

193381

A KÖZVETLEN HOSSZÚSÁGMÉRŐK ESZKÖZEI, MÓDSZEREI ÉS PONTOSSÁGA.

(26 RAJZZAL.)

IRTA:

OLTAY KÁROLY.

KÜLÖNLENYOMAT

A VÍZÜGYI KÖZLEMÉNYEK 1916. ÉVI 5. FÜZETÉBŐL.



A VÍZÜGYI KÖZLEMÉNYEK-re évi 20 K-ért lehet előfizetni a Pallas irodalmi és nyomdai részvénytársaságnál (Budapest, V., Honvéd-u. 10.).

BUDAPEST

PALLAS RÉSZVÉNYTÁRSASÁG NYOMDÁJA

1916.

A KÖZVETLEN HOSSZÚSÁGMÉRŐK ESZKÖZEI, MÓDSZEREI ÉS PONTOSSÁGA.

(26 RAJZZAL.)

IRTA:

OLTAY KÁROLY.

KÜLÖNLENYOMAT
A VÍZÜGYI KÖZLEMÉNYEK 1916. ÉVI 5. FÜZETÉBŐL.



A VÍZÜGYI KÖZLEMÉNYEK-re évi 20 K-ért lehet előfizetni a Pallas irodalmi és nyomdai részvénytársaságnál (Budapest, V., Honvéd-u. 10.).

BUDAPEST
PALLAS RÉSZVÉNYTÁRSASÁG NYOMDÁJA
1916.

193381

ORSZ. SZÉCHENYI-KÖNYVTÁR
Növedéknapló
1844. évi 13. 486 sz.



A

gána
egys
a ví
szint
ferde
attól
vagy
A k
mére

és a
nehé

A ro
kész
(eset
mega
alább
külső
rende
gyak
a lé
lécz

nek a

A közvetetlen hosszúságmérések eszközei, módszerei és pontossága.

(26 rajzzal.)

Irta: *Oltay Károly.*

A közvetetlen hosszúságmérések célja a térszínen megjelölt pontok távolságának meghatározása olyan eszközökkel, a melyeknek az alapul választott mértékegységben kifejezett hosszúsága előre ismeretes. A mérnöki gyakorlatban mindig a vízszintes távolságra van szükség, ezt a közvetetlen hosszúság mérés csak vízszintes, egyenes pálya esetében adja meg. Ha a pálya ferde, illetve, ha rajta ferde (nem vízszintes, vagy nem egyenes) szakaszok vannak, akkor vagy eltérünk attól, hogy a mérőeszközöket a térszínre fektessük (vízszintes lépcsőkben mérünk) vagy a térszínre fektetve, a mérő-eszközök, illetve a térszín hajlását mérjük. *A közvetetlen hosszúságmérés a vízszintes távolság meghatározásához szükséges összes mérési műveleteket jelenti.*

A mérnöki gyakorlatban a közvetetlen hosszúságmérés eszköze a mérőléc és a mérőszalag. Régebben alkalmazták még a mérőláncot is, de ezt kezelésének nehézsége, továbbá pontatlansága miatt a gyakorlatból teljesen kiküszöbölték.

1. A mérőléc és különböző alakjai.

A mérőlécet göcsmentes, száraz, puha fából (rendesen fenyőből) készítik. A rostok irányában vágott fát előbb éveken át száraz helyen tartják s a belőle készült mérőlécet olajban, cinkszulfátban, vagy olvasztott parafinban áztatják (esetleg nyomás alatt), hogy velők a farostok közeit kitöltve, a nedvességfelvételt megakadályozzák. Az így előkészített léceket azután olajfestékkel többször (legalább háromszor) átfestik, a mi a telítő anyag kipárolgását is akadályozza. A legkülsőbb festék-réteggel a léceket egymástól megkülönböztetni is szokás s ezért rendszeren méteres mezőkkel, fekete-fehérre, illetve vörös-fehérre festik. A lécen gyakran a *dm*-eket is kijelölik bevert szögekkel, de ez legtöbbször elmarad, mert a lécezt csak akkora hosszúság mérésére szokás használni, mint a mekkora a lécz teljes hosszúsága.

A lécz kereszt-metszetének legegyszerűbbje a derékszögű négyszög, a melynek a sarkait legömbölyítik. (1. rajz.) A lécz elgörbülését (meghajlását) ilyenkor a

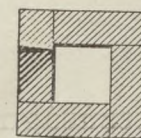
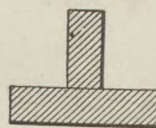
középső kereszt-metszetnek nagyobbra választásával akadályozzuk meg. Míg a széleken pl. a keresztmetszet 30×40 mm, addig a középén 30×50 mm, a hol az első méret a magasság, a másik a szélesség. Ilyen léceket alkalmaznak az alsóbbrendű hosszúság mérésekben.



Egyszerű mérőléc középső keresztmetszetei

A pontozott vonal a szélső keresztmetszetet jelzi
Szélesség 4 cm, magasság 3 cm.

1. rajz.



Szabatos (precíziós) mérőléc szokatlan keresztmetszetei.

Szélesség és magasság 6 cm.

2. rajz.

A pontosabb mérésekre szolgáló léceket vagy L-, vagy cső-keresztmetszetre készítjük a 2. rajzon feltüntetett méretekkel.

A léczhossz rendszeren 5 m. A külső felvételekben gyakori a 4 m-es is. A városokban, a belső szűk részeken 3 m-es és 2 m-es léceket is használunk.

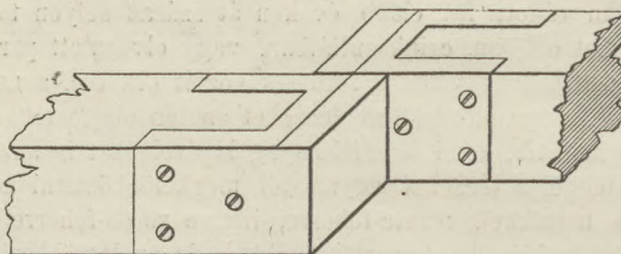
A mérőlécet végeiken aczélsarúkkal, szerelik fel s rajtuk a lécz hosszát vagy a határlapokkal, illetve határelékekkel vagy egy-egy keresztvonással jelölik ki. Az előbbieket *ütköző-léceknek*, az utóbbiakat *végvonásos léceknek* hívják.

Mindig két léczet használva, az ütköző-lécet méréskor úgy illesztik egymáshoz, hogy a véglapok, illetve végélek egymáshoz ütközzenek, a végvonásokat pedig úgy, hogy a vonások egymás meghosszabbításába jussanak (coincidáljanak).

Végvonásos lécekkel tulajdonképpen pontosabban lehet dolgozni, de csak akkor, ha a mérés pályája egyenes és sima; egyenetlen, nem sima pályán a két lécz vonásai különböző magasságba jutnak s ilyenkor a coincidálás nem végezhető kellő pontossággal. Ezért a mérnöki gyakorlatban kizáróan ütköző léceket használnak. A végvonásos léceket a komparáláshoz használt próba-alapvonalak mérmerésekor alkalmazzák.

A végvonásos lécz végződését a 3. rajz mutatja.

Végvonásos mérőléc.



3. rajz.

