat gyakran nagy számmal találjuk a barlangi agyagban beágyazva. A zsákmányok csontjain a falási és rágási nyomok még láthatók. A Tischofer-barlangban Kufstein mellett Tirolban, a Lettenmaier-barlangban Kremsmünster mellett Felső-Ausztriában, a «Fuchslucken»-ben Eggenburg mellett Alsó-Ausztriában s a Bükk-hegység híres *Szeleta*-barlangjában találhatjuk az aránylag gyakori példákat.

Táplálkozás közben lepte meg a halál az *Allosaurus*-t, a melynek pompás csontvázát az erősen megrágott *Brontosaurus*-maradvánnyal együtt lelték meg. A felső-jura félelmes ragadozó dinosaurusza zsákmányával együtt felállítva a newyorki múzeum egyik legszebb látványossága (444. kép). A pittsburgi múzeum *Diplodocus Carnegiei* egyes végtagsontjain is megláthatjuk a ragadozó állat fogainak nyomait.

[439.JPG]

444. kép. Az *Allosaurus*, felső-júrákorú húsevő dinosaurusz, zsákmányán, a *Brontosaurus* hulláján. (Az American Museum of Natural History fotografiai fölvétele szerint.)

A barlangi medve maradványainak gyakori felhalmozódása azonban a földalatti vízfolyások összehordásán alapul. A barlang agyagába beágyazva sokszor (pl. az igriczi barlangban) több száz koponyát és más csontvázrészeket találtak, a melyek gyakran világosan mutatják a víz legömbölyítő hatását. Számos medvebarlangban megtalálhatjuk magát a diluviumbeli ember maradványát vagy nyomát is, a ki, igen helyesen, a megkívánt lakóhelyet birtokába vette és primitív életének csekély nyomait, a diluvialis ragadozókkal együtt, a kultur-rétegben hátra is hagyta.

Nagyon kedvező körülmények között a fosszilis állatok gyomortartalma felvilágosítással szolgál az állatok táplálékára nézve, a mint ezt a szibériai diluviális mammut és orrszarvú gyomrában találták. Táplálékuk fűzfa, nyírfa és fenyők gallyaiból állott. Az ausztráliai

diluvium óriás erszéyese volt a *Diprotodon australe*, a melynek gyomorüregében a sósuszták bokornemű növényzetének leveleit és ágait tudták kimutatni. Az Ichthyosaurusok testüregében vagy tíz fiatal példányt figyeltek meg. Az a kérdés merült fel, vajjon embriókról, vagy pedig elnyelt ivadékokról van-e szó? Úgy látszik, hogy mindkét eset előfordult. A württembergi liászból származó czápa testében 250 Belemnites-t találtak.

A fókák, madarak, különösen a nagy futómadarak és hüllők, pl. a krokodilusok köveket, többnyire kvarczgörgetegeket nyelnek el, a melyek az emésztés alkalmával a táplálék mechanikai felaprózására szolgálnak. Ezek a kövek a surlódás folytán és a gyomorsav hatása alatt is, nagyon fényes, mintegy csiszolt felületűek lesznek; *gyomorköveknek*, *gasztrolit*-eknek nevezzük őket. A fosszilis állatok, pl. a *Plesiosaurus*, *Elasmosaurus*, a dinosaurusok és madarak hulláiban találtak ilyen csiszolt köveket, a melyeknek nagysága a diónagyságtól egészen a négy hüvelyk átmérőjű idomig terjed és ezeket gyomorköveknek tekintették. Ha egyes esetekben valóban így is van, azért ezekben a meghatározásokban nagy gondot kell fordítani a lelőhelyre is, mert az észak-amerikai Utah felső-jurakorú dinosaurus-rétegeiben számos kvarcz- és szarukő-görgeteget találtak, a melyek zsír- vagy selyemfényűek, azonban oly nagy számmal fordulnak elő, hogy képtelenség valamennyit gyomorkőnek tekinteni, még akkor is, ha fölteszük, hogy a dinosaurusok a kovát, a madarakhoz hasonlóan, az ürülékkel együtt ismét kiadták volna. A sivatag közelsége arra vall, hogy itt csak »sivatagfényemáz«-zal van dolgunk, a mely éppen úgy képződött az előző korszakokban is, mint ma.

[440.JPG]

445. kép. Az *Ichthyosaurus* (liaszkorú hüllő) kövesült ürüléke, *koprolithja*.

A megkövesült ürülékek: a *koprolithek* (445. kép) egyes rétegekben fölötte gyakoriak, így különösen az úgynevezett bonebedben (csontmaradványok, fogak, pikkelyek stb. fölhalmozódásai), a mint ezek pl. a Schwab-triaszban és a különböző helyek foszforitjaiban találhatók (lásd a 390. A képet); ezeket fosszilis guanotelepüléseknek tekintik. A koprolithokból nagyon nehéz felismerni azokat az állatosztályokat, a melyeknek e koprolithok tulajdoníthatók. Gyakran nem lehet megállapítani, hogy vajjon hüllőktől vagy pedig halaktól származtak-e? Texas perm-jéből kitűnően megmaradt darabokat ismerünk, a melyek a *Stegocephalus*okhoz tartoznak és csavarformájú fordulatokat mutatnak. A koprolithokban, felismerhetjük a táplálék fölöslegeit, mint a csontokat, konchylia-héjakat, a foraminiferákat, a radiolariákat és a baktériumokat.

[441.JPG]

446. kép. A *Diplodocus Carnegiei* sérülés folytán összenőtt farkcsigolyái. (Gipszöntvény után készült fotografiai fölvétel.)

Sokszor *traumatikus és patologikus* sérüléseket láthatunk a csontvázon, így a koponya, a bordák, a végtagok és a farok gyógyult csonttöréseit. Így a *Diplodocus Carnegiei* csontvázán két farkcsigolya három helyütt is összenőtt (446. kép). Vajjon ezek a nyomok arra utalnak-e, hogy az állat a farkát fegyverül használta, mindenesetre kérdéses. A fosszilis és recens bálnákon hasonló eseteket figyelhetünk meg. A Pikermi mellett talált fauna nagyobb állatainak végtagcsontjain éles törések vannak, a melyek közvetlenül a puharészek elpusztulása előtt keletkezhettek, úgy hogy ebből azt következtethetjük, hogy az állatok valamely magas partról való ugrás vagy bukás folytán a patak medrében elpusztultak. Azonban a törések talán a vadpatakok által szállított hullákon is történhettek.

A barlangi medve csontjain köszvény okozta csontnövedékek (exostosis) találhatók. Más csontbetegségek is felismerhetők, a nélkül, hogy a betegség nemét pontosan meg tudnók állapítani.

A harmadkori szirének között *pachyosztózis* vagy *hyperosztózis* fejlődött ki, a mi nem más, mint a csontok megerősödése védelmül a külső hatások ellen, pl. a hullámverésben való életnél, részben azonban betegségből is eredt és ennek továbbterjedését a fiatalabb formákban is felismerhetjük. Ugyanezek a jelenségek a bálnákon is mutatkoznak, pl. a *Pachyacanthus Suessi* csigolyáján, mely a bécsi medence szarmata-emeletéből származik (447. kép). Még a halakon is megfigyelhetjük, a mint ezt a bécsi szarmataagyagból való *Caranx carangopsis* mutatja (448. kép).

[442.JPG]

447. kép. A *Pachyacanthus Suessi* ősbálna csigolyájának pachiosztózisa, a bécsi szarmata-korú rétegekből.

[443.JPG]

448. kép. Pachiosztózis a *Caranx carangopsis* nevű hal csontvázán a bécsi szarmata-korú agyagból.

A barlangi medve, a Mastodon és Mosasaurus fogsúját (caries) is ismerjük.

Különösen az előző korszakok elefánszerű állatai szolgáltatnak fontos adatokat a fogak változására nézve. Ezeken ugyanis meg lehetett figyelni a még ki nem bujt pótló-fogakat. Azonban ezek az egyes egyéneken végzett ontogenetikai megállapítások természetesen még messze vannak a származástani (phylogenetikus) megállapításoktól.

Egyes fossziliák felismerhetjük, hogy az állat csak halálküszdelme után ágyazódott az üledékbe, a mint ezt a hullók és halak testének görcsös hajlása mutatja, vagy a mint azt a *Limulus*-on (437. kép) megfigyelték.

Alsóbbrendű állatok.

Ha a finomszemecskéjű és finomrétegzésű üledékekbe rovarok ágyazódnak bele, vagy ha a rovarok különösen meszes agyagba kerülnek - szabály szerint ugyanis csakis ebben maradhatnak meg, - akkor a chitin szén anyagává változik át, a mely vékony bevonat gyanánt fedi a rétegfelületet. A bevonat azonban gyakran hiányzik és csak a lenyomata marad hátra. Ily módon néha a leggyöngédebb rovarszárnyak is csodálatos módon konzerválódtak. Egészen sajátos módon marad meg a folyékony fagyanta, a mely később megkeményedik és a maradványt a levegőtől tökéletesen elzárja. A fatörzsekről lefolyó és lecsepegő gyanta erősen megfogja és bezárja a kisebb állatokat, különösen a rovarokat és így megvédi őket a rothadástól. Ez történik ma is pl. a *Canarium bengalense* törzsén, a melynek gyantája *kopál* néven ismeretes. Ebben sokszor rovarok, pillangók, szúnyogok, bogarak vagy hangyák vannak bezárva, a melyek a gyanta feloldása után olyan frissen kerülnek napfényre, hogy éppen úgy lehet őket preparálni, mint a frissen fogott példányokat. Hosszabb idő múlva azonban a szerves anyag elpusztul és valami csekély kis por hátrahagyásával eltűnik. Ez történik a *borostyánkőbe zárt rovarokkal* is, a melyekből többé-kevésbé a test legkisebb alkotórészeit is mutató üreg marad meg, a melyet fehér emulzió tölt ki; ebben kevés szén port találhatunk. A borostyánkő a borostyánfenyőnek, a *Pinus succinifera*-nak fosszilis gyantája, a mely a felső-eocénben bizonyára a Balti-tenger környékének nagy részét borította. Ezekben a

borostyánokban körülbelül 2000 rovarfaj, különböző növénymaradvány, sőt még egy kis gyík is megmaradt, a melyekből azon korszak flórájába és mikrofaunájába nem remélt módon pillanthatunk bele.

A keményhéjú rákok többnyire elég jó állapotban maradtak meg, a chitin hiányzik, a páncél teljesen elmeszesedett, elkovásodott, elérczesedett, gyakran konkrécziókba van zárva. A puhahéjú rákok gyöngédebb chitinpáncéljuk miatt csaknem egészen laposra nyomódtak, néha csak lenyomatuk maradt meg. A solnhofeni lemezes mészből a páncél még mint fényes, világosbarna, nagyon kemény (hihetőleg még chitines) anyag maradt meg.

A *Gigantostracák*, a melyek csaknem egészen a szilur- és devon-formációra szorítkoznak, részben öntvények alakjában maradtak fenn. Ezek a páncél felszínének legfinomabb részleteit is megőrkítik; páncéljuk részben szenes bevonat alakjában maradt meg, vagy pedig egyes esetekben csak barnás fényű bőröcskét láthatunk belőle, a mely valóban csak ásványbevonat. A *Trilobiták*-nak vékony páncéljuk van, mely a foszforsavas és a szénsavas mész váltakozó településéből képződött. Sokszor megmaradt ez a páncél, gyakran azonban csak öntvény alakjában fekszik előttünk. A foszforsavas mész talán másodlagos képződmény. A Trilobiták fejlődését a ránk maradt Trilobita-pete- és lárvaleletek alapján elég jól ismerjük. A legtöbbnek meg volt az a képessége, hogy összegöngyölödjék és így védje alsó részének puha részeit és ízelt tagjait.

Miután az összegöngyölödött állatokat keresztcsiszolatok segítségével fölfedezték, sikerült ezen testrészek szervezetét egészen pontosan tanulmányozni. Később a különösen kedvező leleteken a finom végtagokat, csápokat stb. is ki lehetett mutatni. A kacslábú rákoknak (*Cirripedia*) mészpát-héjuk van, a melyek nagyrészt változatlanul megmaradtak.

Az alsóbbrendű állatosztályokon a fosszilis maradványok konzerválására nézve nagyon fontos a mész módosulatainak a megkülönböztetése; ugyanis ezeknek szilárd testrészei mészből vannak fölépítve. Kalczit és aragonit fordul elő, bár szerves anyag hozzákeveredése következtében eltérő állapotban és ezért bizonyos időn keresztül egyesek *conchit*-nak nevezték. A kalczit nehezebben oldható és ezért a belőle álló vázrészek többnyire megmaradtak. A fosszilis maradványokból azonban minden további nélkül nem szabad az eredeti héj mineműségére következtetni, mert többnyire valamely kémiai változás következett be, pl. az aragonit helyére kalczit rakódott le. A különböző állatosztályok mészhéjainak kutatása a következő eredményre vezetett:

A kétkopoltyús lábasfejűek (*Dibranchiata*) sorában a Belemniteknek kalczitból álló szilárd mészhüvelyük (rostrum) van, a mely csaknem mindig jó állapotban maradt meg. Néha a mész erősen bitumenes. A mészhüvelyek (rostra) néha el vannak szakadva és torzítva, belső szerkezetük azonban többnyire pontosan tanulmányozható. A tintahalak belső héja aragonitból képződött, részben szarutelekkel és ezért lyukacsossága következtében ritkán maradandó. A nagyon finom szemecskéjű anyagban a belső héj gyakran csak lenyomat alakjában figyelhető meg, éppen így a puharészek is, az állat törzse, feje és karjai. Néha a tintazacskó is megmaradt és tartalma sűrű, szénszerű anyaggá változott. Nagyon feltűnő, hogy eddig a fosszilis, négykopoltyújú lábasfejűek (*Tetrabranchiata*) állatjának semmi nyomára sem akadtak, bár a számtalan Nautiloida és Ammonoida oly sok formációban fordul elő s az egész világon el van terjedve. Erre nézve kimerítő magyarázatot még nem találtak. A mai *Tetrabranchiata*-k héja, az *Argonauta* kivételével aragonitból áll, mint a *Nautilus*-oké és azt kell föltennünk, hogy így volt ez a fosszilis formákon is, a melyeknek héjai ritkán maradnak ránk eredeti összetételükben. Úgy látszik, olyan esettel van itt dolgunk, mint a mikor olyan gyöngyházréteg marad meg, a mely még színjátékot mutat. Egyes fosszilis héjak kalczitból állanak. Gyakoriak a piritté vált ammonitek, a melyeknek háza elérczesedett.

Az ammonithéjak zárófedelei (*aptichus*) mészből állanak, belső oldalukon szarunemű réteggel. Gyakran rengeteg számmal fordulnak elő, míg a héjaknak ugyanott semmi nyoma sincsen. Ennek alapján azt kell föltennünk, hogy ezek a zárófedelek kalcitból voltak és megmaradtak, míg a héjak feloldódtak és a mész a közettömeg (*aptichus-mész*) gyarapítására szolgált. A szaruköves réteg egyes kőzetekben, különösen a palákban, szenes bevonat gyanánt maradt meg. Ennek alapján állították föl a *Cornei*-csoportot - a szarunemű aptichusok csoportját -, ez azonban tévedésen alapul. Ritkán találtak olyan ammonithéjakat, a melyeknek szájnyílását aptichusok zárták be. A héjak többnyire teljesen feloldódtak, csak a kitöltés, belsejük modellje, a *kőmag* maradt meg. Ezeknek a feloldásoknak és kémiai átalakulásoknak alapján föl kell tennünk, hogy a szerves maradványokhoz víz szivárgott felülről. Ha azonban valamely vízhatlan agyagban, ha nem is egészen, de mégis nagyon meg van akasztva a víz hatása, akkor azok a változások, a melyeken a fosszilis maradványok átesnek, sokkal csekélyebbek és a maradványok sokkal jobb állapotban maradtak meg. A konchylákat a homokban a szivárgó vizek kilúgozzák, először a színüket veszítik el, azután a konchiolint, majd krétaszerűek és törékenyek lesznek és ha a szétrombolódás még tovább halad, a mészhéj egészen eltűnik. Eközben a héj mészanyaga rendesen az anyag megszilárdítására szolgált, úgy hogy ezek a szilárd kőmagok többnyire a megszilárdult üledékben is ott rejtőznek (449. kép). Ily módon megy végbe az elkonkrécziósodás és a szilárd padok képződése. A nagyon vékonyhéjú konchylák kőmagjai gyakran a felszínnek csaknem összes díszítményeit feltűntetik. Ha az üledékben a héj feloldása következtében a külső oldalról lenyomat keletkezik, a melyet finom szemecskéjű anyag tölt ki, akkor a mészhéjról pontos modell készül; ez az úgynevezett *díszítményes kőmag*. Ez az eset különösen a mészben gazdag üledékekben fordul elő. Ezek a folyamatok az ásványok kizsorítási pseudomorfózájára emlékeztetnek, a melyekben a kovásv, mészkarbonát és fémes vegyületek, különösen a pirit is közreműködnek (450. kép).

[444.JPG]

449. kép. Kagylók kőmagjai és lenyomatai homokkőben.

[445.JPG]

450. kép. Júrakorú ammonit (*Stephanoceras sp.*) díszítményes kőmagja. A héj részei is láthatók.

Ha valamely cephalopoda-héj az üledékbe ágyazódik, akkor az állat elrothadása után az üledék először is a lakóüreget tölti ki és a szifó kis nyílásán keresztül behatol a levegővel telt kamrákba a nélkül, hogy a falakat megsértené. Ha ez az anyag megszilárdul és a héj feloldódik, akkor ezekről a levegőkamrákról igen pontos öntvényeket kapunk (451. kép). Ezeken a kőmagokon fel lehet ismerni a kamraválasztófalak hozzáfűzési vonalait, a melyek a formák meghatározására igen fontosak. Ezek a vonalak a héj belső falába (*szuturák, lóbuszvonalak*) vannak bemélyítve. Egyes darabokon megfigyelhető, hogy az üledék nem hatolt be a levegőkamrákba, hanem ezek üresek maradtak, vagy pedig ott a diffúzió következtében, mint valamely jegezcsoportüregben, kristályok képződtek, a melyek az üreget kibélelik, vagy egészen kitöltik (452. kép).

[446.JPG]

451. kép. Júra-korú ammonit (*Phylloceras*) kőmagja finoman elágazó varratvonalakkal.

[447.JPG]

452. kép. Egy olyan ammonit keresztmetszete, melynek levegőkamrái részben mészpátkristályokkal vannak kibélelve, részben pedig üledékkel vannak kitöltve.

Azonban a héjből gyakran nem marad meg egyéb, mint egy könnyű domborművű díszítmény a réteg felületén. Többnyire a nyújtás is szétrombolja (172. kép). Ezeknek a díszítményeknek a vékonyrétegezésű, finomszemcskés kőzetekben, palákban, lemezes meszekben való keletkezése, gyakori megmaradási módja nagyon bonyolult. A héj eredetileg laposan feküdt a réteg felületén. Ez a héj egy kissé besülyedt az iszapba és az oldás látszólag legelőször a héj alsó felén következett be, mert a fossziliának a rétegfelülettől semmiféle elválása nem mutatkozik. Csak azután földte be az üledék teljesen a maradványt, a héj teljesen fölolvadt és a fedőréteg nyomása alatt keletkezett a domborzat lapos lenyomata. Ez néha a rétegfelületnek valamely talapzatszerű kiemelkedésén fekszik és a fedőrétegek bizonyos könnyű fölboltozást mutatnak. Ezt a jelenséget az állat rothadási gázának felhajtó erejével magyarázzuk.

A csigák (*Gastropoda*) héjai aragonitból állanak, csak kevés faj, pl. a *Patella*, *Scalaria* stb. héja áll kalcitból; az Ásólábú csigák (*Scaphopoda*) héjai szintén aragonitból állanak, továbbá ebből áll a legtöbb kagyló (*Bivalva*) héja is csekély kivétellel, pl. az *Ostrea*, *Pecten*, *Anomia*, *Lima* kivételével, míg mások, mint pl. a *Pinna*, *Mytilus*, *Trigonia* külső rétege kalcitból, belső rétege pedig aragonitból áll. A Pörgekarúak (*Brachiopoda*) héjai kalcitból vannak. Az előbb mondottak szerint a héjak jobb megmaradási módja az anyag szerint igazodik. A Pörgekarúak (*Brachiopoda*) héjai többnyire zárva vannak, a Kagylók (*Bivalva*) héjai ellenben, ritkán záródtak, amennyiben a héjak az állat kimúlása alkalmával, a záróizmok gyors pusztulása következtében, nagyrészt kinyílnak. A vízhatlan üledékekben többnyire az aragonit-héjak is megmaradnak, míg más helyen krétaszerűen kilúgozódnak vagy egészen feloldódnak és csak a kőmag marad előttünk. A Puhatestűek (*Mollusca*) héjai apró darabokra vannak törve, gyakran kagylómorzsákká (*Lumachelle*) dörzsölődtek széjjel. A szétrombolás munkájában főképpen az ollótlan rákok és lapos halak a részesei.

Nem ritkán az is előfordul, hogy a héjak elkovásodnak, úgy hogy az elmállás alkalmával a kőzet felszínén előtűnnek (453. kép). Az ilyen héjakat igen egyszerűen úgy tudjuk a többnyire könnyebben oldható anyakőzetből kiszabadítani, hogy az anyakőzetet hígított sósavval feloldjuk. Pirított való változás és más fémvegyületek is előfordulnak. Sok szilárd mészkőben azt látjuk, hogy a lábasfejűek, csigák, kagylók és pörgekarúak belseje diffúzió folytán fehér vagy világossárga kalcittal van kitöltve, míg az anyakőzet sötétszínű (454. kép). Ezáltal a fosszilis maradványok, különösen a csiszolt kőzetfelületen nagyon világosan kitűnnek és ezt a jelenséget különösen a díszítő köveknél értékelik. Néha a héj belseje is, a jegeczfészek-üregekhez hasonlóan, kristályokkal, különösen aragonittal van kibélelve. Némely alpesi mészkőben a nagy kagylók egy részének belseje vörös, más csoporté fehér mészkővel van kitöltve. Amennyiben a vörös színezést a terra rossa hozzákeveredésére lehetne visszavezetni, a leülepedés váltakozását kell föltenni. Egyes esetekben azokat az üregeket, a melyek a fossziliák feloldása folytán a már megszilárdult kőzetben keletkeznek, fiatalabb üledék tölti ki. Egyiptom eocénkorú mokattám-mészében a fosszilia-héjak cöllesztinnel vannak kitöltve, a mely néha a korallok vázát vagy a konchylia héjait helyettesíti.

[448.JPG]

453. kép. Mészkőből kimállott konchilia-kőmagok.

A mohaállatok (*Bryozoa*) változatos telepei legalább részben (*Ectoprocta*) kalcitból vannak. A Tüskésbőrűek (*Echinodermata*) kemény részei általában mészpátból (kalcitból) állanak, ezért még a legrégebb formációkban is kitűnő állapotban maradtak meg. Néha a mészpát helyére pirit ülededett, mint a *bundenbach*-i devonpala (Hunsrück) crinoideás és asterozoás pompás lemezein. Kovásodás is előfordul.

A *Serpula* nevű gyűrűsféregnek mészpát-csőve van, mint hihetőleg a többi csöves féregnek is. A férgek, medúzák, tengeri ugorkák (*Holothuria*) és különböző Izeltlábúak (*Trilobita*, *Merostomata*, *Malacostraca* és *Branchiopoda*) puha részeinek egészen csodálatos megtartási módját ismerhettük meg Brit Columbia középső kambriumában, a hol a kovapalák a legfinomabb részleteket eddig ismeretlen és nem is remélt pontossággal adják vissza (455., 456. kép). A nagyon finom szemecskéjű pala nyugodt, iszapos vízben üledett le és kitűnően hasad.

[449.JPG]

454. kép. Ammonites-mészkő csiszolva. A héjak levegőkamráit részben fehér mészpát tölti ki, részben pedig kristályfészek-üregek.

[450.JPG]

455. kép. Gyűrűsféreg (Annelida) lenyomata a közép-kambriumi kovapalákból, kétszeresen nagyítva. (WALCOTT CH. D. szerint.)

[451.JPG]

456. kép. Rák lenyomata a közép-kambriumi kovapalákból, 3-szorosan nagyítva. A belső szervek a vékony páncélon keresztül láthatók. (WALCOTT CH. D. szerint.)

A *Graptolithes* burka, a peridermis, valószínűleg chitinből állott és többnyire vékony, bitumenesen szenes, gyakran kénkovanddal impregnált héjacska gyanánt maradt meg, néha pedig zöldesfehér, selyemfényű szilikáttá (*gümbelit*) változott. Ily módon, különösen a finomszemecskéjű palákban, e polipok finom díszítményeinek minden részlete jól felismerhető.

A *medúzák*ból többnyire csak lenyomatok maradtak meg, azonban, mint Solnhofenben és Kanada, középső kambriumában, néha sok részlettel együtt. A gyomorüregek kitöltései, soklebenyű testek alakjában, biztosan nem mindig mutathatók ki.

A hidrokorallok váza aragonitból áll, a koralloké részben aragonitból (*Zoantharia* és *Heliopora*), részben pedig kalcitból (*Alcyonaria*). Azonban gyakran kémiai átalakulás történik és a miként elkovásodott koralltömzsök előfordulnak, úgy gyakrabban a mészpát (kalcit) is kiszoríthatja az aragonitot. A korallmeszek eldolomitizálódását már említettük. A *mészszivacsok* vázukat kalcitból építik föl, azonban fennmaradási állapotuk, a vázelemek könnyű szétrombolhatóságánál és szerkezeténél fogva, az előre haladó elmeszesedés folytán többnyire rossz. Rendesen csak egyes tűk maradtak meg, a melyek azonban gyakran kovafölddé változtak, úgy hogy az anyag mineműségéből a rendszertani helyzetre nem szabad következtetnünk, mert a kovaszivacsok vázrészei is elmeszesedhettek. A *szaruszivacsok* a megkövesedés folyamata alatt egészen szétrombolódnak. A *kovaszivacsok*nál az eredetileg amorf kovaföld kristályossá változott vagy felolvadt és helyére vasoxidhidrát települt. A *Radioláriák* váza akantinból (szerves anyag) vagy átlátszó, vagy amorf kovaföldből képződött.

Csupán csak az utóbbi anyag képes megmaradni és a meszes vagy agyagos üledékben többnyire jól van konzerválva. A kovás üledékekben gyakori a föloldás. Sok szarukő, kovapala, jaszpisz és köszörűkő nagyrészt radioláriákból van fölépülve (*radiolaritek*). Néha ezekben a kőzetekben is változatlanul megmaradnak a vázak, vagy pedig mésszé, vagy valamely vasvegyületté változnak.

[452.JPG]

457. kép. Trilobita-nyomok, kambriumi homokkőn, Északamerikából. A természetes nagyság $\frac{1}{8}$ -ada. (WALCOTT CH. D. szerint.)

A *Foraminiferák* héjai közül a chitinesek nem maradnak meg, a kovások a homokszemecskéket szilárd burokká ragasztják össze, a legtöbb foraminiferának azonban meszes a héja (kalcit). Az átváltozások, különösen az elkovásodások ebben a csoportban is előfordulnak. Sok üledékes kőzetben maradtak fenn foraminiferák és néha, a mint már kimutattuk, annak összetételében a legnagyobb részük van. Vékony csiszolatokból még többnyire meg lehet őket határozni és fontos útbaigazítással szolgálnak az üledék korának meghatározására és fáciesbeli jelentőségére nézve.

[453.JPG]

458. kép. Egy fereg (*Helminthoidea*) csúszási nyoma.

Gyakran mint kőmagvak maradtak meg, a melyek *glaukonitból* (káliavasoxidszilikát), néha foszfátból állanak. A glaukonithomokok, a melyek úgy recens, mint fosszilis állapotban olyannyira elterjedtek, főtömegükben Foraminiferákból képződtek.

A flörsheimi oligocén-korú agyagból fölépített darázsfészkek ritka példát szolgáltatnak az alacsonyabb rendű állatok lakóhelyeinek fennmaradására nézve. A fiatalabb formációk, különösen a harmadkor *induziás meszei*, többnyire a *phryganida*-lárvák meszes héjaiból képződtek, a melyeknek keletkezését még ma is megfigyelhetjük olyan patakokban, a melyekben mésztufa rakódik le.

[454.JPG]

459. kép. Hieroglifák, eocénkorú réteglapon.

A fűrőkagylók és csigák *fűrőlyukai* a parti képződményekben igen gyakoriak. Egyes tuskók, a melyek a hullámverés körzetében feküdtek, egészen át vannak lyuggatva; ezek egészen pontos vízállásmutató gyanánt szolgálnak az akkori vízmagasságra nézve. Néha az állatok héjai még benn rejtőznek ezekben a járatokban, vagy pedig fiatalabb üledékkel vannak kitöltve.

[455.JPG]

460. kép. Fukoidák.

Némely vékonyrétegzésű, finom szemecskéjű kőzetben különféle állatoknak *csúszási nyomai* maradtak meg, így például a solnhofeni lemezes mészen a *Limulus* nevű rák, a kétkopoltyús lábasfejűek, *Dibranchiata* (436-438. kép), a *Saccocoma* úszó tengeri lilium stb. hagyták hátra nyomaikat. Észak-Amerika kambriumából férgek és trilobiták csúszási nyomai ismeretesek (457. kép) és sok más formáció szolgáltatott ezekhez hasonló maradványokat, a melyeket azonban nem lehet mindig bizonyosan meghatározni.

[456.JPG]

461. kép. Fűrökagylók által összerágott fa.

Egyes kutatók nagyrészt az úgynevezett *hieroglifákat* és a régebben *fukoidáknak* (tengeri algák) tartott képződményeket is a férgek, csigák és más alacsonyrendű állatok *csúszó-, faló- vagy ivadék-nyomainak* és *lakócsöveinek* tartották. Ezek a hieroglifák és fukoidák az összes formációkban előfordulnak, de különösen a krétakorú és eocénrétegekben gyakoriak, a hol más fossziliák hiányában nagy jelentőségűek és a legkülönbözőbb néven írták le őket (a 458., 459., 460. képeken). Míg ezek a megállapítások kétségtelenül helyesek olyan alakokra nézve, a melyek a közetrétegeken végig keresztülhúzódnak vagy egymást keresztezik, viszont más formákra nézve nem olyan könnyű ezt a kérdést eldönteni. A fosszilis fákban a fűrökagylók (*Teredo*) fűrőjáratai közzel kitöltve maradtak meg. A faanyagot gyakran egészen mészhelyettesíti, a mely ezeket a féregalakú kitöltő képződményeket összeragasztja (461., 462. kép).

[457.JPG]

462. kép. A fűrökagylók fűrőjáratai, a melyeket az üledék kitöltött és összeragasztott.

[458.JPG]

463. kép. *Pleurodictyum problematicum* Goldfuss alsó devonkorú korall, a vele szimbiózisban élő féreggel.

A fossziliák egyes közös lakótelepeiről is van tudomásunk, nevezetesen a férgek, korallak, mohaállatok, fűrőszivacsok és fűrökagylók éltek olymódon, hogy a konchiliák héjaiban vagy azok tetején és az ollótlán rákok pánczélszármazékai telepedtek le. Éppen így gyakran találunk olyan *Balanus*-fajokat, a melyek konchiliákon ülnek és utánozzák azok díszítményeit (*mimetizmus*). A valódi *parazitizmus* nagyon ritkán fordul elő. Élősdí férgek (*Myzostoma*-félék) megfúrják a tengeri liliumok (*Crinoidea*) nyeleit, mire hólyagformájú daganatok keletkeznek és ezekbe települnek az élősdiek. Ilyen esetek már a karbonból ismeretesek.

Az együttélésnek (*symbiosis*) eddig csak néhány példája ismeretes. Az Eifel alsó-devonjából egy koralltörményt ismerünk (*Pleurodictyum problematicum*), a melynek alapjába féreg sülyedt (463. kép). Ilyen eseteket a reczensek között is találunk és úgy látszik, hogy talán itt csak arról van szó, hogy a korall valamely féreg csövén nőtt fel. A *kerunia* (464. kép) a szimbiózisnak már biztosabb esetét tárja elénk. A keruniát Egyiptom eocénkorú rétegeiből írták le. Ez tulajdonképp csigahéj, a melyen egy hydraktinia ül és ebben egy remeterák lakott volt. Teljesen hasonló eseteket ismerünk a ma élők között is.

[459.JPG]

464. kép. Kerunia; csigahéjra telepedett *Hydractinia*, a szimbiózishoz csatlakozott a remeterák, a mely a csiga házában élt. Egyiptom eocénkori rétegeiből. (FRAAS E. szerint.)

Elsődleges és másodlagos telepek.

A fosszilis maradványok vagy *elsődleges* telepen fekszenek, azon a helyen, a hol az állat élt, elpusztult és beágyazódott, vagy *másodlagos* telepen találjuk őket, valamely üledékkörzetbe szállítva, a mely az állat tartózkodása helyén kívül esett.

Csaknem kivétel nélkül mindig *elsődleges* telepen találjuk a tengerben élt összes állat-osztályok maradványait, a legalacsonyabb foraminiferáktól kezdve, föl egészen a tengeri emlősökig. De az édesvízben élő formák is a nekik megfelelő fácziessel bíró üledékben fekszenek betemetve. A szárazföldi és folyóvízi eredetű fauna képviselői csak ritkán maradtak meg a megfelelő képződményekben fosszilis állapotban. Legközelebbi oka ennek az, hogy a képződmények a fauna konzerválására nézve nagyon kedvezőtlenek. Csakis az eolikus lösz zár magába nagyobb számmal szárazföldi csigákat és ritkább emlősállatmaradványokat, míg a sivatagi üledékek, a fluviatilis (folyóvízi), glaciális és vulkáni üledékek kövületekben nagyon szegények. A szárazföldi állatok csaknem mindig tengeri vagy tavi képződményekbe vannak beágyazva.

Aránylag ritkán fordulnak elő olyan esetek, a melyekben *átmosott* kövületmaradványok előfordulását figyelték meg, úgy hogy néha tévedések is történtek a maradványok, vagy pedig az üledék korának megállapításánál. Erre vonatkozó példa a diluviális emlőscsontok előfordulása az Északi-tengeri partvidék mai tengeri képződményeiben. Ezeket a Dogger-pad körzetében a tengeralatti diluviális képződményekből a hullámmozgások mossák ki és az áramlások vonszolják tovább. A recens folyóvízi allúviumban gyakran találnak diluviális emlősmaradványokat a Nagy Magyar-Alföldön, a Tisza mentén. A miatskovo-i jura belemintéseit a Moszkva kimossa és tömegesen ágyazza bele a mai folyóképződményekbe; ugyanez történik a krétakövületekkel és az ó-harmadkor konchiliáival a belga partokon. Ezek az esetek azonban tévedésre alkalmat nem igen szolgáltathatnak. Nagyon ritkán tudjuk bebizonyítani és egész biztosan nem mindig tudjuk megállapítani az ilyen másodlagos behordásokat a régi formációkban, a hol természetesen ezek könnyen sztratigrafiai hibákra vezethetnek. A 466. kép azoknak az alsóausztriai miocénkorú nagy osztrigáknak több méter vastag, összehordott tömegét ábrázolja, a melyek a régebbi rétegekből kimosva, beleékelődtek a fiatalabbakba.

Valamely közet kövületes görgetegeinek előfordulása a fiatalabb üledékekben meglehetősen általánosan van elterjedve, azonban bizonyos gondosság s a dolgok ismerete mellett mindig elkerülhetjük a hibákat. A balti vidéknek borostyánkőbe zárt eocénfaunája és flórája behordva fekszik az alsó-oligocénkorú »kék földbe« Kelet-Poroszországban beágyazva. A települési zavarodások folytán a kövületekben gazdag kőzetrészek különböző korú faunával léphetnek összeköttetésbe és tévedéseket idézhetnek elő. Ezen alapult a fiatalabb faunának egykor gyanított *kolónia-képződése* valamely régebbi fauna körzetében. A BARRANDE-féle *kolónia-elmélet* szerint az *E*-jelzésű felsőszilur fauna a *D*-jelzésű alsószilur faunával egyidejűleg szomszédos tengerekben fejlődött s az *E*-fauna időnként egyes rajokat, kolóniákat bocsátott a csehországi szilur-tengerbe. Az újabb kutatások azonban kiderítették, hogy a magasabb *E*-színtáj vetődés folytán került a mélyebb *D*-szintbe.

A kövületek tömeges előfordulása.

A mi az előfordulások számát, mennyiségét illeti, ebben a tekintetben a fosszilis maradványok nagyon különbözők. Míg egyes rétegek kövületnélküliek és mások csak egyes kövületeket tartalmaznak, addig vannak olyan rétegek is, a melyek fossziliákban rendkívül gazdagok. E mellett egészen mellőzzük a szerves maradványok későbbi szétrombolódását, a mely a konchiliahéjak felhalmozódásából kövülettől mentes márvány képződésére szolgáltat alkalmat. Már a szerves testeknek az üledékben való eredeti eloszlása is fölötte változó. A mint láttuk, a sivatagi éghajlatok és a glaciális üledékek képződményei nagyrészt kövülettől mentesek; a folyóvízi és vulkáni üledékek csak nagyon kevés fossziliát tartalmaznak.

Rendkívül bonyolult, bionómiai kérdések azok, a melyek a faunáknak a különböző tartózkodási helyeken való megjelenését szabályozzák. Azonban ezekbe a kérdésekbe való elmélyedés már kívül áll e könyv keretein. Bár értékes kutatásokat végeztek ebben az irányban, még az alapkérdésekre sem tudtak megfelelni. Csakis a tengeri és tavi üledékekben jelenhetnek meg a kőületek nagy tömegekben. A Föld történetében sokszor és ismételtelen fordult elő a legkülönbözőbb állatostályokban a tömeges előfordulások példája. A szén-meszekben a Foraminiferáknak fajokban és egyéneken olyan gazdag faunája található, hogy egész mészkőüledékeket alkot; közöttük különösen a *Fusulina*, *Schwagerina*, *Saccamina*, *Endothyra* stb. fajokat említhetjük. A felső alpesi triaszban *globigerinás meszek* fordulnak elő, a fehér írókréta nagyrészt a *Textularia*, *Rotalia*, *Cristellaria*, *Globigerina* és *Miliola* héjacskaiból áll; a *Calcarina*, *Orbitolina* és *Alveolina* szintén a krétakor sziklaképzője. Az eocénben a *Nummulitek* Dél-Európától egész Kelet-Ázsiáig húzódó hegyvonulatokat alkotnak, *Miliolidák* építették föl Párizs épületeköveit és az *Alveolina*, *Operculina*, *Orbitolites* és *Orbitoides* főrészei a mészkövek összetételének. A fiatal harmadkorban az *Amphistegina* héjai padokat alkotnak, a *Globigerinák* nagykiterjedésű tufás meszeket ragasztanak össze. A *Diatomeák* és a *Radioláriák* a régebbi formációk kovapaláinak, jaszpiszának és szaru-kövének (*radiolaritek*) főalkotórészei; éppen ilyen kőzetalkotók a miocén- és pliocén-kor *tripoli* palái.

A *szivacsmeszeket* - szivacszátonyokat - a Frank-, Sváb- és Svájci felső jurában szivacsok (*Spongia*) alkotják, sőt még néha a krétában is szerepelnek a *kovaszivacsok* és *mészsivacsok* az üledékek fölépítésében.

Sokkal fontosabb kőzetalkotó lények a *korallak*, a melyeknek még a mai tengerekben is nagy szerepük van.

Gotland, Dagoé felsőszilur zátonyait, az angol és észak-amerikai felsőszilur telepeket *négy-sugaras korallak* építik föl és pedig a *Cyathophyllum*, *Heliophyllum*, *Omphyma*, *Ptychophyllum*, *Strombodes*, *Acervularia*, *Aulacophyllum*, *Cystiphyllum* stb. fajokkal. Ugyanezt a gazdag kifejlődést mutatják más alakok az Eifel, Wesztfália és sok más pont középső és felső devonjában. A triaszban a *hatsugaras korallak* jelennek meg mint zátonyépítők, különösen a Déli-Alpokban (*Astraea*, *Amphiastraea*, *Fungia*, *Porites* és más fajok), Angliában, Luxemburgban és Lotharingiában pedig liaszkorú korallzátonyok ismeretesek. A dogger- és a legfelsőbb jura, a turon- és a szenon-emeletek Európa legkülönbözőbb helyein nagy számmal tartalmaznak korallzátonyokat. A régebbi harmadkorban korallzátonyok kísérték a régi Földközi-tenger partjait a Pyreneusoktól Kelet-Indiáig és az amerikai Nyugat-Indiában szintén megtalálhatjuk ezeket, míg a fiatalabb harmadkorban jobban visszahúzódtak a délibb szélességek felé és Jáva szigetén, a Vörös-tengerben és Japánban terjedtek el, miközben mindjobban közeledtek a jelenleg uralkodó nemekhez.

