

160417

ALAPVONALMÉRŐ KÉSZÜLÉKEK

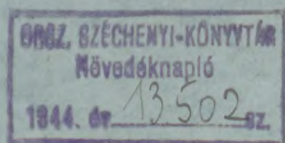
IRTA:

OLTAY KÁROLY

MŰEGYETEMI NYILVÁNOS RENDES TANÁR

BUDAPEST, 1927
A SZERZŐ KIADÁSA

160417



Alapvonalmérő készülékek.

Oltay Károly.

1. §. Általános megjegyzések az alapvonalra.

A háromszöghálózatban meg kell mérni valamely, egyébként tetszőleges helyzetű háromszögoldal vízszintes vetületének hosszát. A megmért oldalt *alapvonalnak* (bázisnak), a mérést *alapvonalmérésnek* (bázismérésnek) mondjuk. A pontosság szempontjából az alapvonalnak minél hosszabbnak kell lennie, vagyis legalább akkorának, mint amekkora a háromszöghálózatban az *átlagos* oldalhossz. Így tehát az országos mérésekben az alapvonalnak voltaképpen mintegy 60 km hosszúnak kellene lenni. Ámde az ilyen nagy hosszúságok mérésére csak a legritkább esetben áll kellően vízszintes és egyenes mérőpálya rendelkezésre s még ha ilyen volna is, a különleges szerkezetű és nehézkesen használható alapvonalmérő készülékkel a mérés nagyon körülményes és hosszadalmas volna s emellett az elérhető pontosság nem állana arányban a mérésre fordított munkával és költségekkel.

Ezért az alapvonal hossza nem azonos az átlagos oldalhosszal, hanem annál tetemesen kisebb. Ha tekintjük a különböző országos háromszögelések alapvonalainak hosszúságát, úgy azt látjuk, hogy

Franciaországban és Angliában az alapvonal átlag	12 km,
Indiában	" " " 10 km,
Észak-Amerikában	" " " 8.6 km,
Oroszországban	" " " 6 km,
Németországban,	
Ausztria—Magyarországban,	
Svájcban, Olaszországban,	
Svéd- és Norvégországban	" " " 42 km

hosszú, vagyis középben 6 km, ami az átlagos oldalhossznak (60 km-nek) éppen a tized részét teszi. Tekintettel arra, hogy a fent felsorolt államok országos háromszöghálózataiban a pontmeghatározást illetően minden gyakorlati alkalmazásra elegendő pontosságot értek el, ezért *elegendő az alapvonal hosszúságát az átlagos oldalhossz tizedének választani.*

A kellő pontosság elérését indokolja az a körülmény, hogy az országos háromszöghálózatokban sohasem elégszünk meg egy alapvonal

mérésével, ámbár teoretikus szempontból csak annyi szükséges (és egyúttal elegendő), hanem többet mérünk. Például nálunk az egész monarchia országos háromszöghálózatában a mért bázisok száma 17. *Állag minden 200—250 km távolságban új alapvonalat szokás létesíteni.*

Megjegyzem, hogy régebben inkább a hosszú alapvonalakat tartották kedvezőnek a pontosság szempontjából s ez időből valók a 15—20 km hosszú alapvonal-óriások. Az ilyen hosszú alapvonalnak azonban az a hátránya volt, hogy a mérés hosszadalmas, fáradságos és felette költséges volta miatt, nagykiterjedésű földrészek háromszöghálózatai számára is, csak kevés alapvonalat mértek. Később az elméleti vizsgálatoknak és gyakorlati tapasztalatoknak megfelelően sűrűbben mértek alapvonalakat, de természetesen költségkímélés miatt a sűrítés az alapvonal hosszúságának rováására ment. Legújabbán az alapvonalak mérésében a törekvés az, hogy hosszú alapvonalakat sűrűn mérjünk s e célt az alapvonalmérő készülékek megfelelő tervezésével, valamint a mérés módszereinek tökéletesítésével érhetjük el.

Vagyis az alapvonalmérés fejlődésének következő fokozatai vannak:

- a) kevés, hosszú alapvonal,
- b) sűrűn, rövid alapvonalak,
- c) sűrűn, hosszú alapvonalak.

Kétségtelen, hogy a pontosság szempontjából az utolsó nyújthatja a legkedvezőbb eredményeket, de ez csak a legújabb *szalagos és drót alapvonalmérő készülékekkel* vált lehetővé, melyek közül az utóbbiakkal gyorsan, kis költséggel és elegendő pontossággal már 40 km hosszú alapvonalat is mértek.

2. §. Alapvonalfejlesztő hálózatok.

Mivel az alapvonal az átlagos oldalhossznál rövidebb, azért belőle különleges hálózattal kell kifejleszteni az átlagos oldalhossznak megfelelő hosszúságot, az ú. n. *fejlesztett alapvonalat*. Ezt a hálózatot *alapvonalfejlesztő hálózat*nak nevezik.

Az alapvonal helyének kiválasztásakor tehát nemcsak arra kell ügyelni, hogy az közel vízszintes és a hosszmérésre alkalmas terepen legyen, de arra is, hogy belőle az alapvonal fejlesztését is el lehessen végezni.

Az *alapvonalfejlesztő hálózat*nak *lehetőleg egyszerűnek, kevés háromszögből állónak kell lennie*. Ezért a *rombuszos* rendszer kedvezőbb, mint a *rácsos* rendszer, bár az előbbinél hegyes szögek is szerepelnek.

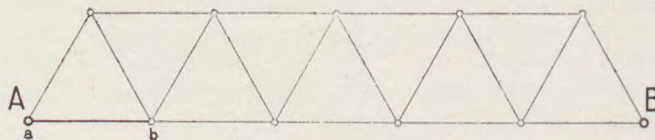
Az alapvonalfejlesztő hálózat szögméréseiben nagy gondot kell fordítani a műszernek és a pontjelzőknek központos (centrikus) elhelyezésére. Külponos felállások lehetőleg kerülendők, heliotropok alkalmazása esetén csakis olyanok jöhetnek szóba, melyeknek központosítása 1—2 mm-en belül elvégezhető (précíziós heliotropok). A mérésben mindig a tulajdonképeni szögmérés alkalmazandó, az *ismétlési szám* a hegyes szögeknél *másfélszer*—*kétszer* akkora, mint a főhálózatban (a többi szögeknél azonban ugyanakkora).

Vagyis ha a súly a főhálózatban $P=24$, akkor a hegyes szögek $P=36$, esetleg $P=48$ súllyal mérendők.

Az alapvonalfejlesztő hálózatot külön egyenlítjük ki s a levezetett (fejlesztett) oldalhosszt vesszük a nagy hálózat alapvonalának.

3. §. Az alapvonalmérés alapelve. A mérés fontosabb állandó és szabályos hibaforrásai.

Az alapvonalmérés lényegében nem egyéb, mint tulajdonképeni hossz-mérés, melyet mintegy $1/500000$ -ed középphibával (egy kilométer hosszat ± 2 mm középphibával) kell végrehajtani. Ezt a nagy pontosságot az alsó geodéziai felvételekben szokásos hossz-mérő eszközökkel nem lehet

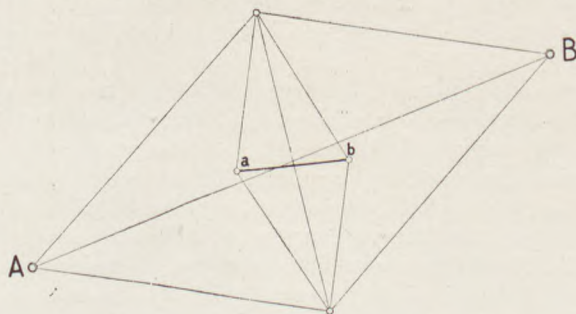


1. ábra. Rácsos alapvonalfejlesztő hálózat.

elérni, mert azoknak középphibája szélső esetben is csak $1/100000$ -redre (egy km hossz esetén ± 10 mm-re) tehető.

Az $1/500000$ -redhez közelálló középphibát csak különleges műszerekkel az új. n. *alapvonalmérő* (bázismérő) készülékkel érjük el. Ezek alapelvük és használatuk lényegét tekintve, voltaképen nem mások, mint az egyszerű (alsó geodéziai) hossz-mérő eszközöknek tökéletesített kiadásai.

Az alapvonalmérő készülék főrésze az új. n. *mérőszerv*, melyet mindig fémből, vagy merevre (mérőrúd), vagy flexibilisre (mérőszalag, mérődrót) készítenek. A mérőszerv alaphosszát előzetes és utólagos komparálásokkal gondosan megállapítják s aztán megfelelő, egyenes és



2. ábra. Rombuszos alapvonalfejlesztő hálózat.

vízszintes elhelyezést biztosító állványozáson végig mérik vele az alapvonalat, gondosan ügyelve arra, hogy a használt mérőszervek szabatosan egymás folytatásába jussanak. Vagyis az alapvonalmérő készülék voltaképen két főrészből áll, t. i.:

1. a *mérőszervből* és a vele kapcsolatos hőmérő, — hajlasmérő, — és egyenesbe állító berendezésből,

2. az *alátámasztó állványozásból*, mely a mérőszervnek az egyenesbe állítását, valamint közel vízszintes elhelyezését teszi lehetővé.

Ami az alapvonalmérő készülékek szerkezetének, valamint használatának részleteit illeti, azok mind az elérendő nagy pontossággal függenek össze, mert a részletek megállapításakor törekednünk kell arra,

hogy a közvetlen hossz mérésben előfordulható szabályos jellegű hibaforrások hatásait a lehetőségig kiküszöböljük, vagy legalább is csökkentjük.

A közvetlen hossz mérésben szabályos és állandó hibák keletkeznek:

1. a mérőszerv hosszának mérésalatti változásaiból,

2. a mérőszerv alaphosszúságának nem pontos meghatározásából (komparálási hiba),

3. a mérőszerv illesztéseinek (egymáshoz való csatlakozásainak) bizonytalanságaiból,

4. a mérőszervnek nem az egyenesbe való elhelyezéséből (kígyózó mérés a vízszintesben),

5. a mérőszervnek nem vízszintes elhelyezéséből (kígyózó mérés a függőlegesben).

Az alapvonalmérő készülék úgy készíthető és használandó, hogy a fenti hibaforrásokból származó hibák a lehető legkisebbek legyenek.

4. §. Az alapvonalmérő készülékek általános tárgyalása.

1. A mérőszervek anyaga és hőmérsékletének mérése.

A közvetlen hossz mérés legveszedelmesebb hibaforrásai közé tartozik az, hogy a mérőeszközön kijelölt hosszúság a mérés alatt, bizonyos körülmények hatása alatt megváltozik, tehát nem tesz eleget az invariabilitás elvének. Ha a mérőszerv *fából* készül, akkor a hosszváltozás a behajlason kívül a nedvesség és hőmérsékletváltozás hatása alatt jön létre, ha *fém*ből készül, akkor a hőmérsékletváltozás, továbbá a mérőeszköz behajlása, illetve flexibilis mérőszerveknél a húzó erő hatása alatt bekövetkező megnyúlása (szalag, drót esetén) okozhatja a mérés alatti hosszváltozást.