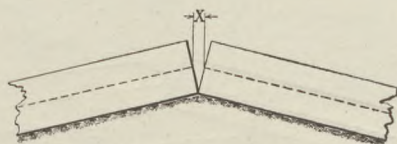
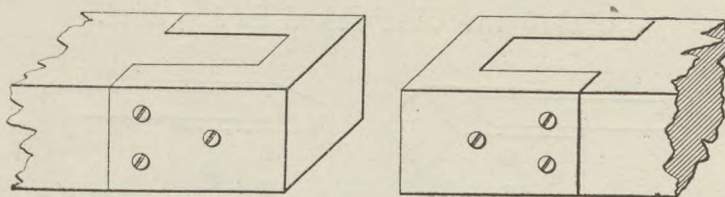
Az ütköző-lécet legegyszerűbb alakjában két, a lécz tengelyére merőleges sík határolja (1. a 4. rajzot). E rendszer hátránya, hogy ferde talajon a két lap

nem
(illesz)

sarút
(Lásd

két vé
oldalá
a mér
zék eg
egyik

és csu
haszná
a mér
zása i
ségve

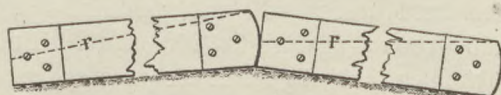
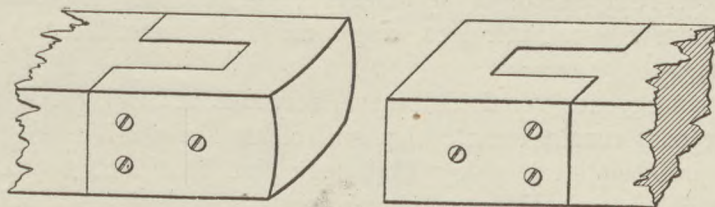


4. rajz.

nem a tengelynek megfelelő pontban érintkezik s így az x-el jelölt méretek (illesztési hibák) elhanyagolhatók. (L. a 4. rajzot.)

Az illesztési hibákat csökkenteni lehet azzal, hogy a lécz egyik végén levő

Ütköző mérőlécz sík és gömb végződésel.



.r" egyenlő a lécz
hosszúsággal

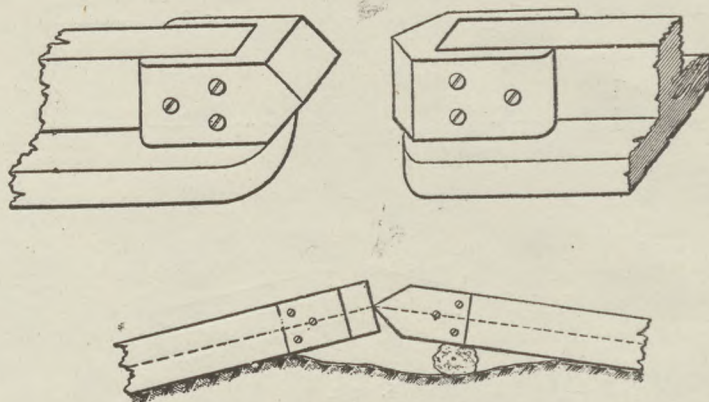
5. rajz.

sarút olyan gömb felülettel határoljuk, melynek sugara a lécz hosszával egyenlő. (Lásd az 5. rajzot.)

A lécz-végződésre, ütköző-léczek esetében, a legjobb megoldás, ha a lécz két végén a sarúkon egymásra merőleges élek vannak. A léczet tehát az egyik oldalán vízszintes, a másikon függőleges él határolja. (L. a 6. rajzot.) A léczeket a méréskor úgy kell egymáshoz ütköztetni, hogy mindig az élek közepe érintkezzen egymással. Ferde, egyenetlen talajon kővel, görönggyel támasztjuk alá az egyik léczet, hogy ezt a középérintkezést elérjük. (L. a 6. rajzot.)

A forgalomban előfordulnak olyan léczek is, a melyek több darabból állanak és csuklósan összehajthatók. Az ilyen léczek azonban pontosabb mérésekre nem használhatók, mert a csuklók miatt szükséges játék következtében a lécz hossza a mérés alatt megváltozhatik. Hasonlóképpen kerülendő az olyan léczek alkalmazása is, a melyeknek hossza, kis határok közt, a léczbe iktatott csavar rész segítségével, megváltoztatható.

Ütköző mérőléc fekvő és álló, éllel.



6. rajz.

Jó eredményt csak az egy darabból készült, változatlan hosszúságú lécczel lehet elérni.

2. A léczmérés leírása.

A mérés végrehajtásakor a két léczen kívül kell még egy *mm*-re osztott, rövidebb (rendesen 2 *m*-es) mérőléc, vagy mérőszalag (rendesen 10 *m* hosszú, ú. n. zsebszalag).

A mérés az egyenes vonal kitűzésével kezdődik. A külső, mezei mérésekben elegendő az egyenes vonalat átlag 50 lépés távolban elhelyezett s az egyenes vonal egyik végpontjáról beintett jelző-karókkal megjelölni. Pontosabb hosszúságmérések végzésekor, továbbá a városi hosszúságmérésekben az egyenes vonalat zsinórral jelölik meg. A zsinór szélszerű hossza 200 méternél nem lehet nagyobb. Ha ennél hosszabb a megméréendő vonal, úgy rajta 200 méterenként közbülső pontokat kell kitűzni. A városokban a sokszög oldalak mérésekor az egyenes vonalat festékbe mártott zsinór segítségével valósággal fel szokták rajzolni.

Az egyenes kitűzése után lefektetjük először is az első léczet a vonalba, úgy, hogy a függőleges éle a kiindulópont felett legyen s azután hozzá ütköztetjük a másik léczet, a melyet megelőzően a vonalba állítunk. Most az első léczet felemelve, azt a második folytatásában helyezzük el a vonalba s ütköztetjük az elsőhöz. E műveletet aztán megismételjük addig, amíg az utolsó lécz vége és az egyenes vonal másik végpontja közt levő távolság kisebb, mint a méréshez használt mérő lécz hosszúsága. A fennmaradó darabot (*y*) a *mm*-re beosztott lécczel, illetve szalaggal mérjük meg. Ha az első lécz pontos hosszát l_1 -gyel jelöljük, a a második léczét pedig l_2 -vel, továbbá, ha az első léczet n_1 -szer, a másodikat n_2 -szer fektettük le, úgy a két pont közti hosszúság a térszinen mérve:

$$n_1 l_1 + n_2 l_2 + y$$

A mérésben a legfontosabb a lefektetett léczek megszámlálása. Ha itt nem élünk bizonyos óvatossági rendszabályokkal, könnyen igen nagy hibát követhetünk el. E szabályok a következők:

1. A léczeket akkor számoljuk, a mikor továbbvitel céljából felemeljük. Minden ilyen alkalommal a jegyzőkönyvbe egy vonást húzunk; e vonásokat a gyors

megszámlálást úgy a színűs száma. A fennvonatk 2 az a s párosn A gokat A léczet A követke csúszta a vége megfog érjen a ütközés tovább H mindjár vagy eg szintes F nagyon lyezni. A való lép El mérőléc debb, vábbá libella libelláv hogy a ton leg vetítölé függöle lécz vé léczet művele

megszámlálás céljából, ötösével csoportosítjuk. Ha tényleg számoljuk a léceket, úgy a számolást fennhangon kell végezni, mert ilyenkor mindig kisebb a valószínűség, hogy a számlálást elhibázzuk. Az utóbbi esetben, helyesebb ha a lécek száma helyett azt a hosszúságot mondjuk, a mely a felemelt lécz végéig tart. A fennhangon kimondott hosszúság tehát mindig a fekvő lécz kezdő pontjára vonatkozik.