[460.JPG]

465. kép. A *Serpulit* nyomai, a bécsi medence szarmatakorú rétegéből.

Még a finom szerkezetű *Graptolitek* is nagyszámmal fordulnak elő egyes palákban, a felső-kambriumtól a középdevonig és a rétegek felületét takarják. A palák sötét (szenes) színezetét *chitines* anyagukkal bizonyára ezek a graptolitek okozzák.

A Tüskésbőrűek közül csak a tengeri lilimok (*Crinoidea*) a kőzetalkotók egyes formációkban, pl. a cseh középdevon mnenian-i meszeiben vagy a német kagylómész trochitameszeiben.

A férgek közül azokat a fajokat, a melyek egész rétegeket töltenek ki, a *Serpula*-nembe tartozó féregfajok képviselik. Ilyen rétegek a braunschweigi alsókréta *serpulitmeszei*, Szászország *serpulithomokja*, a serpulithomokkő Skótország alsó-kambriumában, Északnyugat-Németország felső-jurájának és a bécsi medencze szarmata-emeletjének (465. kép) *serpulitjai*.

A Pörgekarúak (*Brachiopoda*) a legkülönbébb formációkban olyan tömegben jelennek meg, hogy egész padokat építenek föl és a puhatestűek (*Mollusca*) héjaival együtt ezek a legfontosabb mészkövek. Az *Orthis*, *Strophomena*, *Productus*, *Atrypa*, *Spirifer*, *Uncites*, *Pentamerus*, *Rhynchonella*, *Stringocephalus*, *Terebratula* a legfontosabb nemek s azonfelül más nemek is egyéni és faji gazdagságukkal tűnnek ki.

[461.JPG]

466. kép. Összehordott osztrigákból képződött 3 m vastag pad. Miocén, Nodendorf, Alsó-Ausztria.

Csekélyebb jelentőségű kőzetképzők a Mohaállatok (*Bryozoa*), a melyek egyébként nagyon elvannak terjedve. Thüringia Zechstein-jében bryozoa-zátonyokat találhatunk *Fenestellák*-kal és *Phylloporák*-kal, a Balti-vidék fehér írókrétájának főalkotórésze szintén bryozoa-dara, azonkívül bryozoás meszeket ismerünk Dánia felső-krétájában, Maestricht mellett és más helyeken. A délnémet Alpesi elővidék és Bécs (Baden) környékének miocénjében bryozoás-rétegek vannak és Dél-Oroszországból, különösen a Kerts-i félsziget szarmata-rétegeiből is bryozoa-zátonyokat írunk le.

[462.JPG]

467. kép. Felsőkréta-korú Nerinea-mész, a Sengsen-hegységből. A csigahéjak részint üledékkel, részint fehér mészpáttal vannak kitöltve.

A kagylók mint vezérkövületek nagy jelentőségűek, a mit régi elnevezésük, a »vezérkagyló« fejez ki. Jelentőségük sokféleségükön, nagy kiterjedésükön és egyénekben való gazdagságukon alapul. A szilurtól kezdve az összes formációkban megtalálhatjuk őket mint jelentékeny kőzetképzőket és nevüket rányomták az egyes, sztratigrafiailag legfontosabb szintekre és sok rétegre, a melyeket e kövületek jellemeznek. Az előző korszakok tengereiben a molluszkák élete hasonlíthatatlanul bujább volt, mint ma, mert a legtöbb mésztömeg, a mely a magas hegységek fölépülésében vesz részt, legnagyobb részben a kagylók s csigák héjainak fölhalmozódásából képződött. E mésztömegek fölépítésében a csigáknak (*Gastropoda*) kevesebb részük volt. Ellenben az összes formációkban találhatunk olyan padokat, a melyek kagylókból állanak. E munka keretén kívül áll mindazoknak a fajoknak a felsorolása, a melyek mint üledékalkotók, nagy jelentőségűek. Elegendő lesz a következő nemek felsorolása: *Posidonomya* (alsó-karbon, jura), *Pecten* (harmadkor), az osztrigák (a jurától a jelenkorig), *Perna*, *Mytilus*, *Congerina* (harmadkor), *Halobia*, *Myophoria* (triász), *Trigonia* (jura, kréta), *Megalodon* (triász), *Diceras* (jura), *Requienia*, *Caprina*, a kréta Rudistái, *Cardium* (harmadkor), *Cyrena* és az öblösköpenyszélű kagylók (*Sinupallia*) egész sorozata a harmadkorban. A csigák közül csak a *Bellerophon*-t és az *Euomphalus*-t említjük a szénmeszekből, továbbá a jura Nerineáit, az Actaeonellá-t a krétából, azután a félsósvízi és édesvízi típusokat. Ezek: a *Cerithium*, a *Paludina*, a *Hydrobia* és a *Rissoa*. Ezek valamennyien padképző (449, 466, 467, 468. kép) kagylók és csigák. A kagylódara (*falun*) jelentőségét már említettük.

468. kép. Dachsteini mészkő, a melynek csaknem egészében szürke üledékekkel töltött fehér csigahéjak láthatók.

Feltűnő jelenség, hogy a legrégebbi formációk mésztömegekben annyira szegények. A mésztömegek a szilurban kezdődnek és különösen a mezozoikumban érik el kifejlődésüket, a mely korszakban már a kőzetek között vezető szerepük van és felépítik a fiatal, felgyúrt hegységeket. A harmadkor kezdetén a minerogén üledékekkel szemben feltűnő módon egészen visszahúzódnak, csak a Nummulitidák szerepelnek mint kőzetalkotók. Valóban nem véletlen eset, hogy éppen ezekben a korszakokban megy végbe a héjas *Cephalopodák* fölvirágzása, el nem vitatható világuralma és hirtelen kihalása. A Nautiloidák az alsó-szilurban gazdag fajszámmal jelennek meg és a felsőszilurban érték el fejlődésük tetőpontját. Ezeket a *Clymeniák* és a *Goniatitidák* váltják föl, a melyek ismét a valódi *Ammonitek*-hez hajlanak. Az Ammonitek a mezozoikumban, a formák és egyének bámulatraméltó gazdagságában fejlődnek ki és aztán hirtelen kimúlásukkal a paleontológiát egyik legnagyobb rejtély elé állítják. A sok formakörnek héjai alkotják azokat a hatalmas mésztömegeket, a melyek ma egész hegységeket alkotnak (454. kép), és még ha föl is tesszük, hogy a legkülönbébb állatcsoportok vettek részt e mésztömegek fölépítésében, az akkori faunának cephalopoda-fajokban való gazdagsága még így is egyike a legcsodálatosabb jelenségeknek a földi élet fejlődésének történetében. A cephalopodák életmódját ma még csak gyaníthatjuk.

A legrégebbi formációkban a rákoknak (*trilobiták*) van nagy sztratigrafiai jelentősége; e maradványok tömeges előfordulása azonban ritka. Egyes kagylósrák- (*Ostracoda*-) fajok, pl. a *Beyrichia* az alsószilurban, az *Entomis*, *Cypridina* a devonban és a *Cypris* a fiatal harmadkorban egész padokat töltene ki.

A tengeri életmódú *gerinczesek*-nek tömeges fölhalmozódása természetesen ritka jelenség és csak egyes halmaradványoknak nagy számban való előfordulására szorítkozik. Ilyenek pl. a *Palaeospondylus* Skótország Old Red-jében (devon), a *Palaeoniscus* és a *Platysomus* a Zechstein mansfeldi rézpaláiban, a *Pholidophorus* a raibli halpalában, *Semionotus* és *Lepidotus* a seefeldi aszfaltpalában, *Leptolepis* a solnhofeni lemezes mészben, a sahel-alma-i *halpala* a Libanonban és a comeni halpala Isztriában (kréta); az eocén halpalái a vicentini Monte Bolcán és a harmadkor *Amphisyle*- és *Meletta*-palái. A halak bizonyára leginkább mint hullák sodródtak össze, egyébként a test görcsös elgörbülése elárulná a halálküzdelmet.

A halhullák szükségképpen ott halmozódhattak föl sokkal jelentékenyebb mértékben, a hol a kőolaj és az ebből származó aszfalt és ozokerit található, a melyek a ma uralkodó nézet szerint részben ilyen állati maradványok átalakulásából keletkezettek. A hőmérsékletben és sótartalomban való hirtelen változások helyén a halak tömegesen elpusztulnak. Ugyanez történik a vizek megmérgezése alkalmával.

Egyes partokon ma is előfordul, hogy a tenger nagy számmal veti a partra a bálna- és halhullákat. Ez történt a fiatal harmadkorban Antwerpen partvidékén, a hol ezer meg ezer bálna maradványa fekszik eltemetve. Az előző korszakok tengerpartjainak egyes helyein, a hol hullámvérés érte a partot, az üledékbe beágyazva nagy számmal találjuk a szirének csontvázz részeit, különösen a bordákat, a mint ezt a Keleti Erdőöv öshegység-masszívumán transzgredáló miocénkori tenger legmélyebb rétegeiben, a bécsi medenczében megfigyelhetjük.

A szárazföldi életkörökben nagyon ritkán fordul elő az állatok tömeges fölhalmozódása. Tartós maradványaik az alsóbbrendű állatoknak vannak, ilyen kőületeket azonban nagyobb tömegben majdnem sehol sem találtak. A gerinczesek számra nézve annyira háttérbe

szorultak, hogy a paleontológusok minden egyes leletet, bárminő csekélység is az, mint fölfedezést köszöntenek. A tömeges előfordulás, vagy csak több darab együttes előfordulása is a legnagyobb ritkaságok közé tartozik. Éppen ezért nagyon tanulságos legalább egyeseket ezek közül a példák közül megismerni, a melyek nagyjelentőségűek az előző korszakok életviszonyaira nézve.

Stuttgart mellett, a heslachi felsőkeuper homokkővében egy kőzetlapon a *Aëtosaurus ferratus*-nak 24 db csaknem teljes példányát találták meg. Ez a pánczélos repülőgyík 1.5 m hosszúságra is megnőtt. A csontok vivianittá változtak.

E hüllőtársaság halálának okát nem tudjuk biztosan megállapítani. Az állatok jelentékeny nagysága mellett nem fogadhatjuk el azt a magyarázatot, a mely szerint hullámtól homokkal beborítva pusztultak volna el. Valószínűbb, hogy azon a helyen talán elkábultak, vagy valamiféle mérge következtében elpusztultak és a nélkül, hogy tovább sodródtak volna, gyorsan beágyazódtak az üledékbe.

[464.JPG]

469. kép. Triaskorú *Aëtosaurus ferratus* Württembergből. 24 példány, átlag félméteres öskrokodilus, 2 négyszögméter nagyságú homokkő-lapon, körülbelül 1/12 természetes nagyságban. (FRAAS O. szerint.)

Az *Iguanodon*-ok lelőhelye Bernissart-ban Mons és Tournai között Belgiumban rendkívül tanulságos példát nyújt a nagy gerinczes állatok előfordulására nézve. Itt, 322 m mélységben a felszín alatt, a szénbányaművek egyik kutatóaknájában, a karbon formációhoz tartozó alaphegység egyik mélyedésében, a melyet betemetett völgynek vagy óriás kimosási kürtőnek tartanak, réteges folyóvízi homokra és agyagra bukkantak, a melyeket az alsókréta wealden-képződményéhez számítanak. Ebben gazdag növényzet, számos édesvízi hal s néhány teknős van eltemetve. E mellett 23 *Iguanodon*-nak csaknem teljes csontvázát találták, a melyek többnyire 8-10 m hosszúak. A csontok pirittal vannak impregnálva és kívül csokoládé-barna színűek. Nagyrészt még összeköttetésben voltak egymással. Az állatok többnyire laposan, a hasukon feküdtek és végtagjaikat kinyújtották. Több szintben voltak egymás fölött, a mely szinteket 2-3 m vastag kőület-híjas réteg választott el egymástól. Mindezekből azt következtethetjük, hogy ezek az állatok talán valamely véletlen folytán élve, vagy pedig hullák gyanánt kerültek ebbe a mélyedésbe és az egyes kőületes rétegek lerakódása között hosszabb időközök teltek el.

Erdélyben, a hunyadmegyei Hátszeg környékén, BÁRÓ NOPCSA FERENCZ paleontológus a felső krétában hüllők maradványainak fészekszerű fölhalmozódására bukkant s az egyik ilyen fészekben 180 meghatározható csontot talált; a csontokon a lesúrolásnak különböző fokozatai láthatók és bizonyára valamely siker tóban rakódtak le. Valószínűleg összesodródtak itt ezek a csontok, mert egy krokodilus előfordulásának nyomai nem elegendők ahhoz, hogy ezt a helyet a krokodilusok falóhelyének tartsuk.

Hasonlíthatatlanul nagyszerűbbek a Dinosaurusok lelőhelyei a felső jurában és az alsó krétában, a melyeket az Északamerikai Egyesült-Államok nyugati részében találtak. Közülök említésre méltók a *Canyon Citi* a Coloradóban, a Wyoming több pontja, így *Sheep Creek*, a honnan a 27 méter hosszú *Diplodocus Carnegiei* származik, a melynek csontvázát azonban két fajhoz tartozó több példányból állították össze. Valamennyi lelőhely közül legnevezetesebb *Vernal* Utahban, mert ez az eddig ismert összes lelőhelyeket felülmúlja kőületekben való gazdagságával és az óriás állatmaradványok megmaradási módjával.

»Itt fekszenek előttem az ősvilági Dinosauruskok óriás csontjai, ott egy lapoczkacsont, itt pedig a csigolyáknak egész sorozata, meglehetősen összenyomva, de azért teljesen. Itt éppen a hatalmas czombcsont került napfényre, amott befelé a kőzetbe terjeszkedik a nyak és bizonyosnak vehetjük azt, hogy a koponya még rajta ül. Egyik teljes csontváz a másik után kerül napfényre a durva homokkőrétegek lefejtése alkalmával; a porhanyó és szálkás csontokat gondosan átítatják enyvvvel, összecsiszítják és gipszkötésbe teszik, a mikor is a kőzet egy részével együtt lehasítják, lepattantják. Fáradtságos és kényes munka ez. Kilencz ilyen állatot találtak már a kőfejtőben, kisebbeket és nagyobbakat, különböző nemekhez tartozókat. Egyik közülök, a mely még nem szabadult ki teljesen, bizonyára 35 méter hosszú lesz, 2 méter hosszú czombcsontja után ítélve. A csak néhány méter vastag réteget látszólag egészen kitöltik ezek az óriás fossziliák. A világon egyedül áll ez az előfordulás. Ez a kőzetpad a halmok hosszában terjeszkedik s alig egy kilométernyire innen, egy kis szurdokon túl, egyik sétám alkalmával százával láttam a kimállott csontokat a földön heverni és a kőzetpadok felszínén felismerhetjük a kiálló csontvázak nagy részét. Bárhová fordulunk is ezen rétegek körzetében, mindenütt megtaláljuk ezen óriás állatok maradványait. Százaknak kell itt eltemetve lenni és az egész világ múzeumait meg lehetne tölteni innen a legpompásabb darabokkal.« (Schaffer, 1912). Főképpen a *Brontosaurus*, a *Diplodocus* és legközelebbi rokonaik találhatók itt. Az előfordulás módja azt mutatja, hogy a hullák valamely tó lapos partjának erre alkalmas pontján sodródtak össze és ezek a körülmények hosszú időn keresztül fennállottak.

Az Egyesült-Államok nyugati részén azonban nemcsak ez az egy formáció tűnik ki a fosszilis gerincesek gazdagságával. A felsőkarbonképződménytől kezdve egészen a diluviumig a szárazföldi fauna nagy száma ismeretes itt, a melyek a hüllők és emlősök fejlődésébe soha nem sejtett bepillantást nyújtanak.

A legrégebbi farkatlan kételtűek a paleozoikum végén kerültek bele a mocsarakba és csodás alakjukat még a legelevenebb képzelet sem tudja felülmulni. Ezután a félelmes Saurusok (Dinosauruskok) korszaka következett, a melyeket kihalásuk után a felvirágzó emlősök váltottak fel. Ezek nem sejtett számmal, kitűnő állapotban és nagy változatosságban fordulnak itt elő úgy, hogy fejlődésüket olyan módon követhetjük, a mint ezt régebben alig reméltük. Egy könyv sem nyújt szélesebb látókörű leírást ezekről a gazdag lelőhelyekről, mint *Sternberg Ch.*-nak, a legeredményesebb kutatónak a könyve: »Life of a fossil hunter«. Az európai viszonyokhoz szokott paleontológusra olyan hatást gyakorol ez a munka, mint Münchenhausen elbeszélései csodás kalandjairól.

A felső paleozoikumtól kezdve minden megszakítás nélkül, egészen a mai korig, Északamerika nyugati része nagy kiterjedésű szárazföld volt, a melyen a gazdag szárazföldi fauna kifejlődéséhez meg voltak a szükséges körülmények. A szárazföldön lakó gerinces faunának csaknem valamennyi lelőhelye itt fekszik a *Badland*-ban, ezen a nyugati sivatagi és félsivatagi vidéken. Széles medencze ez, részben magas hegyvonulatok között, részben a keleti párkányláncz elé települve. Ezen a területen régi idő óta szárazföldi tavak állottak, alkalmilag ki is száradtak. Talaját hatalmas máladék és vulkáni üledék alkotja. Az anyag finom szemecskéjű, csak a régi partok közelében durvább. A rétegek zavartalanul fekszenek, de peremükön kissé felállítva. Csak délen fordulnak elő erősebb rétegzavarok. Az üledékek nagyon világosan láthatólag padozottak, rétegzésük vékony, gyakran finoman leveles, nagyrészt még laza homokok és agyagok az uralkodók. A megszilárdulás többnyire csak egyes padokra vagy szintekre szorítkozik. Az éghajlati viszonyok miatt és a kőzet minemisége mellett az eróziós jelenségek nagyon sajátosak (*Badland*-típus 352. kép). A fosszilis maradványok konkrécziókba vannak zárva, vagy pedig maguk el vannak meszesedve, részben kalczedonná változtak és üregeik acháttal vannak kitöltve, helyenként hematittá változtak.

Kilúgozás alig fordult elő, mert éghajlata mindig a maihoz hasonlított, csekély csapadékkal, kevés szivárgó vízzel és mélyfekvésű talajvízzel. A földpátok épsége azt mutatja, hogy itten valami mélyreható szétrombolási jelenség nem történt. Úgy látszik, hogy az egyedekben és fajokban gazdag állatvilág olyan éghajlat alatt élt, a mely a hullákat a gyors elrothadástól megóvta és a mint a *Trachodon* példáján (439. kép) kimutattuk, ezeket kiszárította és mumifikálta. A siker tavak medenczéibe a hullák besodródtak és az üledékek betakarták azokat, még mielőtt testük szétesett volna. Ezen idő óta semmiféle említésre méltó zavargás nem érte a rétegeket, az infiltráció ásványi oldatokkal megszilárdította a maradványokat. A ma működő erős letarolás, lehordás kimossa a fosszilis maradványokat, a melyek a száraz éghajlat alatt csaknem határtalan hosszú időn keresztül változatlanul maradnak. Hozzá mindez olyan vidékeken történik, a melyek ma csaknem lakatlanok, a hol a maradványok érintetlenül várják a kövület-vadászt, mikor veszi útját a magány felé? Mind olyan viszonyok ezek, a melyeknél kedvezőbbeket elgondolni sem tudunk.

A fosszilis maradványok előfordulásának kétféle módját különböztethetjük meg ezen a vidéken: a) a maradványok egyenként vannak beágyazva egy bizonyos szintbe, b) vagy pedig egyes helyeken tömegekben vannak felhalmozódva. Az első esetet ismét kétféleképpen magyarázhatjuk. Az első magyarázat szerint az állatok nagykiterjedésű felületen hullottak el, valamely hirtelen bekövetkezett elárasztás folytán, a mint ez felhőszakadások után ma is előfordul, továbbá a puszták égése, vulkáni hamueső stb. következtében. A második magyarázat szerint a hullákat áradás, sodorta a széles medenczékbe, a melyekben itt meg ott a fenékre süllyedtek. A maradványok felhalmozódását pedig azzal magyarázhatjuk, hogy az állatok még életükben találkoztak egymással, pl. valamely kiszáradt tó partján vagy pedig a mocsárban, a melybe belesüllyedtek és ugyanazon a helyen el is pusztultak. Más magyarázat szerint a folyó bizonyos helyeken összehordotta a hullákat, vagy valamelyik tó partjára sodródtak (470. kép).

[465.JPG]

470. kép. Napfényre került miocén-korú rétegfelület számos *Stenomylus* nevű teveformájú kis állatkával, Nebraska. (PETERSON O. A. szerint.)

Északamerika nyugati részében az idősebb harmadkor hatalmas rétegsorozata, a hamuesők következtében, főképpen vulkáni tufából képződött. A hamuesők erdős-, pusztai- és tóvidékekre hullottak. A középső eocénben magában 550 m vastag ez a réteg egy országrészen keresztül. Egyes szintjei fosszilis gerincesekben nagyon bővelkednek. Az állatok a hamueső alkalmával valószínűleg éhség vagy szomjúság következtében mentek tönkre, vagy pedig megfulladtak. Néha nagykiterjedésű vidéken látszólag egész faunának kivesztek, mire más-honnan újak vándoroltak helyükre. Patagóniában a (miocén) Santa Cruz-formáció is ehhez hasonló, kövületekben bővelkedő vulkáni tufaképződmény.³³

A legutóbbi években Német-Kelet-Afrikában a *Tendaguru-hegyen*, három, egymásfölött fekvő, önálló, 20-30 méter vastag rétegben, a melyeket közbülső telepek választottak el egymástól, számos csontmaradványt találtak, köztük óriás *Dinosaurus*-okat is, a melyek nagyság dolgában még az északamerikai óriás állatokat is felülmulják. A maradványok tengeri aestuarium-képződményekben vannak és az előfordulás e módja érthetővé teszi, hogy a csontvázak nem maradtak meg teljesen, mint Amerikában. A trópusi talaj mélyreható

³³ Vulkanai hamu óvta meg azokat a szép lábnyomokat is, a miket a nógrádmegyei Ipolytarnóczy határában miocénkori homokköveken találtak. A madár- és emlős-lábnyomokat a mocsár partjain a közeli biotitos andezit-vulkánokból kirepülő hamu borította be. *A fordító.*

szétbomlása is nagy kárt okozott a csontmaradványokban. Az eddigi eredményeknek az a legnagyobb jelentősége, hogy olyan állatokkal ismerkedtünk meg, a melyek nagyság dolgában eddig felülmulhatatlanok. Míg a *Diplodocus* felsőkarcsontja 95 cm, addig a tendagurui legnagyobb állaté 2.1 m hosszú. A két állat nyakhossza 7 m és 12 m. Egész nyájakra bukkantak vagy 50 és különböző nagyságú állattal. Két helyen szűk térre szorulva és összehordva akadtak rájuk. Úgy látszik, hogy a tenger vízében, a parthoz közel, talán szökőár lepte meg ismételten e falkákat és ily módon megfulladva maradhattak ott.

Európában az emlősállat-maradványok leggazdagabb lelőhelye Attikában van, *Pikermi* mellett, egy mélyen behasított patakmederben. Itt, a vörös agyagba beágyazva, az *alsó-pliocén*kor fauna számtalan csontmaradványára bukkantak. Ez a vörös agyag a terra rossa egyik fajtája, görgetegek és homokok váltakoznak benne és 4-5 m vastag kavicsréteg települt rá. Három, körülbelül 30 cm vastag kőülettartalmú szint van benne, a melyeket fossziliális márgarétegek választanak el egymástól. A csontok, különösen a magasabb telepeken, porhanyók, nagyon szét vannak rombolva és kibontatlan tömegekbe vannak összehalmozva. Színük fehér, vörös és fekete foltos. Látszólag részben a folyóvíz osztályozta a csontokat nagyság szerint. Egész csontvázak nem maradtak meg és úgy látszik, hogy az egyes csontok ízületei, a végtagok kivételével, még az üledékbe való beágyazás előtt szétváltak. A hátsó végtagok többnyire csonttörést mutatnak éles szélekkel. A leggyakoribb maradványok lovakhoz hasonló állatoktól származnak (*Hipparion*), vannak köztük antilopok, orrszarvúak is, ritkábbak a *Mastodonok* és a *hiénák*, az egyéb húsevők, meg majmok. Vajjon a növényevő állatok élve rohantak-e bele a szurdokszerű folyómederbe, vagy elpusztulásuk után árvizek sodorták-e őket a völgybe, azt nem tudjuk eldönteni. Ezeken a hullamezőkön összegyűltek a dögevők, a melyeket szintén meglepett az ár és ugyanazon a helyen pusztultak el, a mint ezt a sokkal jobban megmaradt maradványaikról leolvashatjuk. A hegyekről lesodort anyagok, homokok és görgetegek azután az egész társaságot gyorsan betemették, úgy hogy a csontok nem vonszolódtak tovább.

A csonttartalmú pliocénkorú képződmények nagy kiterjedésében találhatók *Samos* szigetén, a hol különösen *Mitylini* falu mellett, a mélyen bevágott patakokban tárták fel ezeket. Eme képződmények főképpen fehér vagy sárgás, földes édesvízi meszek, a melyekben vulkáni anyag is előfordul, továbbá barna vulkáni tufák közettöredékekkel és agyagokkal. Különösen a meszekben és az agyagokban maradtak meg a csontok jó állapotban, a koponyák részben kissé össze vannak nyomva. A maradványok színe a meszekben többnyire tiszta fehér, különben színezett. Teljes csontvázak csaknem egészen hiányoznak; különböző fajok tarka egyvelegben vannak egymással összesodorva, részben csontbreccsiává összesülve (471. kép). Nagyon gyakoriak a hipparionok, antilopok, rhinocerosok, azután jönnek a gazellák, mastodonok, zsiraffok, hiénák, a *Machairodus* és számos más forma, azután nagy ritkaság gyanánt a földimalacz (*Orycteropus*) és az óriás teknősök. Az állatok pusztulását itt is a vulkáni anyagok kitörése okozhatta és a hullák tavakba ágyazódtak bele. Ma nem ismerjük ezen kitörések tűzhelyét, azonban tudjuk, hogy *Samos* akkor még nem volt sziget, hanem a leszakadt Égei-szárazföld egyik része.

[466.JPG]

471. kép. Összesült csontokból alkotott csontbreccsia, *Samos*-sziget pliocénkorú rétegeiből.

A pliocénkorú emlősök sok gazdag lelőhelyét találhatjuk *Maragha* mellett, az *Urmia-tó* nyugati oldalán Magas-Örményországban, a hol a csonttartalmú rétegeket 30 km hosszú és 5-6 km széles területen mutatták ki. A rétegek vörösbarna, homokos márgából állanak, a melyek gyakran löszbe mennek át. Ez a fluviolakusztis képződmény vulkanogén anyagból

áll. Szürke, fluviatilis folyóvízi homokok is vannak közöttük. A kövületek bizonyos társulással fészkekben fekszenek; így a rhinoceros-félék, a párosujjúak magukban vannak, a ragadozókat a kérődzőkkel találták együtt, a hipparionok azonban csaknem mindenütt előfordulnak. A nagy antilopok és a zsiraffok száma túlnyomó. A kövületekben gazdag rétegeknek két szintjét követhetjük; ezek 0.6-1 méter vastagok és homokréteg választja el őket egymástól. A csontok a felület közelében törékenyek, a mi kétségtelen elmállásra utal. Egész koponyák, vagy végtagok ritkák. A csontok színe fehér, szürke, kékes vagy csaknem fekete. Az is lehetséges, hogy a faunát részben a környék vulkáni kitörései pusztították el és az elhamvadt holttestek egyes helyeken összesodródtak és az üledékek betemették valamennyit. Ezzel a csontvázrészek különválását is megmagyarázhatjuk.

A fosszilis csontmaradványok egyes fölhalmozódásáról talán Bécs környéke is nyújthat felvilágosítást. *Hundsheim* kis község mellett, közel a magyar határhoz, a kőbányaüzemnél a mészkőben számos üreget fedeztek fel. Közöttük egy 12 m mély és 5 m széles tölcseért találtak, a mely részben elagyagosodott lösszel és közettörmelékkel volt kitöltve. Fenekén egy csaknem teljes *Rhinoceros* csontvázat találtak és rajta számos csontvázmaradvány feküdt részben *csontbreccsiák* gyanánt elszórva. E maradványok közül meghatározták az *Elephas*, disznó, őz, szarvas, kecske, vadjuh, bivaly, hiéna, farkas, sakál, medve, *Machairodus*, leopárd, vadmacska, görény, menyét, erdei egér, hörcsög, tüskésdisznó, nyúl, pele, vízipatkány, denevér, sün, vakond, ciczkány, nyírfajd, fecske, rigó, ölyv, kígyók, egy gyík és egy béka csontjait. A csontok szét vannak töredezve és más diluviális leletektől abban különböznek, hogy szénsavas mésszel vannak erősen impregnálva, ezért keményebbek. Ettől a ponttól nem messze, a Duna mellett, *Deutsch-Altenburg*-nál (134. képen *D. A.*) mészkőben ehhez hasonló agyaggal telt kúrtóban olyan faunát találtak, a melyben a Hundsheimnél hiányzó lovak tűnnek föl uralkodóan. Míg amott a hegyi fauna uralkodik, a második lelőhely pusztai faunát szolgáltatott. Azt már nem tudjuk biztosan megállapítani, vajjon ezek az olyan különböző életmódot folytató állatok még életükben estek-e bele ezekbe az üregekbe, mint valami csapdába, vagy pedig valamely felhőszakadás alkalmával élve vagy halva sodródtak-e össze ezekbe a karszt-tölcsekbe. A fölhalmozódás mindkét módja szóba jöhet.

A *Fossil Lake* Oregonban egy kiszáradt tó körüli tragédiát tár fel; itt ugyanis az egykori vízmedence agyagjában és homokjában az alsó diluvium számos emlős, madár és hüllő csontját találták meg, a melyek közül különösen az ősló megjelenése nagyjelentőségű (a Silver Lake vidék *Equus zónája*). Ezenkívül elefántokat, lámákat, kutyaikat, hódokat és *Myiodon*-t (óriás lajhár) is találtak itt. E kihalt fauna maradványaival összekeveredve, a ma élő formák maradványait is megtalálták, azonkívül kidolgozott tűzköszerszámokat is találtak, így nyílhegyeket, a melyekből eleinte azt vélték, hogy az ember föllépése a kihalt faunával egyidejű volt. Az újabb kutatások azonban kimutatták, hogy a készítmények ezekkel a fosszilis maradványokkal eredetileg nem egyszerre ágyazódtak be, hanem a kettőt a könnyen szétrombolható tavi üledékek rétege választotta el egymástól. Ezt a réteget a szél eróziója eltávolította és így az ó-diluviális csontmaradványok összekeveredtek a talán csak 100 éves indián-eszközökkel.

Délkaliforniában, *Los Angeles* legközelebbi környékén, a sajátságos, különösen kedvező körülmények a diluviális faunának egyik leggazdagabb lelőhelyét teremtették meg. Ettől a várostól nyugatra, kilencz mérföldnyire, termékeny síkság közepén, a mely egészen a tengerig terjeszkedik, az ország egyik leggazdagabb kőolajmezője, petróleum-vidéke terül el. A fölszivárgó kőolaj az alaptalajnak diluviális képződményeit átitatja és az aszfalt, a mely ezen természetes desztilláció folytán képződik, a talajt konglomerátszerű közzé szilárdítja. A hol aknákat mélyítettek, ott a nyúlós aszfalt és kőolaj napfényre kerül és pocsolyává gyűlik össze. Ezekben a rétegekben, különböző helyeken, nagyszámú csontmaradványt találtak és pedig

vagy elszórva, vagy csontbreccsiává összeragasztva. A maradványok nagyrészt kitűnő állapotban maradtak meg. A csontok gyakran teljesek, a koponya még összefügg az alsó állkapocscsal és kissé össze van nyomva. Az aszfalt infiltrációja következtében a csontok gyakran nagyon törékenyek; felszínük többnyire finom, akár csak valamely frissen maczerált darabé és minden kis részlete fennmaradt. Minthogy a kerület kiterjedése jelentékeny és ennek a területnek különböző helyein találnak leleteket, mivel továbbá a csonttartalmú rétegeket több méter mélységben tárták fel, úgy látszik, hogy itt olyan fosszília-gazdagságról lesz szó, a minőt eddig talán sehol sem ismerünk.

Ebben a faunában vannak növényevők is; ilyenek a *Mastodon*, *Elephas*, bölény, teve, egy *Myiodon*, antilop, rágsálók, azután ragadozók: kutya, medve, a kardorrú tigris (*Machairodus*), más nagy macskák, továbbá 49 madárfaj, közöttük gázlók (kócsag), holló, bagoly, páva, ragadozó madarak, különösen a keselyű és a kondor, azonkívül alsóbbrendű állatok, különösen rovarok. A ragadozók és a ragadozó madarak uralkodnak közöttük. Ha valakinek alkalma nyílik arra, hogy ezt a lelőhelyet fölkeresse, e nagy állattársulás fölhalmozódásának módja nyomban világos lesz előtte. Szinte megelevenedik előttünk, a mikor a madarak és más kisebb állatok, baglyok, hollók, nyulak inni mennek. Ugyanis eső után ezekben a mélyedésekben pocsolyák keletkeznek s itt szeretnének inni az állatok, azonban a nyúlós földi viaszban, mint valami csapdában, fogva maradnak és hiába kísérlik meg a kiszabadulást, csak annál mélyebbre süllyednek. Így volt ez már a diluviumban is és ez a nagy kiterjedésű állatcsapda hosszú időn keresztül mindig készen állott, hogy a szomszagtól odahajtott vagy véletlenül odakerült állatokat megfogja. E vízállások körül valószínűleg gazdagabb növényzet is sarjadzott és a növényevők ennek a közelében tartózkodtak. A megfogott állatok és a rothadó hullák idecsalták a ragadozókat és a dögevőket, a melyek annál a kísérletnél, hogy zsákmányukat elérhessék, saját rablószenvedélyük áldozataivá lettek. A húsevők nagyobb számban vannak, mint a növényevők és a ragadozó madarak még aránytalanul többen vannak. Azt gyaníthatjuk, hogy nemcsak a hullaszag, hanem talán az aszfalt szaga is idecsalta a dögevőket.

Ehhez hasonló állatcsapdák a mexikóiak *chapapoterai*-ai, ezek aszfalt-pocsolyákká változott kőolajforrások, a melyekben a kifolyó sós vizet által odacsalt emlősök és csúszómászók megrekednek és sírjukat lelik.

Ugyanez történt az írországi óriás szarvasokkal is, a melyeket a diluviális mocsarakban találhatunk. Ez volt a *Diprotodon australe* egyéneinek is a sorsa. Ezek a diluviális óriási fiahordók Délkeleti-Ausztráliában a Callabonna-tó sós mocsaraiban maradtak fogva, a mint ezt helyzetük elárulja. Testük üregében a táplálékmaradványokat a só annyira impregnálta és konzerválta, hogy tanulmányozni lehetett azokat.

Steinheim mellett, Heidenheim közelében, Württembergben az Alb platójába egy maarszerű üst süllyed. Ebben mészhomokot és kőmárgát találhatunk, a melyek édesvízi csigák héjaiból, különösen a *Planorbis* és a *Paludina* maradványaiból állanak. A hőforrásokból leülepedett mészsziparvák is előfordulnak itten. Az édesvízi képződményekben a gazdag miocén kori fauna nagyszámú maradványait találták meg kitűnő állapotban és pedig majmokat, kérődzőket, rágsálókat, ragadozókat és vastagbőrűeket, madarakat, teknősöket és halakat. Az egyes individuumok csontjai többnyire egy helyen fekszenek, úgy hogy itt aligha gondolhatunk valamely távoli helyről való összesodrásra. Az állatok valószínűleg oázison éltek.

A szárazföldi állatokhoz hasonlóan, a vízi lakókkal is megtörténhetik, hogy valamely katasztrófa alkalmával hirtelen nagy számmal semmisülnek meg. Így tengerrengés után, vagy tengeralatti vulkáni kitörések alkalmával, valamint, ha a lávafolyam eléri a tengert, nagy számmal láthatjuk a döglött halakat a víz felszínén. Ha a tavakba és a mocsarakba a tenger víz

behatol, akkor ezek faunája részben megsemmisül és a parti tó lakói a sós víz behatolása alkalmával elpusztulnak. A hirtelen beálló hideg áramlások a *stenotherm* vízilakók megsemmisülését idézik elő. Néha, úgy látszik, hogy a mérges gáz-exhalációk vagy ásványos források okozzák a halak pusztulását, pl. a diaszkorú rézpalákban Mansfeld körül, a Harzban, ahol a halak nagy számmal takarják a réteg felületét. Valószínű, hogy ott a réz- és ezüstsók mérgezték meg a vizet. A homokviharok por- és homoktömegeket fújhatnak a vizekbe és ott minden életet megsemmisíthetnek.

Megkövesült növények.

Már említettük, hogy a *baktériumokat* fosszilis állapotban a koproliothekben ismerték fel. Az egysejtű algák közül a *Diatomeák*-nak van geológiai szempontból nagy jelentőségük. Kovás páncéljaik, bár mikroszkópi kicsinységűek, mégis kőzeteket alkotnak. Nagyon gyöngéd szerkezetük mellett többnyire csodálatos szépen megmaradtak és a laza anyagból iszapolás által könnyen elkülöníthetők. A *Siphoneae verticillitae* csoportba tartozó moszatok a kambriumtól kezdve sok formációban megvannak és elmeszesedett törzsecskékük és ágaik (aragonit) egyes hegységek fölépülésében kiváló részt vesznek (*Diplopora*, *Gyroporella*). Vékony csiszolatokon szerkezetük jól tanulmányozható.

A *Florideák* közül különösen a *Lithothamniumokat* (*Nulliporák*) kell kiemelnünk, amelyeknek gumói, pázsit- és faalakú képződményei úgy kövesedtek meg, hogy sejtközötti anyagukat állandóan mész (mészpát) hatolta át és helyettesítette. A koncentrikus hengeres mészlemezeket a fosszilis darabok elmállott felszínén vagy keresztmetszeteiben igen jól felismerhetjük (390/b. kép). A mészalgák nagy jelentőségét a kőzetképződésre nézve a »*Biolitek*«-ról szóló fejezetben már előbb hangsúlyoztuk. A *Characeákat* mészkéreg vonja be. Szilárd üledékeket alkotnak, amelyekben finom csövecskék húzódnak keresztül. Ezek az üledékben spirális bordákkal fedett bogyós gyümölcsökre emlékeztetnek.

A mésztufa- és vasoxidhidrát-üledékeket néha a finom csövecskék egészen átjárják. Ezek a *fonalalgáktól* erednek, amelyek a lerakódásokat idézték elő. Az úgynevezett *Fukoideákat* régebben növénylenyomatoknak tartották, vagy pedig domborzati rajzolatoknak nézték. Ez az állítás azonban újabban megdőlt, a fukoideákat nagyrészt a rákok, csigák és férgek csúszási-, evési- és ivadéknyomainak tartják. Az azonban már kétségtelenül bebizonyosodott, hogy magasabbrendű fosszilis algák vannak, habár többnyire csak rossz lenyomatok maradtak meg belőlük kevés szénés anyaggal, vagy pedig magas domborzatban.