A fa hosszváltozásának törvényét megállapítani nem lehet, tehát fát használva mérőszervül, a mérőszervnek a mérés alatti szabatos hosszát megállapítani nem tudjuk. Másként áll a dolog akkor, ha a mérőszervet fém**ből** készítjük. Ez esetben ugyanis, ha gondoskodunk arról, hogy behajlás és húzás következtében számottevő hosszváltozások ne következhessek be, a mérőszerv csupán a változó hőmérséklet hatására rövidülhet, illetve hosszabodhat. Ha tehát megállapítjuk a használt fém dilatációs együtthatóját s ha megmérjük a fémnek a mérés alatti hőmérsékletét, úgy a mérés alatt bekövetkezett hosszváltozás *utólag* tekintetbe vehető.

Ezért az alapvonalmérő készülékekben a mérőszervet (rudat, szalagot, drótot) mindig fém**ből** készítik és előzetesen gondos kísérletekkel megállapítva dilatációs együtthatóját, a mérés alatt gondosan mérjük hőmérsékletét.

Hangsúlyoznom kell, hogy a fém-mérőszerv hőmérsékletét felette gondosan kell megállapítani. Ugyanis a használt fémek tágulási együtthatója Celsius-fokként mintegy $1/100000$ redre tehető. Vagyis ha a hossz mérésben $1/500000$ -red pontosságra törekszünk, úgy a hőmérséklet mérésének $\pm 0,1$ fokra jónak kell lennie, már pedig ekkora középhibát a fém valódi hőmérsékletének megállapításában egyáltalán nem könnyű elérni.

A fém-mérőszerv mérés alatti valódi hőmérsékletének megállapítása alapvető fontosságú művelet, mert a hőmérsékletmeghatározásban levő

kis bizonytalanságok is erősen befolyásolhatják a hossz-méréssel elérhető pontosságot.

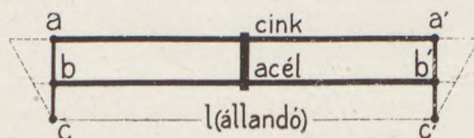
A fémből készült mérőszerv vagy merev (mérőrúd), vagy flexibilis (mérőszalag, vagy mérődrót). Merev mérőszerv, vagyis mérőrúd esetén a hőmérsékletmeghatározás tökéletesebb, mint hajlékony mérőszerv esetén s ezért, ha a hossz-mérésben az elérhető legnagyobb pontosságra törekszünk, mindig fémrúd használandó.

Fém-mérőszerv esetén a hőmérsékletváltozás megállapítására, illetve kiküszöbölésére nézve négyféle eljárást követhetünk.

a) A mérőrudat egyfajta fémből (monometallikusan) készítjük s mérés alatt hőmérsékletét higany-hőmérőkkel mérjük.

Ez esetben a hőmérőnek úgy higanytartó edényét, mint a higany-szálat tartalmazó csövét be kell mélyeszteni a fémbbe, mert csak így mutathatja a higanymérő a fém valóságos hőmérsékletét.

Higanyhőmérőt használva, nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a körülményt, hogy a higany hamarabb veszi fel a hőmérsékleti változásokat, mint azok a fémek, amelyekből a mérőrudakat készítik, vagyis emelkedő hőmérsékletnél a higanyhőmérő magasabb, süllyedő hőmérsékletnél alacsonyabb hőfokot mutat, mint amilyen a fémrúdé. Ezt a sajátságot a fémrúd termikus inertijának (hőmérsékleti tehetetlenségnek) szokás nevezni. Tehát higanyhőmérőt alkalmazva, a fémrúdnak meg kell állapítani a termikus inertiját s az



3. ábra. Colby-féle kompenzációs mérőrúd.

alapvonal mérésekor nemcsak a hőmérsékletet, de annak az idővel való változását (gradiensét) is meg kell állapítani.

b) A mérőrudat két (vagy több) különböző fémből készítjük, és hőmérsékletét — fémter-

mométer módjára — a két (vagy több) fém relatív eltolódásából állapítjuk meg.

Ezt a Bordától származó eljárást már régóta jó sikerrel használják.

A mérőrudat rendszeren két fémből készítik, olyanokból, melyeknek tágulási együtthatójuk egymástól erősen különbözik, például platinából és rézből, vagy cinkből és vasból stb. A két fémrudat az egyik végén, esetleg a közepén mereven kapcsolják egymáshoz, a másik végükön szabadon dilatálhatnak a hő hatására. Ezen a végen az egyik fémrúdra beosztást, a másikra noniuszos, vagy mikroszkópos indexet helyeznek el, s az utóbbi eltolódása lesz a mértéke a hőváltozás hatására létrejött hosszváltozásnak.

Bimetallikus mérőszerv esetén tulajdonképeni mérőrúdnak mindig azt vesszük, amelyiknek a tágulási együtthatója kisebb. A nagyobb tágulási együtthatójú rudat hőmérsékleti segédrúdnak szokás nevezni.

c) A mérőrudat monometallikusan készítik s a mérés alatt olvadt tiszta jégbe helyezve, állandó hőmérsékleten tartják.

A legjobb eljárások közé tartozik, mert legjobban meg vagyunk ova a hőmérsékletváltozás tekintetbevételkor előforduló bizonytalanságoktól. Hátránya, hogy a mérőrúd a jégtartó edény miatt felette súlyos (az amerikai Woodward készüléken a mérőrúd és a tartány a jéggel együtt 130 kg súlyú), ámde megfelelő berendezésekkel ez a kezelést nem teszi nehezkessé.

d) A mérőrudat bimetallikusan készítik olyan kapcsolattal, hogy a fémrudak tágulása egymást kompenzálja. (Colby-féle kompenzációs eljárás.)

Két olyan fémeket választunk, melyeknek tágulási együtthatója egymástól erősen különbözik (például a Colby-féle alapvonalmérőn cinket és acélt használtak). A két fémrudat közepükön mereven kapcsolják; a széleik felé szabadon dilatálható végeiket kis emelők kapcsolják egymáshoz. Világos, hogy ha

$$\frac{ac}{bc} = \frac{a'c'}{b'c'} = \frac{t_1}{t_2}$$

ahol t_1 és t_2 az egyes fémrudak tágulási együtthatóit jelenti, akkor a c és c' pontok egymástól való távolsága állandóan ugyanaz, a hőmérséklettől nem függ.

A kompenzációs berendezés hátránya az, hogy csak lassan változó hőmérsékletnél működik szabatosan, ellenben gyorsan változó hőmérsékletnél felmondhatja a szolgálatot. Alkalmazásra került az Indiában használt Colby-féle alapvonalmérő készülékeken.

Flexibilis fém mérőszerv esetén a hőmérsékletmérés sokkal bizonytalanabb, mint mérőrudak esetén, mert ez esetben kénytelenek vagyunk a levegő hőmérsékletét elfogadni a szalag, vagy drót hőmérsékletének. Vagyis kellő pontosságot csak akkor érhetünk el, ha egyenletes hőmérséklet mellett (borús időben, de még jobb éjjel) mérünk, továbbá ha olyan fémeket használunk, melynek tágulási együtthatója kicsi. Ilyen fém a legutóbbi években felfedezett *nikkelacél ötvözet*, az ú. n. *invar-fém*,¹ amelynek tágulási együtthatója mintegy 1/10-ed része a platinaénak úgy, hogy invar-fémet alkalmazva, teljesen elegendő, ha annak hőmérsékletét $\pm 1,0$ fokra ismerjük.

2. A mérőszervek komparálása.

A mérőrudak komparálása, vagyis a rajtuk kijelölt alaphosszúságának internacionális méterben való pontos megállapítása lényegében ugyanúgy megy végbe, mint a mérőlécek komparálása. Ugyanis megfelelő komparátor-padon, szabatosan tanulmányozott normálmértékkel mérjük végig a mérőszerv alaphosszúságát, nagy súlyt fektetve a normálmértékek és a mérőszerv valódi hőmérsékletének szabatos megállapítására. A hőmérsékletmeghatározás bizonytalanságait kiküszöbölendő, a komparálás alatt egyenletes hőmérsékletre törekszünk s ezért a komparálást

¹ A 64%-os acélból és 36%-os nikkeltől álló invar-fémet a „Bureau International des Poids et Mesures” igazgatója Benoit és első adjunktusa Guillaume fedezték fel. Fogalmat nyújtandó arról, hogy az invar-fém tágulási együtthatója milyen kicsi, felserolom a mérőszervek szóba jöhető anyagainak tágulási együtthatóit.

Sárgaréz	tágulási együtthatója	0,000 017 170	m pro C
Cink	"	033 000	" "
Vas	"	011 260	" "
Platina	"	008 898	" "
Platina-Iridium	"	008 573	" "
Acél	"	010 420	" "
Üveg	"	008 392	" "
Invar-fém	"	000 877	" "

rendesen nem levegőn, hanem folyadékban (az anyag szerint vízben, cinkszulfátban, olajban) végezzük el.

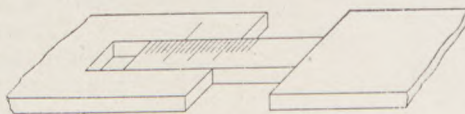
A komparálás a mérőrúd alaphosszúságát a komparálási hőmérsékletre vonatkoztatva adja meg, hogy aztán a rúd hossza bármely hőmérséklet mellett is megállapítható legyen, a fémrúd tágulási együtthatóját is meg kell határozni.

A komparálás eredményét egyenletben szokás egybefoglalni, melyből bármely hőmérsékletre nézve a mérőrúd momentán hosszúsága kiszámítható.

A *Katonai Földrajzi Intézet* négy mérőrúdjának egyenletei például képen a 25. ábrán van feltüntetve.

A *flexibilis mérőszerveknek* (szalagoknak, drótoknak) hossza 24–100 m közt váltakozik, tehát sokkal hosszabbak, mint a mérőrudak s így komparálásuk nem történhet úgy, mint a mérőrudaké.

A mérőszalagoknak és mérődrótoknak komparálása a már tanulmányozott (komparált) mérőrudak felhasználásával történik és pedig úgy, hogy 100–140 m hosszú ú. n. *próba-alapvonalat* (komparátor-bázist) létesítünk s ezt először a mérőrúddal, utána a komparálandó mérőszalaggal, vagy dróttal mérjük végig. A mérőrúd szolgáltatja eredményből levezetjük a próba-alapvonal hosszúságát s ebből a szalag-, illetve drótmérés eredményéből megállapíthatjuk a szalag, illetve drót hosszát. A komparálás ilyen végrehajtásának az a nagy előnye, hogy az teljesen olyan körülmények közt megy végbe, mint amilyenek közt a *flexibilis szövet mérés* közben használjuk.



4. ábra. Köz mérés tolokával.

3. A mérőszervek illesztési hibáinak kiküszöbölése. Módszerek a közök mérésére.

Mérőrudak alkalmazása esetén az illesztési hibákat elkerülendő, a mérőrudakat nem ütköztetjük egymáshoz, hanem úgy fektetjük őket, hogy köztük kis közök maradjanak, amelyek nagyságát aztán alkalmas műszerekkel és módszerekkel megmérjük.

A közök mérése történhet

1. tolokával,
2. ékkel,
3. mikroszkóppal.

A két első eljárást *véglapos*, illetve *végéles* mérőrudak esetén, az utóbbit pedig *végvonásos* mérőrúd esetén alkalmazzuk.

A tolokával való mérést — *kontaktusos mérésnek* is nevezik — a *Borda-féle alapvonalmérő* készüléken találjuk először.

A mérőrúd egyik végén (4. ábra.) beosztás előtt mozgó s noniuszos indexel felszerelt tolokát találunk, melyet hosszanti irányban eltolva, hozzáütköztethetünk a vonalban fekvő másik mérőrúd véglapjához. Az ütköztetés után végzett leolvasásból a két rúdvég közötti köz nagysága megállapítható. Az elérhető középhiba mintegy $\pm 0,03$ mm-re tehető.