2. Fel kell jegyezni a kezdő és az utóljára lefektetett lécz színét. Ha ugyan az a szín végzett, a lécek számának páratlannak, ha ellenkező szín végez, akkor párosnak kell lenni.

A lécz-számolásban elkövetett durva hiba felfedezése céljából a hosszúságokat mindig kétszer kell végig mérni, egyszer oda, másodszor vissza.

A mérés végrehajtásához két napszámos (figuráns) kell, mindegyik egy léczet kezel.

A kisebb pontosságot kívánó mérésekhez elegendő egy ember is, a ki a következőképen kezeli a léceket. Megfogja az első léczet az innenső végénél, csúsztatással és billegetéssel beállítja a vonalba s most húzza mindaddig, a míg a vége pontosan a kiinduló pontra mutat. Azután elmegy a lécz másik végéhez, megfogja a második léczet, beállítja a vonalba, ügyelve, hogy ez alatt hozzá ne érjen az első léczhez. Most óvatosan megfogja az első lécz végét s hozzá húzza ütközésig a másodikat. Ezután a másodikat elengedve, az elsőt visszahúzza s tovább viszi. Kis gyakorlattal a fenti műveletek igen gyorsan végezhetők.

Ha a két pont közt a pálya egyenes és vízszintes volt, úgy a kapott érték mindjárt a két pont vízszintes távolsága. Ha azonban a mérés pályája ferde, vagy egyenetlen, akkor még az egyes lécek *hajlásszögeit* is mérni kell s a vízszintes távolságot ilyen képlet adja:

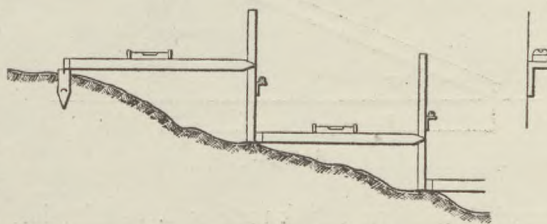
$$\sum_{i=1}^{n_1} l_1 \cos \alpha_i + \sum_{j=1}^{n_2} l_2 \cos \alpha_j + y \cos \alpha$$

Ferde pálya esetében, ha a pálya igen meredek, vagy ha a pálya mentén nagyon egyenetlenek a hajlásviszonyok, a mérőléczet vízszintesen szokás elhelyezni. Az ilyen mérést *lépcsőzetes mérésnek* nevezzük.

A lépcsőzetes mérés két alakban szokásos. Az első alakja a *vetítőléccezel való lépcsőzetes hosszúságmérés*.

Ehez a méréshez egy (esetleg két) mérőlécz, egy vetítőléc és egy rövidebb, mm-re osztott mérőlécz, továbbá talpas libella és karóállító libella kell. A mérőléczet a talpas libellával vízszintesen tartjuk úgy, hogy az egyik vége a kiinduló ponton legyen, majd hozzá illesztjük a vetítőlécet, a karóállító libellával függőlegessé tesszük s ezáltal a lécz végét levetítjük. Most a mérőléczet felemelve, a vetítőléc talpához illesztjük s elvégezzük újból az előbbi műveletet. (L. a 7. rajzot.)

Lépcsőzetes mérés vetítő boftal.



7. rajz.

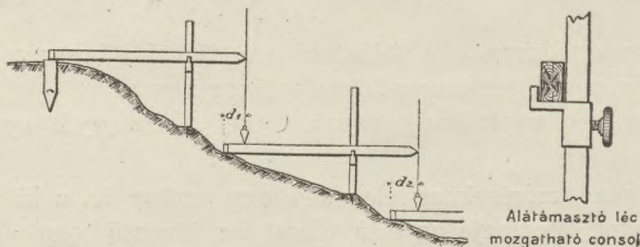
A vízszintes távolság

$$n_1 l_1 + n_2 l_2 + y$$

a hol n_1 és n_2 az egyes léczek számát, y pedig a végső darabot jelenti.

Másik alakja a függővel való lépcsőzetes hosszúságmérés. Ehez kell két mérőlécz, két talpas libella, két alátámasztóléc, egy függő és egy rövidebb mm beosztású lécz.

Lépcsőzetes mérés függővel.



8. rajz.

pontosan. Ha ez meg van, akkor az 1. léczet tesszük a másik mögé s az előbbi műveleteket megismétljük. (L. a 8. rajzot.)

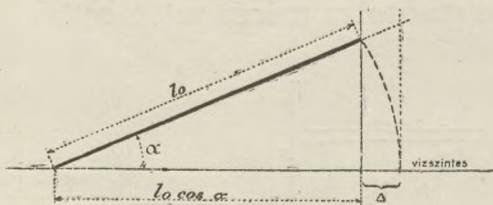
A két pont vízszintes távolsága:

$$n_1 l_1 + n_2 l_2 - \Sigma d + y.$$

A lépcsőzetes mérés két módja közül az utóbbi a pontosabb, mert a vetítés tökéletesebb módon történik.

3. Ferdén mért távolságok redukálása és a léczek hajlásának megmérésére szolgáló műszerek.

Ha a mérés alatt a mérőléczeket a földre helyezzük, akkor meg kell mérni az egyes lefektetett léczeknek, illetőleg a mérés pályájának hajlásszögét. Az előbbit különleges eszközökkel, az ú. n. lécz-hajlasmérővel, az utóbbit pedig a mérés vonalának színtezésével végezzük. A lécz-hajlasmérővel gyorsan, de csak korlátozott pontossággal (a legjobb esetben $\pm 5'$ -re) lehet megmérni a lécz hajlását, miért is alkalmazásuk csak csekély hajlások esetében jogosult. Ha a lécz hossza l_0 , s hajlása a vízszinteshez α , akkor



9. rajz.

$$l_0 - l_0 \cos \alpha$$

lesz a redukció a vízszintesre; jelöljük ezt Δ -val. (L. a 9. rajzot.)

$$\Delta = l_0 (1 - \cos \alpha)$$

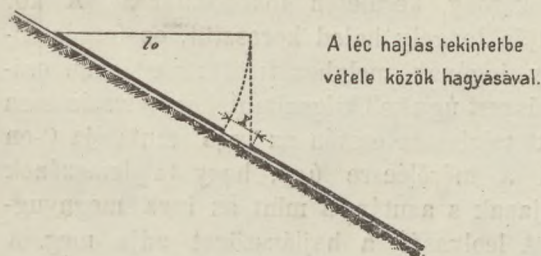
E képlet alapján a szokásos l_0 értékeknek megfelelően táblázatokat készíthetünk, a melyek hajlásszög (α)

szerint haladva, adják meg a Δ redukciókat.

A Δ -ák összegezésével nyert értéket azután le kell vonni a mért hosszúságból.