A Föld üledékburkának legnagyobb része tengeri takaró alatt rakódott le és így nem csodálkozhatunk azon, hogy a magasabb szervezetű fosszilis növénymaradványok az állati maradványokkal szemben annyira háttérbe szorultak. Az algák és néhány magasabbrendű növény kivételével, amelyek a sós vizekben gyökereznek, valamennyi szárazföldi eredetű. Saját életkörülményeikben nem konzerválódhatnak, mert gyorsan a rothadásnak esnek áldozatul, hanem idegenben kell lerakódnuk, vagyis fennmaradásukhoz az elsodrás szükséges. E mellett csekély az ellentálló képességük és a mechanikai hatások következtében tönkrementek. Fosszilis növényeket tehát csakis olyan vízi üledékekből várhatunk, amelyek a megkívánt finomságú szemecskékkel és rétegzéssel rendelkeznek és a növény helyének a közelében rakódtak le. Ezeket a feltételeket főképpen a szárazföldi tavakban és a tenger lagunáiban találhatjuk meg. Az egyenesen álló fatörzsek alkalmilag megmaradhatnak, ha pl. a szárazföld felszínét a víz elárasztja, vagy pedig egyenes helyzetükben is elsodródhatnak a fatörzsek és be is ágyazódhatnak, a mennyiben a gyökérfák nagyobb súlyú és a gyökérzetben fennakadva, kőveket is hordoz magával. Néha a gyökerek hiányoznak. Ilyenek a *Taxodium*-törzsek, a

A tengeri üledékekben is találunk szárazföldi növényeket. Ezeket a vízfolyás és a szél hordta a tengerbe és az áramlások messzire szállíthatják őket. Port Elisabeth mellett Dél-Afrikában, Kelet-Indiából származó és odasodort gyümölcsöket találtak és Izland partjain trópusi növények fái hevernek. A mélytengeri képződményekbe szárazföldi növények és gyümölcsök ismételtelen belekeveredtek, úgy hogy ilyen fosszilis előfordulásokat is várhatunk. Így Angliában az alsó liaszkorú agyagban egy *ammonit*-et találtak toboz fán ülve és a tengeri krétaképződményekben ágyazott kovagumókban elkovásodott fákat figyeltek meg, a melyeken még a fűrőkgagylók fúrásai is láthatók. A sikérvízi képződményekben és az esztuáriumos üledékekben azonban az ilyen növényi előfordulások gyakoriak. A Bécsi-medencze lajtameszeiben konifera-tobozok fordulnak elő és igen gyakoriak az uszadékfák is, a melyeket a fűrőkgagylók (*Teredo*) egészen keresztül fúrtak. A 462. kép pedig egy fosszilis fát, a melyben a lyukakat meszes-homokos üledék tölti ki. A fa anyaga a megkövesedés közben egészen elveszett és mész helyettesíti a fát, a mész a csövek öntvényeit összeragasztja.

[467.JPG]

A krétaformáció homokkővében a *fosszilis gyanta* töredékei növénymaradványokkal együtt jelennek meg és az eocénban a Balti-vidéken, a borostyánkőfenyő: a *Pinus succinifera* gyantájában növénymaradványokat és rovarokat zárt be.

[468.JPG]

Ha az üledékbe ágyazott növénymaradványokhoz a légköri hatások hozzáférközhethetnek és az üledék megszilárdul, akkor a maradványokból többé-kevésbé csak a lenyomat marad hátra. Egyes esetekben, pl. a travertino-mészben fennmaradt nyomokból a fosszilis leveleket és virágokat kiegészíthetjük, ha a maradványokról viaszöntvényt készítünk. Más módon nem is

konzerválódhattak volna jobban e maradványok. A törzsek, ágak és gyökök üreges formáit gyakran mész vagy más üledék tölti ki és ebből öntvények keletkeznek, a melyek még a fának egyenes helyzetét is megőrzik. Éppen úgy állanak, mint a fa még életében állott. Ezek a kőmagok felszínükön néha szenes bevonatot mutatnak.

A kihalt növényrostok a légkör hatása alatt nagyon hamar elrothadnak és ahhoz, hogy egyáltalában fennmaradjanak, gyorsan kell konzerválódniuk. A konzerválás már kiszáradás folytán is megtörténik. Évezredes fákat ismerünk, a melyek ilyen módon konzerválódtak. A kősó és az ásványok is megóvják a fákat a rothadástól, a mint ezt a régi bányákban megfigyelhetjük. A levegőtől elzárva, tehát földi viaszban vagy borostyánkőben, vagy olyan víztakaró alatt, a melyből a baktériumok hiányoznak, a növényi maradványok sokáig változatlanul megmaradhatnak. Így maradhettek meg minden enyészet nélkül *Caesar* Rajna-hídjának pillérei egészen napjainkig úgy, hogy fáját a német császár udvari vonatának készítéséhez fel lehetett használni. A tőzeges mocsarakban a humuszsavak hatása konzervál.

[469.JPG]

474. kép. Megkövesült fatörzs (achát-híd) Adamana mellett, Arizonában.

Rendesen a már tárgyalt szenesedés útján megy végbe a szénanyag gyarapodása és a szenes maradványok az egykori flóra képét tárják elénk. Az ilyen leveleken és virágokon többnyire csak a reagensziákkal való kezelés után láthatók a legfinomabb mikroszkópi részletek, gyakran még a közetlapokról is levehető és üvegre helyezhető. Egyes rétegekben a levelek hámrétege (epidermis) jó állapotban maradt meg és csak megbarnult.

Néha a vasoxid (a Vogézek tarka homokköve), talkszerű (Svájc szénformációja) vagy más ásványok helyettesítik a cellulózt.

A növényi maradványok, különösen a fák belső szerkezete úgy marad meg, hogy a sejtfalak anyagát kovács, mészkarbonát, többnyire vas- és magnéziumkarbonáttal, pirit, kalcium-fluorid vagy borostyánkő helyettesíti, miközben a sejtek is csaknem mindig kitöltetnek. A legkülönbözőbb formációkból származó *megkövesült fák* sok helyről oly nagy tömegben felhalmozódtak, hogy *megkövesült erdőkről* beszélhetünk. A legszebb például szolgálhat erre az *Adamana*-fosszilis erdője Arizonában, a hol több száz más között egy 110 láb hosszú és 3 láb vastag törzs vízszintesen fekszik egy árok fölött és valószínű achat-hidat alkot (474. kép). Ismeretes a mokattami megkövesült erdő Kairo mellett (eocén) és a slatini Radowenz erdeje Csehországban (perm), a hol 20000-30000 egyenes fatörzset, főképpen araucaritákat 11 méterig terjedő átmérővel számláltak meg körülbelül három holdnyi területen. A bécsi medencében a Laaerberg pliocénkorú homokjaiban számos elkovásodott fát találtak.

Különösen az elkovásodási folyamat következtében a fa szövete egészen sűrű lesz és a különböző színű ásványanyagok rétegszerű üledékei a fa szerkezetének megfelelő tarka színezést adnak, a melyet a fa kereszt- és hosszmetSZete gyönyörűen mutat (*fa-achát*, 475., 476. kép) Azt, hogy miképpen megy végbe az elkovásodás, a Yellowstonepark geizirein lehet megfigyelni, a hol a fatörzsek a felszökő hőforrások szomszédságában, a kovács tartalmú vizekkel való átitatás folytán, sokkal hamarabb kövesednek meg, mint ez máskülönben a régebbi geológiai korszakokban a szivárgó vizek csekély kovács tartalma folytán történhetett. Ritka jelenséget tárt elénk az a diómag, a mely domborzati-kőmag gyanánt maradt fenn. Az érdekes lelet tisztátalan mészkőből származik, míg a héj csak üreges lenyomat képében maradt hátra. Ilyen megkövesedett diómaradványok, különösen a *Carya ventricosa* Brgt. (*Unger*) gyümölcssei, találhatóak a budai Kis-Svábhegy felső eocénkorú meszában (477. kép).

[470.JPG]

475. kép. Elkovásodott tűlevelű (Conifera) fa (fa-achát) hosszanti metszete a magyarországi Arka miocénkorú rétegeiből.

[471.JPG]

476. kép. Elkovásodott tűlevelű (Conifera) fa (fa-achát) keresztmetszete, a magyarországi Arka miocénkorú rétegeiből.

[472.JPG]

477. kép. Domború kőmag gyanánt megmaradt kövesült dió.

IV. A BELSŐ (ENDOGEN) ERŐK ÖSSZAHATÁSA A FÖLD FELSZÍNÉNEK ARCZULATÁN.

Ha valaki a tér és az idő keretein kívül állhatna, akinek szemei előtt ezer esztendő csak egy pillanat alatt telne el s ily módon követhetné a Földet fejlődésében, akkor az illető a Föld képét állandóan változni látná. Az a könnyű megrezdülés, a melyet alkalmilag durván érző idegeinkkel földrengésnek ismerünk, a mely azonban finoman érző műszereinket már hasonlíthatatlanul gyakrabban hozza rezgésbe, ezerszeresen mutatkoznék előtte a földkéreg hulláma gyanánt. A számtalan mozaikkövecskének tarka változatban való eltolódása kaleidoszkópszerű képet nyújtana e figyelőnek. Ezekből van összetéve a Föld felszínének képe, a melynek megteremtésén az összes exogén és endogén erők folytonosan dolgoznak.

A nagy, állandóbb vonások, mint a szárazföldek talapzatának körvonalai, feltűnnének ezen a képen; e kontinenseket a könnyebb földkéreg összetorlasztott rögeinek tekintik és ezek a nehezebb Sima-köpenyen úsznak, a mely az óceáni medenczék alatt a litoszféra felszínének a közelébe ér (7. kép). Az *epirogenetikus* - kontinensképző - *mozgások*, a melyek ezeket a körvonalatokat: voltaképpen a legnagyobb szabású töréseket, teremtették, látszólag már régen elhaltak. E mellett azonban a néző előtt *orogenetikus* változások fognak mutatkozni, ezeket a Föld felszínének finomabb domborzatai, a hegységek idézik elő. A nyugalom és a megállapodás korszakai a gyorsabb átalakulás periódusaival fognak váltakozni; ezek szoros következményeikkel azokra a katasztrófákra emlékeztetnek, a melyeken a régi világnézet a Föld történelmi fejlődését fölépítette.

A hegyképződést magyarázó elméletek.

A megismétlődő diszkordanciákból a Föld kérgének több, különböző korú felgyűrődési periódusát a könyv szerint ismerték föl. Míg a legrégebbi üledékes kőzetek, a melyekhez az archaikus kristályos palák többségét számítjuk, az egész Föld területén nagymértékben összegyűrődtek, addig közvetlenül rajtuk, nagykiterjedésű vidékeken, pl. Oroszország északnyugati részében, Déli Svédországban, Kelet-Szibériában, China egy részében, New-York államban stb. a legrégebbi kőülettartalmú rétegek zavartalanul fekszenek, úgy, hogy ezek csak vertikális mozgásokat és némi elhajolást mutatnak. A földkéreg ezen régi, merev rögein kívül más zavargások is mutatkoznak. Ezek a Föld történelmének különböző korszakaiban érték a fiatalabb üledékeket, miközben a redőzés vidéke mindig szűkebb térre szorult, úgy, hogy ebből a redőző erő megbénulására következtethetünk, a mely erő azonban látszólag mindig ugyanazokat a vidékeket keresi föl. Amennyiben a régebbi hegységekből többé-kevésbé csak a letarolási- és törési maradványok maradtak ránk, a redőzés jelenségeit a legfiatalabb redőzött hegységeken kell tanulmányoznunk. Ezekben többnyire a nagy vastagságú üledékes kőzetek tűnnek fel (Rocky Mountains 18 km, Alpok és Himalaya még sokkal több). Ezek a hegységek tehát a Földnek azon kéregdarabjaiból keletkeztek, a melyeken a legnagyobb üledéktömegek - bizonyára megismétlődő sülyedések alkalmával - fölhalmozódtak. A mint láttuk, ilyen jelenségek a parti- és középtengerekben mennek végbe, a hol az üledékek csekély, 1000 métert alig meghaladó mélységben, aránylag gyorsan képződnek. Ezek a helyek az üledékek letarolt termékeinek gyűjtő teknői és *geoszinklinálisoknak* nevezzük őket. A régi, merev rögökkel szemben ezek mozgékony öveket, zónákat tárnak elénk, amiket a hegyképző folyamatok ismételten megtámadtak. A mozgékony övek minden időszakban megvoltak, minthogy

azonban a Föld mai magashegység-vonulatait, a *geoantiklinálisokat*, a mezozoikumbeli üledékek hatalmas kifejlődései jellemzik, a geoszinklinálisokon röviden a mezozoikus-korszak azon tengerrészeit értjük, a melyek akkor az üledékes kőzetek gyűjtő teknői voltak. Főképpen két övet, különböztetünk meg. 1. A magashegység egyik öve Ázsia és Amerika paczifikus partszegélyét kíséri, az Antillák ívét is magába foglalva. 2. A másik pedig az Atlaszból indul ki és Dél-Európán, Dél-Ázsián keresztül egészen Uj-Kaledóniáig és Uj-Zeelandig húzódik. Mindkét öv a paleozoós-korszak óta megismétlődő redőzések színhelye volt (478. kép). Ezek az övek részint a kontinentális tömegek között fekszenek - egykori középtengerek gyanánt -, mint a Himalaya Magas-Ázsia és a Dekhan között, az Alpok Afrika és a francia Központi Fennsík, Vogézek, Schwarzwald és Csehország régi redőzésű sasbérczei között, a Pyreneusok a spanyol Meseta és a francia Központi Fennsík között, vagy pedig parti tengerek voltak valamikor, pl. Kelet-Ázsiában és Nyugat-Amerikában. A felgyűrt hegységek tengelye a redőzés csapásában és a geoszinklinálisok mélységi árkaiban halad; ebben az irányban terjeszkednek a váltakozó üledékek övei. Erre az irányra merőlegesen az üledékek minemiségének gyors váltakozását követhetjük s ez megfelel a redőző erők irányának is, mint a csekélyebb ellentálló képesség irányának. A mai magashegységek ennek megfelelően a parti- és középtengereket vagy az alföldeket szegélyezik - az alföldek ugyanis a medenczék feltöltéséből keletkeztek - és a régi szárazföldi tömegek külső oldalához sajtolódnak, mintha a redőző erő a sülyedt mezőkből indult volna ki. Ezt láthatjuk a Földközi-tenger nyugati részében, a Magyar-, a Lombardiai- és az Oláh-alföldön. A hegységek keletkezését ezért annak a nyomásnak tulajdonították, a mely a sülyedt területek leszakadása alkalmával felgyűrő erővé fejlődött ki. Más helyeken azonban a nagy óceáni mélységek (*óceáni árkok*), pl. Amerika paczifikus partjai, azután a Japán menti ív és a maláj-ív hosszában követhető mélység, vagy pedig a csekélyebb sülyedések, pl. a Perzsa-öböl és Mezopotámia, a lánczhegységek *előtt* fekszenek (*elő mélységek*). Vitás kérdés az, vajjon a hegységekben felismerhetjük-e egyáltalában a redőzés orientált mozgási irányát és így nem mondhatjuk ki határozottan, hogy a redőzés iránya törvényszerűen a szinklinális mélysége felé vagy ellenkezőleg halad. Azokban az országokban, a hol a transzgressziók lefolyását a Föld történelmének hosszú korszakain keresztül a legkönnyebben követhetjük, így Észak-Amerikában és Oroszországban két geoszinklinalist különböztetünk meg: ezek egyfelől Amerikában az Appalachi-hegység és a Kordillerák vonulata, másfelől Oroszországban az Ural és a Kaukázus. Itt a különböző korszakok alatt az irány ugyanaz maradt és ezek a geoszinklinálisok a Föld történelmének hosszú korszakain keresztül fennállottak.

[473.JPG]

478. kép. A Föld geoszinklinálisainak és földrengésöveinek vázlatos térképe. (SCHAFFER X. F. szerint.)

Természetesen sokat fejtegették azt a kérdést, hogy melyek a földkéreg orogenetikus változásainak mechanikai okai? A régebbi századokban a rétegek fölemelkedésének okát a földalatti tűzben keresték és ez a nézet, a melyet későbbben ismét elejtettek, újabban megint követőkre talált, természetesen mérsékelt terjedelemben (*plutonikus fölemelkedési elmélet*). A legegyszerűbb eset abban áll, hogy a földkéreg egyik darabja a magma nyomása folytán belülről fölemelkedett, a mint ezt a lakkolitoknál láttuk, s egyes pajzsformájú felboltozásokat, dóm- és hátformájú hegyeket (32. kép) ilyen kriptovulkanikus folyamatokra vezethetünk vissza. Sasbérczek is kiemelkedhettek törésvonalak által határolt rögök gyanánt; ezt azonban egyes kutatók tagadják. A belső vulkáni folyamatok rögök sülyedését okozhatják, a mennyiben e sülyedések annak a tömegdefektusnak a következményei, a mely a magmakitörés alkalmával keletkezett. Ez a folyamat azonban csak helyi jelentőségű. A geoszinklinálisok

leszakadására nézve és a földkéreg felgyűrődésének magyarázatához sokkal általánosabb okokat kell keresnünk.

Már különböző módon megkísérelték, hogy a geoszinklinálisok nagy üledékvastagságát és a felgyűrűt hegységeket okozati összefüggésbe hozzák egymással. Ez azonban nem sikerült, mert ismerünk olyan rengeteg kifejlődésű üledékes vidékeket, a melyek nincsenek redőzve, pl. Északamerika középső és nyugati részén a Colorado fennsík. Hogy a felgyűrűt hegységek keletkezését ezekből, az üledékfelhalmozódásokból megmagyarázhassák, föltették, hogy a rétegtömegeknek a laposhajlású talapzatra való csuszamlása összenyomást és redőzést okoz (*Reyer csúszási-redőzési elmélete*). A mint láttuk, a szárazföldek talapzatának szélein jelentékeny csuszamlások is keletkezhetnek, csuszamlás által azonban nem keletkezhetik hegység és az üledéktömegeknek csuszamlás folytán képződött összesajtolódása csak a legmélyebb árkokban mehet végbe. Más elmélet szerint a hatalmas üledéktakarók felhalmozódása és a geoszinklinálisok talajának sülyedése jelentékeny hőmérsékleti emelkedést okoz, ez ismét nagyobb kiterjedést idéz elő, a melynek következtében a mélyebben fekvő tömegek felsajtolódnak. Ugyanezt a behatoló magma is előidézhetette. Ez a *termikus* vagy *expanziós-elmélet*, a mely szerint valamennyi hatalmas rétegrendszernek fel kellene gyűrődnie, ez azonban nem történt meg; továbbá a lerakódás tartama alatt a redőzésnek folytonosan folyamatban kellett volna lennie, miáltal az összes rétegek között diszkordancziának kellett volna keletkeznie, a mi szintén nem egyezik meg a tényekkel.

Azok a kísérletek, a melyek a redőzött zónákat a saját ható (aktív) erő vidékeinek tekintik, nem elegendők a jelenségek magyarázatához. E szerint a redőzött zónákat passzívoknak kell tekintenünk és oly erőt kell föltételeznünk, a mely azok megzavarását előidézi. A redőzések, az áttolódások és a rögök sülyedése következtében a földkéreg sávjai keskenyebbek lesznek, tehát a Föld kerülete és félátmérője megrövidül. E jelenség okául meglehetősen általánosságban a Földnek hőveszteség következtében beállott összezsugorodását tartják. A mennyiben a merev földkéreg nem tud az összehúzó földmag megkisebbedéséhez egyenletesen hozzá-simulni, feszültségek keletkeznek benne, a melyek nyomásban nyilvánulnak. A nyomás iránya sugaras (radiális), ha pedig itt a feszültség feloldása nem lehetséges, akkor a nyomás tangenciális irányban nyilvánul és a földsugar megrövidítésére törekszik. Ez az ELIE DE BEAUMONT-féle *kontrakciós* vagy *zsugorodási elmélet*. A földkéreg rögei oldalsó irányból sajtolódnak össze, mintha valamely csavar-készülék szorítóléczei között lennének. Az oldalsó nyomás a földkéreg rögeit redőkké tolja össze, hacsak törések mentén a rögök kitérése be nem következik. Hogy ez milyen módon történik, nagyrészt a kőzet mineműségétől függ, a mint ezt már kimutattuk. Föltételezhetjük, hogy a plasztikus, nagy nyomás alatt álló kőzetek, tehát különösen a nagyobb mélységben levők, könnyebben redőzhetők, míg a felszín merev kőzet-rétegei, a melyek nagyobb ellentállást fejtenek ki és könnyebben kitérhetnek a nyomás elől, inkább rögökre bomlanak fel és függélyes vagy vízszintes irányban mozdulnak el. Azt, hogy hogyan működnek ezek az erők, nem tudjuk, mert a mechanikai alapokat csak sejthetjük. A tangenciális boltozatnyomást kétségbe vonják, mert ez a kőzetek csekély nyomás-szilárdsága miatt nem tudna tovább fejlődni. A mint már az egyik bevezető fejezetben láttuk, a nagy földrögök vertikális mozgásait nem tudjuk összeegyeztetni a nehézségi mérésekkel. Az egyoldalú orientált nyomás vagy taszítás tana is a legnagyobb mértékben tarthatatlan, mert nem tudjuk elképzelni, hogy miképpen tudna a kőzet törési szilárdságával a redőző erővel szemben oly sokáig ellentállást kifejteni, míg az egy nagy rögöt redőzne vagy áttolna, a nélkül, hogy teljesen össze ne morzsolódnék és szerkezetében másféleképpen ne deformálódnék. Az egy ponton vagy egy felületen támadó erő sohasem tudja megmagyarázni a rétegnyalábok azon nagy horizontális mozgásait, a melyeket ma ismerünk.

A Földnek *pentagonal-dodekaeder*- és *tetraeder alakjáról* szóló tant többé-kevésbé a kontrakciós elmélet sajátosságos kinövésének kell tekintenünk. E tanok szerint a szárazföldek és tengerek, valamint a lánczhegységek eloszlása az említett kristályalakok valamelyikének felelne meg.

Ama szemlélődések szerint, a melyek legjobban megvilágítják a szilárd földrögök mozgásait, azt kell föltételeznünk, hogy az erő támadása a mozgó tömeg minden egyes részecskéjére van irányítva. Leginkább a nehézségi erő következtében beállott csuszamláshoz hasonlíthatjuk. Ezen az ismereten alapul az *izosztázia* elmélete (*Dutton*) az egyensúly állapotáról, a mely szerint a földarabolt szilárd földkéreg a magma-zónán úszik és arra törekszik, hogy a geoid alakot mindannyiszor visszakapja, ahányszor az izosztázia állapota megzavarodik. Ez akkor következik be, ha az egyik vidéken letarolás, a másikon pedig lerakódás megy végbe, vagy pedig egyenlőtlen kontrakció történik. Más módon is bekövetkezhetik ez, miközben az egyik pont süllyedése megfelel a másik pont emelkedésének, a mi a nyomás kiegyenlítődének folyamánya. Feltételezzük, hogy a szomszédos rögök egymástól függetlenül is mozoghatnak; a rögök süllyedése következtében átmenetileg geoszinklinálisok keletkezhetnek, a melyek e szerint különösen a szilárd rögök széleire szorítkoznak. Így találjuk meg a szilárd rögök azon állandó süllyedéseinek magyarázatát, a mely süllyedések a folytonosan folyamatban levő földhalmozódások közben történnek, miközben több ezer méter vastagságú hasonló nemű üledék képződik. Azt az egyetlen erőnyilvánulást, a mely a Föld kérgét mozgatja, a kontrakcióból és az izosztáziából, tehát a nehézségi erőből vezethetjük le. Ilyen módon megérthetjük az *epikontinentális transzgressziók* látszólagos szabálytalanságát. Az epikontinentális transzgressziók, vagyis a szárazföldi rögök siker elárasztásai nem mindig váltakoznak a két féltekén és nem jelentkeznek mindketten egyidejűleg, a szélességi fokokra sem szorítkoznak és éppen olyan kevésbé jelennek meg általánosan, a mint ennek be kellene következnie, ha közvetlenül valamely endogén vagy exogén erő működésétől függnének. Így tehát azt látjuk, hogy az orogenetikus mozgások a száraz földeken levő geoszinklinális transzgressziókban és regressziókban úgy jelentkeznek, hogy az egyik helyen levő pozitív fázis összeesik a másikon levő negatív fázissal, és fordítva. A szárazföld-rögök az aktív geoszinklinálisok mozgásainak passzív ellentétét mutatják, a melyet durva vonásokban úgy állíthatunk magunk elé, mintha a geoszinklinálisok a víztömegeket egyszer magukba vennék és azután a redőzés alkalmával a merev rögökre *epikontinentális transzgresszió* gyanánt kiöntenék. Éppen ezért a régi szárazföldi tömegek a neritikus és kontinentális képződmények hiányos rétegsorozatát aránylag csekély vastagságban mutatják, míg a geoszinklinálisokban a rétegsorozat többé-kevésbé teljes és nagyobb vízmélységek hatalmas üledékei, jelennek meg.

[474.JPG]

479. kép. A pontok eltolódása a Föld felület egyik meridionális kvadransán, az azonos tartalmú gömbbe való átmenetnél (BÖHM A. után). Magyarázat: *C* a Föld középpontja; *A* (az egyenlítőn) *B* után, *A'* (a póluson) *B'* után, *a a'* után *b b'* után következik.

Arra is tettek már kísérletet, hogy a hegyképződés okául a földtengely ingadozását (*pólus-ingadozás*) szerepeltessék, a mennyiben ez a Föld alakjának megváltozását és azután a földkéreg mozgásait idézte volna elő. Ehhez azonban még nem találtak geológiailag értékes alapot, sőt ellenkezőleg, a Föld történelmének összes tapasztalatai ellenkeznek ezzel a föltevessel.

Nagyon ügyesen vezeti be BÖHM a Föld tengelyforgási sebességének csökkenését - ez az árapályfékezés következménye - a földkéreg mozgásának elméletébe. Ez okozza azt, hogy a geoid a gömbalak elnyerésére törekszik, a mi állítólag a rotáció teljes megszűnésénél

következik be. Ebből a Föld tömegeltolódásai származnak és pedig a félátmérők az egyenlítőtől körülbelül a 35. szélességi fokig fogyó mértékben megrövidülnek, a 35°-tól egészen a sarkig növekedő mértékben meghosszabbodnak (479. kép). Ez a folyamat a földkéreg részecskéinek tangenciális, sark felé irányított eltolódását idézi elő, a melynek maximuma a 45°-ra esik. A 35° és 55° közötti zóna a legerősebb tangenciális nyomás vidéke, a mely minden egyes részecskét magával ragad, tehát tulajdonképp folyás. A mennyiben a lapultság valamikor a mainak többszöröse volt, ezen az úton jelentékeny eltolódásoknak kellett bekövetkezniök. Mivel a szilárd Föld nem tud azonnal az új rotációs alakhoz símulni, a mely a mindenkori forgási sebességnek felel meg, míg a hidroszféra, ezt szakadatlanul megteszi, azért a tenger tükre az alacsony szélességekben süllyed és a sarkok felé emelkedik. A kéreg a maga, merevsége folytán ezt a mozgást csak akkor végezheti, ha a megfeszült energiák a kéreg szilárdságának ellenállását le tudják győzni, miközben a partvonalnak ellentétes, de gyorsabb mozgásai következnek be. Ezáltal a magasabb szélességi fokok alatt lassú transzgresszió és gyorsabb regresszió keletkezik, a mint azt a Föld történelméből ismerjük. Az alacsonyabb szélességi fokok alatt mindennek fordítva kell lennie. Nagyon feltűnő, hogy a 35° és 55° északi szélesség között mutatkoznak a legnagyobb, tangenciális eltolódások, redőzések és áttolódások, tehát a nagy tektonikai zavarodások. A déli félgömböt ezen szélességek alatt, csaknem kizárólag tenger fedi. Az északi féltekén ebben az övben feküdt a Föld fejlődésének csaknem az egész történelmi korszakán keresztül a centrális Földközi-tenger, a legnagyobb geoszinklinális. Mivel azonban a parallel-körök kerülete a sarkok felé kisebbedik, így a sarkok felé tolt kéregdarabok szintén ebben az irányban sajtolódnak össze és így olyan nyomás keletkezik, a melynek meridionális redőzést kell előidéznie. A lapultság föltevésének a kontrakciós elmélettel szemben az az előnye, hogy a szilárd Föld és a tenger mozgásai nem egyenletesen folytatólagosan mennek végbe, úgy hogy a hegyképződés rövid periódusai és az ettől független nagy kiterjedésű átmeneti transzgressziók is megmagyarázhatók. Ezek után az alacsonyabb szélességi fokok alatt a magmának nyomás folytán beállott erősebb kitöréseit is megérthetjük. Ez azt mutatja, hogy a hegyképződés a régebbi időkben általánosabb volt, mert akkoriban az erősebb lapultság gyorsabban kisebbedett. E szerint a Holdat, az árapály surlódás okozóját, kell a hegyképződés megindítójának tartani. A lehülés és összehúzódás folytán támadt térfogatkisebbedés, a tengelyforgásnak ezáltal előidézett csekélyebb gyorsulásával együtt, nem elegendő ahhoz, hogy a lapultság csökkenésének következményeire hatást gyakorolhasson.

A földrengések eloszlása a Föld felszínén.

Bár elmondhatjuk, hogy a földrengések az összes szélességek alatt előfordulnak és a földkéreg fölépülésétől is függetlenek, tehát a Föld felszínének egy pontja sem mentes a földrengésektől és még kevésbé van biztosítva a rázkódások ellen, mégis egyes vidékek a szeizmikus jelenségek gyakoriságával és hevességével tűnnek ki, vagyis - mint mondani szokás - nagy a *szeizmicitás*-uk. Ezek a habituális rázkódási területek, a mint már említettük, többnyire a földkéreg határozott zavargási vonalai mentén fekszenek; ilyenek a Gardató-Etsch-vonal, a Mürz-vonal (Velence, Villach, Mürzvölgy). Különösen az ilyen *szeizmotektonikus* vonalak keresztezési pontján és a süllyedt mezőkön találjuk e rázkódási területeket, pl. a Bécsi medence peremén (190. kép), Laibach mellett, a Felsőrajnai- és Szíriai-árookban, a japáni Fossa magnában, stb. A völgyek sokszor bővelkednek a földrengésekben és akkor tektonikailag elő vannak rajzolva (Mürzvölgy, Rajnavölgy). Olyan pontokon, a hol nagy kiemelkedések vannak a jelentékeny oceáni mélységek szomszédságában (pl. Japán, Amerika

paczifikus partjai 11-14 km. magasságkülönbséggel), a hol tehát a nagy epeirogenetikus mozgások történtek, ott különösen mutatkozik a szeizmikus működés. Még vulkáni rengések alkalmával is erősebben rázkódnak a tektonikus vonalak, a melyeket hőforrások és fumarolák jeleznek. Így történik ez Ischia szigetén (Nápolyi-öböl). Sok rengés megfigyelésének összefoglalásából ahhoz az eredményhez jutottak, hogy a földrengések gócpontjainak többsége a Föld felületének olyan vidékeire esik, a melyek a domborzat legnagyobb egyenlőtlenségeit mutatják, tehát mindenekelőtt a fiatal magas hegységekre. Különösen ott látjuk ezeket, a hol tektonikai vonalak szelik át, vagy pedig alföldekből vagy oczeáni mélységekből emelkednek ki, a hol tehát nagy diszlokációkat kell föltételeznünk. A 69.315 földrengés közül, a melyeknek helyét így megállapították, 86.4% esik a harmadkori redőzött hegységekre, az alpes-himalayai és az andesi ívekre. Egyes vidékek, pl. Japán, különösen rengékenyek (itt évenként körülbelül 600 rengést számlálnak), Közép-Amerika éppen ilyen erősen szeizmikus (*krónikus rázkódási*) terület. *San Salvador* völgyében a rázkódások úgyszólván mindennaposak, úgy hogy a vidéket »Cuscutlan«-nak, függőágnak nevezték el. Ezzel szemben nagy területeken kevés a rengés, ha mindjárt nem is egészen aszeizmikusok, mint pl. az Orosz tábla, Afrika az Atlasztól délre, a Nagy árok sülyedt mezejének kivételével, Kanada a Kordilleráktól keletre, Brazília stb. Ezeket a vidékeket csak ritkán, vagy egyáltalában nem érik az érezhető rengések, azonban a finom készülékek itt is mikroszeizmikus zavargásokat jeleznek. Évenként körülbelül 4000-5000 rengést jegyeznek föl, eltekintve attól a csaknem állandó rezgéstől, a melyet a szeizmografok jeleznek, úgy hogy Földünket semmiképpen sem tekinthetjük a nyugalom jelképének, hanem ellenkezőleg azt látjuk, hogy a Föld megszakítás nélkül vonaglik és remeg, mintha hideglelés rázná.

A földrengések földrajzi elterjedését MONTESSUS DE BALLORE tanulmányozta a legbehatóbban. Az ő tanulmányai alapján nagyon jelentékeny bepillantást nyerünk a földkéreg fölépülésére nézve, a mely felöleli azokat a változásokat is, a melyeket a Föld felszíne fejlődésének folyamán tanúsított.

Az összes földrengések 91%-a abban a két keskeny zónában fekszik, a melyek a Föld fiatal redőzött hegységeivel esnek össze. Ezek a zónák nem egyenletesen aktívok; az erősebb szeizmikus működések vidékei nagy, nyugalmas vidékekkel váltakoznak és a heves vulkáni jelenségek, a melyek ugyanazon vonalakhoz vannak kötve, nagy kiterjedésű országrészekben teljesen eltörlik a vulkáni és diszlokációs rengések között a különbségeket. Vessünk egy pillantást a 478. képen ábrázolt térképre. Ebből azt láthatjuk, hogy az északi féltekén a történelmi időkben csaknem valamennyi katasztrofális földrengésnek vidékei közel azonos, 30-40° között levő földrajzi szélességekben fekszenek: így Nippon szigete, Wernoeje, Schemacha, Örményország, Kis-Ázsia, az Archipelagus, Peloponnesos, Dél-Itália, Dél-Spanyolország, Lissabon, Charleston, Memphis, San Francisco; ehhez illeszkednek még az Azori-szigetek, a melyeknek környékére jellemzők a tengerrengések. A déli féltekén is ezekhez hasonló viszonyokat találunk. Heves rázkódási zóna húzódik végig Dél-Amerika nyugati partján egészen a 40. szélességi fokig délfelé, Montevideo és Buenos Aires a 35. fok alatt az Atlanti partok rengési gócpontjai. Dél-Afrika legkülsőbb vége szeizmikus és a határos tengerrészek tengerrengéseket mutatnak (35° déli sz.). Ausztrália déli csúcsa és Tazmánia, a melyek körülbelül a 40. fok alatt fekszenek, csaknem aszeizmikusak. Hasonló szélességi fok alatt fekszik a Cook-szoros, a mely Új-Zeeland két szigetét választja el egymástól és egyike a legfélelmesebb földrengési gócpontoknak.

A szeizmikus tengeri vidékekhez tartoznak még az Atlanti óceán ekvatoriális részei, különösen Szent Pál és Azori-szigetek környéke, a Portugáliáig terjedő vidék, Nyugat-India, a Virginia mélység a Kis-Antillák és Puerto-Rico északi részében, továbbá a Délatlanti-hátság Szent Ilona, Ascension és Tristan d'Acunha felé. A Földközi-tenger nyugati részében és még

inkább keleti felének északi részén nem ritkák a tengerrengések. A további szeizmikusan mozgékony területek: a Karibi-tenger szigetvilága, az Andamanok, Nikobarok, Szumatra, Jáva környéke, a kis Szunda szigetek, a Bengáli-öböl, továbbá a Csendes-óceán Észak-Amerika és Hawaii között, az Új-Zeelandtól keletre levő tengerrészek, a Csendes-óceán egész partközeli vidéke, különösen Valdivia és Callao között, Közép-Amerika, Kalifornia, Alaszka, Polinézia, Japán és az Aleuták szigetsora.

A Föld felszínének azon vidékei, a melyeket a katasztrofális rengések ritkán, vagy sohasem keresnek fel, az északi szélesség 40. fokától északra és a déli szélesség 40. fokától délre fekszenek. A kivételek közé tartozik Alaszka az 1899. évi katasztrófával és az Aleuták, a hol a fiatal redőzött hegységek oly magas szélességi fokig nyulnak fel.

A *földrengések öve* körülbelül a 40. északi és déli szélességek között húzódik a Föld körül és a heves szeizmikus folyamatok csaknem kizárólag erre szorítkoznak. E mellett a krónikus rengési góczpontok fölhalmozódásai ennek az övnek határain félre nem ismerhetők. A szeizmikus jelenségek maximumai oda vannak helyezve, a hol a rengési öv szélei a fiatal redőzött hegységeket metszik, vagy azokat érintik. A Csendes-óceán körüli zóna négy metszési pontját San Francisco, Valparaiso, Nippon és a Cook szoros jelzik és az alpesi redők Lissabon meg Wernoje között haladnak az öv északi határa mentén (478. kép).

Bizonyára nem a véletlen műve, hogy a földrengési öv az egyenlítőhöz képest szimmetrikusan fekszik. A földrengés öve bizonyára összefügg azokkal a változásokkal, a melyek a Földgömböt az árapály-fékezés és a lapultság csökkenése folytán beállott lassúbb tengelyforgása következtében érik. A mint előbb kimutattuk, a legerősebb tangenciális nyomás öve gyanánt éppen a 35. és 55. északi szélességi fokok között elterülő zónát jelölték ki a 45° maximummal. Ez zárja magába a legnagyobb hegységfelboltozásokat. Egyúttal megmagyarázza a fiatal redők és rengések összeköttetését is. A Föld felszínének azon területei, a melyeket a legfiatalabb korszakban a legnagyobb tektonikus változások érték, természetesen a földkéreg legmozgathatóbb részei és a mint azt már annyi bizonyíték kimutatta, még folytonos orogenetikus mozgásban vannak. Szép példát szolgáltatott erre nézve a Karawanka-alagút, a melyben még ma is felismerhetők az északkelet felé irányított redőző mozgások.

A Föld zavargási öve feltűnően hasonlít a Nap királyöveihez, a melyekben a napfoltok a maximumok idején a 40. északi és déli heliográfiai szélességig érnek, míg azon túl csak elszórva fordulnak elő.

A mult és a jelen vulkánossága.

A vulkánizmus fejlődése a Földön azt mutatja, hogy legelőször az általános lassú gáztalanítás reumatitikus termékei törtek elő és ezt a paroxizmikus jelenségek követték. Ez az egymásután egy-egy vulkánindividuum életfolyamában is gyakrabban mutatkozik; legelőször többnyire lávát szolgáltat és csak később szórja ki a klazmatikus anyagot. A hasadékokon át való kiömlések eredeti jelenségek, a Hawaii-típus vulkánjai a régebbi, már csaknem kihalt vulkánformák.

Idővel még a napfényre kerülő magma kémiai összetétele is megváltozik, a mennyiben a kovasavtartalom változik. Így a *Somma lávája* savanyú, *trachitos*, a mai *Vezuvé* azonban kovasavban szegény, *leucitláva*. Néha a kitörés alatt is ingadozik a magma savassága. Továbbá felismerték a geológiai történelem folyamán a kovasavtartalom változását a Föld különböző pontjain (RICHTHOFEN *acizitás-sorozata*). Így pl. a magyarországi harmadkori

vulkánokban *bázisos kőzetek* (piroxénés andezit) nyitják meg a sorozatot, erre mind *savasabb* lávák (biotitos amfibólos andezit) ömlenek ki, míglen a *kovasavban leggazdagabb* (riolit) magmák törnek elő és végül ismét bázisos kőzetek (bazalt) zárják le a vulkáni lávák sorozatát. A mélységben tehát egymástól elválasztva, valamiképpen slirszerűen váltakozva, szükségképpen különböző magmáknak kellett együtt lenniök és egymás után a napfényre jutniok. Talán az is szóba kerülhet, hogy a magmák fajsúlyuk szerint zónákra emlékeztető sorrendben lehettek elhelyezve, úgy hogy a könnyű, savas kőzetek a magasabb, a nehezebb, bázisos kőzetek a mélyebb zónákból származhatnak.

A Föld felszínének vulkáni jelenségei a Föld történelmének folyamán sokféle változáson mentek keresztül. Az eredeti megmerevedési kéreg (pánczéltakaró) vastagsága areális erupciók és hasadási kiömlések folytán megnagyobbodott, miközben kizárólagosan lávák kerültek a napfényre. A paleozoikumot különösen a vége felé (karbon, perm) a tömeges kiömlések jellemezték, míg a mezozoikum az aránylagos nyugalom korszaka volt. Ez a nyugalom a harmadkorban ért véget, a mikor is a vulkáni erők újjáébredése az egész Földön észlelhető. A vulkáni jelenségek azóta napjainkig észrevehetően folyamatban vannak. Nagyon feltűnő, hogy a fokozottabb vulkáni működés mindkét periódusa összeesik a hegyképződés korszakaival, a melyeknek a szárazföldek mai domborzatuk főbb vonásait köszönhetik.