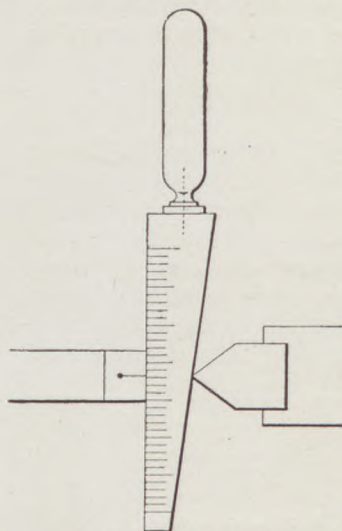
Az *ékkel* való közmérést (5. ábra) először a *Bessel-féle alapvonalmérő* készülékben alkalmazták. A használatos ék alakját és méreteit a

Bessel-féle készülék ismertetésekor fogjuk közölni. Az ékkel elérhető középhiba $\pm 0,01 \text{ mm}$ -re tehető.

A mikroszkóppal való közmérést Porró használta először s azóta minden olyan alapvonalmérő készüléken megtaláljuk, amellyel az elérhető szélső pontosságra törekszenek.

Mérőék

kis közök mérésére.



5. ábra. Közmérés ékkel.

A közök mérésére használatos mikroszkóp olyan mozgószásas mikroszkóp, mint amilyent a teodolitokon használnak. Főrészt a mikrométercsavar által önmagával párhuzamosan parányi módon elmozdítható kettős szál (6 ábra.). A mikrométer-csavar menet magasságát előzetes gondos mérésekkel megállapítjuk s így a kettős szál elmozdulása nagy szabotossággal ($\pm 0,001 \text{ mm}$ re) megállapítható.

A mozgószásas mikroszkópot csak végvonásos mérőrúddal kapcsolatosan lehet használni s tekintettel az erős nagyítású mikroszkóp kis látó mezejére, a méréshez csupán egy mérőrúd használendő.

Használata a következő: A mérőrúdnak az irányban való vízszintes elhelyezése után a két végvonása fölé, egy-egy külön állványozott leolvasó mikroszkópot helyeznek. A mikroszkópok beállítása után, mind a kettőnél közrefogják a kettős szállal a mérőrúd végvonását s leolvassák a mikrométer-csavar állását.

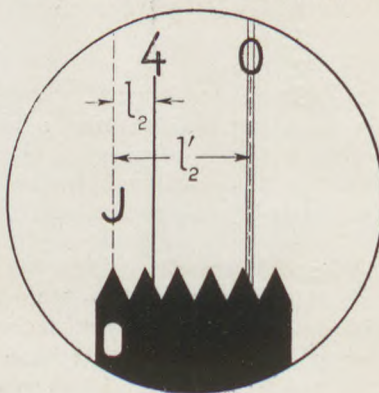
Most a második mikroszkópot mozdulatlanul hagyva, s gondosan ügyelve arra, hogy annak helyzete meg ne változzon, a mérőrúdat tovább visszük a következő helyzetébe s itt a vonalba s vízszintes helyzetbe úgy állítjuk, hogy a kezdő vonása a mozdulatlanul hagyott mikroszkóp látterébe jusson. A mérőrúd eme helyzetében is, a végvonása fölé szintén külön állványon nyugvó mikroszkópot helyezünk. A két mikroszkóp kettős száljával ismét közrefogjuk a mérőrúd kezdő és végső vonását s a mikrométer-csavar megfelelő állásait leolvassuk. Nyilvánvaló, hogy a két mérőrúd-fekvés végvonásai közötti köz nagysága

$$(l'_2 - l_2) m$$

lesz, ahol m a második mikroszkóp csavar menet magasságának mm -ben kifejezett értéke. A köz számértékének megállapításakor ügyelni kell az előjelére is.

Leolvasó, mozgó szál as mikroszkópok segítségével a közök nagysága $\pm 0,001 \text{ mm}$ középhibával állapítható meg, vagyis valamennyi eljárás közül a legpontosabban.

Flexibilis mérőszervek, vagyis szalagok, drótok esetén, tekintettel az alap-hosszúság végvonásos kijelölésére, szintén



6. ábra. Közmérés mikroszkóppal.

közökkel mérünk. Az erre vonatkozó módszereket a szalag- és drót-mérés részletes tárgyalásakor fogjuk ismertetni.

4. A mérőszerveknek irányba állítása.

Az alapvonalméréskor alapvető fontosságú, hogy a mérőszervek (rudak, szalagok drótok) szabatosan az alapvonal függőleges síkjában fekjüdjenek. A szabatoság azt jelenti, hogy legfeljebb cm -t kitevő kilengéseket engedhetünk meg.

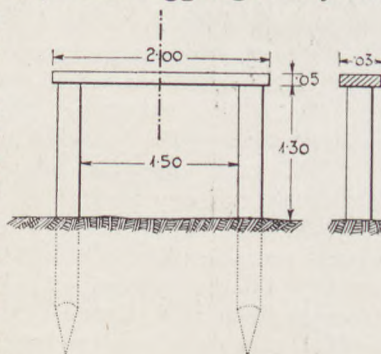
Mivel az alapvonal hossza mindig eléggé tekintélyes, az egyes mérőrudakat az alapvonal végpontján álló teodolittal nem lehet kellő pontossággal a vonalba inteni s ezért az alapvonal-mérést megelőzően gondoskodunk arról, hogy alapvonalon körülbelül $0,5\ km$ távolságban olyan szabatosan megjelölt pontok legyenek, melyek néhány mm -re benne vannak az alapvonal függőleges síkjában.

Tekintettel a kívánt nagy pontosságra, a következő eljárást követjük.

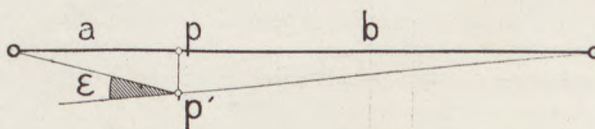
Az alapvonalat előbb műszerrel beintett jelzőkarókkal tűzzük ki s erre a kitűzésre támaszkodva, minden $500\ m$ távolságra ú. n. *iránypadokat* helyezünk el. Ezek két bevert, vagy beásott cölöpre erősített s az alapvonalra merőleges fapallóból állanak. (7. ábra.) A fapalló szélessége és vastagsága olyan, hogy arra a kitűzésre használatos teodolit közvetlenül ráhelyezhető. Ha az iránypadokat elhelyezték, akkor az alapvonal valamelyik végpontján felállított teodolittal az egyes padokon kijelöljük az egyenes vonalat szabatos csavar-, vagy szögjelzéssel.

Az így előállított pontok azonban még nem elég jók, ezeket még külön vizsgálatnak és javításnak kell alávetni, ha a mm -es pontosságot el akarjuk érni.

A vizsgálat abból áll, hogy minden egyes pontra elmegyünk az elsőrendű mérésre használt teodolittal s azt a padponton gondosan felállítva, többszörös ismétléssel megmérjük ama szöget, amely az alap-



7. ábra. Iránypad és méretei.



8. ábra. A padpontok javítása.

vonal két végpontja és az álláspont között van (ϵ). Ha ez a szög, a 8. ábra szerinti értelmezésben véve, zérusnak adódik, akkor a padpont benne van a vonalba. Rendesen azonban nem zérust kapunk, hanem valami kicsi szöget, melynek ívmásodpercben kifejezett értéke ϵ legyen. Ez esetben p' műszerálláspont nincs az egyenesben, de az attól való $\Delta p = pp'$ távolsága egyszerűen számítható, nevezetesen

$$\overline{pp'} = \Delta p = \frac{1000}{\varrho''} \frac{a b}{a + b} \varepsilon$$

ahol az a és b méret méterben értendő s ez esetben a Δp -t mm-ben kifejezve adja a képlet.

A padpontok korrigálásához tehát szögmerésen kívül még hossz-mérés (az a és b méretek) is kell. Ámde míg a szögeket a lehető legnagyobb gonddal kell mérni, a távolságnál már sokkal kisebb pontosság is elegendő. Az a és b hosszakat elég, ha méterre pontosan ismerjük, feltéve, hogy a padpontok meghatározása gondosan történt, azaz, hogy a Δp érték cm-rendű mennyiség.

Az a és b méreteket térszínre fektetett acélszalagokkal mérhetjük, a vízszintesre való redukció mellőzhető.

A vázolt eljárással tehát minden 500 méterre szabatosan meghatározunk egy-egy pontot az egyenes vonalon.

Az alapvonal további előkészítése most már abból áll, hogy az egyes padpontokra állított teodolittal minden 100, esetleg minden 50 méterre felszíni jelzésű cövekpontokat iktatunk be az egyenesbe. A cövekek felszíniek, azaz őket egészen a térszínig verjük le, s rajtuk a pontot sárgarézcsovarral jelöljük ki.

A cövekpontok a mérőrudakat alátámasztó állványozás (alapvonal-híd) elhelyezésére szolgálnak. A cövekpontok közt zsinór feszíthető ki s ez jelöli ki az egyenes vonalat az állványozás szerelésekor.

A mérőrudaknak az egyenesbe való állítása az alapvonal végpontokon, illetve a korrigált padpontokon felállított, gondosan igazított teodolittal történik. E művelet szabatos elvégzésére a mérőrudakat mindig iránycsúcsokkal szerelik fel.

5. A mérőszervek hajlásának mérése, illetve a mért hosszúságnak a vízszintesre való redukálása.

Kiváló gondot kell fordítani az alapvonalmérésekben arra, hogy a mérés csakugyan a két végpont közötti vízszintes távolságot adja meg.

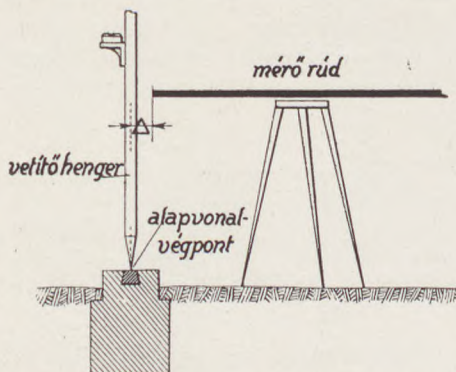
Mérőrudak esetén ezt úgy biztosítjuk, hogy a mérőrudak számára megfelelő állványozással közel vízszintes mérőpályát készítünk s a lefektetett mérőrudak hajlását libellás és mikrométeres hajlásmérőkkel állapítjuk meg.

Szalag- és drótmérés esetén az egyes szalag-, illetve drótvégpontok magasságkülönbségét gondos szintezéssel határozzuk meg, s a nyert magasságkülönbség-értékkel redukáljuk a szalag hosszát a vízszintesre.

6. Vetítések és végrehajtások.

Az alapvonalmérő készülékek mérőszerveit (rudakat, szalagokat, drótokat) nem fektetjük a térszínre, hanem megfelelő állványozások közvetítésével a térszín felett mintegy 1,0–1,2 m magasságban helyezzük őket az alapvonal függőleges síkjába. Emiatt az alapvonal mindig felszíni jelzésű végpontjain, továbbá azokon a pontokon, ahol a mérést valami ok miatt megszakítottuk, meg kell állapítani a mérőszerv végpontjának és az illető alapvonal-pontnak egymástól való vízszintes tá-

volságát és pedig ezt a meghatározást felette pontosan, néhány század milliméterre kell elvégezni. Az alapvonalmérésben az ilyen távolságok megállapítására vonatkozó műveletet nem valami szabatos műszóval „vetítés”-nek szokás nevezni.