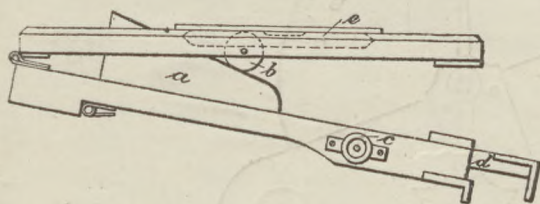
A számítás helyet javasoltak más eljárást is. Nevezetesen, ha a lécz hajlás-

szöge α , úgy, ha a léczet $\frac{l_0}{\cos \alpha} (1 - \cos \alpha)$ -val megtoldjuk, vetülete pontosan l_0 lesz. (L. a 10. rajzot.) A megtoldásra vagy tolókát¹ alkalmazhatunk, a mely a lécz egyik végén a léczből ki- és behúzható s a $\frac{l_0}{\cos \alpha} (1 - \cos \alpha)$ -nak megfelelő beosztású, vagy megfelelő beosztású éket² helyezünk a két lécz közé úgy, hogy a két lécz közti köz a fenti érték legyen. Az első eljárásra nézve lásd a 11. rajzot, a másodikat pedig a 12. rajz mutatja. A 11. rajz a Hepe-féle lécz meghosszabbítót ábrázolja; ez a felső részen elhelyezett libella középre állítása után automatikusan végzi a lécz meghosszabbítását.³ A redukálásnak a lécz megtoldásával való tekintetbe vétele a mérő munkát körülményesebbé és hosszadalmasabbá

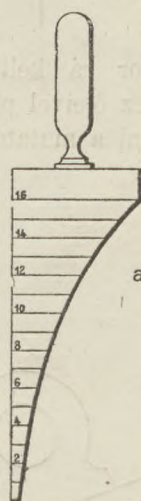


10. rajz.

Berendezés a mérőlécz hajlásának
lécz hosszúság meghosszabbításával
való tekintetbevételére.



11. rajz.



Cosinus-ék
a két lécz között hagyandó
távolság kijelölésére.

12. rajz.

teszi, sokkal helyesebb eljárás, ha a redukálást számítással végezzük; a léczeknek közökkel való fektetését azonban jól lehet használni az alsóbb rendű mérésekben és a kitűzésekben.

Vizsgáljuk meg, hogy az α szög mérésében elkövetett hiba, mekkora hibát hoz létre a Δ redukcióban. Irjuk fel a Δ differenciálját α -t véve változónak:

$$d\Delta = l_0 \sin \alpha d\alpha$$

A hajlásmérőkkel elérhető pontosság $\pm 5'$, tehát 5 m hosszú léczet feltéve a relativ hiba

$$\frac{d\Delta}{l_0} = 0,0015 \sin \alpha$$

¹ Zeitschrift für Vermessungswesen 1910. 553—557. lap.

² Menner-féle cosinus-ék. L. Mitteilungen des Würtemb. Geometervereins 1892. évfolyam. 42—45. lap.

³ Zeitschrift für Vermessungswesen, 1910. évf. 553—557. lap.

Ennek megfelelően számítottuk az oldalt lévő táblázatot.

α	$\frac{d\Delta}{l_0}$
1°	1/38200
2°	1/19400
3°	1/12800
4°	1/9500
5°	1/7650
6°	1/6400
7°	1/5470
8°	1/4800
9°	1/4270
10°	1/3850

Mivel a lécz mérésekben a vízszintes távolságot legalább 1/5000 pontossággal akarjuk megkapni, azért a hajlászöveget, csak addig használhatjuk, a míg a hajlászövek 8°-nál nem nagyobbak.

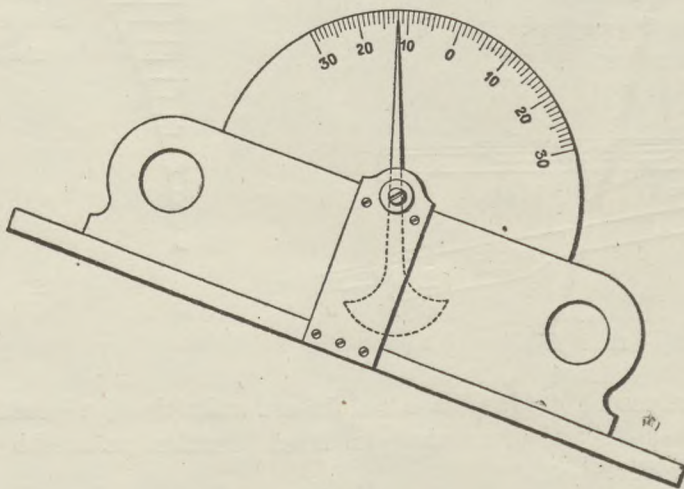
A lécz-hajlászöveget két csoportba oszthatjuk; az egyikbe tartoznak az *ingás*, vagy *függős* hajlászövek, a másodikba a *libellás* hajlászövek.

Ingás hajlászöveget mutat a 13. rajz.

Áll egy vonalzószerű, hosszúkas talplemezből, mely a mérés alatt a mérőléczre nyugszik; ezen van egy korong, kerületén fokbeosztással. A kör középpontján tengely halad keresztül, ez forgástengelye egy ingának, melyhez felül mutató van erősítve. A műszert úgy kell kiigazítani, hogy vízszintesen elhelyezett talplemez esetén az inga mutatója 0-on

álljon. Használatkor rá kell helyezni a mérőléczre úgy, hogy talplemezének hosszanti élei a lécz éleivel parallel álljanak s azután, a mint az inga megnyugszik, le kell olvasni a mutató állását. A leolvasás a hajlászöveget adja meg. A

ingás léchajlászöveg.



13. rajz.

műszert vizsgálatkor valami tetszésszerűt ferdeségű aljzatra helyezzük, leolvassuk a mutató állását, azután átfektetjük a hajlászöveget s ha utána ismét ugyanazt olvassuk le, de ellenkező előjellel, akkor a műszer rendben van, ellenkező esetben igazítani kell.

Merev inga helyett hajlékony ingát, függőt is alkalmazhatunk, ekkor a beosztás alulra helyezendő s a függő zsinórja szolgál mutató gyanánt. Az ingás hajlászöveg alkalmazása kissé fáradságos, mert a leolvasásokat lehajolva kell végezni. Ezen azáltal segítenek, hogy ezeket a 14. rajzon feltüntetett szerkezetű állványokra szerelik fel.

A libellás hajlásmérők jellemző alakját a 15. rajz mutatja. Vonalzószerű talplemezen nyugszik, melyhez fokokra beosztott körív van erősítve; a körív középpontja körül kar mozgatható, a melynek a kör felé eső részére mutató (index) van szerelve, felső részére pedig libella van erősítve. A műszer úgy van kiigazítva, hogy a mikor a talplemez vízszintes, s a mutató 0-ra van állítva, a libella buborékjának közepén kell lennie.

Használatkor rá kell tenni a léczre úgy, hogy talplemeze parallel álljon a lécz hosszanti élével, ezután a buborékot a kar forgatásával középre állítjuk s ebbeli helyzetében a kart egy rögzítő (szorító) csavarral megfogjuk. Most fel emelve a libellát, leolvassuk a mutató állását; a leolvasás közvetlen a hajlásszöget adja.

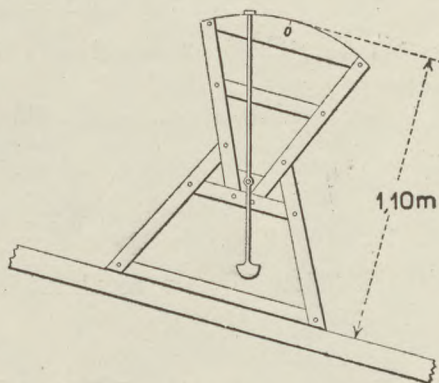
A műszert használatbavétel előtt vagy úgy vizsgáljuk, hogy vízszintessé tett alaplzatra helyezzük s megnézzük, vajjon középre állított buborék esetén a mutató 0-ra mutat-e, vagy úgy, hogy a talplemezt ferde (de közel vízszintes) alzatra állítva, a mutatót 0-ra visszük s e helyzetében a szorítócsavarral meg-rögzítjük és azután leolvassuk a buborék állását. Majd a hajlásmérőt átfektetjük az alzaton s ha most a buborék állása az előbbivel a középhez képest symmetriás (vagyis ugyanazt olvassuk le, mint előbb, de ellenkező előjellel), akkor a műszer helyes, ellenkező esetben igazításra szorúl. Az igazítás a libella függőleges igazító csavarjaival végzendő.