Régebben arra is gondoltak, hogy a vulkánizmus és a tengerek eloszlása összefügg egymással és ebből kifolyólag a víz infiltrációjának okozó szerepet tulajdonítottak. Valóban a legtöbb jelenleg működő vulkán az óceánok közelében fekszik. Ezek a távolságok azonban sokszor olyan nagyok, hogy a közvetetlen hatást alig tudjuk elképzelni. Így az Andok vulkánjai a partoktól vagy 350 km-nyire fekszenek, a Kolorado-fennsík vulkánjai 500 km-nyire, az egyik Mandschuriai vulkán 800 km-nyire és a belső afrikaiak a tenger partjától még messzebbre fekszenek (480. kép).

[475.JPG]

480. kép. A működő vulkánok eloszlása a Föld felületén. (MERCALLI G. olasz vulkanológus szerint.)

MERCALLI G. vulkanológus szerint a történelmi időkben 367 vulkán működött. A működő vagy kialudt vulkánok gyakran nagy számban szűk területen vannak összeszorítva, mint pl. a Jáva-beli, vagy az Alsó-Rajamenti hegységben, a hol az Eifel 200, a Westerwald 410 bazaltkúpot és 45 telért mutat. Az összes működő vulkánok kétharmada - 250 - két ívalakú meridionális sorban a Csendes-óceán körül fekszik (*paczifikus tűzkör, vagy vulkánkoszorú*). Ezeken a zónákon kívül egy keletnyugati zónát is ösmerünk, a mely Dél-Európán és Észak-Afrikán keresztül Kelet-India felé csap, éppen úgy, a mint azt a Föld földrengéses zónáinál láttuk. Azt már régen fölismerték, hogy a vulkáni jelenségek az egyenlítő mindkét oldalán sorakoznak és a sarkok felé kihálnak, elenyésznek. Ezt BÖHM lapultsági elmélete magyarázza meg.

Azt már kimutattuk, hogy a nyugodt lávakiömléssel összekötött Hawaii-féle kitörési típus és a hasadási kiömlések olyan kitörési formákat állítanak elénk, a melyek ma a ritkaságok közé tartoznak, azonban, úgy látszik, hogy az előző geológiai korszakokban a hasadékvulkánok általánosan el voltak terjedve. A Föld mai korszakát olyan heves gázkitörések jellemzik, mint a Vezuvé és a Krakatau-é. Ebből azt a következtetést vonták le, hogy a lehülésnek és a földkéreg vastagságának növekedése folytán ezek a kitörések egyre ritkábbak lesznek, azonban heveességük csak növekedni fog. Ezért bolygónk jövőjére nézve katasztrofális erupciókat jövendölnek, a melyek Földünket esetleg romokká tudnák szétrobbantani;

olyanekppen, a mint ezt a planetoidákra nézve föltételezik, a melyeket valamely szétrobbant bolygóból származtatnak.

Ha a redőzött hegységek vonulatát és a vulkánok eloszlását tekintjük, akkor felismerhetjük, hogy sok vulkán fekszik a redőzött hegységekben, mint pl. az Andok ívében, továbbá a Demavend (5870 m) az Elburz hegységben (a Kaspi-tó déli peremén), vagy a Kaukázus kihalt vulkánjai (Elbrusz 5629 m, és a Kazbek). Ezek a vulkánok azonban jobbra csak mellékjelenségek a felszíni formák képződésében és a hegységek fölépülését gyakran alig zavarják. A redőzési zavarodások éppen nem nyulnak olyan mélyen bele a földkéregbe és a vastag üledéktakaró megnehezíti a magma napfényre jutását. Ez könnyebben megy a röghegységekben, mert a törési vonalak mélyre hatolnak. Ezzel összhangzásban van az a megfigyelés, hogy a redőzési rengéseknek nincsen olyan mélyfekvésű gócpontjuk, mint a törési rengéseknek. Sok hegységből, pl. az Alpokból, a Himalayából, az Apenninekből stb., csaknem vagy egészen hiányoznak a vulkánok és csak ott kerülnek elő, a hol két hegyvonulat találkozik (csoportosul), a hol tehát a szilárd Földet sokkal erősebb zavargások érték, így a Központi Fennsík (Plateau Central) Franciaországban, Örményország stb. Az elővidéken, a melyben összetolódás folytán, vagy már eredetileg is, vastag üledékes közettakaró fekszik, nincsenek *vulkáni* jelenségek. Ezzel szemben gyakran láthatjuk a vulkáni jelenségeket a redőzött hegységek belső oldalán, pl. az Alpok, Kárpátok, Apenninek déli peremén; a leszakadt hátsó vidéken, az árokalakúan lesülyedt területeken (Rajna-árok, Afrika-Syriai-árok, a Hussavik-árok Islandban, a Fossa Magna Japánban stb.) A vulkánok itt többnyire a sülyedt terület peremén ülnék, gyakran a zavargási vonalak mentén párhuzamos sorokban. Azokon a törésvonalakon is, a melyek a redőzött hegységeket a csapás mentén vagy keresztben átszelik, gyakoriak a vulkánok.

Sok esetben megállapíthatjuk, hogy a vulkánok olyan zavargási vonalak mentén fekszenek, a melyek gyakran száz, sőt ezer kilométernyire is követhetők, éppen úgy, a mint ezt a földrengések elterjedésénél tapasztaltuk. Ha a szárazföldek széleit nagyrészt olyan öveknek tekintjük, a melyekben az izosztikus zavargások kiegyenlítődnek, akkor érthető, hogy a vulkánok nagy számmal fekszenek a tenger közelében. A tengeri medenczék széles leszakadt mezők, a melyek mélységei folyékony elemekkel vannak kitöltve.

Bizonyára túllövünk a czélon, ha a vulkánokon keresztül vázlatosan a törési vonalak egész rendszerét fektetjük, mert ezt nem tudjuk bebizonyítani. Azon sem csodálkozhatunk, hogy ez a túligyekezet reakziót idézett elő, a mely a vulkáni jelenségeknek a hasadékoktól való függetlenségét szeretné kimutatni. Az igazság bizonyára ismét a középúton halad. Ismerünk vulkánokat, a melyek hasadékokhoz vannak kötve, a hasadékokat azonban nem a vulkáni működés teremtette, hanem már előbb megvoltak és megkönnyítették a magmának a Föld felszínéhez vezető útját. A mai kitörési középpontok többsége bizonyára ehhez a típushoz tartozik. Azonban olyan vulkánok is vannak, a melyek minden előre jelzett út nélkül teremtették meg a felszínre vezető útjokat. Úgy látszik, mintha a redőzött hegységek csak nagyon felszíni jelenségek volnának, de zavargásuk nem nyulna mélyen bele a Föld vázába; és csakis a radiális zavargások, a törésvonalak hatolnak mélyebben a Föld kérgébe, a hol elérik a vulkáni erők székhelyét és feloldják azokat. A földrengések eloszlása bepillantást nyújt a szilárd Föld rengésének nagy, általános okaiba és most pillantásunkat ugyanabba az irányba fordítjuk s olyan összefüggéseket sejtünk, a melyekre tudatosan még nem gondolhatunk. A földrengésvonalak legnagyobbbrészt ugyanazok a zavargások, mint a fiatal vulkáni jelenségek, a melyeknek nagy általános okai természetesen még nincsenek feltárva előttünk.

Azok a petrográfiai kutatások, a melyek messze vidékekre kiterjeszkednek, látszólag új szempontokat nyújtanak, a melyekből ezeket a kérdéseket tárgyalhatjuk. Már régebben felismerték a *petrográfiai provinciákat*, a melyeknek azonoskorú erupciós kőzetei ugyanolyan ismertető jeleket mutatnak és pedig bizonyos ásványok sorozatát és chemiai tulajdonságokat. A legújabb időben azt tapasztalták, hogy a *Paczifikus Vulkánkoszorúnak*, a Sunda-ívnek és az ó-világ nagy redőzött hegységeinek eruptív kőzetei földpátot és kvarczot is tartalmaznak, míg *Európa* és *Afrika* röghegységeinek vidékén hiányzik a kvarcz és a földpátokat részben kovasavban szegény nephelin és leuczit pótolja. Ezeket *paczifikus* és *atlanti származású* eruptív-kőzeteknek nevezzük. Az atlanti típusú kőzet nagyobb atomfajsúlyú alapelemekben (kálium, kalcium, vas) gazdagabb, míg a paczifikus kőzetben a könnyebb elemek a túlnyomók. Ezért a *paczifikus* kőzetsorozatot *könnyű* sorozatnak, az *atlantit* pedig *nehéz sorozatnak* nevezzük. Az *atlantikus kőzet* a paczifikus kőzeteknél mélyebb, *sűrűbb magma-zónából* ered és rögs vidékekhez van kötve, a melyek törésvonalak következtében keletkeztek, míg a *paczifikus kőzetek* olyan *redőzött hegységekben* fordulnak elő, a melyek keletkezésüket tangenciális, felszíni zavargásoknak köszönhetik. Ezt a megkülönböztetést jelenleg még nem tudjuk élesen alkalmazni, azonban mégis ráutalhatunk az említett nagy, összefoglaló vonásokra, a melyek idővel bizonyára további felvilágosítással szolgálhatnak.

FÜGGELÉK.

I. fejezet. A földmelegségi mélységi fokozat (geotermikus grádiens) Magyarországon.

A »Föld melege« című fejezetben ismertettük az európai legmélyebb fúrásokat, s említettük, hogy az összes megfigyelések között a mélyfúrásokban végzett hőmérések a legmegbízhatóbbak, a melyek alapján az egész Föld közepes geotermikus mélységi fokát 33 méterben állapították meg.

Hazánkban az utolsó félszázadban részint artézivizek, részint bányakutatások céljából ezrekre menő mélyfúrást végeztek. Csupán a Nagy Magyar Alföldön több mint 5000 artézi kutunk, közöttük számos 500-800 méteres fúrásunk van. Azonkívül felvidékeinken ásványos vizek-, földgáz-, földi olaj- és kőszénkutatások céljából ugyancsak több ezer fúrást végeztek. Többek között a sárosmegyei Zborón 1905-ben petróleumkutatás céljából 1100 és 1200 méteres fúrásokat mélyesztettek az eocénkori rétegekbe. Földgázkutatás céljából készült 1912-ben a marosugrai V. számú mélyfúrás, a mely 1282 m mélységig a miocénkorú rétegekben haladt, s ezidőszert hazánk legmélyebb fúrása.

Mindezek között csak két olyan fúrásunk van, a melyben hőmérsékleti megfigyeléseket végeztek és pedig a budapesti városligeti artézi kút, valamint a nagysármási I. sz. fúrás. A többiekben csak a kifolyó víz hőmérsékletéből következtethetünk a mélységbeli hőfokra, a mi pedig, miként látni fogjuk, nagyon bizonytalan adatokat, szolgáltat.

A) A városligeti artézi kút Budapesten. A budapesti Andrássy-út tengelyében, a milleniumi emlék arkangyalos oszlopa előtt, a városliget szélén van az a nevezetes artézi kút, a melyet ZSIGMONDY VILMOS bányamérnök 1868-1878 között készített. A mélyfúrás helye a tenger színe felett 106 m magasságban és a Duna 0 pontja felett 10 m magasan van; mélysége 970.48 méter. Geológiai szelvénye a 481. képen látható.

[476.JPG]

481. kép. A budai Sas-hegytől a városligeti artézi kútig terjedő vidék geológiai szelvénye, a mely Budapestnek a hévvizektől átmelegített altalaját ábrázolja. (SCHAFARZIK FERENCZ ÉS ZSIGMONDY VILMOS munkái nyomán szerkesztette PAPP KÁROLY.)

A mélyfúrás a következő rétegsorozatot szelte át:

0-5 méter között	agyagos homok, holocén	<i>Allúvium</i>
5-15 " "	durva kavics pleisztocén	<i>Dilúvium</i>
15-345 " "	sárga agyag és kavics vindoboniai	<i>K. Miocén</i>
345-580 " "	agyag és homok kattai emelet	<i>F. Oligocén</i>
580-905 " "	kisczelli agyag (gáznyomokkal)	<i>A. Oligocén</i>
905-916 " "	bryozoás mészmárga	<i>Eocén?</i>
916-917 " "	0.85 m vastag szénteleg	
917-970 " "	földolomit, hévvízzel	
		<i>F. triasz</i>

A dolomitból 74C° hőfokú víz fakadt, a mely kezdetben 13 m magasra szökött s naponkint jelenleg is 12000 hektoliter hévvizet szolgáltat az artézi fürdőnek, a hová csövekkel vezetik el. A fúrás alkalmával ZSIGMONDY VILMOS leeresztett hőmérőkkel az iszap hőfokát rendszeresen mérte, s azt tapasztalta, hogy a hőmérséklet lefelé rohamosan emelkedett. Így 100 m-ben 23.2C°, 200 m-ben 31.8C°, 300 m-ben 36.8C°, 400 m-ben 46.8C°, 500 m-ben 51.8C°, 600 m-ben 61.5, 700 m-ben 70.2C°, 800 m-ben 76C°, 900 m-ben 80.9C° és 904 m mélységben az iszap 81C° hőfokú volt. Olyan magas hőmérséklet ez, mint a melyet a paruscsovitz-i fúrás 2003 méter mélységben sem ért el és a melyet a czuchovi fúrás is csak 2100 m mélységben mutatott. Ha a budapesti fúrásból a geotermikus grádienszt kiszámítjuk, feltűnő alacsony mélységi fokozatot kapunk. Budapest évi közepes hőmérséklete 10C°. Ha ezt a mélységbeli 81C°-ból levonjuk, marad 71C°. Ha továbbá a 904 m-ből a neutrális rétegnek megfelelő 19 m-t levonjuk, marad 885. Ez a 19 m mélység az a zóna, a melyben Budapesten a Nap hősugarának hatása a Föld kérgére megszűnik. *Eredmény* gyanánt $885:71=12.4$ métert kapunk, a mely a *földmelegségi mélységi fokozatot* tárja elénk. Maga ZSIGMONDY, minthogy középhőmérsékletül 11C°-ot vett fel, a grádienszt 12.61 m-ben állapította meg. Ha ZSIGMONDY ezeket a pontos méréseket nem végezte volna, akkor a mértéket csak a kiömlő víz hőfokából számíthatnók, a következőképp: 970 m mélységből levonva kereken 20 m felső zónát, 74C°-ból levonva az évi közepes 10C°-t; $950:64=14.8$ m. Vagyis a kiömlő víz hőmérsékletéből számított grádiens (14.8 m) magasabb a valóságos (12.4 m) grádiensnél.

Az európaszerte átlagos 33 m-rel szemben *Budapest alatt a hőmérséklet minden 12.4 m-nyire emelkedik* 1-1C° hőfokkal. A hirtelen melegedés okát a mélységbeli hévvizekben kereshetjük. A Budai-hegység - SCHAFARZIK FERENCZ vizsgálatai szerint - felső triaszkorú dolomitokból, meszekből és ezekre települt harmadkori rétegekből áll, a melyeket vetődések zavarnak meg. A rögzösen összetöredezett hegység a budai Gellérthegy alatt hirtelenül a mélységbe süllyed, úgy hogy alig 5 km-nyi távolságban a városliget alatt már 917 m mélységbe kerül. Ehhez hozzávéve a Gellérthegy 135 m relatív magaslatát, a Budai hegység dolomitja Budapest alatt több mint 1 km mélységre vetődött (481. kép). A Budai hegység hasadozott dolomitszikláit az összes meteorikus vizeket elnyelik s ezek a dolomit fekvésében levő kőzetekig, az ősi hegységbe leszivárognak, a hol a mélységbeli hőmérsékletet felveszik. A hévvíz azután a hidrosztatikai nyomásnak engedve és a hőség okozta nagyobb kiterjedéstől támogatva, a hasadékokon fölfelé hatol s a Duna mentén a vetődésekben, hévforrások sorozata gyanánt tör elő. Minthogy a pesti oldalon oligocén- és miocénkori rétegek zárják el a feltörő hévvizet, azért ez csak fúrással megnyitva juthatott a felszínre. Az oligocénkori agyag - mint rossz hővezető - hőakkumulátor gyanánt tekinthető. Mindezekből kitűnik, hogy a *mélységben nagy nyomás és magas hőfok alatt levő artézi vizek melegítik fel fővárosunk altalaját*, minek következtében Budapest alatt szokatlanul magas a hőfok emelkedése és ennek megfelelően feltűnő alacsony a földmelegségi mélységi fokozat.

[477.JPG]

482. kép. A sármási mélyfúrások a Mezőség közepén, Kolozs vármegyében. A fúrásokkal feltárt szelvény közepén az altalaj hőmérsékleti viszonyait látjuk. Magyarázat: A geológiai metszet az I. sz. és II. sz. fúráson halad át és 4 kilométernyi távolságot ölel fel. A Czigány-hegy tövében ábrázolt fúrás az I. sz. és III. sz. fúrás adataiból kapott földmelegségi hőmérsékleti viszonyokat mutatja be. A szelvény szélein, a függélyes mérővessző mellett levő számok, a tengerszint fölött és tengerszint alatt levő magasságokat jelzik, méterekben. Az 5°-8°-15°-45° stb. jelzések a rétegek dülési szögét mutatják, úgy, a miként ezeket a magfúrások megállapították. A pontozott rétegek laza homokköveket ábrázolnak. A feltárt rétegsorozat a miocénkorú ú. n. mezőségi rétegek csoportjába tartozik. (PAPP KÁROLY szelvénye szerint.)

B) A nagysármási mélyfúrások. Az erdélyi Mezőség közepén a kolozsmegyei Nagysármás vasúti állomása mellett, 320 m t. f. térszínén készült az I. sz. erdélyi mélyfúrás (helye az 500. képen I o-val jelölve). Az I. sz. fúrás végig a miocénkorú, ú. n. mezőségi márgában haladt és 627 m mélységet ért el. Ebben a fúrásban BÖHM FERENC bányamérnök és NEUMAYR JÁNOS hallei gépészmérnök 1908-ban számos tudományos mérést végeztek s a többek között négy helyütt a talaj hőmérsékletét is mérték (482. kép). E mérések eredményei: 300 m-ben 17.9°C , 350 m-ben 17.5°C , 380 m-ben 20.2°C és 500 m-ben 22.35°C . BÖHM FERENC szerint legmegbízhatóbb a 380 m mélységben talált 20.2°C érték, mert ekkor legtovább maradt a geotermométer a fúrólukban s a legközelebb állott a fúróluk fenekéhez. Egészen a fenékre ugyanis nem lehetett a műszert lebocsátani, mert a magas vízoszlopból leülepedő iszap eltemette volna. Megfelelő értéket adott a III. számú mélyfúrás is, a melyet az I-től ÉNy-felé alig 2 km-nyire, 330 m t. f. 1910-ben 974 m mélységre mélyesztettek. Ezen fúrás 414 méterében 20.2°C -t mutatott a geotermométer, a mi megegyezik az I. sz. fúrás 380 m mélységében talált eredményével.

Ha az 500 m-ből levonjuk a felső 20 m-t, mint neutrális zónát s a 22°C -ból levonjuk Sármás évi közepes hőmérsékletét, 9°C -ot s a maradékokat osztjuk, akkor $480:13=36$ m grádienszt kapunk.

A nagysármási I. sz. fúrás 580 m mélységéből sós víz szökött fel, melynek hőfoka csak 14.6°C volt. Az ebből kiszámított érték 100 m grádienszt adna eredményül, tehát a valóságos grádiensnek csaknem háromszorosát. A sármási fúrásokból megállapíthatjuk, hogy a Mezőség altalaja meglehetősen hideg; a mit a mélységbeli gáztartó rétegekből magyarázhatunk. Miként a mezőségi földgázról szóló fejezetben látni fogjuk, a metán a kissármási fúrásból 4°C hőmérséklettel tör fel. Ugyanis a nyomáscsökkenés következtében a gáz kiterjed és erősen lehűl. Minthogy a lehűlés már a repedésekben a kút fenekén kezdődik, azért a gáz lehűlése a környező mélységbeli rétegekre is kihat, vagyis a mélység felé történő hönövekedést késlelteti.

C) Az alföldi artézi kutak hőmérsékleti viszonyaira csakis a kifolyó víz hőmérsékletéből következtethetünk. Miként a budapesti és a sármási fúrások adataiból láttuk, még hogyha a kifolyó víznek pontos mélységi eredetét ismerjük is, még ekkor sem vág össze a víz hőmérséklete a talaj valóságos hőmérsékletével, azért, mert a víz a csőben való felszállás közben lehűl. Ezért a kifolyó víz hőmérsékletéből számított grádiens mindig nagyobb a valóságos grádiensnél. A legtöbb artézi kútban azonban egyáltalán nem ismerjük azt a réteget, a mely a vizet szolgáltatja, mert a fúró mesterek gyakran 4-5 homokos réteget is megcsapolnak, olyképp, hogy a csöveket utólag meglyukasztják.

Az alábbi táblázatban a budapesti és sármási fúrásokon kívül összeállítottam nyolcz olyan alföldi fúrást, a melyekben a víz nagyjából a kút mélyéről ered, s ily módon kiszámítottam a grádienseket. Meglepő a Nagy Magyar Alföld altalajának tetemes melegsége, melynek eredménye a csekély grádiens.

Magyarországi mélyfúrásokból számított földmelegségi fokozat:

A fúrás helye	Teljes mélység	Észlelés mélysége (m)	Kifolyó víz hőfoka	Észlelt mérés hőfoka	Évi közepes hőmér- séglet	Víz hőfokából szám. grádiens	Észlelt valóságos gr.
	m	m	C°	C°	C°	m	m
I. Budapest városligeti artézi kút	970	904	74.0	81.0	10.0	14.8	12.4
<i>Nagy Magyar Alföld:</i>							
II. Nagyrábé, Bihar m., gázkút	312	-	26.0	-	10.4	18.7	-
III. Szeged, Mars-téri artézi kút	230	-	21.0	-	10.5	20.0	-
IV. Hódm.-Vásárhely, Nagy András-kút	252	-	21.0	-	10.4	21.9	-
V. Mezőtúr, Kossuth-kút	442	-	28.8	-	10.4	22.9	-
VI. Mezőhegyes, Pazár-féle gázkút	507	-	31.0	-	10.5	23.8	-
VII. Szentés, főkút	313	-	22.7	-	10.5	24.6	-
VIII. Zombor, artézi kút	381	-	22.8	-	10.4	29.0	-
IX. Czinkota, Mátyásföldi kút	194	-	13.7	-	9.8	44.6	-
<i>Erdélyi Mezőség:</i>							
X. Nagysármás, I. sz. fúrás	627	500	14.6	22.35	9.0	100.0	36.0

Az alföldi 18-29 méteres grádiens tetemesen alatta marad az európai 33 m átlagnak. Azonban az Alföld szélein, a dombságon már a normális földmelegségi fokozat mutatkozik, mint pl. a czinkotai Mátyásföldön (a fenti táblázatban IX. számmal jelölve). Ennek kútja a kifolyó víz hőfokából számítva 44 m grádiens ad, a mi körülbelül 34 m valóságos grádienssel egyenlő.

II. fejezet. A Szent Anna-tó vulkáni krátere.

A vulkáni kitörések működésének típusairól szóló fejezetben említettük, hogy a *primitív vulkánok gyönyörű példája hazánkban a Szent Anna-tó*, a Hargitta déli peremén, Csík vármegye határán. A primitív tűzhányókat *vulkáni embrióknak* is nevezzük, vagyis olyan vulkánoknak, a melyek egy-két kitörés után működésüket beszüntették és így tulajdonképp a vulkáni működés bevezetését jelentik. Egykori primitív vulkánok a németországi maar-tavak, azután az Albanoi-hegység apró tavai, továbbá a történeti időben keletkezett Monte-Nuovo és az Avernusi-tó, a mely utóbbiak kitűnő példái a *monogén*, vagyis egy *kiömlésből keletkezett* vulkánoknak. Mindezek az *egyszerű vulkánok egyetlen explózió termékei* s éppen ezért megtartották egykori kráter-alakjukat.

A Szent Anna-tó üstszerű mélyedése a köröskörül vivő Csomáli-gerinczen mintegy 1½ km átmérőjű kráterperemet mutat 1100-1300 m. t. f. fekvésű gyűrűvel, s a kráter fenekén 950 m t. f. szinten. Tehát átlag 200 m mély kúrtóban, gyönyörű keretben van a tiszta vizű sekély tavacska. A tavacsától északkelet felé, 100 m-rel magasabb szintben van a kiszáradt, tőzeges Mohos-tó, a melyet ugyancsak egy másik vulkán kráteréül tekinthetünk. A Szent Anna-tó a szomszédos Mohos-tó tőzeges lápjával ugyanolyan viszonyban van, mint a mélyvizű Lago di Nemi (66. kép) a száraz Valle di Ariccia mellett az Albanoi-hegységben.

A tavacska annak a hatalmas *harmadkori vulkáni hegységnek a tartozéka*, a mely a *Kelemen-hegység és a Hargitta* vonulatán 150 km hosszúságban, 30-50 km szélességben északról délre húzódik, s a melynek *főkitörése a pontusi-pannoniai időkre esik*. Ez a *régibb*

kitörés *bázisosabb piroxénos, amfibólos andeziteket* ontott, melyeknek tufái és breccsiái - a *Hargitta-típus kőzetei* - közvetlenül az alsókárpáti homokkövekre szóródtak. Miként KOCH ANTAL kimutatta, a régebbi hargittai tufákra a *fiatalabb biotites-andezit* kitörései következtek, a melyeket *Büdöshegyi-típusnak* nevezhetünk. A biotites-andezit amannál savasabb kőzet, s a legközelebbi rokonságban van a dacittal. A *biotites-andezit* már fiatalabb eredetű, s *valószínűleg a levantei korban tört ki*, nagyjából láva, kisebbrészen tufa, breccsia és lapilli alakjában.

A Szent Anna- és Mohos-tó ennek a biotites-andezitnek explóziós krátere, a melyből ferdén délkelet felé robbant ki a magasba a hamu és a lapilli. Bükszád és Bálványos felé igen alacsony a kettős kráter pereme, s lejtőin vastagon fekszik a horzsaköves tufa. Tusnád fürdő közelében - LÓCZY LAJOS szerint - küllős árkok, valóságos barrankók nyílnak, a melyekben kenyérszerű bombák hevernek, a melyek az Eoli-szigetek vulcanoi bombáinak hasonmásai. A *Szent-Anna-tó kerülete* telve van a *biotit-andezit* mogyorónyi, ökölnyi törmelékeivel és *fejnagyságú, bombaival*. A két mélyedést magában foglaló kráter nem olyan rövid kitörés eredménye, mint pl. egyik-másik eifeli maar tavacska, hanem hosszasan, talán évtizedeken át működő vulkán terméke, azonban egyetlen erupeziós ciklus alkotta a kettős vulkáni krátert. Az évtizedeken át tartó működést bizonyítják a vulkáni falak tufás padjai s kifelé hajló periklinális dűlésű rétegei, a melyek lávás padokkal váltakoznak. A köröskörül lejtő rétegek az egykori kráterek csapadékvizeit is levezetik, a mit az bizonyít, hogy a bükszád-bálványosi völgyben a tufákból a legtöbb forrás bő vízzel tör elő. A tónak és környékének geológiai szelvényét a 483. képen látjuk.

[478.JPG]

483. kép. a Szent Anna-tó vulkáni krátere, Csík vármegye déli határán. A geológiai szelvény a Hargitta-hegység déli nyulványán, nyugati-keleti irányban halad keresztül, s egyrészt a Szent Anna-tó és Mohos-tó egyszerű vulkánjait, másrészt a Büdös-hegy posztvulkános tüneményeit ábrázolja. (IDŐSB LÓCZY LAJOS és a saját vizsgálatai alapján szerkesztette PAPP KÁROLY.)

A Szent Anna-tó - GELEI JÓZSEF tanulmánya szerint - a világ legtisztább tava, mert 100 cm³ vize csak 0.002 gramm szilárd maradékot ad. Összegyűlt eső és hóvíz ez, mely helyenként 8-9 m, átlag azonban csak 4 m mélységű tavacska³ alkot. Hossza 680 m, szélessége 470 m, területe 213910 m² s összes víztartalma 900000 m³. A tavacska - görög amfiteatrális keretével - hazánk tengerszemeinek egyik legbájosabb természeti ritkasága.

III. fejezet. A torjai Büdös-hegy posztvulkános jelenségei

A vulkáni utóhatások tárgyalása közben kiemeltük a torja Büdös-barlang környékének gyönyörű posztvulkános tüneményeit. A vulkáni exhalációknak és utóhatásoknak általában *három típusát* ismerjük, ú. m. a *fumarola*-, *szolfatára*- és a *mofetta*-működést, a melyek közül a két utóbbi tartozik a posztvulkános jelenségek sorába. A) *A szolfatára* típusa a Pozzuoli fölött emelkedő Solfatara félig kialudt vulkán krátere, a melynek hasadécai közül főképp a Bocca della Solfatara működik. *Legfőbb hatóereje a vízgőz* (H₂O) melynek kondenzált tömege naponként 20000 litert tesz ki. Egyéb gázai H₂S, SO₂ és CO₂. Legfeltűnőbb jellege a kénes kigőzölgés, amiért is kénhidrogén szaga már messziről érezhető. A gőzölgés hőfoka 97-99°C. B) *A mofetta* típusa a Nápoly mellett levő kutyabarlang (Grotta del cane), a melynek *ható ereje a szénsav* (CO₂). A száraz szénsav exhaláció 20-29°C hőfokú. A Laachi-tó vidékének ugyancsak száraz kilehelései 30-32°C hőmérsékletűek.

484. kép. A torjai Búdös-barlang, Bálványosfüred és futásfalvi Pokol-völgy vidékének geológiai térképe (Háromszék vármegyében). I-VIII. = a Búdös-hegyből kiágazó repedések, a melyek mentén a mélységbeli, posztvulkános gázok a felületre törnek. (PAPP KÁROLY felvétele.)

A torjai Búdös-barlangnak, s a szomszédos üregeknek gázai általában a *mofetta-jelleget mutatják*, azonban csekély kénhidrogén- és vízgőztartalmukkal még a *szolfatára-tünemény végső nyilvánulására utalnak*. E barlangok gázait ILOSVAY LAJOS behatóan ismertette és elemezte 1895-ben.

A gáz neve	Búdös-barlang	Timsós-barlang	Gyilkos-barlang
CO ₂	95.55%	CO ₂ +H ₂ S 95.30%	95.71%
H ₂ S	0.37%		
O	0.14%		
N	2.64%	O+N+H ₂ O 4.70%	4.29%
H ₂ O	1.30%		
összesen	100-%	100-%	100-%

A Búdös-barlang 1052 m t. f. magasságban, az andezitfalba nyúló 10 m hosszúságú üreg, a melyet körülbelül 1 m magasságig szén-sav tölt meg. A barlang belső részén a gázt tölcsérbe engedik, a mely azután ólomcsővezetékben folytatódik. A csövön a veszélyes, nehéz gáz lefolyik a bálványosi völgyfejen épített szén-savgyárba, a mely 275 m-rel mélyebb szinten a barlangtól DK-felé 1.4 km távolságban van. A BÁRÓ APOR GÁBOR tulajdonában levő szén-savgyár, sajnos, újabban nem dolgozik. A Búdös-barlangból ILOSVAY LAJOS számítása szerint évenként 1448000 kg széndioxid és 4340 kg hidrogén-szulfid ömlik ki. A gáz hőmérséklete 11.4-12.3C° között váltakozik a különböző helyeken felszálló anyag szerint, a mi ezen a magas fekvésű, hideg vidéken meleg gáznak tűnik fel. Ugyanis Bálványosfüred évi közepes hőmérséklete csak 6.5C°. A levegővel érintkező *hidrogén-szulfidból* a szabad *kén* finom *sárga por alakjában kiválik* és a barlang falait bekérgezi. Másrészt a szomszédos erdőkben kiáramló kénes gázokat az erdő humuszának nedvessége elnyeli és a humuszsavak a kén kicsapják. Ily módon helyenként *félméteres kéntelepek keletkeztek*, a melyeket hajdan bányásztak is. A Búdös-hegyből *nyolcz főrepedés* (a 484. képen I-VIII.) *sugárzik ki*. Ezek a repedések csaknem függőlegesen hatolnak lefelé és nemcsak az andezitet hasítják meg, hanem az alatta levő kárpáti homokkőben is folytatódnak a mélységbe. (A 483. képen. 6, 6a V-V. jelekkel ábrázolva) A nyolcz repedési vonal mentén egész sorozata jelentkezik a különböző gázömléseknek, a melyek az andeziteket egészen elhalványítják, különösen a Búdös-, Timsós- és Gyilkos-barlangok táján. Hajdan a Búdös-hegységnek jóval erősebb gázömlései voltak, s hőfokuk is tetemesebb volt. A Hargitta utolsó láva-ömlése óta, a melynek végső láncszeme a Búdös-hegyben van, mintegy 300000 év telt el, s íme a levantei idők utolsó vulkánjának legvégső működése még ma is szemünk előtt van. A Búdös-hegytől délre 4 km távolságban a *VIII. főrepedésbe esik a Pokolvölgy*, a melyből mintegy 12 hasadékon át áramlik ki a száraz szén-sav, ú. n. gőzlő- vagy gázfürdő, s emellett több gazdag ásványos víz fakad (v. ö. PAPP KÁROLY: A futásfalvi Pokolvölgy Háromszék megyében; Földtani Közöny, 1912. évi 42. köt., 10 ábrával). A vidék geológiai alaprajzát a 484. kép, szelvényét pedig a 483. kép mutatja.

IV. fejezet. Hazánk nagyobb földrengései.

A Földrengések című fejezethez pótlólag fel kell említenünk az újabb adatokat. Ezek szerint a földkerekségen évenként átlag ötezer olyan földrengés van, a melyet az emberek éreznek és a műszerek följegyeznek; ezekből mintegy 10-12 katasztrofális hatású, vagyis építményeket, embert s állatot egyaránt pusztít. Japánban átlag hatszáz földrengés esik egy évre, utána Dél-Olaszország következik, mint a melynek vulkánokkal jelzett hasadékein ugyancsak mindennaposak a rengések. Ilyenféle állapotok voltak hazánkban a harmadkorban, a mikor a mai Alföld peremén működő vulkánok impozáns földrengésekkel kapcsolódtak. Ma azonban már hazánk szerencsés helyzetben van, minthogy évenként alig harmincz-negyven rengést jeleznek a műszerek s ezek általában szelídebb jellegű rengések. A történeti időkben hazánk legrégebbi földrengése - RÉTHLY ANTAL munkája szerint - Szombathelyről van feljegyezve. A keleti gótok uralkodásának kezdete (Kr. u. 455.) végzetes volt Savariára, mert ekkor a várost a földrengés teljesen elpusztította. SZENT ISTVÁN korából mindössze három rengésről van szó, épp ilyen szórványosak adataink a XII-XIII. századból is. A XIV. századtól máig RÉTHLY ANTAL háromszázötven helyről egyezernégyszázhusz földrengést számlált össze s ezek főrésze az utolsó két századra esik. Nevezetesebb rengések: az 1763. évi komáromi, az 1810. évi móri, az 1858. évi zsolnai, az 1868. évi jászberényi, az 1879.-i ómoldovai, az 1880. évi zágrábi, az 1906. jókeői és végül az 1908-1911. évi kecskeméti földrengések. Hazánkban már száz évvel ezelőtt tudományosan foglalkoztak a földrengésekkel, így KITAIBEL és TOMTSÁNYI térképet készítettek az 1810. évi móri-isztiméri rengésről. Jelenleg SCHAFARZIK FERENCZ, KÖVESLIGETHY RADÓ, továbbá RÉTHLY ANTAL és SZIRTES ZSIGMOND európaszerte ismert művelői a földrengés tan különböző ágainak.

Magyarország szeizmikus tekintetben a mediterrán geoszinklinálisba tartozik s földrengései két nagy csoportba oszthatók, ú. m. a Kárpátok övére és az Alföldek rengés területeire. A Kárpátok erősebb rengésterületei közé földrengésmentes részek ékelődnek be, így a Magas-Tátra őscsoportja aszeizmikus rög. A Közép-Kárpátok legjelentősebb földrengése az 1858. jan. 15.-i zsolnai földrengés volt, a melynek erőssége az epicentrumban a Rossi-Forrel-féle skála VIII°-át érte el. Ehhez sorozható az 1906. januárius 10.-i jókeői rengés is, epicentrumában IX° erősségű fokkal. A zsolnai földrengés fészke a Mincsol granitmagjára s a Brezova hegységre mutat. A nyugatkárpáti földrengési epicentrumok egész a Dunajecz-völgyig terjednek, a hol az alaphegység varisztikus reliktaival a mélységbe leszakad. Az Északkeleti Kárpátokban a kristályos maghegység ismét a felszínre bukkan és a variszki maradványok folytatódnak a Radnai Havasokban. Szeizmikus tevékenységüket a besztercei és magyarláposi rengési fészkek bizonyítják. A Gyergyói- és Csíki-Havasokban ismét aszeizmikus rögre bukkanunk, a melyet a Bárczaság-Háromszék földrengéses vidéke vált fel. Ennek szeizmikus vonulata feltűnő hasonlóságot mutat a japán-tokiói rengés területéhez. A Keleti Kárpátok déli részében ugyanis a kárpáti gyűrű hirtelenül nyugat felé fordul; a mészkővonulat szétágazódása hatalmas törésekre mutat, melyeknek kereszteződésén jelentős földrengések történtek. A Déli Havasokban viszont egész a Retyezátig ismét aszeizmikus terület van, kétségtelen nyugalomban. Már HOBBS rámutatott arra, hogy a folyóvölgyek mentén, a melyek a földkéreg hasadási irányát követik, nagyobb szeizmikus tevékenység fejlődik ki. Ez a jelenség gyönyörűen mutatkozik a Maros kelet-nyugati és a Duna észak-déli irányú völgyrésztében, a melyek mentén gyakoriak a földrengések.

A Nagy Magyar-Alföld lezökkenő medenczét RÉTHLY ANTAL három működő és egy nagy nyugodt területre osztja. Az egyik működő vidék a Duna-Tisza között Jászberény-Gomba-Kecskemét öve, a második az Érmellék-Ecsed-Nagyvárad s a harmadik a Béga völgy öve. Eme három rengési terület között földalatti hegyhát vonul ÉK-DNy irányban. Nagykállótól

Apatinig, 21000 km²-yi hosszas alakú aszeizmikus nyugodt terület, a mely ferdén vonul át a Tisza síkja alatt. A Dunántúl a Bakony s Vértes rögei földrengéstől mentes területek, de annál gazdagabb rengésekben a köztük levő Móri hasadékvölgy. A Balaton árka a Bakony és a Somogyi dombvidék aszeizmikus területeit választja el egymástól. A Kapos-Koppány között ismét földrengéses vidék van, míg délen a Somogy-Baranyai dombvidék aszeizmikus területét látjuk. A Mecsek déli pereme és a horvátországi Kálnik-Zágráb vonulata ismét gazdag rengéseivel tűnik ki.

A kecskeméti földrengések.

A Duna-Tisza közének említett öve, Kecskemét-Gomba és Jászberény között, földrengéseiről már régóta ismeretes. RÉTHLY ANTAL munkái szerint Kecskeméten 1561. február 12.-én és márczius 1.-én katasztrófát okozó rengés volt, majd 1783. április 22.-én s később 1810. januárius 14.-én, a móri rengéssel egyidőben, a puszták lakosait riasztotta fel a rengés. 1829. január 25., 1865. január 19. és 28.-án, majd 1868-ban a jászberényi rengés hullámai egész Kecskemétig elhatottak. Századunk hajnalán az 1908. év szeizmológiai tekintetben igen jelentős év volt s ennek tavaszán köszöntött be az első kecskeméti földrengés, melyet pár hónap múlva a második és három év múlva a harmadik földrengési raj követett.

Az I. rengés 1908. márczius 7-én volt Kecskeméten. Majd 1908. márczius 15.-én Gödöllő, Monor és Gomba vidékén a Cserhát elődombjai rázkódtak meg este 7 órakor, Tápióság, Zsiger, Káva és Úri határáig, körülbelül a VI° MERCALLI-CANCANI-féle³⁴ erősségi fokkal.