9. ábra A vetítő henger és használatának sémája.

a libellával a hengert gondosan függőlegessé tesszük. Most az első mérőrudat úgy állítjuk, hogy kis (tolókéval vagy ékekkel mérhető) köz legyen a henger és a mérőrúd (véglapja, éle) között. A közt megmérve s hozzáadva a vetítőhengernek előzetes komparálásból ismeretes félvasztagságát, megkapjuk a keresett távolságot.

A vetítőhengerrel való eljárás meglehetősen körülményes s amellett pontossága sem teljesen kielégítő, végvonásos mérőrudak esetén pedig nem is használható.

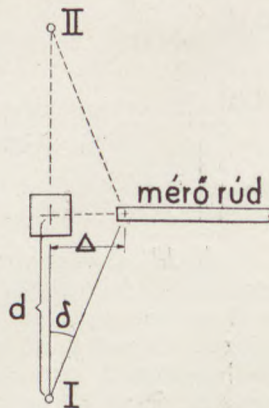
Ezért a modern mérésekben a vetítést más módon, t. i. teodolittal való szögméréssel szokás végezni.

A teodolittal felállunk a vetítendő pont normálisában, az alapvonalról 3–4 m távolságban (10. ábra) s gondos szögméréssel megmérjük azt a δ szöget, mely az alapvonal végpontja, a mérőrúd végvonása és az álláspont közt van. Továbbá mm -re pontosan megmérjük a műszerállás-pontnak az alapvonal végponttól való vízszintes távolságát d -t. Nyilvánvaló, hogy a keresett Δ méret

$$\Delta = d \operatorname{tg} \delta = \frac{\delta''}{\rho''} a$$

Ellenőrzés és a pontosság fokozása céljából mindig két műszerállásból kell a Δ méretet megállapítani, a második műszerállást az elsőve szemben, az alapvonal tulsó oldalán választjuk ugyancsak 3–4 m távolságban.

A teodolitos vetítéssel a Δ méret néhány század mm -t kitevő középhibával határozható meg.



10. ábra. Vetítés teodolittal (szögméréssel).

5. §. A fontosabb rudas alapvonalmérő készülékek.

1. A rudas alapvonalmérő készülékek osztályozása.

A rudas alapvonalmérő készülékeket a mérés végrehajtásában alkalmazásra kerülő eljárás szerint két nagy csoportba lehet osztályozni. Az első csoportba tartoznak a *véglapos*, illetve *végeles mérőrudak*, me-

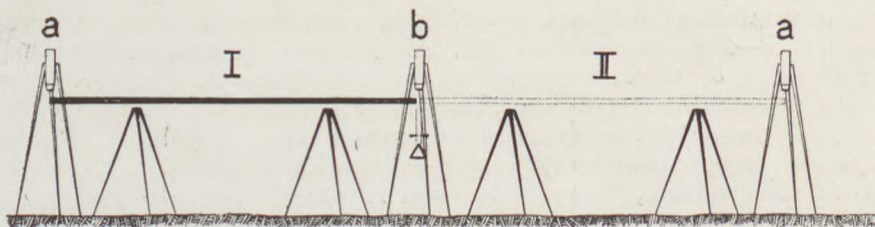


11. ábra. Véglapos mérőrúddal való mérés sémája (kontaktusos mérés).

lyeket használat közben az jellemez, hogy a méréshez belőlük legalább kettő kell (rendesen azonban négyet használunk), továbbá, hogy a köztük levő közt kontaktusos módszerrel (tolókával, ékkel) kell megmérni. A mérés sémáját a 11. ábra mutatja.

A második csoportba tartoznak a *végvonásos mérőrudak*, amelyekből a mérés alatt csak egy kell s amelyeknél a közők mérésére stabil állványokra helyezett mozgósítható mikroszkópok szolgálnak. A mérés sémáját erre az esetre a 12. ábra mutatja.

Az első csoportba sorozható alapvonalmérő készülékek közül ismertetni fogjuk a *Borda-félét*, a *Bessel-félét*, a volt cs. és k. *Katonai Földrajzi Intézetét* és az *Eimbeck-félét*. A második csoportba tartozók közül a *Brunner—Ibáñez-félét*, a *Woodward-félét* és a *Repsold—Comstock-félét* fogjuk tárgyalni.



12. ábra. Végvonásos mérőrúddal való mérés sémája (mikroszkópos mérés).

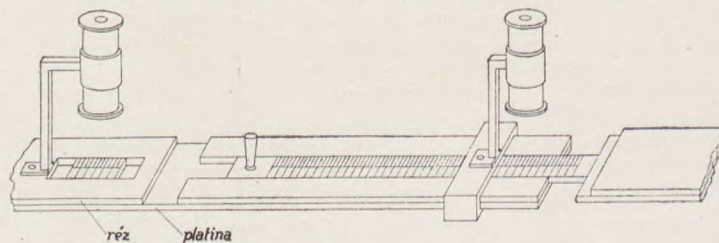
2. A Borda-féle alapvonalmérő készülék.

A 18. század végéről való *Borda-féle* készülék az alapvonalmérő készülékek fejlődéstörténetében fontos szerepet játszik nemcsak azért, mert ez volt az első, minden részletében átgondolva készült ilyenmű műszer, de azért is, mert a fémtermométer-elv bevezetésével és első alkalmazásával új irányt szabott az alapvonalmérő készülékek fejlődésének. Ránk nézve azért is nagyjelentőségű, mert összes alapvonalainkat egy *Borda-utánzatú* készülékkel mérték.

A *Borda-féle* készülék a bimetalikus rudas alapvonalmérők közé tartozik.

A mérőszerv alsó részén találjuk a platinából való tulajdonképeni

mérőrudat, felül pedig a rézből való hőmérsékleti segédrudat (13. ábra). A platinarúd hossza — homloklapjai közt mérve — két toise, azaz 3.898 m, szélessége 13.5 mm, vastagsága 2.3 mm (szóval inkább szalag, mint rúd). A két rúd az egyik végén merevkötésű, a másik végén szabadon dilatálhatnak. A relatív elmozdulás mértéke a platinarúdon elhelyezett beosztáson olvasható le (néhány század mm pontossággal).



13. ábra. A Borda-féle készülék bimetalikus mérőrudja.

A közök mérése tolokával történt. A méréshez, annak gyorsítása és pontosságának fokozása céljából négy mérőrudat használtak. A mérőrudaknak a mérés vonalában való közel vízszintes, szilárd és gyors elhelyezésére külön állványozás szolgált, melynek szerkezetét a mi katonai Földrajzi Intézetünk készülékének tárgyalásakor fogjuk ismertetni.

A Borda-féle készülékkel Franciaországban 1798—1828-ig hét alapvonalat mértek.

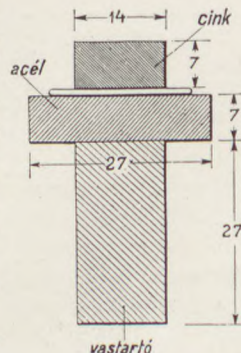
3. A Bessel-féle alapvonalmérő készülék.

A Bessel-féle alapvonalmérő készülék 1834-ből való. Szerkesztésekor Bessel tekintettel volt azokra a tapasztalatokra, amelyeket a régiebb készülékeken (Borda, Reichenbach, Repsold, Schwerd stb.) tettek s így sikerült olyan műszert készítenie, melyet némi tökéletesítéssel még ma is használnak. Eddigél Németországban 16 alapvonalat mértek vele.

A Bessel-féle készülék szintén bimetalikus. A tulajdonképeni mérőrúd vasból, a hőmérsékleti segédrúd cinkből való. A vasrúd hossza — végelei közt — két toise (3.898 m), szélessége 27 mm, vastagsága 7 mm; a cinkrúd szélessége 14 mm, vastagsága 7 mm. A két rúd közös, merev alátámasztására 27×14 mm keresztmetszetű vasrúd szolgál (14. és 15. ábrák).

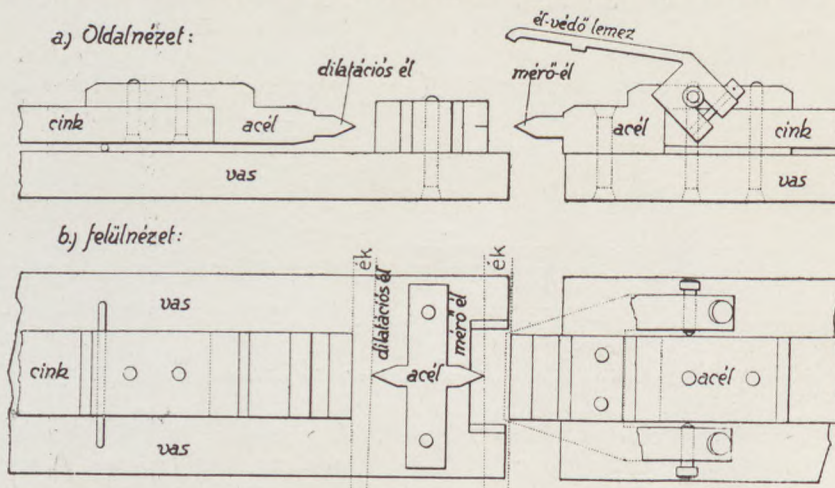
A két mérőrudat egyik végükön, acélból készült test közvetítésével mereven kapcsolják egymáshoz. Az acélttest vízszintes élben végződik, ez a mérőrúd vízszintes végele. Az acélttest méretei úgy vannak megállapítva, hogy a vas és a cinkrúd nem fekszenek egymáson, hanem köztük mintegy 1 mm t kitévő köz van. Ebben a közben ugyanilyen átmérőjű acélhengerkéket, görgőket találunk. E berendezéssel, a dilatáció szabatos lefolyása ellen működő lapsurlódást kerüljük el.

A mérőrudak másik végén, az egyes rudakhoz külön-külön erősítenek acélból való s élekben végződő testeket. A cinkrúdon levő acél-



11. ábra. A Bessel-féle készülék mérőrudjának metszete.

test vízszintes élben végződik; a vasrúdon levő pedig mindkét oldalán függőleges éllel ellátott, melyek közül a kívülfekvő él a mérőrúd függő-



15. ábra. A Bessel-féle mérőrúdak felülnézete és oldalnézete.

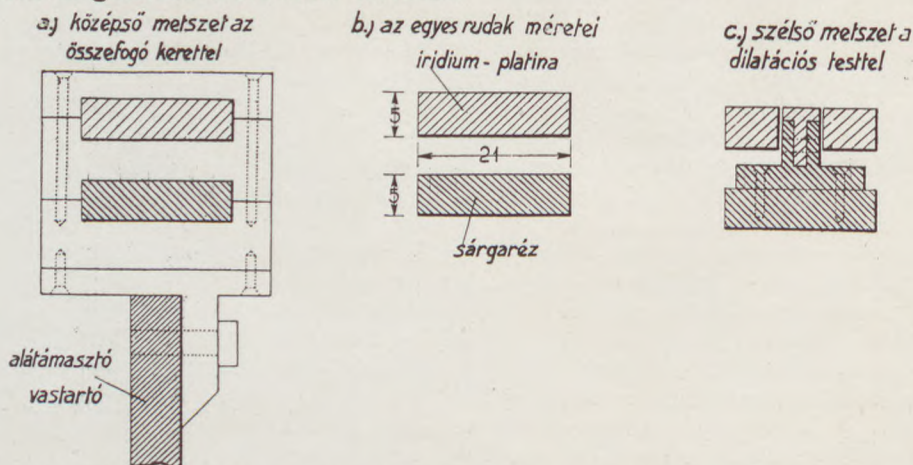
gőleges végele. Vagyis a mérőrúd hossza (a nominális két toise) a vasrúdon levő két szélső (vízszintes és függőleges) él között számít.