A hajlásmérők elhelyezésekor nagyon kell ügyelni, hogy a talplemez élei paralelek legyenek a lécz hosszanti élével. A földre helyezett lécz oldallapjai ugyanis ritkán függőlegesek s így ferdén elhelyezett hajlásmérő ilyenkor a való-ságnál nagyobb hajlást fog adni.

Az élek paralelségét csak akkor lehet jól megítélni, ha a hajlásmérő talpa elég hosszú. Ezért a rövid talplemezű hajlásmérők mindig kevésbé pontosak, mint a hosszú talplemezűek.

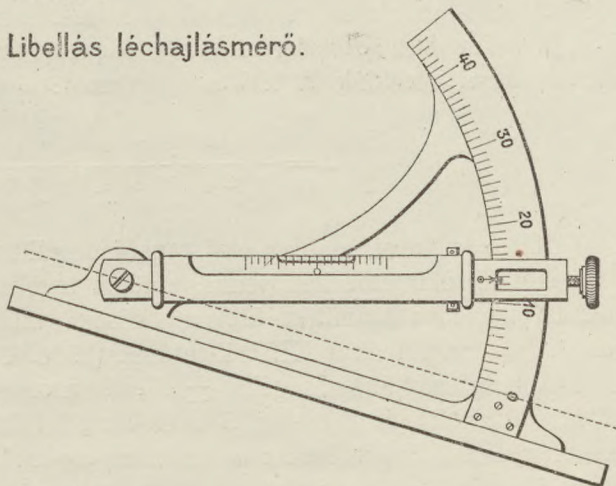
A vízszintesre való redukálás másik eljárása az, hogy a léczfekvések végpontjaiban a talajpontok magasság különbségeit szintező műszerrel mérjük. Ezt az eljárást kell alkalmazni minden olyan esetben, a mikor 10° -nál nagyobb hajlások

Ingás léchajlásmérő homlokfokívvel.



14. rajz.

Libellás léchajlásmérő.



15. rajz.

vannak, de igen czélszerűen alkalmazhatók akkor is, ha a hajlások csekélyek, mert könnyen végezhető mérési munkával pontosabb eredményt ad, mint a hajlasmérők alkalmazása. A szintezés megadja a lécz két végpontjának megfelelő talajpontok m magasságkülönbségét. A vízszintesre való Δ redukezió tudvalevően

$$\Delta = l_0 (1 - \cos \alpha)$$

az α szög kifejezhető az m -mel és a léczhosszal

$$\sin \alpha = \frac{m}{l_0}$$

s így

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{m^2}{l_0^2}}$$

vagyis a vízszintesre való redukezió szigorú értéke a következő képletből számítható:

$$\Delta = l_0 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{m^2}{l_0^2}} \right)$$

A számításra persze táblázatot kell készíteni, a melyből azután a különböző m -eknek megfelelő redukeziókat a méréssel egyidejűleg rögtön kiírthatjuk.

A számításra czélszerűen azt a képletet használjuk fel, melyet a fentiből sorbafejtéssel vezetünk le, t. i. a következőt:

$$\Delta = -\frac{m^2}{2l_0} + \frac{1}{8} \frac{m^4}{l_0^3} - \frac{1}{16} \frac{m^6}{l_0^5} + \dots$$

Ha az m kicsi, már az első tagnál megállhatunk, nagyobb m -eknél a második tagot is tekintetbe kell venni; a többi tagokat minden esetben elhanyagolhatjuk. Ilyen módon számított táblázat készen található a *Zeitschrift für Vermessungswesen* cz. folyóirat XLV. kötetének (1916. évf.) 3. füzetében (76—82. lap).

A magasság-különbségeket ± 1 cm pontossággal mérjük. Nézzük meg, vajjon különböző léczhajlások esetén, 5 m -es léczet feltéve, mekkora pontossággal kapjuk meg a redukeziót, ha az m értékben cm -es hiba van. Differenciáljuk e célból a Δ értékét az m szerint

$$d\Delta = \frac{m}{\sqrt{l_0^2 - m^2}} dm$$

E képletnek megfelelően kiszámítottam, — $dm = 0.01$ m -t feltéve —, az $m = 0.1$, 0.5 és 1.0 m -nek megfelelő $\frac{d\Delta}{l_0}$ értékeket.

m	α	$\frac{d\Delta}{l_0}$
0.1 m	1° 35'	1 : 25000
0.5 "	5° 30'	1 : 5000
1.0 "	11° 33'	1 : 2500

A mint látható, kisebb hajlások esetében az m mérésében a cm pontosság teljesen kielégítő, már nagyobb szóhajóhető hajlások esetében az m értéket legalább fél cm -re kell pontosan mérni.

A szintezést a hosszúságméréssel egyidőben kell végezni; a mint a léceket egymásután lefektetjük, a léczvégeket megjelöljük (krétavonással a városokban, letűzött szeggel vagy zsindelylyel a külső, mezei mérésekben) s azután alkalmasan választott műszer állásból jól kiigazított szintező műszerrel beszintezzük eme pontokat.

A magasságkülönbségeket rögtön kiszámítjuk, úgy szintén — a táblázat segítségével — a redukeziókat is, vagyis a mikor a hosszúságmérést befejeztük, rögtön megvan az egész hosszúság redukezió.

Ha a hosszat kétszer (oda-vissza) mérjük, a szintezést is kétszer végezzük, miáltal a redukezióra igen jó (ellenőrzött) értéket vezethetünk le.

A tapasztalat szerint a szintezéssel való hajlásmérés igen gyorsan hajtható végre, tehát gazdaságos művelet; pontosság dolgában pedig még kisebb hajlások esetében is felül múlja a hajlásmérő műszerek alkalmazásával elérhető pontosságot.

Előre is jelzem, hogy különösen nagy fontossága van a szalagmérésekben, a hol aránytalanul pontosabban adja meg a redukeziót, mintha szalaghajlásmérőkkel határozzák meg. Ezért hosszúságmérésekben újabban majdnem kizáróan ezt a módszert alkalmazzuk.

4. A mérőszalag és különböző alakjai.

Főrésze az edzett és keményített acélból (ú. n. fűrészacélból) készült szalag, melynek szélessége 15—20 mm , vastagsága 0.25—0.40 mm . Hossza rendszeren 20 m (esetleg 10 öl), de használnak 50, sőt 100 m -es szalagot is, ámde az ilyeneknek kezelése már kissé nehézkes.

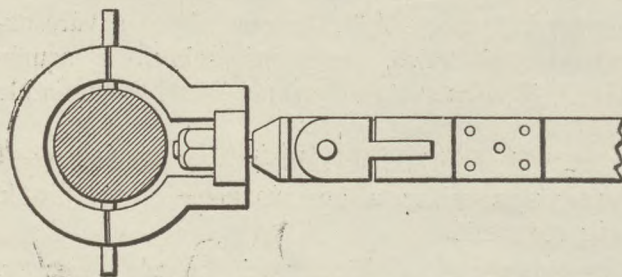
A szalagon az egyes decziméterek apró lyukakkal vannak kijelölve; ennél kisebb beosztás (t. i. cm -es) csak a vékonyabb és rövidebb 10 m -es zsebszalagokon szokott lenni. Ezeken néha a két végén egy méter hosszúságban mm beosztás is van. A métert és a félmétert a megfelelő lyukakba erősített apró lemezekkel jelölik meg. E lemezekre azután fel van írva a megfelelő méterszám. Az 5, 10, 15 métert rendszeren nagyobb lemezzel megjelölik, hogy hamar felismerhessük őket. A szalag két végéhez sárgarézről készült csuklós tagok tartoznak, melyeknek alakja a különböző szalagtipusokon más és más. A fontosabb szalagalakok a következők:

a) *Rudas szalagok*: A régibb szalagtipusok közé tartozik, manapság már ritkán található.