A II. rengés 1908. május 24.-én kezdődött és május 28.-án (IIa) folytatódott, a melyet egész raj követett. Ugyanezen év október 6.-án volt az erdélyi földrengés, a mely egyik legnagyobb területű európai rengésünk sorába tartozik.

[480.JPG]

485. kép. A kecskeméti 1908-1911. évi földrengések izoszeisztáinak térképe, kombinálva az egyenlő nehézségi zavarok vonalaival. (BÁRÓ EÖTVÖS LÓRÁND és RÉTHLY ANTAL munkái alapján szerkesztette PAPP KÁROLY.)

³⁴ A 198-199. lapokon a ROSSI-FOREL-féle erősségi fokozat I-X°.-át: ismertük meg. Jelenleg azonban a tudományos kutatásokban a MERCALLI-CANCANI-féle abszolút skálát használják, a hullámok terjedési sebességének gyorsulása szerint s az értéket másodpercenként milliméterekben fejezik ki. Főbb skálái:

I°. Végtelen gyenge rezgés, melyet csak a műszerek jeleznek, de az emberek nem éreznek (gyorsulása 0–2.5 mm sec).

II°–V°. Fokozatosan erősödő rengések (2.2-50 mm sec. gyorsulással).

VI°. Erős lökés, melyre az alvók felébrednek (50-100 mm sec).

VII°. Igen erős lökés, általános meneküléssel (100-250 mm sec).

VIII°. Károkat okozó rengés, harangkondulással (250-500 mm sec).

IX°. Romboló földrengés, kéménydőlés, falrepedés (500-1000 mm sec).

X°. Vészesen romboló rengés, házak rombadőlésével (1000-2500 mm sec).

XI°. Katasztrófális rengés, általános rombolással és emberhalállal, a községek romjaiból mindenki a szabadba menekül (2500-5000 mm sec).

XII°. Óriási katasztrófákat okozó rengés földrepedésekkel; az emberek ezrével pusztulnak és kő kövön nem marad (5000-10000 mm sec).

A III. földrengés 1911. július 8-án hajnali két órakor a Duna-Tisza közét egész a fővárosig megrengtette. Ezt a III. földrengést két előrengés vezette be és pedig (IIIa) 1918. június 1-én hajnali 6^h 40'-kor (IV° erősségű 700-km³ megrázott területtel), majd (IIIb) 1911. június 18.-án éjjeli ½12^h-kor, június 12.-én 3^h-kor és 19.-én 4^h 21'-kor, a mely utóbbinak erőssége VIII°-IX° között volt s az összes európai szeizmográfok megéreztek. Ezt a rengést azonban a kecskeméti a készülő gazdakongresszus miatt eltitkolták. *Tizenhét napi nyugalom után a III. földrengés 1911. július 8-án következett be.* Hajnali két órakor két intő lökés után 2^h 3'-kor volt a földrengés. Ezt hosszantartó moraj vezette be s a földrengés előtt a piacon levő lovak nyugtalankodtak s ugrándoztak. A földrengéskor a föld inogni kezdett s utána még hosszú ideig mozgott. A város épületei erősen megrongálódtak, a boltívek összetöredeztek, szétnyíltak, a kémények ledültek. *A rengés epicentrumát RÉTHLY ANTAL a Kecskemét szélén levő BARANYI-tanya mellett állapította meg,* a Kisnyír és a Mária-kápolna között (a 485. képen *E* betűvel jelezve), a hol a Csorna-tanyától nyugatra 200 m-nyire két m átmérőjű *iszapvulkán* öt m mélyből homokos vizet szórt ki. Itt a földrengés a MERCALLI-CANCANI-féle skálán csaknem X° erősséget ért el. Az epicentrális terület magában foglalja Kecskemét város nyugati és északi részét, a Kisnyírt, Űri-hegyet, Mária-hegyet, Katonatelepet s terjedelme 90 km² körül van. RÉTHLY ANTAL szerint (Földrajzi Közlemények, 39. köt., 1911.) a kecskeméti földrengés izoszeisztáinak erőssége és területe a következő:

Epicentrális terület	IX-X° erősséggel	90 (km ²) terület
Első pleisztoszeisza öv	IX° "	380 " "
Második	VIII° "	2500 " "
Harmadik izoszeisza	VI-VII° "	9100 " "
Negyedik	V° "	26200 " "
A teljes rengés területe	III-IV° "	69300 " "

A teljes rengés területe 26 vármegyére terjedt, a melynek szélső pontjai: északon Rimaszombat (161 km), keleten Nyírbakta (213 km), délen Nagybecskerek (182 km) és nyugaton Ormándpuszta a Balaton déli partján (204 km). A rengés hullámain a műszerek 2500 km-nyi távolságban még jegyezték, de 2800 km-en túl a szeizmográfok már mit sem jeleztek. A mikroszeizmikus rengési terület eszerint 4900000 km²-re rúg. Nevezetes, hogy a budapesti WIECHERT-inga *tűje az erős lökés következtében csapágából kiesett,* s így a kecskeméti földrengésről mit sem jelzett. Jobban jegyezte volna ezt a GALITZIN-féle horizontális inga, a mely 110 kg tömegével a talajmozgást 50-szer nagyítja.

A *fészek mélységét* RÉTHLY ANTAL a KÖVESLIGETHY-CANCANI-féle egyenlettel 4 km-nek számította ki. A kecskeméti földrengés két szeizmotektonikai vonalnak (ÉNy-DK és ÉK-DNy) kereszteződésén pattant ki, s ezt a rengést az Alföld egyik nagyobb mélységbeli rögének lezökkenése okozta. A 485. képen látható izoszeisza térkép, melyet RÉTHLY ANTAL munkája nyomán készítettem, s melyen BÁRÓ EÖTVÖS LÓRÁND értekezése alapján (Über Arbeiten mit der Drehwage, 1912.) az egyenlő nehézségi zavarok vonalait is feltüntettem, szemlélteti a földrengések és a mélyebben fekvő földkéregnek felépítése között az összefüggést. BÁRÓ EÖTVÖS kimutatta, hogy *Kecskemét nyugati szegélyén tömeghiány van,* a melyet három különböző mágneses tulajdonságú tömeg vesz körül. BÁRÓ EÖTVÖS LÓRÁND a következőképp jellemzi ezt az érdekes földalatti jelenséget: «Kecskeméttől nyugatra *nagy mélyedés* fekszik, e mélyedés szegélyezve van nyugaton Lajosmizse és Kerekegyháza felé egy széles alapon *emelkedő hegygyel,* keleten egy nagyobb *platószerű emelkedéssel,* délen egy keletről nyugatra húzódó *sánczczal.* A nehézségi megfigyelésekkel együtt végzett mágneses megfigyelések kétségtelenül kimutatták ezenkívül azt is, hogy ez a

nyugati plató mágneses hatású» (Földtani Közlöny, 1912. évi 42. köt., 138. lap). Ezt a tömegelosztódást olyképp képzelhetjük, hogy a nagy kiterjedésű homoktakaró alatt katlanszerű mélyedés helyezkedik. A *földrengések* ismétlődésében nyilvánuló változások *fészkét a katlanba helyezi*, noha a rengés epicentruma RÉTHLY szerint nem a katlan közepén, hanem annak szélén fekszik. Ennek okát SZIRTES ZSIGMOND abban keresi, hogy a földrengés okozta rugalmas hullámok a különböző kőzetfajokban másként helyezkednek el. Ezeket a rugalmas hullámokat a homokos talaj erősebben nyeli el, mint pl. a gránit, vagy más archaikus kőzet, a mely esetleg a mélységben gyanítható. A nehézségi zavarok és földrengések között az összefüggés kétségtelen. A *rengés jóslásában* kiváló segédeszköz lehet a BÁRÓ EÖTVÖS-féle *graviméter*, melynek jelentőségét már az orosz földrengési bizottság is hangsúlyozta.

A tektonikus földrengést bizonyos feszültség hozza létre, a mely a Föld rétegeiben utóhatással jár. Ezt a *rugalmas* hatást KÖVESLIGETHY RADÓ *szeizmikus hyszterezis*-nek nevezi. A *földrengések megjósolását*, az anyagok hisztereziszes tulajdonságai alapján, KÖVESLIGETHY *meglepően kutatja*, s a régebbi rengéseknek utórengései alapján végzett számításai határozott eredményekkel biztatnak.

V. fejezet. Magyarország artézi kútjai.

A «Források» fejezetében jeleztük, hogy a Nagy Magyar-Alföld artézi kutakban Európa leggazdagabb medenczéje. Alföldünk artézi kútjaival kapcsolatban, a teljesség kedvéért meg kell emlékeznünk a dombságok és hegyvidékek artézi forrásairól is. Hazai artézi kútjainkat eredetük tekintetében 3 csoportra oszthatjuk, ú. m. *a)* tektonikus, *b)* thalasszikus, *c)* alföldi medenczéből eredő artézi vizek csoportjára.

A) Tektonikus eredetű artézi vizek. Rögösen összetöredezett hegységeinkben s azok peremén meleg ásványos vizek fakadnak, a miket ha mesterségesen megnyitunk, úgy artézi víz módjára szöknek fel. Mélyen leérő repedések szolgáltatják ezen hévvizeket, a melyeknek felhajtó erejére vonatkozólag többféle vélemény is van. A régibb nézet szerint a felszínről leszivárgó csapadékvíz a rögös, széttöredezett kőzeteken át a mélységbe szivárog, itt felveszi a mélységbeli magas hőmérsékletet s azután a hegység szélén, a hol a reátelepülő tömeg már vékonyabb, a repedéseken és vetődéseken át ismét a felszínre kerül. Ily módon magyaráztuk a budapesti városligeti artézi víz eredetét is a Függlék I. fejezetében (481. kép).

SUESS EDE 1902-ben a hévforrásokról új elméletet állított fel s ezeket eredetük szerint *a)* juvenilis, *b)* vadózus és *c)* kevert eredésű vizekre osztotta. A *juvenilis vizeket aszcendáló forrásoknak* is nevezi, a melyek nagy mélységekből szállnak fel s ritka anyagokat tartalmaznak. Ez a juvenilis, vagy plutónikus eredetű hévvizelmélet azonban legfőbb támasztópontját a gejzirekben elveszítette, minthogy kiderült, hogy az összes gejzirek tk. talajvizek, a miket a posztvulkános gőzök és gázok hevítenek föl és löknek a magasba. Ezért legújabban a SUESS-féle *juvenilis ősvíz-elméletet* éppen a vulkanológusok nagyon is *óvatosan használják*. Miként a *juvenilis elnevezés* (juvenilis=fiatal; a. m. ősi eredetű víz) SUESS-tól ered, azonképp a *vadózus* kifejezés POSEPNY FERENCZ cseh geológustól származik. POSEPNY vadózus cirkuláció-n(vadosus=sekély) azt a talajvízmozgást érti, a melynek folytán a víz az esési és nyomási viszonyok következtében a beszivárgási területről a forrásvidékre siet.

Legújabban az amerikai és német geológusok a víz különböző szintjeit a következőképpen szabják meg felülről lefelé haladó sorrendben:

1. *Felületi víz*, a mely többnyire ihatatlan. A csekély mozgású talajvíz szintje felett a kőzet porusai száraz időben levegővel, a szint alatt vízzel vannak megtöltve.

2. *A mélyebb talajvízáramlás* (vadózus cirkuláció), a mely hosszabb földalatti pályáján önnönmagát tisztítja.

Az 1. és 2. szint POSEPNY *vadózumja*, vagy vadózus vízszintje.

3. *A mélységbeli víz zónája*, stagnáló talajvíz, vagy az *álló talajvíz-óceán* mélyebb szintje. Ez POSEPNY *profundus-zónája* (profundus=mély). A talajvíz-óceán alsó részében a különböző felmelegedés következtében lassú áramlások vannak. DAUBRÉE kísérletei szerint a víz a kőzetek hajcsövessége folytán a földkéreg felmelegedett mélységébe benyomulhat s a hasadéokban és más nyitott üregben ismét felszállhat. A mélységbeli víz a különböző kőzetek anyagát kioldja, s ezeket a hasadékokban ismét lerakja. Ily módon magyarázzák az amerikai geológusok a *termák és ércztelepek képződését* a profundus zóna vizéből.

4. *Hidrátvíz*. A mélységből felszálló vízáramlás különleges forrása az üledékekben levő hidrátok víztelenítése, a miként ez nagy mélységekben és a kőzetrétegek erős felmelegedése mellett, mint dehidratizáló folyamat különösen a kristályos palák képződésében történik. Tömege ugyan csekély, de hatása tetemes, minthogy felszabadulásakor telített oldatok keletkeznek. A hidrátvíz tehát a régmúlt geológiai idők kötött vize, a mely a metamorf erők által felszabadul (hydratio=a kőzet vízfelvetele).

Az 1-4. zónák vize valamilyen formában egyszer már a felületen volt, s ezért ennek a négy szintnek a vize SUESS értelmében *vadózus víznek* nevezendő.

5. *Magmatikus víz* (SUESS *juvenilis vize*) az ősi víz, a mely *H* és *O* alakban ősidők óta a tüzes-folyékony Földben van elosztva s most felszabadul. A termális vizek nagy része ősidők óta a vulkáni magmában van lekötvén s ennek megkeményedésekor felszabadul, a mikor is a víz földi körforgásába csatlakozik.

Számos hévforrás keletkezését magyarázzák a magmatikus vízből, bár kétségtelen, hogy a magmatikus vagy juvenilis víz útjában tetemes profundusz- és vadózus vízzel is keveredik.

A *tektonikus eredetű artézi vizek* legszebb példái a *Budapest-Esztergom vidéki források*, melyek közül a városligeti artézi kút eredetét - SCHAFARZIK FERENCZ magyarázata szerint - már megismertük. LÓCZY LAJOS és SUESS EDE értelmezése szerint viszont ezek a hévvizek *eredetileg juvenilis vizek*, azonban felszállásuk közben vadózus vizekkel keverednek s ilyképpen mint *vegyes jellegű források* jutnak a felszínre.

Az a tény, hogy a Budai hegység összetöredezett mészköve és dolomitja, minden felszíni vizet elnyel s a hegység szélein ismét mint hévvizeket küldi a felszínre, a feltörő hévforrások vízmennyiségét kétségtelenül megmagyarázza. A nélkül tehát, hogy a juvenilis vizek kétes elméletéhez kellene fordulnunk, csupán a felhajtó erőt kell megfejtelnünk. A Budai hegység karsztos vizeinek felszíne - a szénbányák adatai alapján - 126-132 m t. f. magasságban van, a kibukkanó hévforrások és artézi kutak szintje pedig 104-110 m között. A két szint között mutatkozó 20-28 m magassági különbség magában még aligha adhatja azt a nyomást, a mely a hévforrásokat a felszínre s az artézi vizet ezenfelül még 13 m magasba szökteti. PÁLFY MÓR és KALECSINSZKY SÁNDOR kísérletekkel igazolták, hogy a közlekedő edény egyik szárában 12C° hideg víz 1 m magas oszlopa, a másik szárban 100C° meleg víznek 1.46 m magas oszlopával van egyensúlyban. Egyszóval a meleg víz tetemesen magasabbra kerül kiterjedése és kisebb fajsúlya következtében, mint a hideg víz. A felhajtó erőt tehát maga a felmelegedés magyarázza. A tektonikus hévvíz ezek szerint önerejéből a benne foglalt vízgőz és gáz segítségével is felemelkedhetik. Egyes budapesti hévforrásokban valóban van gáztartalom is. A városligeti artézi kútban is mutatkozott gáz a 676-917 m között. Ez a gáz 58% metánt, 32% nitrogént, 8% széndioxidot és 2% oxigént tartalmazott és földgáz jellegénél fogva meggyújtva égett is.

A budavidéki artézi hévvizek táblázata.

Tektonikus eredetű artézi víz	Mélysége (m)	Térszín fölé szökkent (m) magasra	Kifolyó víz hőfoka (C°)	Vízmennyiség naponként hektoliterekben
Budapest-Városligeti artézi kút (1878.) forró hévvízre	970	13	74	12000
Budapest-Margitszigeti artézi kút (1867.) hévvízre	118	9	44	56800
Budapest-Esztergom között fakadó hévvörások	-	-	30-65	1000000

A Buda-Esztergom között elterülő hegység repedezett dolomitjain és mészkövein a felszíni víz a mélységbe szivárog, - valóban a Budai hegységben alig van felszíni vízfolyás - és a mélységben felmelegedett víz a hasadékokon, át részben a hidrosztatikai nyomás, részben a melegséggel járó kiterjedés folytán a felszínre száll. A Duna budai oldalán helyenként valóságos nyitott hasadékok vannak s itt jönnek ki a források. A pesti oldalon azonban a hasadékokat harmadkori rétegek födik el, úgy hogy a hévvíz itt csak akkor tört fel, mikor ZSIGMONDY VILMOS a Margitszigeten és a Városliget szélén a víztartó hasadékokat fúrásokkal megnyitotta (481. kép).

A Budapest-Esztergom között elterülő hegyvidék peremein naponként legalább 100000 köbméter hévvíz tör elő a triasz dolomit és mészkő hasadékaiból.

A tektonikus eredetű artézi vizekhez sorozhatók a Magyar-Alföld ellenkező, keleti peremén, Nagyvárád közelében, krétameszekből felszökő hévvizek, a melyek, között a Félix- és Püspökfürdő artézi kútjai rengeteg vízmennyiségükkel tűnnek ki (szelvényük a 488. képen). A Félixfürdő Bálintkútja naponként 170000 hektoliter 49C°-ú hévvizet szolgáltat. A püspökfürdői Szent-László-kút 41C°-ú artézi vizet ad. Ugyanebbe a csoportba tartoznak a ZSIGMONDY VILMOS-tól; (1866-ban) fúrt harkányi, a lipiki (1870-ben), ránk-herlányi (1875-ben) hévvízű kutak, a menyházai artézi kút Arad megyében stb.

B) Thalasszikus, vagy limnikus artézi víztartók. Egykori tengerek, vagy tavak medenczéinek peremén, lencsésen kiékelődő rétegekből fakadnak, s vizük a csőben csak ritkán szökik a felszínre, hanem legtöbbször a felszín alatt marad. *Legszebb példáit a kőbányarákosi kutakban találjuk*, a miket HALAVÁTS GYULA évtizedeken át tanulmányozott s 1910-ben »A Budapestvidéki neogén üledékek« című munkájában leírt. A Kőbányarákosi vidéki fúrások a főváros pesti részének periferiáján félkörben sorakoznak. A Dunaparton a Sertésközvágóhíd kútjával kezdődnek s innét Rákoson keresztül Czinkota határáig sorakoznak. Nem kevesebb, mint huszonkét fúrás van ebben a félkörben s bár valamennyi a neogénkorú kavicsos és homokos üledékekből kapja vizét, mégis úgy a mélységük, mint hőfokuk rendkívül változó. Mert míg egyrészt a rákosi állomás kútjai aránylag csekély mélységben szokatlanul magas hőfokúak (I. kút 210 m mély 27C° vízzel, II. kút 107 m mély 21C° vízzel), úgy hogy jellegük szinte a tektonikus artézi vizekre utal; addig a dunaparti kutak nagyobb mélységből is csekély hőfokú vizet adnak (Sertésközvágóhíd kútja 320 m mélyből 13C° vízzel) s ugyanezt a jelenséget mutatják a czinkotai dombokon levő fúrások is. A kőbányai serfőzők kútjai normális jellegűek. Valamennyi között legmélyebb: 461 m mély a Ganz és Társa vagongyár kútja, a mely a 117 m t. f. térszín alatt 6 m mélységből szivattyúzva, naponként 6000 hl vizet ad.

[481.JPG]

486a) kép. Limnikus eredetű víztartók Kőbánya alatt. A szelvényből látható, hogy a neogénrétegek északról dél felé lankásan az Alföld felé dülnek és a medence felé vastagodnak. (HALAVÁTS GYULA szelvénye.)

[482.JPG]

486b) kép. Limnikus eredetű víztartók Kőbánya alatt. A kelet-nyugati irányú szelvény mutatja, hogy a neogén üledékek lencsés szerkezetűek, s míg a teknő szélein a rétegek kavicsból, homokból vannak alkotva, addig a medence közepén finom agyaggá válnak. A teknő közepén a 461 m mély fúrás látszik. (HALAVÁTS GYULA szelvénye.)

Ha ezeket a kutakat észak-déli irányban átszelve tekintjük (486 a. kép), azt látjuk, hogy a neogén rétegek a főt-czinkotai domboktól kezdve Pest alatt az *Alföld felé lankásan dőlnek*. Világosan mutatja ezt a MÁV-Delta 107 m kútjától a Kerámiai gyár 206 m kútja felé lejtő rétegsorozat. Ha ellenben *keletről nyugatra szeljük a kutakat* (486 b. kép), azonnal kitűnik a *limnikus üledékek lencsés szerkezete*. Feltűnően látszik, hogy a 7 km távolságot felölelő szelvény közepén a rétegek lesüllyedtek, szép teknőt alkotnak s ennek közepén, a 461 m fúrás mélyed. Míg az alsómediterrán korú burdigalieni emeletet nyugaton a budafoki dombokban homok és kavics alkotja s míg keleten a főt dombokban homok és tufás kavics uralkodik, addig a Kőbánya alatt levő mélyedésben finom iszapból lerakódott agyagot hozott föl a fúró. Ez azt mutatja, hogy az egykori partokon folyókavics rakódott le, a mely a teknő belseje felé közeledve, homokká vált, míglen a teknő közepén finom iszap lebegett. A víztartórétegek főképp az alsó mediterránkorú kavicsos s homokos rétegekben vannak, de a víz seholsem ömlik ki önjerejéből, hanem tükre 10-30 m mélyen marad a térszín alatt. Amint a fúrásokat szaporították, oly mértékben szállott alá a víz is a fúrás csövében. Így a Polgári Serfőző I. kútjában 1892-től 1912-ig a vízszín 17 m-ről 37 m mélyre süllyedt; a Részvényserfőző I. kútjában 1894-1912. között 8 m-ről 22 m mélyre szállott; vagyis ebben a két kőbányai kútban a vízszín 20 m, illetőleg 14 métert süllyedt és pedig azért, mert az altalajt közben több mint húsz fúrással csapolták meg.

C) A Nagy Magyar-Alföld artézi kútjai. Hazánk artézi kútjainak harmadik csoportját az alföldi artézi kutak alkotják, a melyeknek víztartó rétegei a felszínre nem emelkednek s a melyek megmagyarázásában a hidrosztatikai törvények cserben hagynak bennünket. Ugyanis a pliocénkorú levantei emelet, a melynek homokos rétegeiből a legtöbb artézi kút táplálkozik, az Alföld peremén felszínre nem igen kerül. Igaz, hogy helyenként vannak pliocén-kavicsstelepek, a melyek esetleg az Alföld belseje felé homokos rétegekké válhatnak; de még abban az esetben sem nyernénk elegendő erőt a víz felhajtására, ha a levantei rétegek kapcsolódnának az Alföld szélein levő kavicsstelepekkel. Az Alföld peremén a völgyek sziklafeneke 120 m-nél alig van magasabban s így a kavicsstelepek beszűremkező felületétől is az átmetsző folyóvölgyek szintjét kell tartanunk. S a szélektől gyakran több száz kilométer távolságra az Alföld tengelyén 10-12 m magasra szökő artézi kútjaink is voltak. Ilyen távolságra a 20-25 m magassági különbségű nyomás már a súrlódás folytán is elvesztette volna felhajtó erejét.

Az alföldi artézi kutak felhajtó erejét ezért pusztán a hidrosztatikai nyomásból aligha magyarázhatjuk meg, hanem más erőknek kell tulajdonítanunk. Ilyen *erők* lehetnek: a víztartó rétegekre nehezedő földtömegek súlya, az alulról való felmelegedéssel járó kiterjedés, tehát a termikus eredetű fajsúlyváltoztatás, a gázok nyomása, sőt esetleg radioaktív eredetű fölmelegedés is. Mindezek alapján LÓCZY LAJOS (Földtani Közlöny, 1912. évi 42. kötet, 133. oldal) alföldi artézi kútjainkat a problematikus, vagy pneumatikus vizek csoportjába sorozza.

Feltűnő artézi kútjainknak magas hőmérséklete, a melyről a Függelék I. fejezetében szoltunk, sőt a táblázatban hőmérsékleti viszonyait is összeállítottuk. Minthogy Zombor és Czinkota már az Alföld szélére esnek, tk. csak a II-VII. rovatbeli kutak tekinthetők alföldi kutakul s ezek mélységbeli fokozata 18-24 m között van. A püspökladányi pályaudvar artézi kútja, a mely világító gázt is ad, 277 m mélységből 24C° vizet szolgáltat (fokozata 19 m); az aradi kutak még melegebbek, így a Simay-féle fürdőtelep (107 m t. f.) kútjának 338 m mélyéből földgáz kíséretében 28C° víz buggyan fel (fokozata 18 m), az aradi Neumann-gyártelep 423 m mélységből ugyancsak gázzal 30C° víz ömlik ki (fokozata 20 m). Ha a több ezerre menő kút hőmérsékleti viszonyait tekintjük, azt látjuk, hogy földmelegségi fokozatuk 18-22 m között váltakozik. Míg Közép-Európában a gradiens 30 m körül van, addig a Magyar-Alföld alatt a hőmérséklet már minden 20 m-re 1C°-kal növekedik. Vagyis az Alföld talaja melegebb, mint Közép-Európáé s kétségtelen, hogy Alföldünk nagy hőmennyiséget rejt magában.

Alföldünk első artézi kútjait ZSIGMONDY VILMOS fúrta, a ki 1872-ben azzal okolta meg a fúrás szükségét, hogy az akkori nedves időjárás következtében megszorodott árvizek miatt, a talajvíz levezetése céljából szükség lesz elnyelő artézi kutakra. Az első fúrás sikerei után gyorsan szaporodtak artézi kútjaink, 1896-ban HALAVÁTS GYULA (Magyarországi artézi kutak) már 1325 fúrást írt le. Azóta LEJTÉNYI SÁNDOR (Aradi kutak 1905.), MELLINGER VILMOS (Államvasúti artézi kutak, 1903.), PAZÁR ISTVÁN (Gázkutaink, 1906.), LÓCZY LAJOS (Alföldünk artézi kútjai, 1912.), SZONTAGH TAMÁS 1918. évi előadásai, továbbá KOCH ANTAL, PÁLFY MÓR, HORUSITZKY HENRIK geológusok, de különösen HALAVÁTS GYULA örökbecsű munkái nyomán artézi kútjainkat meglehetősen ismerjük. Artézi kútjaink számát mintegy 5000-re becsülhetjük, a melyeknek helyzetét a 487. kép, szelvényét a 488. kép vázolja.

[483.JPG]

487. kép. Magyarország artézi kútjainak térképe, a földgázt (metánt) adó fúrások területének feltüntetésével. (HALAVÁTS GYULA, PAZÁR ISTVÁN és SZONTAGH TAMÁS)

[484.JPG]

483. kép. A Nagy Magyar-Alföld átnézetes földtani szelvénye, az artézi kutakkal. Magyarázat: 1. = Ártéri, alluviális üledék; 2. = diluviális lösz és agyag, lencseszerűen betelepült homokrétegekkel; 3. = felső levantei-korú homok- és kavicslerakódások - artézi víztartók; 3a) = alsó levantei-korú agyagos rétegek; 4. = pannoniai-pontusi-korú agyag; 5. = krétakorú mészkő - alaphegység. (HALAVÁTS GYULA adatai alapján szerkesztette PAPP KÁROLY.)

Alföldi kútjaink legnagyobbbrészt a levantei emelet homokos rétegeiből kapják vizüket. A levantei emeletet eddigelé csakis az Alföld általajából ismerjük s legszebben a Délvidék kútjai tárják fel. Így a nagybecskereki fúrásban 0-21 m alluvium alatt 21-58 m között diluviális rétegek települnek, többnyire agyagokkal; 58-208 m között a felső levantei emelet homokos rétegei következnek artézi víztartókkal (a *Vivipara Böckhi* HALAVÁTS csigahéjaival); 208-452 m között a középső levantei agyagok (*Unio slavonicus, levanticus* kagylókkal). A legmélyebb szintben feltárt rétegek az újvidéki artézi kútban már magasabban (110 m körül) találhatók, míg a szlavóniai Csereviczen a felszínen vannak ezek a rétegek. Azonban a felületen kibúvó rétegek ma már teljesen el vannak vágva a mélységtől, köztük jelenleg kapcsolat nincs.

A Nagy Magyar-Alföld altalajában lefelé haladva, a vékony alluviális ártéri üledék alatt mintegy 200 m vastagságú diluviális lösz- és agyagrétegeket találunk, a melyekben lencseszerűen betelepedett homokfészkek vannak, mint egykori folyók hordalékai. A fedő diluviális rétegek alatt. 150 m vastagságú felső levantei korú homok- és kavicslerakódások szolgáltatják az artézi víztartókat. Még mélyebben az alsó levantei-korú vízrekesztő agyagos rétegek vannak s ezekből víz már nem igen szökik fel. HALAVÁTS GYULA újabb kutatásai szerint az Alföldön lemélyesztett fúrások közül a legmélyebbek, mint a szabadkai (601 m mély) és a debreczeni (837 m mély) fúrások is csak az alsó levantei rétegeket tárják fel, a pontusi emeletbe még nem érnek le. A pontusi-pannoniai rétegeket csak a medencze szélein, északon Gödöllő vidékén, keleten Nagyvárad mentén s délen Versecz környékén tárják fel az artézi kutak. Az Alföld közepén HALAVÁTS szerint a pontusi rétegeket mintegy 1500 m-es fúrással érnők el.

Régebben az volt az általános nézet, hogy az Alföld rétegei lencsésen kiemelkedő homok-betelepülések, a milyeneket a diluviális agyagok között találunk. Újabban azonban mind valószínűbb lesz az a vélemény, hogy a felső levantei-korú homoktelepek összefüggő rétegek (488. kép). Ezt a véleményt támogatja az a tapasztalati tény, hogy a levantei rétegekből eredő kutak egymást gyengítik. Amióta ZSIGMONDY VILMOS 1875-ben az első alföldi artézi kutat megfúrta, azt tapasztaljuk, hogy a *kutak vízmennyisége folyton csökken*. Így pl. a verseczi artézi kutak kezdetben felszökő vizet adtak, a fúrások szaporításával a víz mind lejjebb szállt a csőben, s mikor 1894-ben Verseczen a 80-ik artézi kutat megfúrták, valamennyi kútban leszállott a víz. Az igen mély fekvésű (85 m t. f. m.) Szegeden a rókusi állomáson fúrt 217 m mély kút 1890-ben naponként 400 m³ vizet adott 8 m magasra szökve és 1903-ban 7 m magasban már csak 200 m³-t. A csökkenés oka kétségtelenül az, hogy időközben Szegeden számos új kutat fúrtak. Épp így Szentesen, Karczagon s más városokban a néhány évtized előtt még felszökő artézi kutak ma már éppen csak hogy csorognak. HALAVÁTS GYULA 1892-ben azt találta, hogy az Alföldnek azon helyein, a melyek 102 m t. f. szinten alul vannak, minden kútból felszökik a víz, míg jelenleg csak az olyan helyeken van felszökő víz, a melyeknek térszíne a 98 m-t felül nem mulja. Vagyis a túlságos megcsapolás következtében az alföldi víztartók hidrosztatikai nyomása 25 év alatt 4 m-rel mélyebbre süllyedt.

VI. fejezet. A magyar birodalom ásványos vizei.

A forrásokról szóló fejezetben az ásványvíz típusokat főképp az osztrák és német fürdő-könyvek alapján ismertük meg. Most lássuk hazánk gazdag és változatos ásványos vizeit.

THAN KÁROLY (Az ásványvizek chemiai konstitúciójáról, 1890.) az *ásványos vizek önálló s új összehasonlítását ajánlotta* a magyar orvosok balneológiai bizottságának, abból indulva ki, hogy az ásványos vizek chemiai jellege csakis az alkotórészek egyenérték-százalékainak összehasonlításából állapítható meg. A legismertebb külföldi és hazai 74 ásványos vizet csoportosította; ebből 44 hazai víz. E vizeknek csaknem fele savanyúvíz, a melyek kritériumát a következőképp állapította meg: «A savanyúvízben a szabad szénsav ekvivalense legalább is fele a bikarbonátok ekvivalensének, abszolút mennyisége pedig 1 kg-ban legalább 1 gramm. Közösleges hőfokon egy gramm széndioxid mintegy félig telíthet egy kilogramm vizet, de kivált bikarbonátok jelenlétében határozottan észrevehető savanyúvíz íze. »Részletes táblázatos csoportosításában a magyar ásványos vizek sorozata a következő:

I. *Lúgos (alkálikus) savanyúvizek*: 1. Szolyva, 2. Hársfalva, 3. Parádi Csevicze.

II. *Földes savanyúvizek*: 4. Németkeresztúr, 5. Szinyelipócz, 6. Borszék, 7. Lubló, 8. Véghles, 9. Moha, 10. Parádi Klarisse.

III. *Vasas savanyúvizek* (a vas abszolút mennyisége 1 kg vízben legalább 0.02 gr): 11. Szliácsi József, 12. Előpatak, 13. Buziási József, 14. Bártfa, 15. Ránkherlány, 16. Visk várhegyi forrás.

IV. *Sós savanyúvizek*: 17. Szántó, 18. Tárcsa.

V. *Szulfátos savanyúvizek*: 19. Balatonfüred, 20. Korytnicza.

VI. *Lúgos bikarbonátvizek*: 21. Luhi Margit, 22. Czigelka, 23. Bikszád, 24. Palics.

VII. *Keserűvizek*: 25. Hunyadi János, 26. Ferencz József, 27. Deák Ferencz, 28. Rákóczi (25-28. Budapest), 29. Felsőalap.

VIII. *Haloidvizek*: 30. Csízi új, 31. Csízi régi forrás, 32. Szobráncz.

IX. *Hévvizek* (hőmérsékletük 24C°-nál magasabb)

a) lúgos és sós hévvizek: 33. Lipik,

b) vasas hévvizek: 34. Vihnye, 35. Szliácsi tükörforrás,

c) kénes hévvizek: 36. Pöstyén, 37. Harkány, 38. Budapesti artézi kút, 39. Budapest-Margitsziget, 40. Herkulesfüredi Erzsébet-fürdő, 41. Herkulesfüredi Szapáry-fürdő, 42. Herkulesfüredi Lajos-fürdő,

d) vegyes hévvizek: 43. Herkulesfüredi Herkules-forrás, 44. Stubnya.

A THAN-féle szabatos összehasonlítás függetleníti az elemzéseket a vizsgáló kémikus azon önkényétől, hogy miképp kombinál némely alkotórészeket sókká. Sajnos, balneológusaink a Than-féle két elvet - t. i. az alkotórészek ekvivalens-százalékokban való kifejezését és az összes alkotórészek grammokban való megadását - máig sem valósították meg, mert fürdőkönyveink az ásványos vizek elemzését máig sókká csoportosítva tárgyalják s a szabad szénsav mennyiségét többnyire köbczentiméterekben adják meg, úgy hogy a vizek szabatos, összehasonlítása csakis hosszadalmas átszámításokkal lehetséges.

A Magyar Balneológiai Egyesület kiadványai alapján (PAPP SAMU és HANKÓ VILMOS: Ásványvizeink s fürdőhelyeink, 1907.), kapcsolatban geológiai eredetükkel, *hazánk ásványos vizeit* a következőképp csoportosíthatjuk:

A) **Hévvizek.** A 25-32C° hőmérsékletű vizek *langyos*, a 32-40C° hőmérsékletűek *meleg*, s 40C°-on felül levők *forró hévvizeknek* nevezhetők. Franciaországot kivéve, alig van Európában olyan ország, a hol annyi kénes és vasas hévvíz lenne, mint hazánkban:

I. *Egyszerű és földes hévvizek.* Az egyszerű hévvizek (akratotermæ) ásványi alkotórészekben rendkívül szegények, 1 kg-ban alig 1 gr, a földes hévvizekben már kissé több földes sót találunk. Ilyen fontosabb forrásaink: 1. *Budapest-Gellérthegyaljai források*, a melyek a Gellérthegy dolomitjából törnek elő, meszes hévvizeknek nevezhetők; a Rácz-fürdő forrásai (43.5C° hőmérséklettel, 1 kg-ban 1.4 gr szilárd alkotórésszel); Rudas-fürdő (42.2C° hőmérséklettel, 1.8 gr szilárd alkotórésszel); 2. *Hévvíz*, Keszthely mellett, 33C° hőmérsékletű tóvízzel (109 m t. f.); 3. *Rajecz-fürdő* (Trencsén vármegye, 420 m t. f.) vizei 29-35C° hőmérsékletűek, 0.4-0.5 gr szilárd alkotórésszel, 89-142 cm³ szénsavval; 4. *Stubnya-fürdő* (Turóc vármegye, 518 m t. f.) hat forrása 40-46C° hőmérséklettel, 1.4-1.8 gr szilárd alkotórésszel (THAN szerint 44. sz. vegyes hévvíz); 5. *Szklénó* (Bars megye, 382 m) 5 forrása 37-53C° hőmérséklettel, 2.4-3.7 gr szilárd alkotórésszel; 6. *Bajmóc* (Nyitra vármegye)

50C°-os forró hévvízzel; 7. *Görömbölyi Tapolcza* (Borsod vármegye) forrásai közvetlenül a jura mészkő hasadékaiból fakadnak, I-IV. sz. langyos forrásai 25-32C° hőfokkal, 0.5 gr szilárd alkotórésszel; a szomszédos hideg források 9-10C° vízzel Miskolcz város vízvezetékét táplálják; a Héjő patakon naponként lefolyó 432000 hektoliter langyos víz mindjárt malmokat hajt; 8. *Nagyvárad közelében levő hévforrások*, ú. m. a) *Szent László- vagy Püspök-fürdő*, a Somlóhegy tövében (132 m t. f. m.) nyolcz forrása 35-41C° hőmérséklettel, az artézi László-forrás 0.6 gr szilárd alkotórésszel és 41.5C° hőfokkal; b) *Félix-fürdő artézi kútja* Európa egyik leggazdagabb hévvízforrása, naponként 170000 hl 49C° forró vízzel, a mely 0.9 gr szilárd alkotórészen kívül 69 cm³ szénsavat is tartalmaz; 9. *Algyógy-fürdő* (Feredő gyógy, Hunyad vármegye, 356 m) három langyos forrása 30-33C° hőmérséklettel, 0.8-0.9 gr szilárd alkotórész mellett 0.3-0.4 gr szénsavval; 10. *Menyháza* (Arad vármegye) langyos forrásai 25-32C° hőmérséklettel, a 340 m mély artézi kút a triász dolomitből naponként 14400 hl 23C° langyos vizet ad, 0.1 gr alkotórésszel s csekély szénsavval, közömbös hévvíz; 11. *Daruvár* (Pozsega megye, 128 m t. f.) hat forrása alkálikus földes hévizet szolgáltat, 0.4 gr szilárd alkotórésszel, 38-44C° hőmérséklettel,³⁵ naponként 19000 hektolitert szolgáltató meleg vizű tavában, épp úgy, mint Szent-László-fürdőn és Hévvízen, a hévvízi tündérrózsa (*Nymphaea thermalis*) díszlik; 12. *Topuskó-fürdő* (Horvátországban, 130 m t. f.) számos forrása, 0.4 gr szilárd alkotórészen kívül 90-120 cm³ szénsavval, 49-59C° forró hévvízzel.