A cinkrúdon levő vízszintes él és a vasrúdon levő belső függőle-



16. ábra. A Bessel-féle készülék mérőékeje. Vastagsága a 20-as beosztásnál 4,5 mm, a 8-asnál 1,8 mm. Két beosztás közti vastagságkülönbség 0,023 mm.

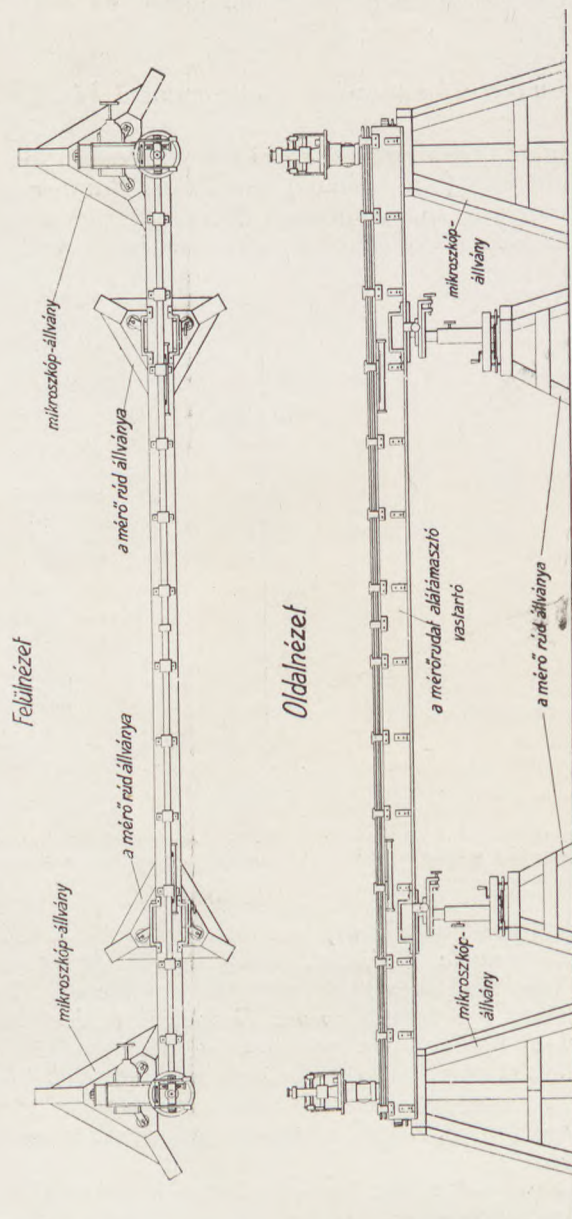
ges él a dilatáció miatti eltolódás mértékének megállapítására való. A köz megmérése mérőekkel történik.



17. ábra. A Brunner-Ibannes-féle készülék bimetalikus mérőrúdjának metszetei.

A mérés négy rúddal történik. A rudak végélei közötti közöket ékekkel mérik (alakja és méretei a 16. ábrán láthatók.)

Mérés alatt a fedőszekrénybe burkolt rudakat két-két vasbakra



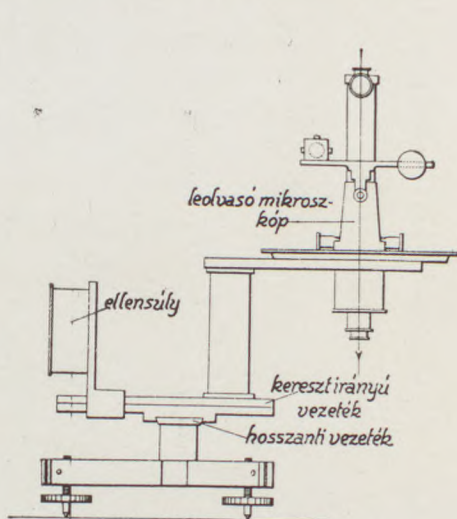
18. ábra. A Brunner—Ibannes-féle készülék alaprajza és oldalnézete (mérésre felállítva).

helyezik, amelyeken úgy fel és lefelé, mint oldalt jobbra és balra, kis határok közt is elmozdíthatók. E parány-mozgatással történik az egyes rudak vonalba állítása és vízszintessé tétele. A bakok deszkán nyugszanak, ezeket pedig földbevert erős vasszögek csúcsaira helyezik. A

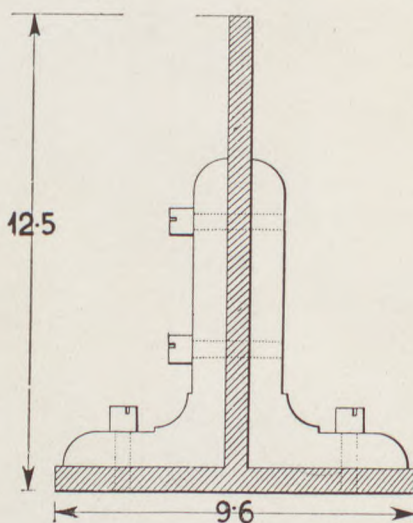
kellő stabilitás elérése céljából az alátámasztó bakok annyira alacsonyok, hogy a rájuk helyezett mérőrúdak magassága a föld színe felett mintegy 80 cm. A mérés személyzetet igényel. A bonni alapvonal mérésekor például 15 észlelő és 55 munkás segédkezett, azaz 70 személy kellett a méréshez.

4. A Brunner—Ibáñez-féle alapvonalmérő készülék.

Ibáñez spanyol tábornok a Porró-féle mikroszkópos elv alapján 1856-ban készítette első (bimetallikus) készülékét Brunner párisi mechanikussal s evvel mérte a spanyolországi főhálózat alapvonalainak egy részét. De mert az első készülékkel a mérés nehézkes volt, azért egy



19. ábra. A Brunner—Ibáñez-féle készülék mikroszkópjának sematikus oldalnézete.



20. áb. a. Az egyszerűsített Brunner—Ibáñez-féle készülék monometallikus rudjának metszete.

újabb, egyszerűsített (monometallikus) készüléket készítettelt 1864-ben, amivel Spanyolországban nyolc, Svájcban pedig három alapvonalat mértek.

Az Ibáñez-féle első készülék alapján ugyancsak Brunner egy bimetallikus készüléket gyártott a porosz Geodéziai Intézet számára. Ez a készülék (17. ábra) kiváló figyelmet igényel, mert készítésekor minden részletének megállapításakor az volt a törekvés, hogy vele hosszú alapvonalakat nagy pontossággal lehessen mérni. Használata természetesen nehézkes s csak nagyon jó, közel vízszintes és elég egyenletes mérőpályán használható.

A porosz Brunner—Ibáñez-féle készüléken a mérőrúd bimetallikus. (17. ábra.) A tulajdonképeni 4 m hosszú mérőrúd irídium-platinából való, keresztmetszete 5×21 mm. A hőmérsékleti segéd-rúd 5×21 mm keresztmetszetű rézrúd. A két fémrúd a közepén egy kerettel mereven van összekapcsolva, a széleken azonban szabadon dilatálhatnak. A platina-irídiumrúd felső felületén egészen végig cm beosztás van, a rúd hossza a végső vonások között 4 m. A mérőrúd tehát végvonásos.

A dilatáció megállapítására a rézrúd két végéhez platin-irídiumtestek vannak erősítve, melyek belenyúlnek a tulajdonképeni mérőrúd kivágásába. A dilatáció nagyságát a mérőrúdon és a rézrúdhöz erősített platina-irídiumtesten levő vonások közti köz adja meg. A köz nagyságát beosztásos mikroszkóppal mérik meg.

A két mérőrudat összefoglaló keretek, fogantyúkkal ellátott, szilárd vasrúdra vannak szerelve.

A mérőrúd mérésalatti alátámasztása két vasbakkal történik (18. ábra), amelyeken a mérőrudak fel- és le, jobbra- és balra, továbbá hosszanti irányban mikrometrikusan is elmozdíthatók.

A mérőrudak végvonásai közötti közöket mozgószálas mikroszkóppal mérik (19. ábra). Ezeket külön, szilárdan elhelyezett háromlábú vaspílérekre szerelik, amelyeken mikrometrikus úton is beállíthatók.

A mérés egy mérőrúddal és három leolvasó mikroszkóppal megy végbe. A méréshez nyolc észlelő és 12 segédmunkás kell.

Az u. n. egyszerűsített Brunner—Ibáñez-féle készülék a leírttól csupán abban tér el, hogy mérőszervül T alakú vasrúd szolgál, melynek magassága 125 mm, alapja 96 mm, szárvastagsága 6 mm. A mérőrúd végvonásos, hossza 4 m, súlya mintegy 50 kg. (20. ábra.)

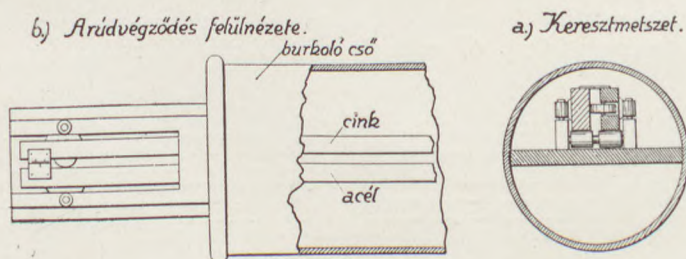
5. A Repsold—Comstock-féle amerikai rudas alapvonalmérő készülék.

Szintén a végvonásos, mikroszkópos alapvonalmérő készülékek közé tartozik.

A készülék bimetalikus és pedig 13×27 mm keresztmetszetű és 4 mm hosszú cink- és acélrudakból áll, amelyek 125 mm átmérőjű s kívül jó szigetelőlemezrel borított acélcsőbe vannak szerelve, úgy, hogy a végeik a csőből kinyúlhatnak (21. ábra). A két rúd közepén mereven kapcsolt, a végeik azonban szabadon dilatálhatnak s itt a hosszváltozás mértéke a két rúdon levő beosztásvonalak eltolódásából állapítható meg.

A készüléken higanyhőmérő is van s így a hőváltozás okozta hosszváltozás ennek segítségével is, vagyis ellenőrzéssel megállapítható.

A készülékhez három leolvasó mikroszkóp tartozik, melyek éppen úgy mint a mérőszervet burkoló cső, a teodolitállványhoz hasonló stabil állványokra helyezhetők.



21. ábra. A Repsold—Comstock-féle készülék mérőrúdjának metszete és végződésének felülnézete.

6. A Woodward féle jégtartányos rudas alapvonalmérő készülék.

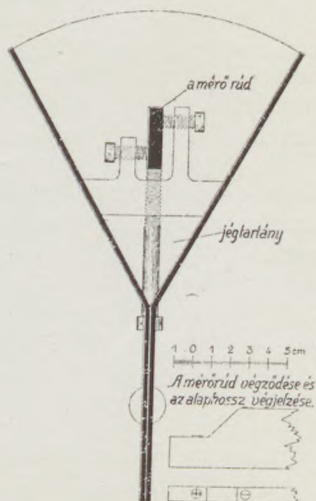
Ugyancsak végvonásos, mikroszkópos készülék és pedig mono-metallikus.