A szalag két végén hozzá csuklósan erősített sárgaréz gyűrűk vannak s a szalag hossza (20 m) gyűrűközéptől gyűrűközépig tart. A szalaghoz két csúcsban vagy lapátos élben végződő és alul keresztvassal ellátott bot tartozik s méréskor a szalaggyűrűket ráhúzzuk a botokra. Ezenkívül a méréshez két karika kell és 10 aczélszög (cca 30 cm hosszú). Az utóbbiakat főként a lefektetett szalagok számlálására használjuk. A szalagvégződést, továbbá a szalaghoz tartozó felszerelést a 16. rajz mutatja.

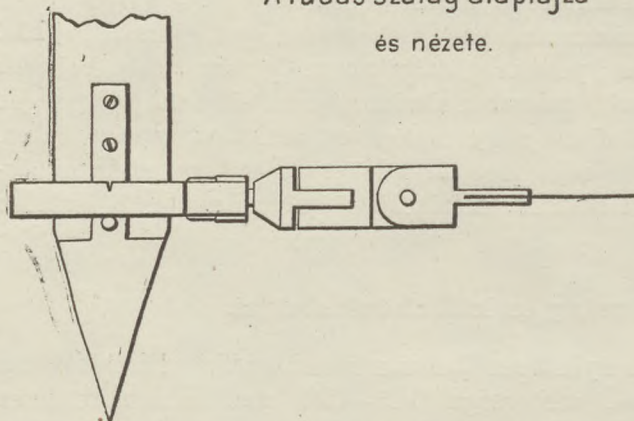
Méréskor, az egyenes vonal kitűzése után, a szalaggyűrűket ráhúzzuk a botokra s ezeket két napszámos veszi kezelésbe. Az elülső kapja az egyik karikát

a 10 szöggel, a hátulso az üres karikát. A mérés azzal kezdődik, hogy a hátulso ráállítja a botját a kiinduló pontra s beinti a másik szalagbotot a vonalba. Beintéskor ügyelni kell, hogy a szalag teljesen ki legyen feszítve. Ha ez megvan, az



A rudas szalag alaprajza

és nézete.



16. rajz.

szalagot ebben az alakjában nem igen használják.

Vannak javított példányai, melyeknél a rudakat csak a megfeszítésre és a továbbvitelre használják, a végpont megjelölésére pedig a szögeket használják. a melyeket a szalagvégen levő bevágásba szúrnak be. Az ilyen szalagokon persze a szalaghossz a bevágástól a bevágásig számít. Pl. a *Kremer*-féle s a *Konegen*-féle szalagok ilyen berendezésűek.

b) *Fogantyús szalagok*. A szalaghoz csuklósan erősített sárgarézttest e tipu-



17. rajz.

lagfogantyún levő kivágások. A szögek szerepe kettős, egyrészt a végpont jelölésére szolgálnak, másrészt számolják a lefektetett szalagokat.

elülső megjelöli a szalag végét a bot leszúrásával, kihúzza a botot s az ott maradt lyukba szöget szúr.

Most a szalaggal előre-mennek, a hátulso kihúzza a szöget, felfűzi a karikájára, a botját leszúrja a szög helyébe s megismétlődik az előbbi művelet. A hátulso embernél levő szögek száma adja meg a felemelt szalagok számát, a mit tehát külön számolni nem kell.

A mint a mérés menetének leírásából kitűnik, evvel a szalaggal dolgozva, a végpontmegjelölés igen tökéletlen és bizonytalan, miért is a mérésben valami nagy pontosságra nem számíthatunk.

Ez az oka, hogy a rudas

szög
szala
vége
kivá

szán

a me

szala

tesz
föle
ben
muta

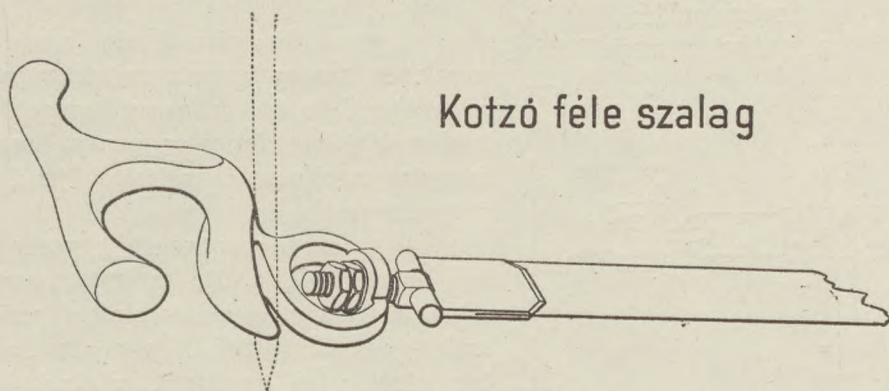
A s

foga
a m

Méréskor a szalag kifeszítése és egyenesbeállítása után az első figuráns szöveget szúr be a szalag végén levő kivágásba. Ez jelzi a szalag végét; most a szalagot tovább viszik, újból beintik a vonalba és kifeszítik úgy, hogy a hátulsó vége pár *cm*-re legyen a szög előtt. Most a szalagot óvatosan visszahúzzák, míg kivágása rásimul a szögre s elöl ismét szöggel jelölik a szalag végét.

Kemény talajon a szalag végét bekarczott vonással jelölik, a szög csak számlálására szolgál. Laza talajon a mérés meglehetősen pontatlan, mert a szög a mérés alatt könnyen elmozdulhat.

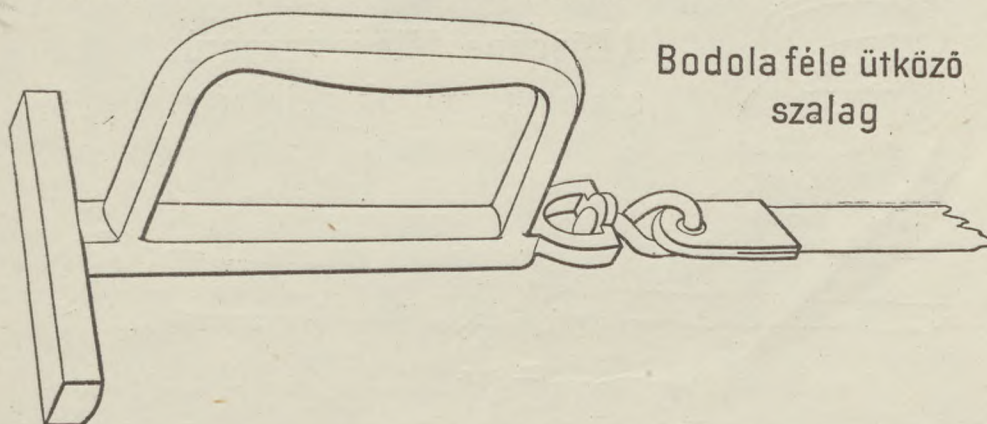
A fogantyús szalagnak egy másik, nálunk használatos alakja a *Kotzó-féle szalag*, melynek előnye, hogy a fogantyú alkalmas alakja kényelmesebb kezelést



18. rajz.

tesz lehetővé. Ennél a fogantyú a szalagvégződésen túl nyúlik s a szalag szintje fölé emelkedik, miáltal jól meg lehet markolni. A szalagvég a fogantyú törzsében bevágással van kijelölve, ide kell a szöveget beszúrni. A szerkezetet világosan mutatja a 18. rajz.

c) *Ütközőszalagok*. Az eszme és a kivitel formája *Bodola tanártól* származik. A szalag végének a 19. rajzon feltüntetett fogantyúja van, a szalaghossz a két



19. rajz.

fogantyú homloklapja közt számít. A méréshez két szalagot használunk s velük a mérést úgy hajtjuk végre, mint az ütközőléczekkel.