II. *Kénes hévvizek*. A ként kénhidrogéngáz, karbonilszulfid (COS), ritkábban nátriumsulfid, kalciumsulfid alakjában tartalmazzák, többnyire záptojásszagúak. Fontosabbak: 1. *Budapest-Városligeti artézi forrás* (THAN 38. sz., 1.7 gr szilárd alkotórésszel) 73.9C° hőfokú napi 12000 hl forró hévvízzel, Európa legmelegebb forrása; 2. *Budapest-Szent-Margitszigeti artézi forrás* (THAN 39. sz., 1.5 gr szilárd alkotórésszel) naponként 56800 hl 43.3C° vízzel; 3. *Budapest Császár-fürdő* nyolcz meleg forrása 58-65C° hőmérséklettel, 1.5-1.6 gr szilárd alkotórésszel; 4. *Budapest-Szent-Lukács-fürdő* 29-60C° hévvízzel az iszapfürdőt táplálják; az ivókút 62C° hévvize 1.1 gr szilárd alkotórészen kívül 0.4 gr szabad széndioxidot és 0.001 gr karbonilszulfidot tartalmaz; 5. *Pöstyén* (Nyitra vármegye, 162 m, a Vág szigetén, THAN 36. sz.) 57-63C° hőmérsékletű hévvizekkel, 1.3-1.6 gr szilárd alkotórésszel, 0.0339 gr szénsav és 0.0026 kénhidrogénnel; 6. *Trencsénteplisz* (255 m t. f.) hat forrása 38-42C° hőmérséklettel, 2.9-3.1 gr szilárd alkotórésszel, ebben 0.2-0.3 gr szabad széndioxid, kénes-meszes hévvíz; 7. *Alvácza* (Hunyad megye, 285 m t. f.) öt forrása 30-36C° hőmérséklettel, 1.1 gr szilárd alkotórésszel, kénhidrogénszagot terjeszt, fűrott kútja naponként 1600 hl 31C° vizet szolgáltat; 8. *Herkules-fürdő* (Krassó Szörény megye, 168 m) a Cserna szűk völgyében, négy főforrással (THAN 40-43. sz.) a Lajos, Szapáry, Erzsébet források 3.1-6.4 gr szilárd alkotórésszel, 0.02-0.03 gr kénhidrogénnel, 47-54C° hőfokú meleg kénes sósvizek, míg a Herkules-forrás, 2.8 gr szilárd alkotórésszel, 56C°, vegyes sós hévvíz; 9. *Harkány* (Baranya vármegye, THAN 37. sz.) artézi vize 1.1 gr szilárd alkotórészt tartalmaz, hőfoka 62C°.

III. *Vasas hévvizek*: 1. *Lucski* (Liptó megye, 600 m) két hévforrása 29-32C° hőfokkal, 3.3-4 gr szilárd alkotórésszel, ebben 0.4-0.9 gr szabad szénsavval; 2. *Szliács* (Zólyom megye, 360 m) tükörforrása THAN szerint (35. sz.) 33C° és 4.9 gr szilárd alkotórészt tartalmaz, többi forrásai 21-35C° hőmérsékletűek és 3.2-3.5 gr szilárd alkotórészt, magas hőfok mellett aránylag tetemes vasat (0.1 gr vasbikarbonátot) és szénsavat (1095 cm³) tartalmaznak; 3. *Vihnye* (Bars megye, 310 m) forrása THAN szerint (34. sz.) 1.7 gr szilárd alkotórészt, SCHELLE szerint

³⁵ PAPP KÁROLY-nak *A szlavóniai Daruvár hévvizű fürdő védőterülete* című munkája (Földtani Intézet népszerű kiadványai, II. köt., 2. füzet, 1910, 1 térképpel, 9 ábrával) képet ad nemcsak ennek a hírneves, római eredetű fürdő forrásairól, hanem arról is, hogy a gyógyító forrásokat miként kell biztosítani külső és belső védőterülettel mindennemű idegen, káros hatástól.

1.9 gr súlyrészt tartalmaz, 35-38C° hőmérsékletű vasas hévvíz; 4. *Csikszereda* langyos forrása 21C° hőmérsékletű és 712 cm³ szénsav mellett 0.7 gr szilárd alkotórészt tartalmaz.

[485.JPG]

489. kép. A málnási Siculia artézi forrás Háromszék vármegyében, 635 m t. f. magasságban. A 156 m mélységből eredő, 16C° hőmérsékletű, lúgos, sós savanyú vizet a fúrásból kitörő szénsav az 1898. évben időközönként 34 m magasságra vetette.

IV. *Lúgos és sós hévvíz* (alkáliás hévvíz): *Lipik* (Pozsega megyében 200 m t. f. m.) 64C° hőfokú vizét 231 m mély kút ontja (THAN 33. sz.); 2.4 gr illetőleg 3.5 gr szilárd alkotórésszel; szikszón kívül jódot is tartalmaz, s így unikum.

B) Hideg ásványvizek. I. Savanyúvizek (szénsavban dús ásványosvizek):

a) *Lúgos vagy alkáliás savanyúvizek*: 1. *Szolyva* (Bereg megye, THAN 1. sz.) 8C° vize 12 gr szilárd alkotórészt tartalmaz s ebből 2.5 gr szabad szénsav; 2. *Hársfalva* (Bereg megye, 230 m, THAN 2. sz.) ugyancsak 8C° vize 4.1 gr szilárd alkotórésszel; 3. *Luhi Margit* (Bereg vármegye, THAN 21. sz. lúgos bikarbonátvizek típusa) ILOSVAY LAJOS elemzése szerint 5.5 gr szilárd alkotórészt tartalmaz, 11C°; 4. *Bodoki Matild* (Háromszék vármegye) 10.6 gr szilárd alkotórésszel, ebből 4.5 gr szénsav, ható alkatrészei ezenkívül nátriumbikarbonát s konyhasó, hőmérséklete 12C°; 5. *Répáti-forrás* Kászonimpér mellett (Csík vármegye) 6.1 gr szilárd alkotórésszel, 1380 cm³ szénsavval, 8C°; 6. *Kászon-jakabfalvi forrás* (Csík megye, 714 m) 4.6 gr szilárd alkotórésszel, mint kászoni borvíz ismeretes; 7. *Zajzoni borvíz* (Brassó megye, 565 m) 4 gr szilárd alkotórészen kívül 2 gr szabad szénsavval.

b) *Alkáliás konyhasós savanyúvizek*: 1. *Vita-forrás Sós-kúton* (Vas megye) 1.8 gr nátrium-hidrokarbonát, 2.2 gr szabad szénsavval, 12C° víz; 2. *Czigelka* (Sáros vármegye) Lajosforrása 12C° (THAN 22. sz.), lúgos bikarbonát vize ásványos alkotórészekben rendkívül gazdag, 25 gr 1 kg vízben; 3. *Bikszád* (Szatmár vármegye, 204 m) 11C° lúgos bikarbonátos vize (THAN 23. sz.) 10.5 gr, újabb elemzés szerint 11.5 gr szilárd alkotórészt tartalmaz; 4. *Vámfalusi Máriavölgy* (Szatmár megye) három forrása 4.6-10.2 gr szilárd alkotórésszel; 5. *Avasújfalusi Oroszlán savanyúvíz* (Szatmár megye) hőfoka 16C°, 4.3 gr szilárd alkotórészen kívül 1069 cm³ szabad szénsavval; 6. *Oláhszentgyörgyi Hébe-fürdő* (Besztercze-Naszód megye, 443 m) öt forrása naponként 430 hl 12C° vizet ad, 8.6 gr szilárd alkotórésszel és 2.4 gr szénsavtartalommal; 7. *Sztojka-fürdő* (Szolnok-Doboka megye, 360 m) 12C°-ú vize 7.4 gr alkotórészen kívül 3.5 gr szabad szénsavval; 8. *Kovásznai források* (Háromszék megye, 560 m), a Pokolsár, Sós-fürdő stb. 10-15C° hőmérsékletűek, s HANKÓ V. szerint 7.4-16 gr szilárd alkotórészen kívül 1.1-2.1 gr szabad szénsavat tartalmaznak, a község pinczéi telve vannak szúrós szagú szénsavömléssel; 9. *Málnási Mária-forrás* (Háromszék vármegye) hőfoka 11C°, 14.7 gr szilárd alkotórésszel; 10. *Málnási Siculia-forrás* (Háromszék megye, 635 m), 156 m mélységű fúrásból CO₂ gázzal tör elő. A 3.5 légköri nyomású széndioxidgáz időnként 16-30 m magasra löki fel a 16C°-ú vizet, naponként 600 hl-t (489. kép). A szilárd alkotórészek összege 18 gr. Mindkét málnási víz a lúgos-sós savanyú vizek csoportjában hazánk elsőrendű gyógyvize;³⁶ 11. *Futásfalvi Pokolvölgy főforrása* (Háromszék m., 710 m t. f. m.) 10C° hőfokú, 5.4 gr szilárd alkotórésszel, jódtartalmú lúgos és sós savanyúvíz; 12. *Bálványosfüredi sós forrás* (Háromszék megye, 920 m) hőfoka 11C°, 10 gr szilárd

³⁶ A lúgos sós savanyúvizek csoportjába tartozott az ipolnyitrai időszakos szökőforrás is, a melyet 520 m mélységben mediterrán slír-rétegekben szénfűrés közben találtak, s a mely 50 m magasra szökött; vize 11 gr szilárd alkotórészt és 150 cm³ szabad szénsavat, tartalmazott, hőmérséklete 22C° volt (EMSZT KÁLMÁN elemzése Földtani Közlöny, 41. köt., 1911.).

alkotórésszel, földeslúgos, erősen sós savanyúvíz; 13. *Mikóújfalusi Hunnia-forrás* (Háromszék megye) 19 gr szilárd alkotórész, ebből 3.2 gr szabad széndioxid; 14. *Székely-Selters* (Udvarhely vármegye) a Vargyas-patak oldalán 11C° vize 4.5 gr szilárd alkotórészen kívül 2.5 gr szabad széndioxidot tartalmaz.

c) *Földes savanyúvizek*: 1. *Mohai Ágnes-forrás* (Fejér vármegye, THAN 9. sz.) 30 m mély kútból eredő vize 11C°, 5.1 gr szilárd alkotórésszel, ebből 2.3 gr szabad szénsav; 2. *Gánóc* (Szepes megye, 635 m) 184 m mély artézi kútból 24C° langyos víz, naponként 3360 hl, 3.5 gr szilárd alkotórésszel és 689 cm³ szabad szénsavval, langyos meszes savanyúvíz; 3. *Felső-Ruzsbach* (Szepes megye, 758 m) hat forrása 21-24C° hőmérsékletű földes savanyúvizet ad, főforrása 2.7 gr szilárd alkotórésszel és 602 cm³ szabad szénsavval. Mindkét szepesi langyos savanyúvíz mésztufát rak le. 4. *Salvator-forrás Eperjes mellett Szinye-Lipócz* (THAN 5. sz.) völgyében, 12C°-ú pompásan foglalt vize 5.8 gr szilárd alkotórészt tartalmaz, ebből 2.3 gr szabad szénsav, vastól való mentessége keresett vízzel teszi; 5. *Szulini forrás* (Sáros megye, 408 m) 10C°-ú vize 4.5 gr szil. alkotórészen kívül 1.6 gr félig kötött szénsav, 1524 cm³ szabad szénsav- és lithiumtartalommal; 6. *Singléri Szultán-forrás* (Sáros megye, 479 m) 11C°-ú vize 2.5 gr szilárd alkotórészt és 1236 cm³ szabad szénsavat tartalmaz; 7. *Véghlesi Vera-forrás* (Zólyom megye, 560 m, THAN 8. sz.) 12C°-ú vize 3.8 gr szilárd alkotórészt tartalmaz; 8. *Szántói savanyúvíz* (Hont megye, THAN 17. sz.) 11C°-ú, 4 gr szilárd alkotórészt és 2.9 gr szabad széndioxidot tartalmaz; 9. *Borszék* (Csík megye, 882 m) savanyúvizei közül egyikben THAN KÁROLY (6. sz.) régebbi elemzése 6.8 gr szilárd alkotórészt s ebben 2.3 gr CO₂-t mutatott ki; HANKÓ VILMOS újabb elemzése 5 forrásban (7.4-9.6C° hőmérséklettel) 2.8-5.4 gr szilárd részt és 1.3-2.8 gr szabad szénsavat állapítottak meg; a főkút vize 4.6 gr szilárd alkotórészt és 2.8 gr szénsavat tartalmaz s millió palack-számmra töltik; a borszéki vizek általában szénsavval túl vannak telítve; 10. *Árkosi Glória-forrás* (Háromszék megye) 2 gr szilárd alkotórésszel, 1.8 gr szabad szénsavval, a 10C° hőmérsékletű víznek feltűnő a lithium-tartalma.

d) *Vasas savanyúvizek*, a melyekben az *Fe* abszolút mennyisége legalább 0.02 gr hazánkban rendkívüli bőségben s változatosságban találhatók. A fontosabbak: 1. *Tarcsa-fürdő* (Vas megye 347 m) 11C°, nyolcz forrással; 2. *Lublófüred* (Szepes megye, 556 m) 7-8C°, négy forrással; 3. *Bártfa-fürdő* (Sáros megye, 318 m) THAN 14. sz. forrása 8.6C°, 7.6 gr szilárd alkotórésszel, négyféle ásványos vize is van 9-13C° hőmérséklettel, alkáliás sós és vasas savanyúvizek; 4. *Visk várhegyi forrás* (Máramaros megye, 400 m) THAN 16. sz. forrása 9.4 gr szilárd alkotórésszel, 11C° hőfokkal; 5. *Gyertyánliget* (Máramaros megye, 510 m); 6. *Radna-Borberek* (Besztercze-Naszód); 7. *Bibarczfalvi Borhegyi és Baross források* (Udvarhely megye); 8. *Felsőrákosi Mária-forrás* (Udvarhely megye); 9. *Homoródi* (Udvarhely megye) források; 10. *Bálványosfüredi Károly-forrás* vasas savanyúvíz, a Timsós-forrásban vasszulfát, alumíniumszulfát, s szabad kénsav is van; 11. *Élőpatak* (Háromszék megye, 624 m) a THAN-féle 12 sz. adat szerint 6.8 gr szilárd alkotórészt, HANKÓ V. szerint a főkút 4.7 gr szilárd alkotórészen kívül 1472 cm³ szabad szénsavat tartalmaz, hőfoka 11C°, újabban szénsavas vizeit fúrásokkal tárták fel; főforrásában a *Fe* tartalom 0.14 gr s kitűnő alkáliás vasas savanyúvíz; 12. *Tusnád* (Csík megye, 650 m) 9 forrása többnyire vasas savanyúvizet, a Rezső-forrás 23C° langyos, vasas sós savanyúvizet ad; 13. *Tölgyesi Atilla-borvíz* (Csík megye); 14. *Buziási források* (Temes megye, 132 m), a József-forrás (THAN 13. sz.) LENGYEL B. szerint 4.6 gr szilárd alkotórészt tartalmaz, 13C° hőmérsékű víz; az újabban fúrt Szent Antal-csodakút 102 m mélyből 40 m magasra szökő vizet ad, a mely 1.8 gr konyhasót, összesen 6.5 gr szilárd alkotórészt s ezenkívül 412 cm³ szabad szénsavat tartalmaz.

II. *Kénes savanyúvizek*, kénvegyületet, kénhidrogént, vagy karbonilszulfidot tartalmaznak változó egyéb alkotórészek mellett. Ilyenek: 1. *Balfürdő* (Sopron megye) hat forrása közül kettő kénhidrogéntartalmú alkáliás sós savanyúvíz 14C° hőmérséklettel; 2. *Borosznó* (Zólyom megye, 392 m t. f. m.) három forrása 18-21C° hőmérsékletű langyos, kénhidrogéntartalmú savanyúvíz; 3. *Parádi Csevicze* (Heves megye, gróf KÁROLYI MIHÁLY sasvári kastélya, mellett, 345 m) miocénkorú konglomerátókból fakad s gázexhaláció telíti ezt a ritka, záptojásszagú savanyúvizet (490. kép), FELLETÁR elemzése szerint 2.26 gr CO₂-t, 1.95 gr H₂CO₃-t és 0.01 gr H₂S-t tartalmaz, THAN a COS karbonilszulfid könnyű zamatot is sejt a forrásban. A forrás naponként 10 hl-nyi 13C°-ú vizet szolgáltat. Környékén régebben több forrás is volt, de ezekben ma már csekély szén-sav van; 4. *Ránkfüred* (Abaúj-Torna megye 392 m) telepen több savanyúvízforrás fakad. A híres ránkherlányi 404 m artézi forrás naponként háromszor tör ki 18 m magasra, a 16C°-ú víz a kitörés folyamán 21C°-ra emelkedik fel (THAN 15. sz. alatt a vasas savanyúvizek közé sorozza); 5. *Suliguli-forrás* (Máramaros megye, 861 m) 13C° hőmérséklettel; 6. *Szobráncz* (Ung megye, 130 m) számos forrása közül a főforrás vize (THAN 32. sz. haloidvíz) 6.4 gr konyhasót, 0.02 H₂S-t és 0.7 gr CO₂-t, összesen 10.3 gr szilárd alkotórészt tartalmaz; a kénes sós savanyúvíz hőmérséklete 14C°.

[486.JPG]

490. kép. A parádi Csevicze-forrás környékének helyszínrajza és földtani átmetszete nyugat-keleti irányban. A forrás Heves megyében, a Mátra északi lejtőjén, GRÓF KÁROLYI MIHÁLY sasvári kastélya előtt, miocénkorú rétegekből ered. A homokkőből fakadó 13C° hőmérsékletű vadózus vizet mélységből feltörő, posztvulkános gázexhalációk széndioxid-, kénhidrogén- s egyéb ásványos anyagukkal kéntartalmú lúgos savanyúvízzé alakítják. (PAPP KÁROLY rajza.)

III. *Szulfátos vizek*, igen különböző jellegű, részben savanyú-, részben timsós s részben keserűvizek.

a) *Szulfátos savanyúvizek*: 1. *Baldóc* (Szepes megye, 433 m) forrásai gazdag nátriumszulfát- és szén-savtartalmúak; 2. *Korytnicza* (Liptó megye, 847 m) régi forrása (THAN 20. sz.) 10C° hőmérsékletű víz 4.7 gr szilárd alkotórésszel, négy forrásában újabban HANKÓ V. 0.8-1.2 gr magnéziumszulfátot, 1.3 gr szabad szén-savat mutatott ki; 3. *Balatonfüred* (THAN 19. sz.) főforrása 15C° hőmérsékletű és 4.9 gr szilárd alkotórészt tartalmaz.

b) *Vasgáliczos timsós vizek*: 1. *Erdőbénye* (Zemplén megye, 237 m) 10C°, hőfokú, 0.8 gr szilárd alkotórésszel; 2. *Parádi Aknalug* a Fehérkő alatt, arzéntartalmú fémes utóízű, fanyar ásványosvíz, a mely elhagyott timsóbánya helyén fakad; 3. *Jegenyefürdő* (Kolozs megye, 550 m) 11C° meszes vize vasgáliczos lápfürdőt táplál; 4. *Bálványosfüredi Timsósforrás*, Háromszék megyében, a torjai Bűdös-barlang közelében, vasszulfát, alumíniumszulfát és szabad kénsavtartalommal. Szabad kénsavat a természetben eddigelé csupán Amerika néhány forrásában, Új-Granada melegforrásaiban, Tennessee és Jáva néhány vizében találtak. A torjai források posztvulkános eredetűek.

c) *Keserűvizek*. Hazánk keserűvizekben a Föld leggazdagabb országa. Főalkotórészük a kénsavas magnézium (keserűs), azonfelül még kénsavas nátriumot (glaubersót) is tartalmaznak. Nevezetesebbek: 1. *Budapest Hunyadi János* keserűvíz a dobogói völgyben 10C° 48 gr szilárd alkotórésszel; 2. *Budapest Ferencz-József-forrás* az örmezői völgyben 52 gr szilárd alkotórésszel ; 3. *Erzsébet-sósfürdő* a kelenföldi síkon 26 gr míg a *Király-keserűvíz* 52 gr szilárd alkotórésszel; 4. *Pálma-keserűvíz* Budaörs határában 46 gr a *budaörsi Herkules-forrás* 38 gr szilárd alkotórésszel. Mindezekben a budai keserűvizekben (THAN 25-28. sz.) a

keserűs és glaubersó egyenlő arányban van; 5. *Igmándi keserűvíztelep* Komáromtól délre pontusi homokból fakadó keserűvízkutakat tartalmaz, a melyek Európának keserűsóban leg-gazdagabb forrásai, 1 liter vízben 55 gr magnéziumsulfát, 14 gr nátriumsulfát, 2 gr klórnat-rium, 0.1 gr szabad széndioxid, összesen 74 gr szilárd alkotórésszel; 6. *Szegedi keserűvizek*, a József főherceg forrás 12C° 33 gr a Petőfi-forrás 13C° 26 gr szilárd alkotórésszel és 1.6 gr szabad szénsavval.

IV. *Sziksós- konyhasós tavak*: 1. *Palicsi-tó* Szabadka mellett (THAN 24.), 20-28C° hőmér-sékletű vize 2.5 gr szilárd alkotórésszel, felülete 160 km²; 2. *Melenczei Ruszánda-tó* (Torontál megyében, 82 m t. f. m., 6 km² vízfelülettel) az 1866. évi száraz nyáron 62 gr szilárd alkotórészt tartalmazott, szinte telítve nátriumsókkal, úgy hogy már átmenet a tömör sósvizekhez.

V. *Konyhasós (haloid) ásványvizek*: 1. *Csiz* (Gömör megye, 174 m) régi forrása 18 gr szilárd alkotórészt (THAN 31. sz.), újabb 13C°-ú forrása 18 gr konyhasót, összesen 20 gr szilárd alkotórészt tartalmaz; 2. *Felsőbajom* (Báza, Kisküküllő megye, 291 m) két forrása 37-50 gr szilárd alkotórészt, főképp konyhasót tartalmaz, csekély jód-, bróm- és lithiumtartalommal; nevezetessége a metánömlés, melyet ősidők óta gyűjtogattak s újabban földgázkútjáról híres; 3. *Kolozsi sósfürdő* Kolozs megyében, elhagyott régi sóbánya helyén, kicsiny tó 18C° hőmérséklettel, 1 kg vízben 226 gr sóval, hazánk legtöményebb sósvize; 4. *Tordaaknai sóstó* 131 gr a római fürdő 46 gr sóval; 5. *Szovátafürdő* (Maros-Torda megye) *Medve-tava* 520 m t. f. m., sósziklák között, 34 m mély tó, a melynek felső édesvízrétege a Nap hősugarait összegyűjti s ily módon a tavat felmelegíti; a tó felületén a víz 83 gr 12 m mélyben 250 gr sót tartalmaz s hőmérséklete másfél méter mélységben 65C°, míg a tó fenekén 21C° (KALE-CSINSZKY: Naptól fölmelegedő sóstavak); 6. *Vízakna* (Alsó-Fehér megye) 484 m magasan, régi sóbányái helyén öt sóstóval, a Thököly-tó 33 m mély, 25-32C°-ú vize 157 gr konyhasót tartalmaz; 7. *Korond* (Udvarhely megye, 534 m t. f. magasságban) sósforrása 18C°-ú, 153 gr konyhasót, 1.1 gr kalciumsulfátot, 0.1 gr vasbikarbonátot és 1 gr szabad szénsavat tartal-maz; ivóforrásában pedig 2.4 gr szabad szénsav van. A korondi sósforrás unikum, minthogy benne, a sósvizekben szokatlanul, sok szabad szénsav, vas- és nátriumbikarbonát van; 8. *Marosújvári aknafürdő* (252 m t. f. m.) a hírneves sóbánya fölött (v. ö. a 366. képpel). A bányából felemelt 12C°-ú sósvíz 26% konyhasót tartalmaz, s ebből a töményvízből hígítják a marosújvári fürdők víztükrét.

A fentiekben megismertük Magyarország 100 legtipusosabb ásványos forrását, a melyekből 26 a hévvizek, 51 a különböző savanyúvizek és 23 a szulfátos-, keserű-, sziksós- és konyhasós ásványos vizek csoportjába tartozik. Ásványos vizeinket áttekintve azt látjuk, hogy A) *hévvizeink* körös-körül a Nagy Alföld peremén, a hegységek leszakadásain törnek elő. Így Keszthelyen, a Bakony végnyúlványán, Budapesten a Budai hegység végtörésén triasz kori dolomitokból, a miskolcz-görömbölyi meleg források a jura mészből fakadnak. Az Alföld túlsó felén, Nagyvárad közelében, a püspök- és félxfürdői hévvizek a Király-erdő végső nyúlványán kréta mészből, délen a lipiki, daruvári, harkányi meleg források az alaphegység mélybe szakadásán sorakoznak. Ugyancsak a Kis-Fátra Ny-i peremén a trencsényi, pöstyéni hévvizek, s az Alduna közelében a Csernapatakkal jelzett É-D-i törésvonalon a herkulesfürdői hévvizek fakadnak. Mindezek *mélyből eredő források*, - részben juvenilis, *de főképp hidrát és profundusz eredetű vizek*. B) *A hideg ásványosvizek* kivétel nélkül vadózus vizek. Az I. *savanyúvizek* legnagyobbbrészt a harmadkori andezitek s egyéb eruptív eredetű hegyvonulatok szélein, posztvulkános hatásokból származnak. A fiatal hasadékokon feltörő mofetták szénsavgázaiakkal a talajvizet savanyúvizekké változtatják. A II. *kénés savanyúvizek* mintegy összekötői a profundusz és vadózus vizeknek, amennyiben a mélyebbről eredő langyos vizet posztvulkános eredetű szénsavgáz löki fel időnkint a felszínre; ilyen a rákherlányi, vagy a

buziási időszakos langyos forrás. A III. *szulfátos vizek* közül a) *szulfátos savanyúvizek* vadózus eredetűek, a melyeket a posztvulkános gázok alakítanak savanyúvízzé; a b) *vasgáliczos vizek* teljesen felületi vizek, a melyek az alunitos eruptív kőzetekből oldják ki ásványos anyagukat; a c) *késérűvizek* ugyancsak felületi, és pedig *stagnáló talajvizek*, a melyek a talaj sóiból főképp a keserűsót és glaubersót halmozzák fel, s főképp a Dunántúl gyakoriak. A IV. *szikós-konyhasós tavak* lefolyástalan talajvizek, a melyekben a sziksó, s itt-ott a konyhasó is felhalmozódik, főképp a Nagy Magyar-Alföld sajátos képződményei. Az V. *konyhasós ásványvizek* semmi egyebek, mint a miocénkorú *kősonak oldatai*. Az erdélyi sóstavak kivétel nélkül a kősobányák, s kőszósziklák fölött vannak; a legtöbb sóstó oldalain a sósziklákat száiban találjuk. E sóstavakon (lefolyástalan sósvízű gödrökön) kívül az erdélyi Mezőségen több száz sós forrást is találunk; ezek olyan talajvizek kibukkanásai, amelyek útjukban a sósagyagrétegekből a sótartalmat lassankint kioldják, s mint sósforrások kerülnek a nap színére.

Ásványos vizeink közgazdasági jelentőségét legjobban megítélhetjük abból, hogy a béke éveiben évenként átlag 230000 métermázsa ásványosvizet szállítottunk külföldre, és pedig a világ minden tája felé, s ezzel szemben külföldi víz hazánkba átlag csak 70000 métermázsa jött be.

Ha összes forrásainkat tekintjük, azt látjuk, hogy Magyarországon ezernél több ásványos forrásvíz fakad. Ezeknek kihasználására eddig 232 fürdőt alapítottak, a melyek közül az 1916. évben 74-nek volt 450-nél több állandó vendége. A felsorolt ásványosvizek kihasználására 51 nagyobb fürdőtelepünk létesült, a melyeken a béke éveiben 86000 állandó és 83500 átmenő vendég tartózkodott. Az állandó vendégek tartózkodását pénzértékben kifejezve, ezen fürdővendégek az 51 fürdőn 93 millió korona évi forgalmat biztosítottak.

VII. fejezet. Magyarország érczelepei.

Magyarország érczekben a földkerekség egyik legváltozatosabb országa, mert hegységeinkben, - a platinát kivéve, - az aranytól kezdve a vasig csaknem az összes érczet megtaláljuk. Érczeink főképp három kiképződésben fordulnak elő, ú. m. telérek, tömzsök és teleptelérek alakjában.

A) **Ércz-telérek.** Legjobban feltárt érczteléreink Selmecz- és Körmöczbánya vidékén, fiatal harmadkori eredetű eruptív kőzetekben vannak, a mely kőzetek a telérek közelében elváltoztak, s az ú. n. propilitesedést, zöldkövesedést mutatják. A Felvidéki Érczhegységen kívül a Vihorlát-Gutin és az Erdélyi Érczhegység andezitjeiben találunk gyönyörű teléreket.

1. *Selmeczbánya* nyolczszázéves bányászata 10 község határa alá terjed, s ha összes tárnait egy végbe tolhatnók, ezek 360 kilométer hosszúságra nyúlnának. Mindezek a tárnák a telérek mentén húzódnak, a melyeket keresztben szel a II. Józsefről nevezett altárna. A 16½ km hosszú altárna, a mely 1782-1878. között 10 millió korona költséggel készült, a Garam völgyéből indul ki, és így valamennyi bánya vizét a Garam völgyébe vezeti (491. kép). Nem kevesebb, mint 20 főtélér húzódik ezen a vidéken ÉÉK-DDNy-i irányban, s ezeken kívül több apró ér ágazza be az andezit-hegységet. Keleten látjuk a Zöld-eret, a mely mintegy 6 km hosszúságban nyomozható, itt-ott a felületen is kibukkan, de többnyire a mélységben húzódik. Átlag 1-2 m széles repedése helyenkint 25 m-nyire is kihasasodik. Ezt a telért több száz éve művelik, de csak 1857-ben emelkedett jelentőségre, amikor felülről a Ferencz-József aknát mélyesztették le rája 364 m mélységre. Valamennyi telér között a legnagyobb az Ispotály-ér (a

491. képen 4. számmal jelölve), a mely repedések szövevényes labirintusa és ÉK-ről DNy felé 12 km hosszúságban húzódik. Egyes lapjai helyenkint 10 m vastagok és összes vastagsága gyakran az 50 m-t is meghaladja. A telér 40-50°-val DK felé dül, de helyenként oly meredek, hogy dülése itt-ott a 80°-ot is eléri. Az Ispotály-telér Selmeczbányán mintegy 600 m tengerfölkötti magasságban a nap színére is kibúvik, s lefelé több mint 400 m mélységig van feltárva. Ha Selmeczbányán valamelyik telér felé közeledünk, azt látjuk, hogy az üde eruptív kőzet mindinkább zöldes színűvé válik, minthogy színes, alkotórészeiből klorit, epidot és szerpentin képződött. Az elváltozás későbbi szakában limonitosodás történt, miáltal a kőzet barna színű lett. A végső szakot fehérszínű, kaolinos kőzet jelzi. Ha viszont a telértől távolodunk, a kőzetek elváltozása csökken, hogy azután egy másik telérhez közeledve, ismétlődjék az előbbi sorrend. A selmeczi érczelérek ÉÉK-DDNy-i irányban, csapó hasadékrendszerek, a melyeken fölfelé törtek a posztvulkános gőz- és gázexhalációk; a mélységből feltörő fumarolák és szolfatarák idézték elő nagyrészt a zöldkövesedést, s töltötték meg ásványokkal a teléreket (SZABÓ JÓZSEF, BÖCKH HUGÓ és VITÁLIS ISTVÁN tanárok munkái nyomán). Az újabb kutatások szerint a zöldkövesedés még a magma megszilárdulása előtt, a mélységben történt, míg a posztvulkános hatások csak kaolinosodást okoztak. (PÁLFY MÓR: Az erupciós kőzetek zöldkövesedése; Földt. Közl., 1916.) A zöldkövesedett kőzetek telve vannak pirittel, míg a hasadékrendszerekből alkotott teléreket kvarcz, mészpát és aranyos, ezüstös ólomérczek töltik ki stefanit, galenit, polibazit, pirit, chalkopirit stb. ásványokkal. A selmeczbányai teléreken Kr. u. 745 óta állandóan bányászknak, s például 1535-ben 4000 ember dolgozott itt, akik 5700 kg ezüstöt termeltek. A selmeczi fémányászat jelentőségét az 1790-1890. között termelt fémmennyiségből ítéltetjük meg. Ugyanis 100 év alatt 14110 kg aranyat (46 millió korona értékben), 656508 kg ezüstöt (118 millió korona), 556072 métermázsa ólmot (17 millió korona) és 3154 métermázsa rezet (1 millió korona értékben) termeltek, vagyis ezek a telérek az akkori értékben is 182 millió korona árú fémmel gazdagították a magyar kincstárt. Sajnos ma már mindezek a selmeczvidéki telérek kimerülőfélben vannak, s áányászatuk aligha fog többé haszonnal járni.

[487.JPG]

491. kép. Selmeczbánya érczes teléreinek vázlata 1. Zöldér (Grüner-Gang), 2. István-, 3. János-, 4. Ispotály-, 5. Hódosér (Bieber-Gang), 6. Terézia-, 7. Ökörfeji-, 8. Amália-, 9. Hollókő-, 10. Hofer-, 11. József- és Mindszent-ér, 12. Miklós-, 13. Sötétvilág-, 14. Brenner-, 15. Erzsébet-, 16. Nepomuki János (Schöpfer-ér), 17. Colloredo-, 18. Háromkirály-, 19. Páduai Antal-, 20. Benedicti-érczes telér.

[488.JPG]

492. kép. Nagybánya vidékének érczes erei. Szelvény a borpataki, veresvizi és kereszthegyi bányákon keresztül. (SZELLEMY GEYZA és PAPP KÁROLY szerint.)

2. *Körmöczbánya* telérei főképp aranytartalmukkal tűnnek ki. A bányaművelés itt 3600 m hosszú és 1200 m széles propilites andezittömegben van, a melyben itt-ott 50-60 m vastag telérek is vannak. Az ércz anyaga kvarcz, a mely a pirit mellett tonnánként 2-5 gr szabad aranyat is tartalmaz. A kincstári áányászat 1910-ben 42 kg aranyat és 90 kg ezüstöt termelt.

3. *Nagybánya és Kapnikbánya vidéke* a Vihorlát-Gutin andezit hegyeiben leggazdagabb fémányaterületünknek mondható. A XIII. század óta áányászknak itt, s a magyar királyok temérdek kincset szedtek ki innét a századok folyamán. Egyedül a kereszthegyi bányából ezer millió korona értékű aranyat és ezüstöt termeltek eddigelé. A nagybányai Veresvíz alatt 12 főtélér húzódik, vastagságuk átlag 3-4 m, a telérek találkozásán azonban a 10 m-t is eléri. A

Kereszthege alatt levő Csóra-telér északról délre csap és 75°-kal nyugat felé dől. Eddigélé a mélység felé 400 m-nyire tárták fel, úgy hogy az akna talpa már jóval a tenger színe alatt van (492. kép). A Gutin ércztelerei szövevényes hálózatban terjeszkednek ÉK-DNy-i irányban, főttelékük pirit, chalkopirit és galenit. A kalczedonos kvarcban ezüstös fakóércz és tetemes szabad arany található. A borpataki telérek vastagsága 10-12 m, ezek közül a Lipót-ér helyenként 50 m-re is kiszélesedik és aranytartalomban gazdag, hatalmas tömzsöket alkot. Az ércztelérhálózatnak még $\frac{1}{4}$ része sincs itt feltárva, s különösen az eredeti, elsődleges zóna a mélység felé még ismeretlen.

[489.JPG]

493. kép. Az Erdélyi Érczhegység aranytermő vidéke, Alsófehér és Hunyad vármegyék határos részein. (PAPP KÁROLYY szerint.)

4. Az Erdélyi Érczhegység aranytermő telérei (493. kép). Az Erdélyi Érczhegység aranytermő vidékét abba a szabálytalan négyszögbe foglalhatjuk, melynek sarkpontjai Aranyosbánya (Offenbánya), Zalatna, Nagyág és Karács. Ez a 800 km²-nyi terület Alsófehér és Hunyad vármegyék határos részein az andezit és daczit vulkanikus kúpjainak egész láncolatát tárja elénk.

Az érczes erek általában északnyugatról délkelet felé húzódnak. Kétségtelen, hogy az egykori harmadkori vulkánok és a mai érczes erek között szoros a kapcsolat. Azonban az is tény, hogy az aranytartalmú telérek nemcsak az eruptív kőzetekben, hanem távol ezektől, a homokkővekben is megvannak, pl. Botesen és Facebáján. Ha az Erdélyi Érczhegység geológiai térképére tekintünk, azt látjuk, hogy az offenbányai és nagyági kristályos palahegység végpontjain van az aranytermő vidék északi és déli pontja. Itt is, ott is az andezit és a daczit közvetlenül a kristályos palák közül tör ki a felszínre. A két kitörésnek érczei bámulatosan hasonlítanak egymáshoz, t. i. itt találjuk az *arany érczeit*, a melyek igen ritkák, s a miket az újabb időkig csakis Nagyágról s Offenbányáról ismertünk.³⁷ Ezek *a)* a ritka *szilvanit* (írásércz; 27% arany, 11% ezüst, 3% ólom és 59% tellur vegyülete), *b)* a *nagyágit* (6% arany, 60% stibium, 6% ólom, 18% tellur és 10% kén vegyülete) és *c)* a *krennerit* (34% arany, 6% ezüst, 2% vas és 58% tellur vegyülete). Offenbánya (Aranyosbánya) elhagyott bányászata papírosvékonyságú telérekben mozgott. Nagyágnak ma már szintén letűnt bányászata a Szekeremb-hegy 40 főtelérén folyt 1780 óta a múlt évtizedig. A nagyági zöldkőves daczit 1 km hosszú, 600 m széles és 500 m mély öve (300-750 m t. f. szintben) száz meg száz érczes telérrel van átszőve, a melyeknek ércze tonnánként 177 gr aranyat és 244 gr ezüstöt tartalmazott. A 40 főtelér és több száz mellékér másfél száz év alatt körülbelül 460 métermázsza aranyos ezüstöt adott 62 millió korona értékben.

Offenbányán és Nagyágon kívül tellurérczet csak két helyről ismerünk; ezek a botesi hessit (63% ezüst és 37% tellur vegyülete) és a faczebájai terméstellur és tellurarany. Faczebája Erdély legtisztább aranyát szolgáltatta, ugyanis a faczebájai Mária Loretto tárna 23 karátos, vagyis 95% finomságú termésaranyat adott. Az Erdélyi Érczhegység keleti részén Offenbánya, Botes, Faczebája és Nagyág között közelíti meg leginkább egymást az északi és déli kristályos palahegység, úgy hogy ezen a 45 kilométeres vonalon kereshetjük azt a gátat, a mely észak és dél között legtávolabb fönnállott. Az első nagyobb lesülyedés a jura előtt az augitporfir- és

³⁷ Ismeretes, hogy a fémek királya: az *arany*, megveti a kénnel, oxigénnel és egyéb elemekkel az egyesülést. Az arany legyőzője, az 1782-ben Nagyágon felfedezett elem, Földünk latin nevére a tellurium nevet kapta. Ily módon Nagyág a kémiát új elemmel, s a mineralógiát három ásvánnyal gazdagította.

kvarcporfir-kitöréseket eredményezte, a második zökkenés a kréta végén történt grano-diorit-dejkokkal, s a harmadik nagy sülyedés a fiatal harmadkorban volt, a mikor ÉNy-DK-i s erre merőleges irányokban a riolit-, andezit- és daczit-vulkánok törtek elő. A harmadkori vulkánosságot követő utóhatások, s a nagyarányú termák, a nem nagy mélységben levő kristályos palákból oldották ki a nemes fémeket és hozták felszínre a telérrepedéseken az aranyat és a ritka fémeket.

Az *Erdélyi Érczhegységben* az ércz eloszlása olyan, hogy a hegységet többszáz méter mélységig átszelő telér legfelső részein tartalmazza a legtöbb aranyat, s lefelé a nemes fém tartalma mindinkább csökken. PÁLFY MÓR elmélete szerint arany csak azokban a telérekben fordul elő, a melyek az *egykori vulkáni csatornát metszik*, s lefelé az aranytartalom a szerint szorul mind kisebb és kisebb területre, a mint lefelé a vulkáni kürtők elkeskenyednek. A koncentrációs *elmélet*, a melyet STELZNER-BERGEAT 1905-ben s KRUSCH berlini geológus 1907-ben a délafrikai aranybányák viszonyai alapján kifejtett, zónák szerint magyarázza az arany és általában a nemesfémek elterjedését. E szerint a teléreknek abban a zónájában, a mely a felső oxidációs szint és az eredeti mélységbeli érczesedés szintje között van, a nemes fémek felhalmozódnak. Ugyanis a szulfidoknak redukáló hatása következtében az ú. n. cémentációs zónában a nemes fémek kicsapódnak és koncentráálódnak.

[490.JPG]

494. kép. Az Aráma (arany-, ezüst-, rézbánya) vegyes teléreinek szelvénye, az elsődleges, a másodlagos, (cémentált) és a felső (oxidált) zónák feltüntetésével.