A mérőrúd 8×32 mm keresztmetszetű, 5 m hosszú acélrúd, melynek lemetezett végein (a neutrális tengelyen) platinlemezek vannak a végvonások.

Az acélrúd, Y alakú burkolószekrény belső szögletébe van helyezve (22. ábra), amely tér a mérés alatt, a mérőrudat teljesen elborító pulverizált jeget tartalmaz. E berendezés révén elérhető, hogy a mérőrúd a mérés alatt állandóan 0° hőmérsékletű.

A jéggel töltött szekrény nagy súlya miatt a mérés alatt egyszerre, mintegy 15 m hosszban, cölöpökre sín pályát készítenek s a mérőrudat szekrényestől ezen a sínen gördítik tova.

A leolvasó mikroszkópokat ugyancsak cölöpökre (és nem állványokra) szerelik.



22. ábra. A Woodward-féle készülék jégtartályának és mérőrudjának keresztmetszete.

7. Az Eimbeck-féle „Duplex” alapvonalmérő készülék.

A kontaktusos készülékek közé tartozik, vagyis nem törekszik az elérhető szélső pontosságra, hanem inkább arra, hogy a mérés vele lehetőleg gyors legyen.

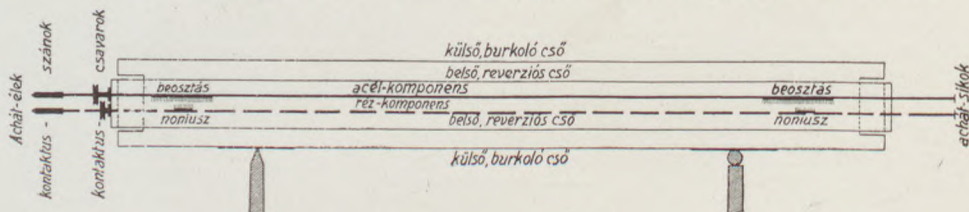
A készülék sematikus és részletes alaprajzát (metszetét) a 23. és 24. ábrák mutatják.

A készülék bimetallikus — de nem fémtermométer elvű a Borda-féle értelemben — s olyan elrendezésű, hogy a két mérőrúd külön-külön is használható. Innen van a készülék „duplex” (kettős) elnevezése.

Az acélból és sárgarézből való mérőrudak csőmetszetűek 18 mm átmérővel; hosszuk 5 m. Az amerikaiak az egyes csöveket komponensek-nek nevezték, azaz minden készüléknek van egy acélkomponense és egy sárgarézkomponense.

A két komponens nem alkot Borda-féle fémtermométert, mert egymással nincsenek mereven kapcsolva. De mert az egyik komponens mindkét végén beosztás s vele szemben a másikon noniuszos index van, a relatív hosszváltozásrajuk is mindig megállapítható.

A két komponens 67 mm átmérőjű közös csőbe (reverziós-cső-



23. ábra. Az Eimbeck-féle kontaktusos készülék sematikus rajza.

be) van szerelve, amely ismét egy 102 mm átmérőjű burkolócsőbe van téve, úgy, hogy a kisebb cső benne 180° -ra átforgatható; az átforgatással a két komponens vízszintes helyzetében egymással felcserélhető.

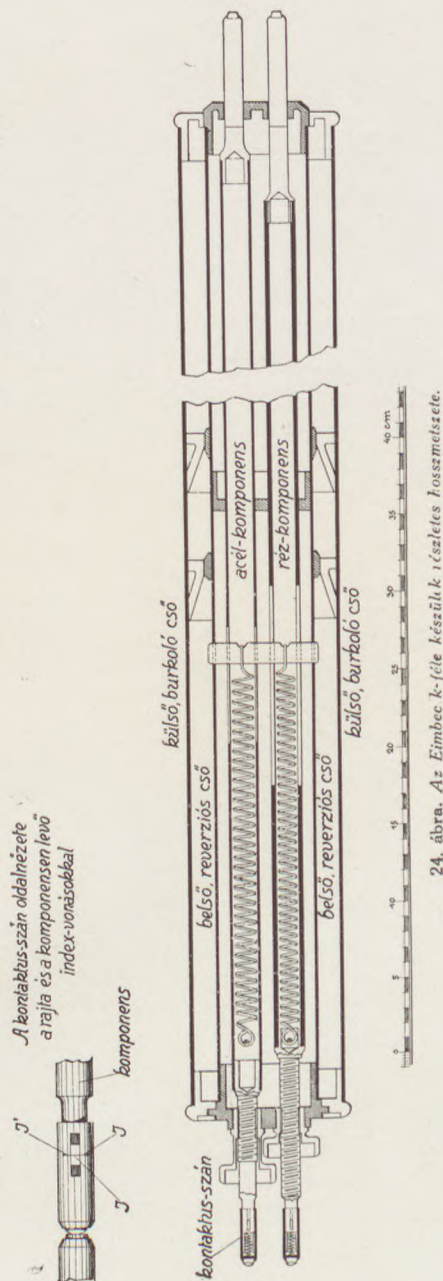
A komponensek végein *achattesteken* véglappal, illetve domború végéllel jelölik ki a rúd hosszát. A síklapban végződő achat-test közvetlenül a csőhöz mereven erősített csapba van ágyazva, ellenben a komponens másik végén levő s domború álló élben végződő achat-test egy *szánhoz* van erősítve, mely szán a komponens csapján hosszanti irányban kissé elmozdítható. Ezt a szánt kifelé spirálrúgó feszíti s ennek ellenében lefogó (arretáló) csavarral rögzíthető. A szán egy bizonyos helyzetbe való beállítására a komponens csapját is, a szánt is index vonásokkal (J és J') látják el (24. ábra). A komponens hossza a két achattest szélső pontja közt számít akkor, amikor az J és az J' indexek ko incidálnak egymással.

Minden egyes komponens a reverziócsőhöz képest hosszanti értelemben elmozdítható. Az elmozdítás *kontaktuscavarokkal* történik s az elmozdítás szabotossága érdekében az egyes komponenseket rúgók kapcsolják a reverziócsőhöz.

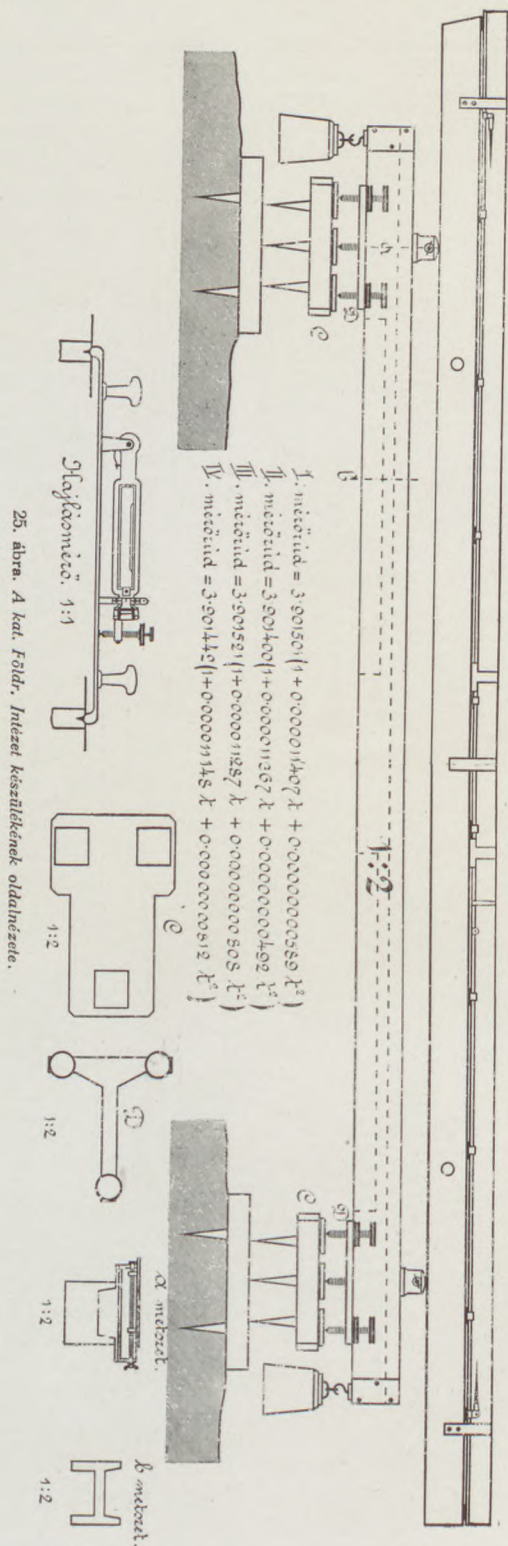
Használatkor, megszorított szánarretáló csavarral állítjuk a mérőrudakat a már elhelyezett mérőrudak mellé, azoktól néhány mm távolságra. Most az arretáló csavart megoldva, a szánt a rúgó nekifeszíti a már álló rúd sík végének. Ezután a kontaktuscavart addig csavarjuk, míg az J és az J' indexek egymással fedésbe nem jutnak.

Az egyes mérőrudakon higanymérők is vannak s így a beosztásokon leolvasható relatív eltolódás ellenőrizhető.

A méréshez két „duplex” készülék szolgál, melyek mindegyikét a mérés alatt két-két háromlábú állvánnyal támasztjuk alá.



24. ábra. Az Eimbec k-jéle készült, részletes hosszsmélete.



8. Az Osztrák-Magyar Monarchia felvételében használt rudas alapvonalmérő készülék.

A volt Osztrák-Magyar Monarchia egész területére kiterjedő egységes országos topográfiai felvételt a volt cs. és kir. Katonai Földrajzi Intézet végezte. Méréseit felsőrendű háromszöghálózatra támaszkodva hajtotta végre, amelyben 17 alapvonalnak mérték meg a hosszát. E mérések azért is különös jelentőségűek, mert a kataszteri és telekkönyvi célokat szolgáló polgári országos mérések a maguk háromszögeléseit ebből a főhálózathoz indították ki, vagyis önálló alapvonalmérést nem végeztek.

Ebből a szempontból tehát érdekes lesz közelebbről foglalkozni azzal az alapvonalmérő készülékkel, amellyel a Katonai Földrajzi Intézet méréseit végezte.

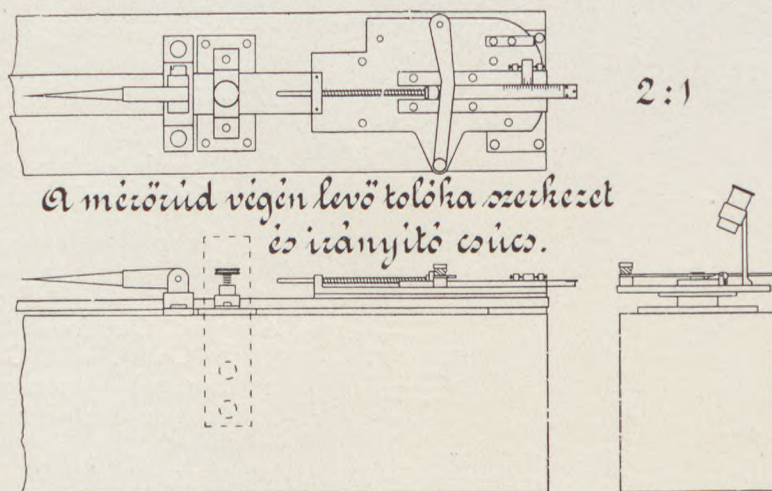
A Katonai Földrajzi Intézet alapvonalméréseiben, úgy a régiekben, mint az újabbakban, ugyanazt az 1810-ből származó fémrudas készüléket használta, mely a Borda-féle francia készülék utánzatának tekinthető.