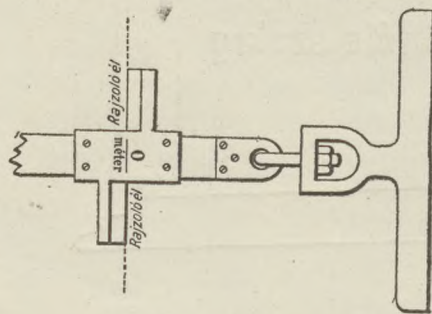
Az ütközőszalagok mindenféle talajnemén jól használhatók, előnyük az eddi-

giekkel szemben különösen laza talajon domborodik ki, ahol a szögekkel való végpontkijelölés mindig nagyobb bizonytalansággal jár.

d) *Precíziós szalagok*: Újabban a szalagokat a városmérésekben is kezdik alkalmazni. Az eddigiek közül e célra csak az útközőszalagokat lehetne alkalmazni, de ez is a síma, kemény talajon elmozdulhat, továbbá hátránya, hogy nem lehet állandó feszültséggel használni. A városmérésre használt szalagoknál kétfőre kell törekedni:

1. hogy a végpontmegjelölés tökéletes legyen,
2. hogy a szalagot állandó feszültséggel használhassuk, mert különben a szalag hossza a mérés alatt megváltozhatik.

Szalagvégződés
a végpontnak vonással való megjelölésére.



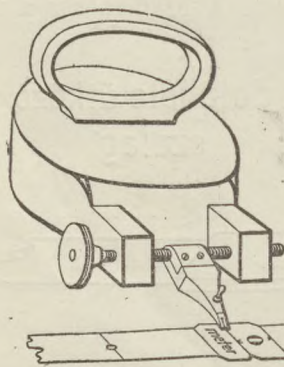
20. rajz.

A *precíziós szalagok* mindig végvonásosak. A szalag hosszát rajtuk vagy két végvonás (L. a 21. sz. rajzot), vagy két, a szalag síkjában fekvő és annak hosszanti irányára merőleges él (rajzolóél) jelzi. (L. a 20. sz. rajzot.)

A szalag egyik végén egyszerű rugós mérleg (L. a 21. sz. rajzot) van, a mivel a szalagot, a mérés alatt, állandó feszültségben tarthatjuk. A végpontot, a szalag végét jelző vonásnál, vésővel, vagy árral karczoljuk be a kövezetbe, (esetleg kemény, jól hegyezett czeruzát is használ-

hatunk e célra) s az új fektetéskor a szalag innenső oldalán levő vonást ehhez a karczhoz illesztjük.

A végpont megjelölésére igen célszerű berendezést készített *Löschner* tanár. Ez 3–4 kg súlyú sarúból áll, a melyen elől fekvő tengely körül fel- és lecsap-



21. rajz.

A Löschner féle indexsarú
szalagvégpontok jelölésére.

ható kar van s rajta indexvonás. A kart az indexszel, csavar segítségével, parányi módon, el lehet tolni. A berendezést a 21. sz. rajz tünteti fel.

A mérésben a szalagon és a feszültségmutatón kívül két *index-sarút* alkalmazunk. A szalagot beintjük a vonalba s úgy helyezzük el, hogy a hátulsó vonás a kiinduló pont mellett legyen s vele teljesen szinleljen, ezután ügyelve arra,

hogy a feszültség az előre megállapított értékű legyen (rendesen 5—6 kg), úgy helyezzük az egyik indexsarút, hogy indexe rámutasson a másik szalagvéget jelző vonásra. A pontos beállítást könnyűvé teszi a paránymozgatócsavar. Most a szalag előre megy (ezalatt az indexkart felcsapjuk) s a vonalba beállítás után a hátsó vonását az indexre állítjuk, az elülső vonást pedig ismét indexsarúval jelöljük meg.

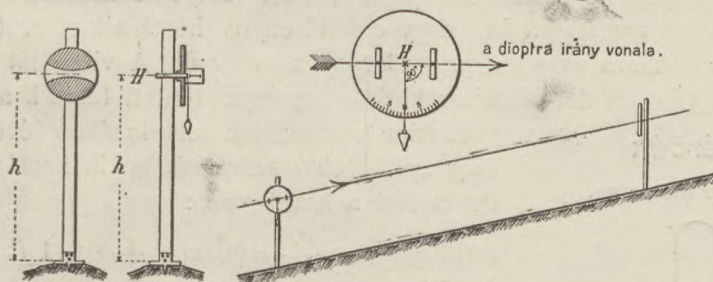
A Löschner-féle elrendezésnek kiváló előnye, hogy olyan talajon is jól alkalmazható, a hol a végpontok bekarczolással való megjelölése nem lehetséges.

5. A pálya ferdeségének tekintetbevétele és a szalag-hajlásmérők.

Ferde térszínen való szalagmérés esetében a leghelyesebb és leggyorsabb eljárás a mért távolság redukálására az, hogy a mérés pályáját a hosszúság-méréssel egyidőben beszintezzük. Egyenletes lejtés esetén elegendő, ha a szalag végpontjainak megfelelő térszinpontok magasságkülönbségét mérjük, egyenetlen térszin esetében minden jellemző töréspontot be kell vonni a mérésbe.

Vannak külön *szalaghajlásmérők* is. Ezek mind a szalaggal parallel térbeli egyenes hajlását mérik, tehát a *hajlékony* szalag *átlagos hajlását adják meg*. Már ebből is látható, hogy a hajlásmérést nem lehet olyan szabatosan végrehajtani, mint merev léczek esetében. A szalag hajlását $\pm 1^\circ$ -ra, legfeljebb $\pm \frac{1}{2}^\circ$ -ra pon-

Hajlásmérő szalagok részére.