A *zónabeli elkülönülést* gyönyörűen mutatja a *bucsonyi (bucsumizbitai) Aráma bánya* (494. kép). I. *E bánya legmélyebb szintjén*, az altárnában feltárt kvarczos telér főképp piritet tartalmaz, csekély chalkopirittel; az ércz réztartalma 5%, az ezüst 140 gr az arany 4 gr tonnánként. A telérnek ez a része, a mely állandóan a talajvíz alatt áll, az *elsődleges (primer) zóna*. Ezt az elsődleges zónát a 740 m t. f. magasságú szinttől az altárna 840 m t. f. magasságáig, kereken 100 m függélyes közben ismerjük. II. *Másodlagos, koncentrált vagy cémentált zóna*. Az Aráma teléreinek 840 m t. f. magasságú szinten felül eső részletében a szulfidok redukáló hatása következtében a cémentált érczek képződnek. A chalkopirit, galenit és szfalerit túlsúlyba lép s a telérben úgy a réz, mint az ezüst- és aranytartalom növekedik. A réz 10%, az ezüst tonnánként 300 gr-ra, az arany 50 gr-ra szökik. Még magasabbra hágva, a Szentháromság tárna szintjén a réz 20%-ra, az ezüst 500 gr-ra és az arany 100 gr-ra emelkedik, itt találjuk a termésaranyat és a hazánkban oly ritka *termésrezet* is. E gazdag zóna 840-990 m t. f. között 150 m közben ismeretes. III. *Oxidációs zóna*, az Aráma bánya felső szintjein 990 m t. f. magasságban kezdődik s az 1020 m magasságú tetőkre terjed. Ebben a felső zónában a barnavaskőkalap, az oxigénsók és kloridok halmozódnak fel, limonit, piroluzit, malachit, azurit kryzokolla és melakonit ásványokkal.

Az Aráma telérei mintegy 200 mélységű közben tárják elénk az elsődleges, másodlagos és felső zóna érceit s így a koncentrációs elmélet gyönyörű példái. Az Aráma oláh szó, rezet jelent, ugyanis a bánya nemcsak gazdag arany- és ezüstercset tartalmaz, hanem igen szép rézérczeket is szolgáltat. Az érczet a zalatnai kohóban olvasztják, s az 1913. évi termelés átlagosan tonnánként 60 gr aranyat, 318 gr ezüstöt és 10% rézfémet szolgáltatott. Ez a bánya - gyönyörű ásványaival - a Krusch-féle vegyes telérek egyik legszebb példája és a termésréz ritka lelőhelye.

Valaha az *Erdélyi Érczhegység* az akkor ismert világ *leggazdagabb aranybányavidéke volt*. Kr. u. a II. században TRAJANUS császár az arany miatt foglalta el Dáciát, s a historikusok szerint naponként másfél font aranyat termeltek a rabszolgák Dáciában. A másfélszázados

római uralom alatt Dácia körülbelül 10000 métermázsa aranyat adott a büszke Rómának, a mi mai pénzünk szerint legalább 4 milliárd koronának felel meg. A középkoron át a felső szintekből még ökölnyi nagyságú aranyhőmpölyöket mosott ki a patakok vize, sőt még a mult században is tetemes szabad aranyat adott az Érczhegység. Így 1891-ben a muszári bányában Brád mellett 58 kg-os aranytömegre bukkantak, a mely mohaszerű kristálykákból össze-szövődött terméсарыntuskó a koncentrációs zónából került ki. Aranytermelésünk 70%-a az Erdélyi Érczhegységből, 24%-a Nagybánya vidékéről származik. *Legnagyobb aranybányánk a Brádon levő Rudai 12 Apostol Társulat*, a mely a háború előtt 13 q, s még 1915 ben is 10 q terméсарыntat termelt 70% aranytartalommal. A mult és jelen század aranytermelésében az 1906. év vezetett, a mikor hazánk 30 q nyersaranyat termelt 12 millió korona értékben. Bár leggazdagabb teléreink a római uralom óta a folytonos rablóműveléssel már kimerültek, de a legmélyebb zóna még sehol sincs művelés alatt; pedig az északamerikai és délafrikai bányák azt bizonyítják, hogy kellő szakértelemmel az elsődleges zóna is haszonnal művelhető.

B) Ércztömzsök. Hazánk legszebb ércztömzsait a Maros és Fehér Körös, között levő trapp-hegységben találjuk. Apró, néhány ezer mázsás érczfészkek. ezek, a melyek különösen olyan helyeken jelentkeznek, hol a régebbi diabáz- és augitporfirit kőzeteket vagy egykorú, vagy fiatalabb eruptív kőzetek törik át. Egyik legnagyobb ilyenmő tömzs a kazanesdi kénkovand-bánya Hunyad megyében (495. kép). Itt az alapkőzet diabáz, melyet a Ponor és Kazanesd patakok, találkozásán kvarcporfir tört át. Ezenkívül gabbró, sőt fiatalabb kitöréső granodiorit is található ezen a helyen. A kőzetek találkozásán levő négy pirítészkek közül a legnagyobb is csak 50 m hosszú és 22 m széles volt, míg a völgy talpa alatt alig 30 m mélységre terjedt. A fészkek összes érczkészlete 40000 köbméter, súlyban 2 millió métermázsa volt, a melyet 20 év alatt teljesen ki is fejtettek. A pirittömzs felsőbb részein kevés chalkopirit is települt - mint czementált ércz - s átlag az ércz a 48% kén mellett 48% vasat és 4% rezet tartalmazott. Egy másik kicsiny tömzs a szomszédos Csungány községben a Cserbojai kovandtömzs, alig 5000 métermázsa érczet szolgáltatott. Az ércz réz- és nikkeltartalmú vaskovand volt, a mely gyönyörű tömött voltával a svédországi magmatikus kiválású érczekre hasonlított. A gömbös diabázban települt tömzs ma már ki van fejtve. Számos ilyen kisebb-nagyobb tömzsöt találunk Rossia határában és a Maros mentén Soborsin környékén a diabáz, kvarcporfir s gabbró kőzetekből alkotott hegységében. Ha ezen apró fészkek és lencsék sorakozását követjük, úgy bizonyos szabályosságot találunk irányukban, ezért nagyban tekintve telérek, illetőleg hasadékok gyanánt foghatjuk fel az érczfészkek sorakozását. Vannak azonban közöttük olyan tömzsök is, a melyek teljesen elszigetelt helyzetben - mint magmatikus kiválások - keletkeztek.

[491.JPG]

495. kép. A kazanesdi kénkovand-tömzs alaprajza és szelvénye. A hunyad megyében fekvő, már leművelt bánya a diabázhegységben, régi eruptív kőzetek találkozásán négy érczfészket (A-D) tartalmazott, a melyek összesen 2 millió métermázsa piritet szolgáltatott. (PAPP KÁROLY rajzai.)

Kontakt településő ércztömzsök a Krassószörényi Érczhegység granodiorit vonulatának vasércztelepei. A régi Bánság banatit (=granodiorit) kitörései a Föld felszínére nem jutottak, hanem a repedésekben merevedtek meg, s felszínre csak később az erózió következtében kerültek, vagyis itt plutónikus eredetű lakkolitekkal van dolgunk. Ezek a banatit néven ismert kőzetek, a melyek ROZLOZSNIK PÁL tanulmánya szerint a kvarczos diorit, gabbró-diorit és szienit-diorit csoportjába tartozó granodioritek, az Aldunától észak felé 80 km hosszú vonalon követhetők Karánsebes vidékéig, sőt ezek a Pojana, Ruszkán és a Maroson át egész a Bihar hegység északi részéig húzódnak. Miként tehát az amerikai lánczhegységek granodioritjai, úgy

Magyarország banatitjai is azt bizonyítják, hogy a granodiorites kőzetek Földünk lánc-hegységeit kísérik. Bányageológiaiilag a krassószörényi granodiorit-öv a *kontakt és metasztatikus érczek* övének nevezhető. Ezek a granodioritek áttörték a jura- és krétakorú mészköveket és az üledékeket részben márvánnyá, részben a kontakt ásványok egész sorozatává alakították. Az ércz, impregnáció alakjában, leginkább tömzsőkben fordul elő. Vaskőn, Dognácskán főképp magnetit, hematit és limonit található. Ezenkívül galenit, bornit, chalkopirit, tetraedrit, szfalerit, pirit és arany is előfordul. Az oraviczai, csiklovai, szászabányai s új moldovai kovandfészkeket hajdan arany, ezüst és réz céljából művelték, jelenleg inkább a pirittömzsöket fejtik. Dognácska, Vaskő tömzsőiből régebben az ezüst-, réz- és ólomtartalmat fejtették ki, míg jelenleg az 50-60% *Fe* tartalmú mágnesvasérczeket és vörösvasérczeket keresik. Eddigél ezekből a tömzsökből 5½ millió tonna vasérczet fejtettek, s a reménybeli vasérczkészlet 5 millió tonnára becsülhető. Ércztömzsök gyanánt írják le az *óradna-bényesi ólom és kénkovandtelepeket is Besztercze-Naszód megyében*. Ezek a kovand-tömzsök tulajdonképp telérek, a melyek a kristályos palák és az andezit-konglomerátok határán húzódnak s helyenként tömzsökké vastagodnak. A kovandok 300 m mélységig ismeretesek s az egyes tömzsök hossza 60 m, vastagsága 10-15 m. A tömzsök kovandját a következő ásványok alkotják: 60%-át pirit és pirrhotin, 20%-át sziderit, 10%-át galenit s a hiányzó 10%-ot különféle metasztatikus ásványok alkotják. Ezen óradna-bényesi ércztömzsök összes mennyisége mintegy 500000 tonnát tesz ki.

Ugyancsak tömzsöknek tekintik a *szepesmegyei Szomolnok kovandtelepeit*, a melyek érczei: pirit és chalkopirit, kvarcz kíséretében kisebb-nagyobb tömzsőkben található. Az érczvonulat kelet-nyugati irányban 3 km-nyire nyomozható, a mely nyolcz szintben 360 m mélységig van feltárva. Az érczmennyiség 1200000 tonnát tesz ki, a melynek legnagyobb részét azonban már kibányászták. A szomolnoki kovandtömzsök karbonkorú grafitos palák és porfiroidok között települnek és mintegy átmenetben vannak már a teleptelésekhez.

C) A **teleptelések** legszebb példáit a *vasércztelepekben* találjuk. Hazánk *leggazdagabb vasércztelepei a Szepes-Gömöri Érczhegységben* a karbon- és permikorú üledékekben, a porfiroidok kitörése következtében keletkeztek. A telepek a zöldkőből (amfibol- és plagioklásztartalmú metamorf diabázból), zöldkőpalából (diabázpalából) és metamorf karbon- és permi üledékekből álló hegységben, a Felsőmagyarországi Érczhegység szélével párvonalasan Dobsinától Kassáig 70 km hosszúságban húzódnak. Ezek a telepek általában a mellékkőzet csapását és dülését követik, kelet-nyugati csapásban leginkább meredek déli düléssel sorakoznak, s ezért telepjellegűek. Viszont határozott hasadékrendszer követnek, s így tk. telérek, a miért is rájuk a teleptelér elnevezés a legtalálóbb. A Szepesi Érczhegység telepteléreinek főásványa: a vaspát (sziderit) s járulékos ásványai: a szulfidos érczek, mint a tetraedrit, chalkopirit, szfalerit, míg a pirit ritkább. A vaspát (sziderit) vastartalma az eredeti, mélységbeli szintben, a talajvíz szintje alatt, 36-38% Fe; míg a magasabb szintekben barnavasérczczé (limonittá) alakult, gazdagabb 45-50% Fe tartalommal. A vaskalapban azután számos másodlagos ásvány, így cinóber, higany stb. található.

A Szepesség leghatalmasabb teleptelére a *Durva-ér*, a mely kelet-nyugati csapásban a különböző bányákban fel-feltűnik, 20-25 m vastagságban, több száz méternyi mélységig feltárva. Ezt a középső Durva-eret egy északi és egy déli mellékér követi s a három főéren kívül még 10-12 vékonyabb tellérraj kíséri a szepesi teleptelérvonulatot. Délebbi teleptelérvonulat Dobsina körül van, a hol a Golyóhegy alsó karbonkorú mészkőve metasztatikusan vasérczteleppé változott. Ebben a vasércztelepben a legalsó ankerittől kezdve a vaspáton, vörös vaskőn keresztül egész a barnavasérczig a különböző jellegű érczeket mind megtalálhatjuk. A hatalmas vaskőtelepnek érczmennyisége 5 millió tonna volt, a melynek jórészét azonban már lefejtették.

Még hatalmasabbak a *Vashegy-Rákos*, vasércztelepei Gömör megyében. Ezek BÖCKH HUGÓ vizsgálatai szerint permikorú grafitos palák között települnek és pedig tömlőszerűen kitáguló telérekben. Egy-egy tömlő 50000 tonna vasérczet is tartalmaz. Eredeti ércesedése a mélységbeli zónában sziderit, a mely a talajvíz szintje fölött a tetők felé limonittá alakult át. Hazánk legnagyobb vasbányái a Szepes-Gömöri Érczhegység telepteléreiben vannak, s a 48 helyen feltárt vasérczkészlet 74 millió tonnára becsülhető.

Másik hatalmas vasbányavidékünk a hunyadi vaskővonulat, a mely a hunyadmegyei Alsótelektől a krassószörénymegyei Ruszkiczáig kelet-nyugati irányban 40 km hosszúságban, átlag 100 m szélességben húzódik, s rajta négy nagyobb vállalat bányáskodik. A hunyadi vasércztelep a kristályos palák és a devonkorú mész és dolomit határán húzódik.

A vasércz a palák rétegeivel párhuzamos tömegekben fordul elő, vagyis telepszerűen. Azonban az ércesedés vonulata határozott hasadékokat követ, a mi viszont telér jelleget mutat. Ezért HALAVÁTS GYULA a hunyadi vaskővonulatot teleptelérnek nevezi. A legnagyobb vaskőtelepet a gyalári kincstári bányászat tárta fel (496. kép). A kristályos palákra települt devonkorú dolomitos mészkő metasztatikus átalakulása okozta ezt a hatalmas ércztelepet. *Granit-lakkolitra* kell itt gondolnunk, a melynek rejtett kitörése okozhatta a vashidro-karbonátos források feltódulását és így a mésznek vaspáttá való átalakulását. A vaskőtelep fillírszerű palákba van beágyazva, de az ércz a dolomitos mészhez kapcsolódik. A legmélyebb szintekben az ércz mészvaskő (ankerit), följebb vaspát (sziderit) 38% Fe tartalommal, a mely azután a talajvíz szintje fölött limonittá alakult át s a kiterült vaskalapban gazdag vasérczeket tartalmaz. Legtisztább barnavaskőve a kékércz (mangántól színezett barnavaskő) 58% Fe tartalommal. A gyalári vasércztelep elsődleges ásványai között nevezetes jelenség a *grafit*, a melynek itt szerves eredete ki van zárva s ezért keletkezését a mélységből feltörő karbonilek (C O) lecsapódásából magyarázhatjuk. A gyalári vasércztelep feltárt készlete mintegy 7 millió tonnára becsülhető.

[492.JPG]

496. kép. A gyalári vaskőtelep Hunyad-megyében. A kristályos palák közé települt dolomitos mész metasztatikusan pátvaskővé (szideritté) alakult, a mely a felső szinteken barnavasérczczé (limonittá) változott át. (PAPP KÁROLY geológiai szelvénye.)

A Szepes-Gömöri Érczhegység és a Hunyadi Vaskővonulat teleptelérein kívül hazánkban még számos vasérczterület van. A hét vasipari kerületben összesen remélhető vasérczmennyiséget 144 millió tonnára becsülhetjük, a mely évenként 2 millió tonna vasérczszükségletünket hazánk, fokozatosan nagyobbodó termelése mellett is, mintegy 55 évre biztosítja.³⁸ A világ vasérczkészlete a stockholmi geológiai kongresszus becslése szerint alig 60 évre elégséges; pedig egyedül az Egyesült-Államokban 4300 millió tonna van feltárva. Vasérczkészlet dolgában hazánk a 17. helyen áll; Európában még csak Olaszország, Svájc, Románia és Szerbia van mögöttünk.

D) Telepszerű szintekben találjuk a Bihar-hegység *bauxit*-érczeit, a melyek 50-55% Al_2O_3 tartalmukkal a magyar *aluminium*-ipar alapjául szolgálhatnak.

³⁸ PAPP KÁROLY: A magyar birodalom vasércz- és kőszénkészlete. Egy térképpel és 255 ábrával, Budapest, 1916. Kiadta a Magyar Földtani Intézet.

VIII. fejezet. Hazánk ásványshéntelepei.

A kőshénról szőló fejezetben említettük, hogy hazánkban a karbontól kezdve a legfiatalabb harmadkorig csaknem minden képződményben találunk szenet.

Hazai szeneinket koruk szerint a következőképpen csoportosíthatjuk:

1. *Karbonkorú kőshéntelepek.* Valódi kőshenünk csak éppen hogy mutatóban van Krassó-szörény vármegye néhány helyén. Az Alduna mentén az újbányai shénteknőcske alig 2 km² területével és mintegy 3 millió tonna készletével olyan kis csónakhoz hasonlítható, a mely több ezerszeresen kicsinyített mása egy hadihajónak. A felsőshiléziai karbonmedencze 30000 km² területéhez hasonlítva, a melyet a czuhowi 2.3 km mély fűrás még nem hatolt át, valóban elenyésző kicsiny az újbányai shénteknő. A tiszafa-újbányai, továbbá a bigér-kemencseszéki karbonshéntő különben igen jó minőségű 7000-7500 kalóriás kőshenet szolgáltat. Karbonkorú kőshén nyomait találjuk meg a Zempléni szigethegységben, Toronya határában, a hol a gazdag felsőkarbonkorú növényzet vékony antracitos teleppé sajtolódott.

2. *Permkorú kőshén* nyomai a krassóshörénymegyei Goruja és Klokotics vidékén található.

3. *Liaszkorú feketeshéntelepeink* a krassóshörénymegyei Anina vidékén vannak. Ezek a telepek 9 km hosszú és 2 km széles nyereg oldalán ellipszis alakban húzódnak, s igen meredek dűlésű shénrétegeit az Osztrák-Magyar Államvasút Társaság 570-630 m mély aknákkal bányássza. Az Anina-Stájlerlakvidéki shén 6000-7000 kalóriájú. Gazdag feketeshéntelepeket tartalmaz a Mecsek-hegység, a melynek déli szárnyán 15 km hosszú hajlott ívben 25 shéntelep húzódik. A pécsi szárnyat a Dunagőzhajózási Társaság 100 év óta műveli, s eddigelé 25 millió tonna shenet termelt innét, remélhető készlete 104 millió tonna. A Mecsek-hegység középső vonulatán a komlói telepen a kincstár bányáshkodik, míg az északi Magyareregry és Hidasd között levő 15 km hosszú telepvonulatot társulatok fejtik. A mecseki bársonyos zsíros shén fűtőképessege 6000 kalória körül van.

4. *A krétakorú képződmények* csak kisebb telepeket tartalmaznak 4500-5000 kalóriás shénnel a bihari Nagybaród és a veszprémi Ajka vidékén.

Az 1-4. pontok alatt felsorolt telepekből összevéve alig 140 millió tonna kőshenet és fekete-shenet remélhetünk.

Legfontosabbak hazánkban a harmadkori barnashenek.

5. *Az eocshénkorú barnashénterület* Tatabánya és Felsőgalla vidékén igen jó, 6000 kalóriás shenet szolgáltat, a hol a Magyar Általános Kőshénbányatársulatnak 200 millió tonna készlete van. Ezenkívül Esztergom, Dorog, Tokod, Sárísáp vidékén régi bányák vannak ezekben a shéntelepekben, míg újabban a Budai hegységben Pilisszentiván, Vörösvár és Nagykovácsi határában művelnek kisebb barnashéntelepeket. Ezek a fővárosi elektromos-műveket látják el shénnel.

7. *Oligocshénkorú shéntelepeink* közül legfontosabb a zsilvölgyi shénmedencze, a mely 40 km hosszóságban s átlag 6 km szélességben, tehát 240 km² terület alatt 16 telepet tartalmaz. A livazényi 730 m-es fűrással a shénteknőt teljesen feltárták; főtelepe 40 m vastag tiszta shenet tartalmaz. A shénteknőt Petrozsénytől Urikányig négy bányatársulat bányássza. Eddigelé félsházad alatt 22 millió tonnát fejtettek ki és remélhető készletük 500 millió tonna. A zsilvölgyi shén 5000-7000 kalóriás és jól kokszolható (497. kép).

497. kép. A zsilvölgyi medence keleti részének szelvénye. Az észak-déli irányú metszet a 207 m mély Deák-aknából kiindulva a livazényi 730 m mély fűrésig halad és 16 telepet mutat. A felső oligocén korú barnaszéntelepek a medence belseje felé fokozatosan vékonyodnak. (PAPP KÁROLYY szerint.)

Oligocénkorú széntelepeink vannak a kolozsmegyei Almásvölgyben, Egeres, Farkasmező s Kiskeresztes vidékén mintegy 20 millió tonna remélhető készlettel.

7. *Alsómediterránkorú széntelepeink* központja Salgótarján. Ezeket a telepeket a szabadságharc óta művelik, s eddigelé 38 millió tonna szént bányásztak innét. A 200 km² terület alatt 75 millió tonna barnaszén remélhető a 4500 kalóriás szénből. Ugyanilyen korúak a Sopron megyében levő brennbergi s réczényi barnaszenek, a miket 1765 óta művelnek, a 4600 kalóriás szén készlete 28 millió tonna körül van.

8. *Felsőmediterránkorú barnaszéntelepeink* a borsodi Sajó völgyében szép jövőt ígérnek; a 3000-4000 kalóriás barnaszenek készlete legalább 120 millió tonna. Még nagyobbak a nyitrai barnaszéntelepek, a miket 60 fűréssal állapítottak meg. A 4500 kalóriás barnaszénből a Nyugatmagyarországi Társulat 280 millió tonnát remél. A Fehér-Körös mentén Brád-Körösbánya között és a bozovicsi Almásvölgyben vannak ilyen korú kiadós telepeink.

Az 5-8. pontok alatt felsorolt telepekből, összesen 1442 millió tonna, tehát hazánk összes készletének 3/4 része adódik ki.

9. *Szarmata- és pontusi-korú lignitek* a szatmármegyei Ávas medenczében és a bihari Bodonos Derna határában vannak.

10. *Levantei-korú lignitjeink* a székelyföldi Erdővidéken, Köpecz körül mintegy 43 millió tonna készletet adnak.

Ha Magyarország összes szénttermelésének fejlődését 100 évre visszamenőleg tekintjük, azt látjuk, hogy az 1813. évben ásványszéntermelésünk még 7500 tonna volt, 1850-ben 85000 t, 1860-ban 475000 t, 1870-ben 1153000 t; 1890-ben 3269000 t, 1900-ban 6575000 t, 1910-ben 9036000 t, és a világháború kitörése előtt 1913-ban 10274000 t. Ez a fokozatos fejlődés egyúttal jelzi iparunk fejlődését is az elmúlt száz évben. Összehasonlításképpen közlöm a Föld legnagyobb szénttermelő államainak szénttermelését az 1913. évben:

1. Északamerikai Egyesült Államok	517 millió tonna
2. Nagybritannia	292 " "
3. Németország (Porosz-Sziléziával)	278 " "
4. Ausztria (Csehország, Osztr.-Szilézia)	43 " "
5. Franciaország	41 " "
6. Európai és ázsiai Oroszország	30 " "
7. Belgium	23 " "
8. Magyarország	10 " "

A világháború kitörése előtt az Egyesült Államok a Föld szénttermelésének 38%-át, Nagybritannia 21%-át, Németország 20%-át, Ausztria 3%-át, míg hazánk csak 0.76%-át termelte.

A széntermelés aránya legjobban mutatja az államok ipari fejlettségét is. Hazánk, bár csak 0.76%-át termelte a világ összes széntermelésének, mégis a sorozatban a hatalmas Oroszország és a fejlett iparú Belgium után következik és messze túlhaladja a termelésben Itáliát és a balkáni államokat, a melyeknek (Bosznia kivételével) sem vasuk, sem szenük nincs.

Összes remélhető ásványszénkészletünk 1717 millió tonna barnaszén, mely évenként $\frac{1}{2}$ millió tonnával emelkedő termelést tételezve fel, hazánk szükségletét 65 évre fedezi. Sajnos, valódi kőszéntelep felfedezésére nem sok a remény, úgy hogy vigasztalan helyzetünket a szén pótlása által a jövőben csak a földgáz enyhítheti.

IX. fejezet. A földgáz jövője hazánkban.

A földgáz többféle szénhidrogén-vegyület keveréke, mely azonban legnagyobbbrészt metánból (CH_4) áll. Hazánkban évtizedek óta ismerjük ezt a gázt és 30 évvel ezelőtt ZSIGMONDY VILMOS a *püspökladányi artézi* fúrásból kiömlő gázt meg is gyújtotta, a mikor még BAROSS GÁBOR akkori kereskedelemügyi miniszter is lesietett az «égő földi szövétnek látására».

A) **A Nagy Magyar Alföldön** a gáztadó kutakat - PAZÁR ISTVÁN 1906. évi munkája nyomán - a következőképp csoportosíthatjuk:

1. A *Tisza-Berettyó közén* nevezetesebb fúrások Püspökladány 277 m kútja, a mely a levantei rétegekből óránként 30 hl gázt ad s ezzel a pályaudvart világítják. Karczag I. artézi kútja 250-400 m mélyből, Nádudvar és Pusztakócs fúrásai már 12 m mélyből gázt adtak. A bihari Nagyrábé 312 m mély kútja óránként 15 hl gázt szolgáltat. Ezt a gáztadó vidéket nyugaton a Tisza pereme, keleten a debreczeni hátság határolja (487. kép).

2. A *Maros-Temes közének* első gáztadó kútja az Aradon 1892-ben készült Simay-kút, a mely 300 m mélyből a 48 hl vízzel együtt 9 hl gázt szolgáltat. Azóta 3 kutat is fűrtak, a melyek 125 lóerős üzemet látnak el állandóan gázzal. Mezőhegyesen ugyancsak több gáztadó fúrás van s a gázzal a községet világítják. Továbbá Csanádapácza, Tótkomlós és a Marostól délre Ifigenia-major gáztadó kutjai, az Ifigenia 515 m fúrásából óránként 90 hl víz mellett 84 hl gáz száll föl. A temesvári Templom-tér 420 m kútját éppen a gáz miatt nem használják. Az alföldi gázok összetétele főképp abban tér el az erdélyi gázokétól, hogy az artézi kutak gázai tetemes nitrogént is tartalmaznak. Mindezeknek az alföldi gázoknak eredete a levantei időkbe nyúlik vissza és mocsarakban elrothadt állati anyagokból magyarázható.

3. A *Duna-Tisza szögén, Titel vidékén* igen erős gázömléseket ismerünk. Titelben 142 m mély kútból erupcióval tört fel a gáz. Titeltől északra Torontál-Erzsébetlakon (Fehértó) 257 m mélyből állandóan bugyborékol a gáz.

4. A *Duna mellett Baja és Zombor* alatt vannak gázkutak.

5. *Kaposvár környékén Lábod községben* 506 m mély és Nagyatádon 403 m mélységű artézi kutakból tör fel a gáz.

6. *Budapest környékén Órszentmiklóson* a kisczelli agyagból tör elő tetemesebb földgáz. Ugyanezt a gázt a budapesti városligeti artézi kút fúrásakor is megtalálták 680 m mélység alatt. Ez a gáz 58% metánt, 32% nitrogént, 8% széndioxidot és 2% oxigént tartalmazott.

A Nagy Magyar-Alföld felsorolt gázkutait az artézi kutakat ábrázoló 487. képen a vonalkázott területek alatt láthatjuk.

B) Egyéb gázterületek:

7. *A nyitramegyei Egbell* vidékén végzett fúrások tetemes gázt tártak fel. Az egbelli vasúti állomástól délre 1 km-nyire az erős földi gázömlést a lakosok már régóta ismerték, sőt egy egbelli földműves csövön házába is bevezette. A gázömlés a vizet forrásban tartotta; s a színtelen, szagtalan gáz erősségre vetekszik a báznai vagy a magyarsárosi gázömléssel. E nyomokon indult meg a fúrás Egbell vidékén, és BÖCKH HUGÓ útmutatásai nyomán ma már 14 fúrás ontja ezen a vidéken a gázt és a rendkívül értékes kenőolajat. Az egbelli gáz és olaj a mediterrán, ú. n. slir-rétegek boltozatos kupoláiból fakad; a kutak 1915. évi termelése 43188 q kenőolaj volt.

8. Petróleum-gázterület *Körösmező-Vissó és Izaszacsal* vidéke, a melynek petróleumot adó paleogén rétegei már inkább a galicziai vonulat típusát mutatják.

9. *Szilágycseh és Zilah környéke* ugyancsak számos nyomát mutatja a gázömléseknek; Szilágynagyfalu artézi kútjában és a szilágynagyfalusi Nagyhalom környékén jelentős gázforrásokat találtak.

C) Az Erdélyi Medencze földgázkincse.

10. Erdélyben a *természetes gázömléseket* századok óta ismerjük. A kisküküllővármegyei Bázna égő gázait és a magyarsárosi Zügó gázömléseit már sokan leírták (KÖVÁRI LÁSZLÓ: Erdély földje ritkaságai, Kolozsvárott, 1853., 210-212. old.; PAPP KÁROLY: A Föld, Műveltség Könyvtára, IV. köt., 1906., Budapest, 91. old.; BAUER GYULA: Körösbányai földgázok, Bány. Koh. Lapok, Budapest, 1906., 42. köt., 487. old.), a nélkül, hogy különös jelentőséget tulajdonítottak volna ezeknek.

Az 1907-ben megindult kálisókutatások derítették fel e gázok nagy jelentőségét. Az első fúrás az Erdélyi Mezőség közepén Nagysármáson kálisókutatások céljából történt, amiként erről a Függelék I. fejezetének B) pontjában részletesen szoltunk. Ettől a fúrástól keletre 4 km-nyire van a kissármási Bolygórét, a melynek mocsárgázás sósfürdője mellett kezdtük a II. sz. fúrást 1908-ban. Ez a II. sz. kút adta azt a tüneményes erejű gázömlést, a mely máig a legnagyobb erejű gázkútja Európának. A kissármási mély fúrás sok viszontagság, kétéves szabadömlés, többszörös robbanás és egyéb bajok után ma is egyformán 27 légköri nyomással szolgáltatja a tiszta metánt. A 302 m mély fúrás, mediterránkorú mezőségi sós agyagból, dómszerű boltozat kupolájából a földkerekség legtisztább gázát adja. A kissármási gáz fajsúlya 0.55, elégségi hője 8530-8600 kalória, úgy hogy fűtőereje a legjobb porosz szénét is fölülmulja. A gázkút szelvényét a 482. és elzáró szelepét a 498. kép mutatja.

A földgáz neme	Leechbury (É. Amerika)	Baku öröktűz (Kaspi-tó)	Neuengamme (Hamburg)	Wels 470 m kút (Felső- Ausztia)	Mezőhegyes 507 m kút	F. Bajom (Bázna)	Kissármás II. sz. kút
Metán	89.65	93.09	91.20	95.55	92.05	97.02	99.11
Etán	4.39	3.26	2.10	0.70	-	1.11	-
Hidrogén	4.70	0.98	-	-	-	-	0.35
Oxigén	0.07	-	1.50	0.62	-	0.31	0.40
Nitrogén	0.58	0.49	4.90	2.96	7.30	1.36	0.14
Széndioxid	0.61	2.18	0.30	0.17	0.65	0.20	-
Összesen	100	100	100	100	100	100	100

A fúrásból kiömlő gáz mennyisége másodpercenként átlag 10 m^3 , óránként 36000 m^3 , vagyis naponként 864000 m^3 . Erejére nézve a földkerekség negyedik gázkútja, minthogy csak három északamerikai gázkút mulja felül, nevezetesen a Pittsburg mellett levő gázkút 83000 m^3 , a pennsylvaniai Hoge-kút 70750 m^3 és a kaliforniai Matson-Terrain-kút 41150 m^3 óránkénti gázmennyiségével; negyedik a sármási kút, óránként 36000 m^3 gázzal.

498. kép. A kissármási gázkút, az aldalszelepből kiáramló kékszínű földgázzal. (PAPP KÁROLY 1909. évi fotografiája.)

A kissármási gázkút sikere a magyar kormányt rendszeres kutatásokra sarkallta s megbízásából BÖCKH HUGÓ vezetésével számos kitűnő geológus éveken át tanulmányozta az Erdélyi Medence geológiai szerkezetét. Mindezekből a kutatásokból kiderült, hogy az erdélyi gáztartó neogénrétegek lapos boltozatokba gyűrve észak-déli irányú vonulatokat alkotnak s a gázok főképpen a dómszerű, brachiantiklinális kupolákból törnek elő. A geológiai kutatásokkal kapcsolatban a magyar pénzügyminisztérium 30 mély fúrást is végeztetett s ezek között az V. számú marosugrai fúrás 1282 m mélységével ezidő szerint hazánk legmélyebb fúrása. Az erdélyi gázkutak helyzetét az 500. képen az I-XXIX. Számokkal jelzett fúrások tüntetik fel, s a gázmezők határát csipkézett vonal keríti be.

Az erdélyi nevezetesebb gázkutak mélysége és gázmennyisége BÖCKH HUGÓ és BÖHM FERENCZ szerint (Jelentés az Erdélyi Medence kutató munkálatairól, 1913, II. r.) a következő:

Erdélyi gázkutak		Mélysége	Gázmennyiség naponként
Kissármás II. számú fúrás		302 m	864000 m ³
"	X.	68 "	54371 "
"	XI.	86 "	65000 "
"	XII.	226 "	204063 "
"	XIII.	108 "	70000 "
"	XX.	129 "	169000 "
"	XXI.	220 "	56000 "
"	XXIII.	204 "	140000 "
"	XXIV.	307 "	36000 "
Mezősámsod	XV.	365 "	83300 "
"	XVI.	230 "	66000 "
Magyarsáros	XVIII.	153 "	196000 "
"	XIX.	327 "	40166 "
Bázna	XIV.	140 "	55000 "
"	XVII.	147 "	38000 "
"	XXVI.	147 "	20000 "
Medgyes	XXII.	102 "	18000 "
"	XXV.	118 "	86000 "
Mezőzáh	XXIX.	103 "	108000 "
Összes gázmennyiség		- m	2368900 "

A kissármási kutak 1658434 m³, és az összes erdélyi fúrások 2368900 m³ gázt szolgáltatnak naponként. E szerint az erdélyi gázkutak évenként 864648500 m³ gázt ontanak. Ennek értékét csak úgy tudjuk megítélni, ha a külföldi gázmezőkkel összehasonlítjuk.

Északamerika gázmezői	16.750 milliárd m ³ gázt adnak évenként					
Erdély	0.864	"	"	"	"	"
Németország	0.190	"	"	"	"	"
Oroszország	0.150	"	"	"	"	"

Az erdélyi gázok jelentőségét kezdetben túlbecsülték, figyelmen kívül hagyva azt, hogy a gázkutak néhány évtized alatt kiapadhatnak, s kérdéses, hogy az újabb fúrások ugyanolyan erős gázömlést adnak-e, mint a régiek. Mert kétségtelen, hogy a fokozott fúrások éppúgy, mint az alföldi artézi kutak vizét, az erdélyi gáztartók mennyiségét is csökkenteni fogják. Éppen ezért az erdélyi gázkészlet becslése nagyon problematikus. A pesszimisztikusabb és optimisztikusabb hazai és amerikai geológusok az erdélyi gázkincset 17 milliárd m³-tól 72 milliárd m³-ig becsülik. Az amerikai geológusok 1 m² terület alatt 140 m³ gázt vettek alapul, s ily módon az erdélyi 515 km²-t kitevő gázmezőkből 72 milliárd köbméter értékesíthető földgázra következtek. (*Ant. Pois, Das Erdgas, Petroleum, Berlin-Wien, 1917, 86. l.; Roller Benő, Az energiák gazdaságos kihasználása, Budapest, 1918, 113. lap*). A magasabb becslést véve alapul, 72 milliárd m³ gáz körülbelül 100 millió tonna 6000 kalóriás köszénnek felel meg. Ha meggondoljuk, hogy hazánk évi köszénfogyasztása 15 millió tonna, úgy az erdélyi gázkincs mindössze 7 esztendőre pótolná teljesen köszén szükségletünket.

X. fejezet. Gipsz- és sóbányáink.

Hazánk gipsz- és sóbányái a harmadkori üledékekhez vannak kötve.

A) **Gipsztelepeink** részint az eocén, részint a miocén rétegcsoportban települve találhatók és főképp Erdélyben gyakoriak.

1. *Eocénkorú gipsztelepeket* az Erdélyi Medencze peremén találunk. Kolozsvártól nyugatra a közép eocén sorozatnak *Nummulites perforata* tartalmú, padjában vannak gipsztelepek, a melyek Jegenye-fürdő körül 10 m vastagságot is elérnek. Főképp azonban a felső durvamész rétegei tartalmaznak igen jó minőségű gipsztelepeket. Különösen Zsobok és Sztána vidékén feltűnő sok a gipsz, a melyeknek hófehér rétegpadjai mindenfelé kibujnak a szakadékok, oldalain. A zsoboki Rétoldalból fejtik a «zsoboki márvány» néven ismert foltos, tarka gipszet, a melyből gyönyörű dísz tárgyakat faragnak. Egeres, Tóttelke, Oláhnádas és a nyárszói Mész-mál hegyen 10 m vastagságú és nyugodt, csaknem vízszintes településű gipsztelepeket találunk, a melyek oly elterjedtek, hogy a környék falvaiban az alabástromot udvarkerítésre és útkavicsolásra használják. A gipsztelepek egy részét az «Egeresi Gipsz- és Mútrágyagyár» dolgozza fel. Ugyancsak közép-eocénkorú gipszeket találunk a szilágymegyei Felsőkékesnyárló és Zsibó vidékén, a báró Wesselényi-féle Tálás erdőben.

2. *Még elterjedtebbek a mediterrán- v. miocénkorú gipsztömzsök*, a melyek az Erdélyi Mezőség nyugati peremén, az egykori miocénkorú tenger beszáradó öbleiben rakódtak le. Dél felől kezdve: a Marostól délre Balásfalva Karpinis nevű erdejében találunk szép alabástromszerű gipszet, a Marostól északra Gyulafehérvár mellett Borbánd határában fejtik a gipszpadokat. Régóta művelik a tordaaranyosvármegyei gipsztömzsöket, a melyek Várfalva, Koppánd és Mészkö községek határában gyűrődött mediterrán korú rétegek között települnek. Az Aranyos folyó mellett a várfalvi gipszgyár dolgozza fel e gipsztömzsök egy részét. Ezen a tájon igen szépen látszik, hogy az alaphegységre települő miocénrétegek agyagjai alul gipsztelepekkel kezdődnek s ezek fölött, illetőleg a medencze felé beljebb következnek a tordai sőtömzsök (500. kép). A miocénrétegeknek messze nyugati beöblösödésében is tetemes gipsztelepeket

látunk a hunyadmegyei Szászváros közelében, Romosz és Vajdej határában. Mindkét helyütt 1870 óta bányákban fejtik, s nyers állapotban építkezésre, míg égetve műtrágya gyártására használják. Messze nyugaton, még az Erdélyi Érczhegység belsejében is ott találjuk a miocénkori gipsztömzsöket, andezittufák közé ágyazva, a körösbánya-riskai Kásza Kukuluj és Kristyór vidékén; a Brádtól keletre levő Seszúr falu pedig templomostul együtt gipsz-sziklákon épült. Máramarosban Aknasugatag és Rónaszék sóformációjából ismerjük a szennyesfehér, finomszemű gipszet.

B) Sótelepeink kivétel nélkül a *miocén-formációban vannak*, mint az egykori mediterrán tenger öbleiben elpárolgó tengervíz maradványai.

1. *Északon* Eperjestől keletre *Sóvár*, *Sósújfalu* és *Sóskút* vidékén találunk agyagos sótelepeket, a melyekből *Meletta*-halpikkelyek, *Lamna*-fogak és foraminiferák kerültek elő, a melyek alapján mediterrán-koruk kétségtelen. A sóvári agyagos kősó nagyon hasonló a keletgalicziai Kalusz «Haselgebirge» néven ismert sótelepéhez (365b. kép), s minthogy a sóvári sóban 0.19% káliumoxidot is találtak, ezért ha valahol hazánkban, úgy csakis Sóvár vidékén lehet némi remény a kálisótelepek felfedezésére. A sóvári agyag közvetlenül a kárpáti homokköre települ, alul gipszpadokkal, följebb sósmárgával. A sárosmegyei sóformáció DK felé sósforrások alakjában folytatódik; így Szilvásújfalu, Magyarizsép és Sátoraljaújhely közelében számos sósforrás jelzi a kősóformáció és a sóagyag vonulatát.