A mérőkészülék mono-metallikus és pedig acélból való. A méréshez négy darab mérőrudat használtak, mindegyik mintegy két toiss hosszú. A mérőrudak véglaposak, a közök mérésére tolokával felszereltek. A szerkezet egyes részei a 25. és 26. ábrákon láthatók. Az egyes fémrudakat alul fagerendás alzattal és oldalt is, felül pedig falemezekből álló védőburkolattal látták el. A burkolat a sugárzó meleg elleni védekezésül is szolgál.

Az egyes mérőrúdak alátámasztására ugyanazt az álványozást használták, amelyet *Borda* készített készüléke számára (25. ábra).

Nevezetesen minden mérőrúd alá a földre két-két, alul nyolc erős vastüskével ellátott *párnadeszka*t helyeztek. A vastüskéket a földbe verve, a párnadeszkák szilárd elhelyezést nyernek, még kedvezőtlen, laza talajon is.

A párnafadeszkákra három csúcson nyugvó *puhafabakokat* helyeznek, melyek tetején, lecsavart ólom alátétlemezekon nyugszik *három talpcsavar*on egy T alaprajzú *vaslemez*. A talpcsavarok szolgálnak a mérőrúd közel vízszintesé tételére. A két szomszédos T lemezre egy I—I keresztmetszetű *puhafagerenda* helyezhető. Ezt a gerendát, az alátámasztás stabilitásának fokozására, elhelyezése után súlyokkal terhelik meg mind



26. ábra. A kat. Földr. Intézet készülékének oldalnézete.

a két végén. A gerenda végei felé két *vasszekrényt* találunk s ezeken felül szélesebb lemezeket, melyek vízszintes csavarokkal jobbra-balra eltolhatók. Mérés közben a mérőrúd a vasszekrények felső lemezeire kerül s a lemezt oldalt mozgó csavarokkal végzik el a mérőrúd vonalbaállítását.

A mérésben használt vetítőkészüléket és részleteit a 27. ábra mutatja.

E készülékkel a mérés eléggé nehézkes és hosszadalmas. Például az 5200 m hosszú Josephstadti alapvonal oda-vissza való mérését szeptember 17-től, október 18-ig végezték, mely időben az alapvonal előkészítése nincs benne. Egy munkanap alatt átlag 38 fektetést lehet végezni, azaz mintegy 600 m-t lehet mérni.

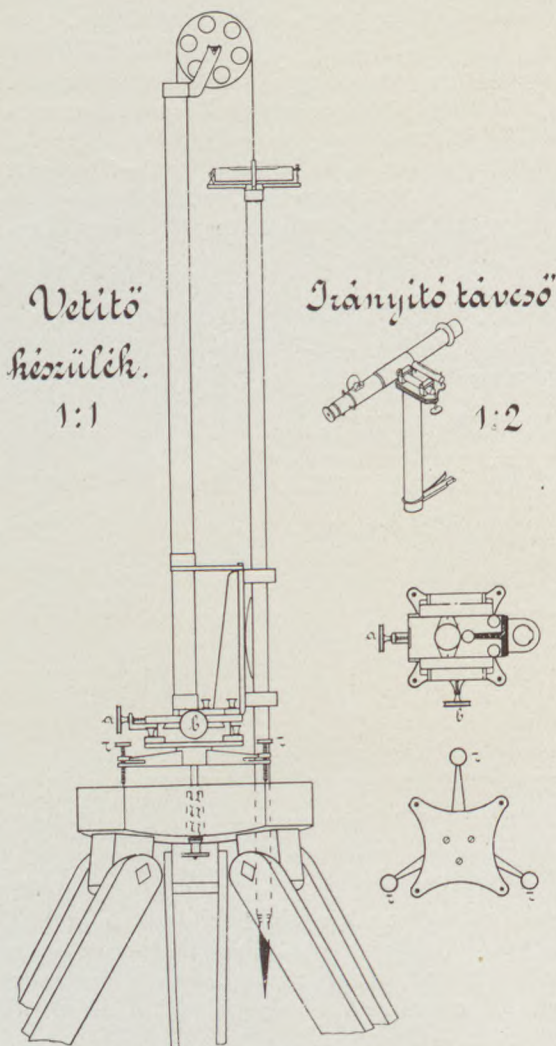
A monarchia alapvonalmérő készülékével 17 alapvonalat mértek a monarchia területén és pedig 5-öt Magyarországon és 12-öt Ausztriában. A magyarországi alapvonalak a következő helyeken vannak:

1. Budapest.
2. Szent-Anna (Arad mellett).
3. Brassó.

4. Szatmár.
5. Versec.

Az ausztriai alapvonalak:

6. Éger (Csehország).
7. Josephstadt (Csehország).
8. Partin (Galicia).
9. Tarnopol (Galicia).
10. Radautz (Bukovina).
11. Bécsújhely (A. Ausztria).
12. Linz (F. Ausztria).
13. Graz (Stájerország).
14. Sinji (Dalmácia).
15. Scutari (Dalmácia).
16. Serajevo (Bosznia).
17. Vristik (Bosznia).



27. ábra.

6. §. Szalagos alapvonal-mérő készülékek.

A mérőszalagot felsőrendű alapvonalak mérésére először az *Egyesült Államok Országos Mérése* (U. S. Coast. and Geodetic Survey) alkalmazta s tekintve az általuk elért jó eredményt, az ő készüléket és mérési eljárásukat fogom a következőkben ismertetni (28. ábra).

Mérőszervül 6.34×0.47 mm keresztmetszetű és 51 m, illetve 101 m hosszú acélszalag szolgált, melyeknek végein 50 cm hosszúságban az acélrészre szilárdan szögecselt, mm beosztású ezüstlemez találtak. A szalag hőmérsékletének mérésére a szalag két végén egy-egy állandóan

hozzaerősített higanyhőmérő van. Mérés alatt a szalagot állandó feszültség alatt kell tartani s ezért dinamóméterbe szokás kapcsolni. A dinamóméter egyszerű, rúgós mérleg volt amellyel 20 kg-ig lehetett feszültségeket mérni és beállítani.

A szalagmérés megindítása előtt a mérőpályát a következőképen készítették elő. Első teendő volt az iránypadokon levő pontoknak a már leírt módon való megállapítása. Ezután minden száz méterre egy

egy 10×10 cm méretű cölöpöt intettek be a vonalba (indexcölöpök) s reájuk 55×11 mm méretű rézlemezeket csavararokkal úgy erősítettek, hogy az egyes rézlemezek középvonalai az alapvonalra jutottak. A cölöpfejek magasságát lehetőleg ugyanazon nívauban választották, de ahol a terepviszonyok kedvezőtlenek voltak, ott ettől eltekintettek. A 100 m távolságban levő indexcölöpök közé 25–25 m távolságban, vékonyabb, ú. n. tartócölöveket helyeztek és pedig a vonalhoz képest annyira külpontosan, hogy az oldalról vízszintesen beléjük vert szögek a kifeszített és vonalba intett szalagok alátámasztására szolgálhattak.

Méréskor a szalagot úgy helyezik az alátámasztó szögekre, hogy végeik két szomszédos indexcölöp rézlemezen nyugodjanak. Ezután a szalagot bekapcsolják a dinamóméterbe, állandó feszültségül 15 kg-ot használva. Most a szalag két végén egyidejűleg egy-egy beosztásvonalat hegyes árral megjelölnek a rézlemezen s feljegyzik melléje az osztásvonás számát. Ezután a szalagot továbbviszik a szomszédos indexcölöpkre s az elhelyezés és a 15 kg feszültség bekapcsolása után ismét



28. ábra. A szalagmérés sémája.

megjelölnek egyszerre mindkét végén valami tetszőleges s rögtön feljegyzett beosztásvonalat, Minden szalagfektetésben le kell olvasni a két higanyhőmérő állását is.

A hőmérséklemérés bizonytalanságait kiküszöbölendő, a mérést mindig éjjel hajtották végre. Nappal csak ritkán, t. i. borús időben mértek. Ujabban invar-fémből készült szalagokat is használtak, az ilyenekkel nappal is lehetett mérni.

Az északamerikai alapvonalmérésekben a mérést minden egyes alapvonalra nézve 8-szor ismételték meg (4-szer oda és 4-szer vissza), úgy, hogy a mérés befejezése után minden lemezen 16 karc volt. A szalagmérés elkészülte után az indexlemezeket gondosan beszintezik. A szintezés eredményével történik a mért hosszúságnak a vízszintesre való redukálása.

A szalag komparálása mintegy 400 m hosszú próbaalapvonalon történik, melyet a szalaggal többször végigmérnek teljesen úgy, ahogy a szalagot alapvonalméréskor használják. A próbaalapvonal hosszúságát a Woodward-féle jégtartányos alapvonalmérő készülékkel határozták meg.

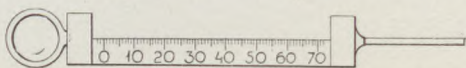
A mérés teljes befejezése után az indexlemezeket közötti közoeket. Ez a lemérés egyszerű, noniuszos vonalzóval ± 0.1 mm középhibával történik. A 0.1 mm középhiba teljesen kielégítő, mert hiszen az 100 m hosszú szalag esetén az alapvonalmérésben 1,000.000-od középhibát jelent.

A szalagmérés nagy előnye először, hogy kedvezőtlen terepen is jó eredményeket ad, másodsor, hogy rendkívül gazdaságos, mert gyors és csak kis személyzetet vesz igénybe. Nagy teljesítő képességének bemutatására felemlíthetem, hogy az 1900-ik évi északamerikai mérő kampagne alkalmából júliustól—decemberig 9 alapvonalat mértek 69 kilométer összhosszban. *E kilenc alapvonalat mind ugyanazon két észlelőből és kilenc munkából álló mérőcsoport mérte.*

A szalagmérés pontossága kisebb mint a rudas alapvonalmérőké, de mert *sűrűn* elhelyezett, *hosszú* alapvonalak mérését teszi lehetővé, végeredményben a vele való pontmeghatározás közel olyan pontosságú, mintha rudas alapvonalmérőket használtunk volna.

7. §. A Jäderin-féle drótmérőkészülék.

Amíg Észak-Amerikában a mérőszalag bevezetésével igyekeztek olyan alapvonalmérő készüléket létesíteni, amellyel még kedvezőtlen



29. ábra. A drótvégződés a beosztott lemezzel.

terepen is gazdaságosan és gyorsan lehet mérni, addig Európában ugyanazon célból Jäderin svéd tanár kezdeményezésére a mérődróttal kísérleteztek s érték el nagyon biztató eredményeket.

A Jäderin-féle alapvonalmérő készülék mérőszerve 1.5–2.0 mm vastag drót, melyet eleinte acélból és rézből készítettek (t. i. a méréskor mindig kettőt használtak, egyet acélból s egyet rézből), de mert ilyenek használata mellett a hőmérsékletmérés bizonytalanságai tetemes hibákat okoztak, újabban *invar*-fémből készítik. A drót hossza eleinte 50 m volt, újabban azonban a komparálásra való tekintettel 24 m hosszúra szokás készíteni. A drót végén egy-egy lemezkét találunk, melyen 10 cm hosszúságban mm beosztás van. A lemezke olyan alakú, hogy a beosztás a drót tengelyének meghosszabbításába esik (29. ábra).