2. *Máramarosi sótelepeink.* A Máramarossziget vidékén levő sótelepek agyagjából *Pecten denudatus*, *Globigerina triloba* REUSS és gazdag foraminifera-maradványok kerültek elő, s ezek alapján mediterrán-koruk kétségtelen. Ezen a területen Aknaszlatina, Rónaszék és Sugatag régi bányáiban évszázadok óta fejtették a magyar királyok a sót. Az aknaszlatinai sóbányákat 1904. április havában veszedelmes vízbetörés fenyegette, a mellyel akkortájt az egész magyar közvélemény foglalkozott. Máramarosszigettől északra, közel a Tisza kanyarulatához van a szlatinai sőtömzs 2100 m hosszú, 1700 m széles tömege, a melynek mélységét nem ösmerjük (499. kép). A sótelepet terraszszerű emelkedés fűdi, a mely 20-30 m vastag kavicstelepből áll. A kavicstelep a csapadékvizeket elnyeli és a sóbánya felé vezeti. Másrészt nagy áradások idején a Tisza is szaporítja Veresmartnál a kavicstelep vizét. A talajvizek keletről nyugat felé áramlanak s újtókba ejtik a sótelepet is, a melyet csak vékony agyagtakaró véd az elmosatástól. A 20 m-es agyag helyenként 2 m-re vékonyodik, s ilyen résen tört be 1904 tavaszán a talajvíz, a mely óránként 800 hl vizet ontott a Kunigunda-aknába. Ez az akna 720 m hosszú, 230 m széles és 130 m mélységű terem, melyben a víz a megfeszített szivattyúzás mellett is mindjobban emelkedett. Szerencsére a víz, mihelyt sóval telítve van, nem oldja tovább a sót, és így nem is rongálja tovább a sótestet. Éveken át folytatott munkálatokkal végre is sikerült a bányát megmenteni, amiben nagyrésze volt SZONTAGH TAMÁS földtani intézeti főgeológusnak.

3. *Az Erdélyi Medencze sótelepei.* Az erdélyi sótelepek eredetét KOCH ANTAL tisztázta, s helyzetüket, a felső mediterrán-emelet mély tengeri facziése gyanánt, a mezőségi rétegek között szabta meg. Az erdélyi sótelepek a mezőségi rétegek középső szintjába esnek, közelebb az alsó, mint a felső határhoz. A sőtömzsök mélysége eddig 200-230 méternyire ismeretes, de közvetlen fekvőket még sehol sem hatolták át. A sőtömzsök tulajdonképpen kúpalakúan feltölt s összeszorított kősórétegek, a melyeknek eredeti vastagsága jóval kisebb volt. A kősót többnyire sós agyag védi, de a kősókúp hegye néha átszakította a védő agyagköpenyeget és a felszínre jutott. Az Erdélyi Medencze nyugati peremén a kősót a mezőségi márgák és daczit-tufák környezik, ellenben keleten és délen a jóval fiatalabb szarmata és pontusi rétegek közül búvik ki. Ezt a jelenséget BÖCKH HUGÓ, VITÁLIS ISTVÁN s számos fiatal geológus a legújabb kutatások nyomán olyképp fejtik meg, hogy a sótestek olyan helyeken, a hol

fiatalabb rétegek között vannak, tk. átdöfött redők magjai. Így keleten a parajdi, korondfürdői sótest is átdöfött redő magja, a mely a mezősegi és szarmata rétegeket átszakítva, az alsó pontusi rétegek közé tolódott. Sótelepeink geológiájával főképp POSEPNY FERENCZ és LÓCZY LAJOS foglalkozott, utóbbi tudós főképp az erdélyi kálisótelepeket kutatta.

[495.JPG]

499. kép. Az aknaszlatinai sóbányák szelvénye és helyszínrajza. A szelvény a dómalakúan felboltozott kősó-tömzsöt és az 1904. év tavaszán a Kunigunda-aknába történt vízbeömlést ábrázolja. (PAPP KÁROLY rajza.)

Az erdélyi sótelepek köröskörül a miocénkori medencze peremén helyezkednek (500. kép). Így ha délnyugatról kiindulunk, Vízaknáról észak felé Balásfalván és Kisaknán át Marosújvár sóbányájához jutunk, innét Torda, Kolozs és Szék hatalmas sómezőin át a désaknai sóbányákhoz érünk. Északon a szászníresi, bálványosvárjai és a sajóvölgyi sósziklák bukkannak elő, majd a sajómagyarosi sótelepek délkelet felé a bilaki, szászpénteki és görgénysóaknai só-tömzsökben folytatódnak. A Hargitta peremén a szovátai, parajdi, sófalvi sósziklák, a székelyudvarhelyi erős sóforrások tűnnek elő, míglen a homoródvölgyi sósziklákon át vissza délnyugatnak fordulva, Köhalm és Szentágota sóforrásait érintve, ismét Vízaknára jutunk. A hol a legkisebb sósziklácska kibukkanik, azon a rétegek boltozatosan fölemelkednek és köpenyszerűen burkolják a sótestet, legyenek azok akár mediterrán, akár szarmata rétegek. Ha a sótestek hosszanti irányban megnyúlnak, úgy a dómszerű képződményből hosszanti antiklináliszerű boltozatok válnak. Az antiklinálisok úgy a gipsz-, mint a sótelepek fölött 50-60°-ú, sőt meredekebb dűlést is mutatnak, míg magjuk: a gipsz vagy só szeszélyes gyűrődésekben sokszoros hurkokat formál (366. és 367. kép).

[496.JPG]

500. kép. Az Erdélyi Medencze peremén elhelyezkedő gipsz- és só-tömzsök helyszínrajza, a medencze belsejében fúrásokkal feltárt gázmező kitüntetésével. (PAPP KÁROLY rajza.)

Az erdélyi szabadon álló sósziklák, pl. Szászníres vagy Parajd határában, Európa miocén formációjának legszebb geológiai tüneményei.

Sóbányáink fontosságát legjobban megítélhetjük, ha Magyarországnak a háborút megelőző, 1913. évi sótermelését tekintjük:

1. Északi sóbányák	Sóvár	5914 tonna kősó		
2. Máramarosi sóbányák	Aknasugatag	24148	"	"
"	Rónaszék	23177	"	"
"	Aknaszlatina	49365	"	"
3. Erdélyi sóbányák	Vízakna	2289	"	"
"	Torda	1 577	"	"
"	Parajd	20304	"	"
"	Désakna	67429	"	"
"	Marosújvár	62245	"	"
"	Ipari célokra fejtve	45357	"	"
"	Összesen	301805	"	"

A háromszázezer tonna só értéke az 1913. évben 35014811 korona volt. Vagyis hazánk bányatermelésében, melynek összértéke 1913-ban 221 millió korona volt, a 35 millió korona már tekintélyes hányad. A konyhasó külkereskedelmi forgalmunkban is jelentékeny kiviteli cikk. A kivitel elsősorban Bulgária és Szerbia felé irányult, de exportáltunk Olaszországba, Afrikába, sőt Braziliába is. A jelenleg művelésben levő kilencz bánya is tetemes értéket képvisel hazánk nemzeti vagyonában, s ha arra gondolunk, hogy a Kárpátokban és Erdélyben legalább is 25 sótelepünk van, úgy bátran kimondhatjuk, hogy a kősó emberileg szólva, kimeríthetetlen tömegekben van hazánkban.

MESTERSZAVAK JEGYZÉKE.

(Idegen szavak magyarázata.)

ABLÁCZIÓ	(ablatio lat.) elhordás (hóolvadás, glecserolvadás által).
ABRÁZIÓ	(abrâdere lat. levakarni, elkopni) a tenger hullámai által való letarolás.
ABRÁZIÓS TERMINANS	(terminare lat. befejezni) az abrázió végső állapota.
ABISSZIKUS	(âbyssos gör. feneketlen, mély) nagy mélységekből eredő, mély tengeri.
ADVENTIV	(advenire lat. odajönni) esetleges, véletlen, járulékos.
AEOLIKUS	(Aiolos gör. a szelek királya) szelektől származó.
AGROGEOLOGIA	(agrós gör. föld, szántóföld) a szántóföldek talajának kutatása, talajkutatás-tan, talajföld-tan.
AKKUMULATIV	(accumulare lat. felhalmozni) felhalmozott.
AKRATOPÊGÊ	(âkratos gör. keveretlen, pegai, v. pege, gör. forrás) hideg forrás.
AKRATOTHERMA	(âkratos gör. keveretlen, thermós gör. meleg) hőforrás.
ALLOCHTHÔN	(allos gör. egy másik, chthôn gör. talaj) idegen talajon keletkezett.
ALLÚVIUM	(alluvium lat.) folyóvízi lerakódás, uszadéktalaj, iszapföld, jelenkori áradmány.
ANASZTRÓFA	(anastrophê gör.) átalakulás.
ANEKKATHERETIKUS	(aná gör. fel, ek gör. ki, kathairein tisztítani) alulról kiürített, kiújuló.
ANEMOGÊN	(ânemos gör. szél, gignomai gör. én leszek) szél folytán képződött.
ANTECEDENS	(antecedere lat. előre menni) előbb létező.
ANTIEPICZENTRUM	(anti gör. ellen, epicentrum) az epicentrum ellenpólusa.
ANTIKLINÁLIS	(anti gör. ellen, klinein gör. hajolni), ellenhajló rétegzés, rétegfelboltozás, boltozatos település.
APERTUM	hótakarótól mentes terület.
APHÔTIKUS	(a gör. nélkül, phôs gör. fény) a fénytelen mélységben levő.
APOFÍZIS	(apophysis gör. kinövés) elágazás.
ARID	(aridus lat.) száraz.
ASSZEIZMIKUS	(a gör. nélkül, seismós gör. rázkódás) rázkódás nélküli (terület).
ASZPIT	(aspis gör. pajzs) pajzsalakú vulkán.
ASZTRÁLIS	(astralis lat.) mint csillag (csillagkor).
ASZCZENZIÓ	(ascensio lat. fölemelkedés) feltolulás.
AUTOCHTHÔN	(autós gör. ugyanaz, chthôn gör. talaj) ugyanazon a helyen képződött, helytálló talajon maradó.
AUTOMÓRPH	(autós gör. maga, morphê gör. alak) saját alakkal bíró.

ACZIDITÁS	(aciditas lat. sav) savtartalom, savanyúság.
BARISZFÉRA	(barýs gör. nehéz, sphaira gör. golyó) a nehéz tömegek öve, nehéz központi mag.
BATHOLITH	(bathýs gör. mély, lithos gör. kő) mélységbeli tömzs.
BATHROKLÁZIS	(bathron gör. pad, klao gör. én török) padok közötti hézag.
BATHIÁLIS	(bathýs gör. mély) a mélységben levő.
BATHIMETRIKUS	(bathýs gör. mély, metron mérték) a víz mélysége szerint.
BELONIT	(belos gör. hajító fegyver) vulkáni lávatű.
BENTHONIKUS	(benthos gör. mélység) a mélységben élő, tengerfenéken lakó.
BIOLIT	(bios gör. élet, lithos gör. kő) életfolyamat által keletkezett kőzet (kőszén, mészkő stb.).
BIONOMIKUS	(bios gör. élet, nomos gör. törvény) az életre vonatkozó.
BIOSZFÉRA	(bios gör. élet, sphaira gör. golyó) az élet öve a Földön.
BOCCA	(többszám bocche olasz) száj, nyílás, vulkáni gőzök nyílása.
BONEBED	(angol) csontréteg.
BRADISZEIZMIKUS	(bradýs gör. lassan, seismos gör. mozgás) lassan mozgó.
BRECCIA	(olasz) törmelékkő, keverékkő, szögletes darabokból alkotott kőzet.
DEFLÁCZIÓ	(deflatio: deflare lat. lefujni) lefujás, szélokozta letarolás.
DEKLINÁCZIÓ	(declinatio lat.) elhajlás.
DENDRIT	(dendron gör. fa) faformájú rajz, mohaszerű bevonat.
DENUDÁCZIÓ	(denudatio: denudare lat. mezteleníteni) elfedett kőzetek szabaddátétele, letarolása.
DEPRESSZIÓ	(depressio lat.) besülyedés.
DESZCZENDÁLÓ	(descendere lat. leszállni) leszálló.
DESZKVMÁCZIÓ	(desquamatio: desquamare lat. hámlani) lehámlás, pikkelyes leválás.
DETRÎTUSZ	(detritus: deterere lat. lesúrolni) lesúrolás folytán keletkezett.
DIAGENÊZIS	(diagénesis gör. átalakulás) a kőzetek belső átalakulása.
DIAKLÁZIS	(diaklao gör. török) törés.
DIATREMA	(diatitrao gör. keresztül fúrok) áttörés.
DILÚVIUM, DILUVIÁLIS	(diluvium lat. elárasztás, árvíz) a Föld történelmének utolsó korszakában (=pleisztocén. korban) keletkezett képződmény.
DISZJUNKTIV	(disiunctus lat. elválasztott) elválasztás (törés) folytán keletkezett.
DISZKORDANCZIA, DISZKORDÁNS	(discordare lat. nem egyezni) szabálytalan település, egyenlőtlenül települt.
DISZLOKÁCZIÓ	(dislocare lat. eltávolítani) a réteg fekvésének változása, rétegzavargás.
DINÂMIKUS	(dýnamis gör. erő) erő által keletkezett.
DINAMOMETAMORFÓZIS	(dýnamis gör. erő, metamorphosis gör. változás) változás az erő hatása folytán.

EFFUZÍVUS	(effundo lat. kiönt) kiömlő lávából keletkezett (kőzet).
EFORÁCZIÓ	(efforare lat. kifúrni) kifúrás.
EKCZÉMA	(ekceo gör. felduzzad) kidudorodott, átdöfött redő magja.
ELŰVIUM	(eluvies lat. elfolyás, áradás) uszadékföld.
EMANÁCZIÓ	(emanatio: emanare lat. kiáramlani) a gázok kiáramlása.
EMERGENCIA	(emergentia: emergere lat. fölmerülni) fölmerülés.
ENDOGEN	(endon gör. belső, gignomai gör. leszek) a belsőben keletkezett (tellúrikus erő).
ENTOKINETIKUS	(entos gör. belül, kinêin gör. mozogni) belső mozgás folytán.
EPEIROGENETIKUS	(épeiros gör. szárazföld, gignomai gör. leszek) a szárazföldön, kontinensen keletkezett.
EPIGENETIKUS	(epi gör. fel, felül, gignomai gör. leszek) felülről származott.
EPIKONTINENTALIS	(épi gör. on, ön) a szárazföldön lévő.
EPICZENTRUM	(épi gör. felül, -on, -ön, centrum lat. középpont) középpont a felszínen.
ERÓZIÓ, ERODÁLNI	(erodere lat. megrágni, elmarni) a Föld felszínének letarolása, lehordása.
ERRATIKUS	(erraticus lat. bolygó, tévelygő) elhurczolt, vándor (kő).
ERUPCZIÓ	(erumpere lat. kitörni) kitörés.
ERUPTÓZE	(eruptio lat. kitörés) a kitörés által szolgáltatott anyag.
EURIHALIN	(eurýs gör. messze, hals gör. só) nagy sótartalom-ingadozásokat elviselő, váltakozó sótartalomhoz alkalmazkodó.
EURYTHÉRM	(eurýs gör. messze, thérmos gör. meleg) nagy hőingadozásokat elviselő, váltakozó hőmérsékletre alkalmazkodó.
EUSZTATIKUS	(eu gör. jól, stasis gör. állás) egyensúlyban lévő.
EVORZIÓ	(evortere lat. feltúrni, felvájni) vízmélyedés, kimosott mélység.
EXARÁCZIÓ	(exaratio lat. kiszántás) glecservájás, -szántás.
EXHALÁCZIÓ	(exhalatio lat. kilehelés) gázkiáramlás.
EXOGEN	(exo gör. külső, gignomai gör. én leszek) kívülről keletkezett, felszíni erő.
EXOKINETIKUS	(exo gör. kívül, kinêin gör. mozogni) külső mozgás folytán.
EXOSZTÓZIS	(ex gör. -ból, -ből, ostéon gör. csont) külső csontkinövés.
EXSZUDÁCZIÓ	(exsudatio lat.) kiizzadás, talajnedvesség párolgása.
FÁCZIES	(facies lat. arcz) valamely lerakódás vagy vidék kiképződése, arczulata.
FLEXURA	(flexura lat.) hajlás.
FLUIDÁLIS SZERKEZET	(fluidus lat. folyékony) folyásos szerkezet.
FLUVIÁLIS, FLUVIATILIS	(fluvialis, -tilis lat.) a folyóhoz tartozó, folyóvízi.

FORMÁCZIÓ	(formatio lat. képződés) kőzetképződmény, illetőleg az ez által jellemzett korszak.
FOSSZILIA, FOSSZILIS	(fosszilis lat. kiásott) kőzetbe ágyazott szerves maradvány.
FUKOIDÁK	(fucus lat. hínár, tengeri fű) tengeri hínárhoz hasonló képződmények.
FUMAROLA	(fumus lat. füst) izzó gáz és gőzkiáramlás.
GASZTROLITH	(gastêr gör. gyomor, lithos gör. kő) gyomorkő.
GEOANTIKLINÁLIS	(gê gör. Föld) a Föld redőzött vonulatai.
GEOBIOSZ	(gê gör. Föld, bios gör. élet) szárazföldi lakó.
GEÔDE	(geódes gör.) földszerű.
GEOID	(gê gör. Föld, eidos gör. alak) földalak.
GEOGNÓZIA	(gê gör. Föld, gnôsis gör. ismeret) a Földről szóló tudomány, földismeret (a geológia régebbi elnevezése).
GEOIZOTERMÁK	(gê gör. Föld, isos gör. azonos, thermos gör. meleg) az egyenlő földmelegség vonalai.
GEOLÓGIA	(gê gör. Föld, logos gör. tan, tudomány) földtan.
GEOMORFOGÉNIA	(gê gör. Föld, morphê gör. alak, gignomai gör. én keletkezem) a Föld felszíni formáinak keletkezéséről szóló tan.
GEOMORFOLÓGIA	(gê gör. Föld, morphê gör. alak, logos gör. tan, tudomány) a Föld felszíni formáiról szóló tudomány.
GEOSZINKLINÁLE	(gê gör. Föld, synklinale gör. összehajló medencze) a Föld mélységi vonulata.
GEOTEKTONIKA	(gê gör. Föld, tektonikê gör. építőművészet, építészet) a földkéreg fölépítése, hegyszerkezettan.
GEOTERMIKUS	(gê gör. Föld, thermos gör. meleg) a Föld melegére vonatkozó, földmelegségi (fokozat).
HABITUÁLIS	(habitus lat. állapot, sajátság) sajátosságos.
HALOID	(hals gör. só, eidos gör. lényeg) sós.
HALOPEGE-THERMA	(hals gör. só, pegê gör. forrás, thermos gör. meleg) hideg, meleg sósforrás.
HEMIPELAGIKUS	(hemi gör. fél, pélagos gör. tenger) nem egészen mély tengerben élő.
HETEROPIKUS	(héteros gör. egy másik, ôps gör. arczat=fácziez, lásd fent!) különböző kiképződésű.
HETEROTOPIKUS	(héteros gör. egy másik, topos gör. hely) más helyen található, más helyről föltételezett.
HIEROGLIFÁK	(szent írásjelek, képirás) a geológiában a titokzatos, kusza íráshoz hasonló képződmények, rajzok.
HOLOSZIDERÍT	(holos gör. egész, siderites gör. vasból való) tiszta meteorvas.
HOMOGEN	(homogenes gör. azonos nem) egyforma, egyfajta.
HOMOKRÓN	(omos gör. azonos, chrónos gör. idő) egykorú (lerakódás).

HOMOSZEIZMÁK	(homo gör. azonos, seismos gör. rázkódás) azonos rázkódások vonalai.
HOMOTAXIS	(homo gör. azonos, taxis gör. sor, rend) azonos értékű.
HYDATOGÉN	(hydor gör. víz, gignomai gör. keletkezek) vízben keletkezett.
HYDRÁCZIÓ	(hydor gör. víz) a közet vízfelvétele.
HYDRO (ISO) HIPSZÁK	(hydor gör. víz, isos gör. azonos, hypsos gör. magasság) azonos magasságú vízfelszíni vonalak.
HYDROLYTIKUS	(hydor gör. víz, lyein gör. oldani) vízben való oldás által.
HYDROSZFÉRA	(hydor gör. víz, sphaira gör. golyó) a Föld víztakarója, vízburka.
HYDROSZTATIKUS	(hydor gör. víz, stasis gör. állás) a vízre vonatkozó egyensúly.
HYPEROSZTÓZIS	(hyperostosis: hypér gör. -on, -ön, felett, felül, túl, osteón gör. csont) csontkinövés.
HYPOCENTRUM	(hypó gör. alatt, centrum lat. középpont) középpont a Föld belső részében.
ICHNOLÓGIA	(ichnos gör. nyom, logos gör. tan, tudomány) a nyomokról szóló tudomány, a gerinczesek lábnyomainak tanulmányozása.
ILLUVIUM	(illuvies lat. felázott talaj) szétbomlott, mállott talaj.
INFILTRÁCZIÓ	(infiltratio: infiltrare új lat.) beszivárgás, behatolás.
INGRESSZIÓ	(ingressio lat.) behatolás.
INJEKCZIÓ	(iniectio lat.) befecskendezés.
INKLINÁCZIÓ	(inclinatio lat.) lehajlás.
INSTANTÂN	(instans lat. jelenleg) mai.
INTRATELLURIKUS	(intra lat. belső, belül, tellus lat. Föld) a Föld belsejében.
INTRUZIÓ	(intrudere lat. behatolni) besajtolás, benyomulás.
INUNDÁCZIÓ	(inundatio lat.) elárasztás, áradmány.
INVERZIS	(inversus lat.) fordított.
IZOCHRONÁK	(isos gör. azonos, chronos gör. idő) azonos idejű vonalak.
IZOGONÁK	(isos gör. azonos, gonia gör. szöglet) azonos szögek vonalai.
IZOKLINÁLIS	(isos gör. azonos, klinein gör. hajolni) azonos hajlású (réteg).
IZOKLINÁK	(isos gör. azonos, klinein gör. hajolni) azonos hajlású vonalak, azonos hajlású rétegek.
IZOPIKUS	(isos gör. azonos, ops gör. arcz) azonos fáciesű, azonos kiképződésű.
IZOSZTÁZIA, IZOSZTATIKUS	(isostasios gör. azonosan álló) egyensúly.
JUVENILIS	(iuvenilis lat. ifjú) fiatal, a felületre első ízben jutott (magma, vagy víz).
KATAKLÁZ	(katá gör. le, klao gör. széjjeltörök) teljesen széttörött.
KLASZTIKUS, KLAZMATIKUS, KLAZMATIKA	(klao gör. széjjeltörök) törmelékből álló.

KAUSZTIKUS	(kaustikós gör. égve) hőség által keletkezett.
KAUSZTOBIOLITH	(kaustós gör. égett, égethető, biolith) égethető, életfolyamat által keletkezett kőzetek.
KONGLOMERÁT	(conglomerare lat. összegomolyítani) összeragasztott görgetegekből álló kőzet.
KONÎDE	(konos gör. kúp, eidos gör. alak) kúpalakú hegy.
KONKORDÁNS KONKORDÁNCZIA	(concordare lat. egyezni, összhangzani) szabályos, szabályosság; egyező, azonos helyzetű település.
KONKRÉCZIÓ	(concretio lat. megszűrűsödés) megszilárdulás, összetömörült képződmény.
KONSZEKVENS	(consequens: consequi lat.) rákövetkező, mélyedést követő (völgy).
KONTAKT	(contactus lat.) érintkezésbeli.
KONTAKTMETAMORFÓZIS	érintkezés folytán keletkezett átváltozás.
KONVEKPCIÓ	(convectio lat. összehozás) keverék.
KOPROLITH	(kopros gör. szemét, lithos gör. kő) megkövesült ürülék (excrementum).
KORRADÁLNI, KORRÁZIO	(corradere lat. összevakar, -kapar) kivájni, kivájás (RICHTHOFEN szerint a folyóhordalék súroló hatása).
KORROZIÓ	(corrodere lat. szétrágni) szétrágás, kimarás.
KOZMIKUS	(kosmos gör. világmindenség) a világmindenségből származó, a mindenségben levő.
KOZMOGÉN	(kosmos gör. világmindenség, gignomai gör. keletkeznek) a világürből származó.
KRISZTALLOBLASZTIKUS	(krýstallós gör. kristály, blastanein gör. sarjadzani) kristályképződés közben keletkezett.
KRYOGÉN	(kryos gör. fagy, gignomai gör. keletkeznek) jég által képződött.
KRYOKONIT	(kryos gör. fagy, kemény hideg; konis gör. por) jégpor.
KRYPTOVULKÁNOS	(kryptós gör. rejtett) rejtett vulkáni eredetű.
KUMULOVULKÁN	(cumulare lat. felhalmozni) felhalmozott vulkán.
LAKKOLIT	(lakkos gör. mélyedés, gödör, cziszterna, lithos gör. kő) mélységben rekedt láva.
LATERÁLIS ELTOLÓDÁS	(lateralis lat. oldalsó) oldalsó eltolódás.
LATERIT	(later lat. téglá) vörös színű mállott agyag (trópusi éghajlat alatt keletkezett).
LIGNIT	(lignum lat. fa) fa a szénné való átalakulás kezdetén, faszerkezetet mutató barnaszén.
LIMNIKUS	(limne gör. tó) tóban képződött, tóban levő.
LITHOGENÉZIS, LITHOGENIA	(lithos gör. kő, génesis gör. keletkezés) a kőzetek képződése.
LITHOKLÁZIS	(lithos gör. kő, klao gör. széttörök) hasadék a kőzetben.
LITHOLOGIAI	(lithos gör. kő, logos gör. tan, tudomány) a kőzet mineműségét illető.

LITHOSZFÉRA	(lithosphaera: lithos gör. kő, sphaira gör. golyó) kőzetöv, földkéreg.
LITORÁLIS	(litoralis lat.) a partra vonatkozó, parthoz közeli.
LUMACHELLE	(olasz) kagylós márvány, kagylók halmaza.
MAGMA	(magma gör. keverék) izzón folyós közettömeg.
MAKROSZEIZMIKUS	(makrós gör. nagy, seismos gör. mozgás) erősen mozgó, mozgatott.
MATRIX	lat. anyakőzet.
METAMORFÓZIS	gör. átalakulás, átváltozás.
METASZOMATIKUS	(metá gör. igehatározó, átalakulást jelent, soma gör. test) anyagbeli átalakulás által keletkező.
METEORIKUS	(metéoros gör. a levegőben levő) víz=esővíz, csapadékvíz.
MIGRÁCZIÓ	(migratio lat.) vándorlás.
MIKROSZEIZMIKUS	(mikrós gör. kicsi, seismos gör. mozgás) csekély mértékben mozgó, mozgatott.
MIMETIZMUS	(miméomai gör. utánozok) utánzás.
MINEROGÉN	(gignomai gör. keletkezek) valamely ásványból keletkezett.
MONOGÉN	(monos gör. egyetlen, gignomai gör. leszek) egységesen keletkezett.
MONOKLINÁLIS	(monos gör. egyetlen, klinein gör. hajolni) egyik oldalra hajolt.
MORFOGÉNIA	lásd Geomorfogénia.
MORFOLÓGIA	lásd Geomorfológia.
MURIATIKUS	(lat.) sós.
MYLONIT	(mylé gör. malom) szétörölt kőzet.
NEKTONIKUS	(neo gör. én úszok) úszó, áramok ellen úszó.
NERITIKUS	(nereis-ből gör. nereide, nympa) sikek tengerben levő, sikek vízből képződött.
NIFE	Ni (nickel) és Fe (ferrum, vas) összetételéből; nikkelysből alkotott belső földburok.
OBSTRUKCZIÓ	(obstructio lat.) elzárás.
ONTOGENETIKUS	(on gör. levő, genesis gör. keletkezés) a keletkezést illető.
ONTOLÓGIAI	(on gör. levő, logos gör. tan) a ma fennállóknak gyökerező.
OOIDOK	(ooeidés gör. tojáshoz hasonló) tojáshoz hasonló képződmények.
OOLITH	(oon gör. tojás, lithos gör. kő) apró, tojáshoz hasonló részekből alkotott kőzetképződmény.
ORIGINALIS	(lat. originárius) eredeti.
OROGENETIKUS	(oros gör. hegy, gignomai gör. leszek) a hegyképződésre vonatkozó.
ORTHOGNÁJSZ	(orthós gör. igaz) valódi gnájsz.
ORTHOTHERMA	(orthos gör. valódi, thermós gör. meleg) valódi, normális hőmérsékletű hőforrás.
OSZCZILLÁCZIÓ	(lat. oscillatio) lebegő, ingadozó mozgás.

PACHYOSZTÓZIS	(pachyostosis: pachys gör. vastag, ostéon gör. csont) csontmegvastagodás.
PALEONTOLÓGIA	(palaios gör. öreg, on gör. levő, logos tan) a régi élőlényekről, a kőületekről szóló tudomány.
PALEOFITOLÓGIA	(palaios gör. régi, phytón gör. növény, logos gör. tan) a fosszilis növényekről szóló tudomány.
PARAGNÁJSZ	(pará gör. mellett, hamis) nem valódi, álgnájsz.
PARAKLÁZIS	(pará gör. előtte, klao gör. széttörök) hasadék, a melynek mentén mozgás történt.
PARALIKUS	(pará gör. mellett, hals gör, tenger) a tenger mellett fekvő.
PARAZITISMUS	(parasitos gör.) élősd, élősködő.
PAROXYZMUS	(paroxysmos gör. lázroham, ösztönzés) ingerlés, kitörés.
PEDIONIT	(pedion gör. síkság) vulkán, kiemelkedés nélkül.
PEDOLÓGIA	(pédon gör. termőföld, logos gör. ismeret) a szántóföldekről, termőtalajról szóló tudomány.
PELAGIKUS	(pélagos gör. tenger) nyílt tengerben élő, levő.
PELIT	(pelos gör. iszap) iszaptól képződött kőzet.
PERIKLINÁLIS	(periklines gör. körbe hajoló) minden oldal felé hajolt.
PERMEABILITÁS	(permeabilis lat. átbocsátó) átbocsátás.
PETREFAKTUM	(petra gör. kő, facere lat, csinálni) kőület, kövesedett maradvány.
PETROGRAFIA PETROGRAFIAI	(petros gör. kő, graphein gör. írni) kőzettan, kőzettani.
PHOTOSZFÉRA	(phos gör. fény, sphaira gör. golyó) fényöv.
PHREATIKUS	(phrear gör. forrás) vízvezető.
PHYLOGENIA	(phylon gör. törzs, gignomai gör. leszek) törzstörténet.
PHYTOGÉN	(phytón gör. növény, gignomai gör. keletkezek) növényből keletkezett.
PHYTOLITH	(phytón gör. növény, lithos gör. kő) növényből képződött kőzet.
PIËZOGLYPTEK	(piëzein gör. nyomni, glyphein gör. kívágni) nyomás által teremtett üregek.
PIZOLITH	(pisos gör. borsó, lithos gör. kő) borsókő.
PLANETÁRIS	(planeta bolygó) planétához hasonló.
PLANKTON	(planao gör. ide-oda kószál) a vízen hanyódó, tengeren lebegő szervezetek.
PLEISZTOSZEISZTIKUS	(pleistos gör. a legnagyobb, seismos gör. rázkódás) a legjobban megrázott.
PLEOCHROITIKUS	(pleon gör. több, chros gör. szín) sokszínű.
PLUTÓI, PLUTÓNIKUS	(Pluto, az alvilág királya) földalatti, mélységbeli.
PLUVIÁLIS	(pluvialis lat.) eső által keletkezett, esőtől teremtett.
PNEUMATITIKUS	(pneuma gör. lehelet, szél) gázszerű, gáznemű állapotból keletkezett.

PNEUMATOGEN	(pneuma gör. lehelet, gignomai gör. keletkezek) gőznemű módon keletkezett.
PNEUMATOLYTIKUS	(pneuma gör. lehelet, lyein gör. szabadítani) gőzszerű állapotból képződött.
POLYGÉN	(polýs gör. sok, gignomai gör. lesznek) különböző módon keletkezett.
PRAE	(lat.) előtt.
PRAECIPITAS	(praecipitare lat. lezuhanni) csapadék.
PRODUKTÍV KARBON	(productivus lat. termelésre alkalmas), művelhető telepet tartalmazó szénképződmény.
PROFIL	(francziából: a keresztmetszet képe) átmetszet, szelvény.
PSZAMMIT	(psammos gör. homok), homokból képződött kőzet.
PSZEFIT	(psephos gör. kő) kövekből képződött kőzet.
PSZEUDOGLÁCIALIS	(pseudos gör. hazugság, glacies lat. jég) jéghez hasonló.
PULZÁCIÓ	(pulsatio lat.) lökés.
PYROSZFÉRA	(pýr gör. tűz, sphaira gör. golyó) a Föld belsejének tüzes öve.
QUAQUAVERZÁLIS	(quaqua lat. bárhova, versare lat. fordítani) minden oldalra fordított.
REAKKUMULÁCIÓ	(reaccumulatio: re lat. ismét, accumulatio lat. felhalmozás) újra felhalmozódás.
REGELÁCIÓ	(regelatio: re lat. újra, gelare lat. fagyni) újra összefagyás.
REGRESSZIÓ	(lat. regressio) visszahúzódás.
RELAIS	(franc.) feloldozás, felváltás.
RELIKTUM	(relictus lat.) hátrahagyott.
RÉCZENS	(recens lat. fiatal) jelenlegi, mostani.
RHEGMAGLYPTEK	(rhegma, gör. törés, glyphein gör. kivájni) törések által kialakított üregek.
RHEUMATITIKUS	(rheuma gör. folyás) folyásból keletkezett.
ROTATÓRIKUS	(rotare lat. megfordulni, forogni) forgó.
RUPTURÁLIS	(rumpere lat. törni) törött, töréssel keletkezett.
SAL, SALIKUS	(S=szilícium és Al=aluminium kezdő betűiből képezve) salikus külső Földkéreg.
SELF	(Schelf) tenger alá süllyedt parti síkság.
SIMA	(Si=szilícium és Ma=magnezium kezdőbetűiből képezve) mélyebb kőzetburok.
SZAPROPÉL	(sapos gör. lusta, pelós gör. iszap) poshadt iszap.
SZEDIMENTUM	(új lat. sedimentum) üledék, lerakódás, csapadék.
SZEIZMOLÓGIA	(seismós gör. rázkódás, logos gör. tan, tudomány) földrengéstan.
SZEIZMOMETER	(seismós gör. rázkódás, rengés, metron gör. mérték) földrengésmérő.
SZEIZMOSZKÓP	(seismós gör. rázkódás, skopêin gör. megfigyelni) a földrengések megfigyelésére szolgáló készülék.

SZEIZMOTEKTONIKUS	(seismós gör. rázkódás, tektonikê gör. építészet) a Föld kérgének rengése és szerkezete között lévő viszony.
SZEKRÉCZIÓ	(secretio lat.) kiválás.
SZEKULÁRIS	(secularis, saeculum-ból lat. évszázad) hosszantartó, lassú.
SZEKUNDÉR	(secundarius lat.) a második sorba tartozó, második helyen lévő, másodlagos.
SZELEKTÍV	(selectio lat. kiválás) kiváló.
SZIDERIKUS	(sidus lat. csillagzat) a csillagokból származó.
SZIGMOIDÁLIS	(sigmoeidês görög betű) szigma alakú.
SZIMULTÁN-RENGÉS	(simul lat. egyidejűleg) egyidejű rengés.
SZINUPALLIÁTUS	(sinus lat. öböl, palliatus lat. köpennyel borított) beöblösödő köpenybenyomattal ellátott (kagyló).
SZIFO	(siphon gör. fecskendezés) folyadék nyomásvezetéke, a kagylók csőformájú szerve.
SZOLIFLUKCZIÓ	(solifluctio: solum lat. talaj, fluctio lat. folyás, áramlás) talajcsuszamlás.
SPECZIFIKUS	(species lat. faj) faj szerinti.
SZPORADOSZIDERIT	(sporas gör. szórványos, siderites gör. vasból való) csekély vasat tartalmazó meteorit.
SZTENOHALIN	(stenós gör. szűk, hals gör. só) bizonyos sótartalomra korlátozott.
SZTENOTHERM	(stenós gör. szűk, thermós gör. meleg) bizonyos hőményiségre korlátozott.
SZTRATIGRAFIA	(stratum lat. réteg, graphein gör. írni) a földkéreg rétegeinek leírása, rétegtan.
SZTRATOSZFÉRA	(stratum lat. réteg, sphaira gör. golyó) a földkéreg réteges kőzeteinek öve.
SZTRATOVULKÁN	(stratum lat. réteg) réteges vulkán.
SZTYLOLITH	(stylos gör. oszlop, lithos gör. kő) hosszú kőcsap.
SZUBAERIKUS	(sub lat. alatt, aër lat. levegő) a levegőtenger fenekén levő, - keletkezett.
SZUBAKVATIKUS	(sub lat. alatt, aqua lat. víz) a víz alatt levő, vízalatti.
SZUBSZEKVENS	(subsequi lat.) mindjárt rákövetkező.
SZUKKUSSHÓRIKUS	(succutere lat. alulról lökni) lökésformájú.
SZUSZPENDÁLT	(suspendere lat. lebegve hagy) valamely folyadékban lebegő.
SZYMBIÓZIS	(symbiosis gör.) életközösség, együttélés.
SZYNCHRÔN	(syn gör. val-vel, együtt, chronos gör. idő) egyidejű.
SZYNKLINÁLIS	(syn gör. össze, klinein gör. hajolni) egymásfelé összehajolt, teknőalakú medence.
SZYSSZIDERIT	(syn gör. val-vel, siderites gör. vasból való) nagyrészt vasból való meteorit.

TACHISZEIZMIKUS	(tachýs gör. gyors, seismós gör. mozgás) gyorsan mozgó.
TEKTIT	(tektos gör. megolvadt) üvegmeteorit.
TEKTONIKA	(tektonikê gör. építészet) a földkéreg fölépülése.
TELLURIKUS	(tellus lat. Föld) földi.
TERRA ROSSA	(olasz) vörös föld.
TERRESZTRIKUS	(terrester lat. a Földön levő, a Földről származó) szárazföldi.
TERRIGEN	(terra lat. Föld, gignomai gör. keletkeznek) a Földről, a szárazföldről származó.
TETHYS	(Okeanos neje, a költőknél tenger) geológiai értelemben a régi világ középtengere.
THERMA	(thermós gör. meleg) hőforrás.
THOLOÏD	(tholos gör. kerek boltozat) kupola alakú (vulkán)
TRANSZGREDÁLNI	(transgredior lat. átlépek) a tengernek a szárazföldre való kiterjeszkedése.
TRANSZGRESSION	(transgressio lat. átlépés) a tengernek a szárazföldre való kiterjeszkedése.
TRANSLÁCIÓ	(translatio lat. elhelyezés, máshova tevés) eltolódás.
TRANSZVERZÁLIS	(transversus lat.) ferde.
UNDERCLAY	(angol) fekvő agyag.
UNDULATÓRIKUS	(undu atus lat. hullámformájú) hullámalakú, hullámos.
VADÓZUS	(vadosus lat. sikér) sekély mélységből származó.
VIKARIÁLÓ	(vicarius lat. helyettesítő) felváltó, egymást leváltó.
VIRGÁCIÓ	(virga lat. vessző) vesszőformájú elágazás.
VULKANOGEN	(gignomai gör. keletkeznek) vulkánból származó, vulkáni eredetű.
XENOMÓRF	(xenos gör. idegen, morphê gör. alak) idegen alakú.
ZOOGÉN	(zoon gör. az élő lény, gignomai gör. keletkeznek) állati eredetű.
ZOOLITH	(zoon gör. élőlény, lithos gör. kő) élőlények által alkotott kőzet.