Az alapvonalmérő készülékhez a dróton kívül úgynevezett „index-csapok” tartoznak (30. ábra), melyek a szokásos szerkezetű, három lábú állványokra (stativákra) helyezhetők. Az index-csapok főrésze egy függőlegesen álló, alul kúpos, felül gömbalakú csap, melynek felső részén egy hosszanti s egy reá merőleges vékony karcot találunk. A két karc metszése szabatos pontjelzést ad s ez képviseli azt az indexet, amelyről a csapot index-csapnak nevezik. Az index-csapok három talpcsavaros, alzáton vannak s azon parány-csavarokkal oldalt jobbra és balra is elmozdíthatók. A csap tengelyének lefelé való meghosszabbítása függővel végezhető. A méréshez legalább három indexállvány kell, de rendszeren 12–15-öt szokás használni, mert minél több van, annál gyorsabban megy a mérés.

Index-csapos állvány helyett index-cölöpöt is használhatunk (31. ábra), melyet a vonalban állandóan helyezünk el. Ilyenek esetén a mérés megismétlése gyorsabban végezhető.

A készülékhez még két, súlyokkal felszerelt feszítő-állvány (dinamóméter) tartozik (32. ábra). Ugyanis a kifeszített drót hossza függ a drótot feszítő erő nagyságától, ennél fogva a hosszváltozásokat elkerülendő, a

drótot minden fekvésében állandó erővel kell feszíteni. A feszítő állvány egyrészt a három botból álló s könnyen elhelyezhető és kezelhető állványozásból, másrészt a golyós csapágybanforgó csigából s az ezen átvett feszítő nehezebből áll. A nehezék súlya rendszeren 10 kilogramm, vagyis drótot a mérés alatt 20 kilogrammnyi erővel feszítjük.

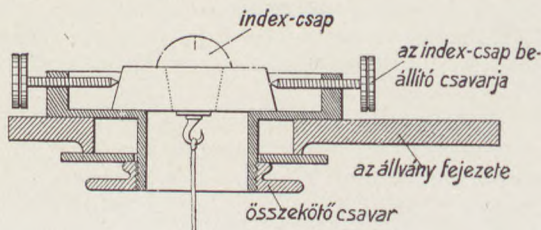
A mérés következőképpen megy végbe (32. ábra). Az egyenesnek a szokásos módon való kitézése után az indexcsapok

állványait felállítjuk a vonalba, ügyelve arra, hogy az indexkeresztvonalok metszése gondosan a vonalban álljon (amit teodolitos beintéssel végezünk el), továbbá, hogy egymástól mintegy 24 m-re (dróthosszra) legyenek. Ha lehetséges, arra is ügyelünk, hogy az indexek egyenlő magasságban feküdjenek, ámde ettől, ha a terep kedvezőtlen, eltekinthetünk. Természetesen az első index-állványt az alapvonal végpontja fölé kell állítani, s a szilárd elhelyezése után teodolitos vetítéssel kell megállapítani a végpontnak és az indexnek vízszintes távolságát.

Ezután a drótot a két első állvány fölé állítjuk úgy, hogy a beosztott lemezek az indexek fölé jussanak. Most a drótot bekapcsoljuk a két feszítő állványba (megterheljük 10–10 kg súllyal) s a két lemeznél álló két észlelő egyidejűleg leolvassa az index állását a dróton levő skálához képest. A két skála-leolvasásból, továbbá a drót hosszából a két index távolsága kiszámítható.

A fenti művelet aztán elvégzendő valamennyi index között. A felszabadult index-állványok előre vihetők, de előbb szintezéssel az indexek magasság-különbsége okvetlenül megállapítandó.

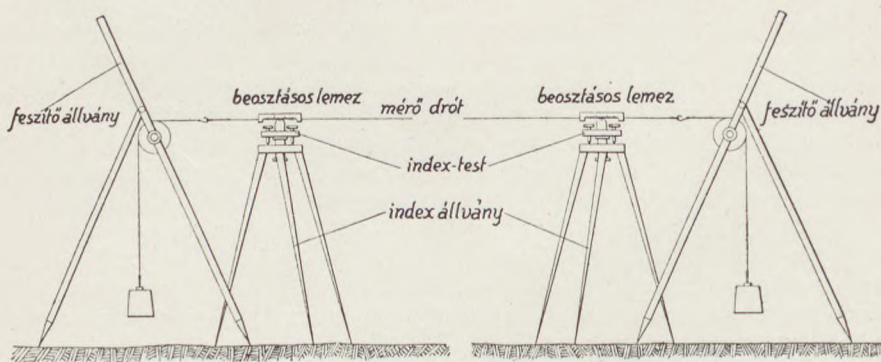
Megjegyzem, hogy a pontosság fokozása céljából a méréshez invarfém esetén is nemcsak egy, de rendszeren négy drótot (esetleg nyolcat) is használnak. Több drót esetén az indexek távolságát egymásután



30. ábra. Az index-csap sematikus metszete.



31. ábra.



32. ábra. Jäderin-féle drótmérés sémája.

valamennyi dróttal megméri s az egész mérést visszafelé haladva is megismétlik.

A drótok hosszát *próba-alapvonalon* állapítják meg. A próba-alapvonal hossza rendszeren 10 dróthossz, azaz 240 méter szokott lenni. A próba-alapvonal hosszát először valami rudas alapvonalmérővel gondosan megállapítják s aztán végigmérik a drótokkal ugyanúgy, mint ahogy azt az alapvonal mérésekor használták.

A drótmérés gazdaságos, mert kevés személyzettel gyorsan hajtható végre. Kedvezőtlen terepen is jól használható, tehát alkalmas hosszú alapvonalak mérésére (a leghosszabb alapvonalat [40 km-est] dróttal mérték).

8. §. Néhány adat az alapvonalmérés sebességére.

A különböző típusú alapvonalmérő készülékek munka-sebességére nézve a következő adatokat közölhetem:

Készülék	Egy óra alatt mérhető hosszúság m-ben
Bessel-féle	200
Brunner—Ibanez-féle	70
Repsold—Comstock-féle	70
Woodward-féle	100
Eimbeck-féle „Duplex“	265
Szalagmérés a) 50 m-es szalaggal	1800
„ b) 100 „ „	2100
Jäderin-féle drótmérés a) kedvezőtlen terepen	500
„ „ b) kedvező terepen	1000

A táblázat adatai világosan mutatják, hogy a mérés leglassúbb a mikroszkópos készülékekkel, vagyis azokkal, amelyekkel viszont a legnagyobb pontosság érhető el. A kontaktusos készülékek, különösen az amerikai „Duplex“ készülék már nagyobb sebesség kifejtésére képesek, de még mindig nagyon mögötte maradnak a szalag és drótmérő készülékeknek. Ez utóbbiak közül látszólag előnyösebb a szalagmérő, ámde meg kell említenem, hogy a szalagmérésnek a fenti táblázatban megadott sebessége pusztán a tulajdonképeni szalagmérésre vonatkozik, az index-cölöpök és tártócölövek elhelyezésére és az indexek beszíntezésére szükséges idő külön értendő. Ellenben a drótmérésre közölt adatban természetesen beleértendő az index-állványok elhelyezése és az index-fejek beszíntezése is. A szalagmérés tehát csak valamivel gyorsabb, mint a drótmérés.

9. §. Az alapvonalmérés pontossága. Adatok az elérhető középhibára.

Az alapvonalmérés pontosságát vizsgálva, hangsúlyoznom kell, hogy a mérés eredményét a szabálytalan hibákon kívül mindig állandó és szabályos hibák is terhelik, azaz a mérési eredmény hibája ilyen összetételűnek vehető:

$$\varepsilon = \alpha + \varepsilon_v$$

ahol α a szabályos hiba állandó része, ε_v pedig a szabálytalan hiba és szabályos hiba ama része, mely belőle megmarad, ha középértékét belőle levonjuk (u. n. véletlen hiba).

Ennek megfelelően az alapvonalmérés középhibájában μ -ben is mindig van állandó rész és véletlen rész, azaz

$$\mu = \sqrt{\alpha^2 + \mu_v^2}$$

s így különbséget kell tenni az alapvonalmérés *középteljes*-, *középvéletlen*- és *állandó* hibája között.

A középteljes hiba képlete világosan mutatja, hogy akkor, ha az α és a μ_v különböző számértékűek, akkor a μ értéke mindig a nagyobb értékhez van közelebb.

Az alapvonalmérés középteljes hibájának szabatos értékét meghatározni nem lehet, de hozzávetőleges értéket meg lehet határozni a komparálással elérhető pontosságból, továbbá, ha egybevetjük azokat az értékeket, amelyeket egyazon alapvonalra nézve különböző alapvonalmérő készülékekkel kapunk.

A középvéletlen hibát meg lehet állapítani a mérések megismétléseiből, vagyis az oda-visszamérések nyújtotta értékek eltéréseiből.

Az alapvonalmérés középhibájáról nagyjából képet nyújt az alábbi táblázat, amelyben a középhiba értékek egy *km* hosszra vonatkoznak. A táblázatban a középteljes hibák jó hozzávetőleges értékeknek tekintendők, melyeket főleg a komparálási pontosság, továbbá egyéni alapvonalmérőkkel közösen mért hosszúságra kapott értékek eltéréseiből állapítottam meg. A középvéletlen hibákat az illető készülékkel végzett ismételt mérések eltéréseiből vezettem le.

Alapvonalmérő készülék	Középteljes hiba egy km-re	Középvéletlen hiba egy km-re	Állandó hiba egy km-re
Woodward-féle	$\pm 2.0 \text{ mm}$	$\pm 0.5 \text{ mm}$	$\pm 1.9 \text{ mm}$
Brunner—Ibáñez-féle	$\pm 2.0 \text{ mm}$	$\pm 0.6 \text{ mm}$	$\pm 1.9 \text{ mm}$
Bessel-féle	$\pm 2.5 \text{ mm}$	$\pm 0.7 \text{ mm}$	$\pm 2.4 \text{ mm}$
Szalagmérő	$\pm 4.0 \text{ mm}$	$\pm 0.8 \text{ mm}$	$\pm 3.9 \text{ mm}$
Jäderin-féle invar drótmérő	$\pm 5.0 \text{ mm}$	$\pm 0.5 \text{ mm}$	$\pm 4.9 \text{ mm}$

Amint látható, a mérés középvéletlen hibája valamennyi készüléknél eléggé kicsi (valamennyinél kisebb 1/1000.000-odnál) ellenben a szabályos hibák azt lényegesen felülmúlják. Tekintve azt, hogy a szabályos

hibák főleg komparálási hibákból, továbbá a tökéletlen hőmérséklet-meghatározás hibáiból származnak, látható, mennyire alapvető fontosságú a komparálásnak, továbbá a mérés alatti valódi hőmérsékletnek gondos meghatározása. Az utóbbi szempontból igen figyelemre méltó a *Woodward* félén alkalmazott jégtartályos berendezés, mely a minimumra redukálja a hőmérsékletmeghatározás bizonytalanságait. Amde meg kell említenem, hogy viszont ennél a mérőrudnak és a jégtartálynak nagy súlya miatt egy más szabályos hiba lép fel a *talajelhajlás* következtében. Ugyanis a talaj túlságos megterhelése miatt, a talajban elasztikus deformálódások állanak elő, melyek a mérőeszközök felemelése és továbbvitele után a mikroszkóp-indexek közti távolság megváltozását okozzák. Hasonló szabályos hibát különben valamennyi mikroszkópos készüléknél is észleltek.