22. rajz.

tosan kaphatjuk meg. A szalaghajlásmérő egy típusát a 22. sz. rajz mutatja, e típus szerkezetét a következőkben ismertetjük. Az elrendezéshez két bot tartozik, mindkettő alul csúcsban végződik, a csúcs felett keresztvas van, eddig kell beszúrni a botokat a földbe. Az egyik boton a keresztvastól h távolságra (rendesen 1:30 m-re) társa van, a másik boton pedig, keresztvasától ugyan h magasságban fekvő tengely van. E tengely körül fokbeosztással ellátott korong forgatható. A forgatható korongon fekvő résű dioptra nyugszik úgy, hogy irány síkja a fokbeosztás 0 pontjának megfelelő sugárra merőlegesen áll. A korong előtt függő lóg, a mely hozzá van erősítve a fekvő tengelyhez. Ha a korongos botot úgy tartjuk, hogy a függő a forgókorong 0 pontjára mutat, akkor a dioptrán átnézve, vízszintes irányban látunk. Ha most a korongot elforgatjuk, akkor a függő zsinórjánál mindig a dioptra irányának megfelelő hajlásszöget olvassuk le. A hajlásmérés úgy megy végbe, hogy a két botot a szalag két végén leszúrjuk a földbe egészen az alsó keresztvasig. Most a korongos botot úgy tart-

juk, hogy a függő a beosztás kezdőpontjára mutasson, a tárcsást pedig függőlegesen állítjuk. Ezután a dioptrán keresztül nézve, beirányítjuk a tárcsást s most a függőnél leolvashatjuk az irányzás vonalának, tehát a szalaggal parallel egyenesnek megfelelő hajlásszöget.

A fokbeosztás helyett esetleg olyan berendezést is készíthetünk, mely rögtön a szalaghosszúságnak megfelelő távolságra vonatkozó redukeziót adja meg.

6. A mérőeszköz valódi hosszának megállapítása (komparálása).

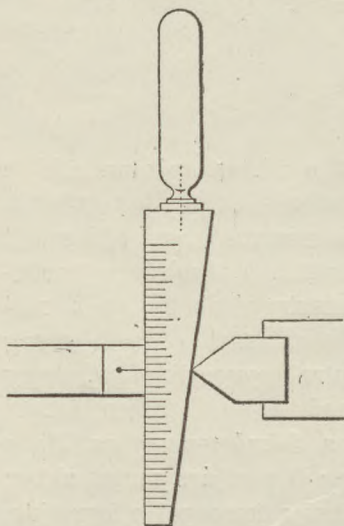
A mérőeszköz hosszúsága a névlegessel (nominálissal) sohasem egyezhetik teljesen, mert a változó hőmérséklet, légnedvesség stb. a hosszúság változását vonja maga után. Ha az eltérés a nominális hosszától gondosan készült eszközknél csekély is, azért el nem hanyagolható, ha teljesen ki akarjuk használni az eszköz mérőkéességét, mert mint állandó hiba folyton halmozódik.

Azt a műveletet, amikor a mérőeszközön a véglapokkal, végélekkel, vagy végvonásokkal kijelölt távolságnak a törvényes méterben kifejezett valódi értékét megállapítjuk, nevezzük a mérő eszköz komparálásának.

A komparálás lényegébe abból áll, hogy a mérőeszközön kijelölt távolságot jól tanulmányozott és hitelesített normál-méterekkel végigmérjük. A lécz és a szalag komparálására aczélből készült $10\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ keresztmetszetű u. n. ütközőmétereket használnak, olyanokat t. i., amelyek egyik oldalukon álló, a másikon fekvő élben végződnek. Használatbavétel előtt megfelelő berendezéssel ellátott mérték-hitelesítő intézetekben magasabb rendű normálméterekkel való összehasonlítás útján megvizsgálják őket s megállapítják, hogy egy bizonyos hőmérsékleten, (rendesen 18°C Celsiusfokon) mekkora az eltérése a törvényes métertől. A vizsgálat eredményét egyenlet alakjában, a normálméter kísérő okmánya tünteti fel. Pl. a műegyetem

Mérőék

kis közök mérésére.



23. rajz.

geodéziai tanszékének tulajdonában lévő s *C. Bamberg* műhelyéből származó egyik normálméterpárnak egyenletei a következők:

$$6036\text{ a} = 1\text{ m} + 0.00\text{ mm} + 0.011(t - 18^\circ)\text{ mm},$$

$$6036\text{ b} = 1\text{ m} + 0.01\text{ mm} + 0.011(t - 18^\circ)\text{ mm},$$

a hol t jelenti a normálméter hőmérsékletét Celsius fokban.

A vázolt szerkezetű normálméterek hosszát $\pm 0.01\text{ mm}$ pontossággal határozzák meg, ami a hosszúság $1/100.000$ -ed részének felel meg. Ezt az adatot azért emelem ki, mert világos, hogy a léczeket is legfeljebb ekkora pontossággal komparálhatjuk s ennek megfelelően a leggondosabban végzett lécz-méréssel sem érhetünk el a hosszúság $1/100.000$ -edénél nagyobb valódi (reális) pontosságot.

A normálméterpáron kívül a komparálásokhoz még normál-ék is kell, a mely kis távolságok (közök) pontos mérésére szolgál (lásd a 23. rajzot). A normál-ék két lapja kis szöggel hajlik egymáshoz,

egyik lapján mm beosztás van s hozzá okmány tartozik, a mely megmondja, hogy

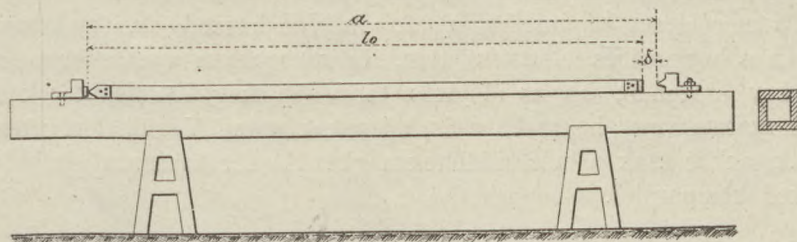
a beosztás egyes részeinél mekkora az ék vastagsága. A normálékkal kis közöket egyszázad mm-re pontosan lehet mérni.

7. A mérőléczek komparálása.

A mérőléczek komparálásához a normálméter-páron és a normáléken kívül kell még *komparátor-pad* is (24. rajz).

A *komparátor-pad* áll egy gerendából, a melynek hossza rendszeren 1 m-rel nagyobb, mint a komparálandó léczek hossza. A gerendát legcélszerűbben cső-

Komparátor mérőléc részére.



24. rajz.

vesen összeillesztett négy deszkapallóból készítjük; a csőves keresztmetszet nagy merevségével megakadályozza a gerenda meghajlását. A gerendát két bak támasztja alá.

A gerendán két sárgarézöntvény van, a melyek mindegyikén egy-egy aczél él van és pedig az egyikén álló él, a másikon fekvő él. Az egyik él állandóan le van erősítve a gerendához, a másikon a leerősítés olyan, hogy bizonyos csavarok meglazításával hosszanti irányban az él kissé elmozdítható.

A lécz komparálása azzal kezdődik, hogy a léczet bele helyezzük a két él közé s azután az egyik oldalon az élhez hozzáütköztetjük, a másik oldalon pedig a lécz vége és az él közötti távolságot az él eltolásával úgy szabályozzuk, hogy a fennmaradó δ köz a nomál ékkel megmérhető legyen. Ezután a mozgatható élt ebben az állásában szorító csavarjaival gondosan megrögzítjük. Most a normál-ékkal megmérjük a δ közt s ha az élek távolságát a -val jelöljük, úgy a lécz valódi l_0 hossza:

$$l_0 = a - \delta$$

Az $a - t$ normálméterekkel mérjük végig. Előbb alátétdeszkát helyezünk el a komparátor padra. E deszka magassága olyan, hogy a reáhelyezett normálméterek középvonala a vízszintes él magasságába jut. Ezután a normálméterekkel végig mérjük a két él között s az utolsónak lefektetett normálméter és az él közötti távolságot ismét a nomálékkal mérjük meg. Ügyelni kell arra, hogy a mérés alatt a normálméterek fel ne melegedhessenek. E czélból a normálmétereket nem pusztá kézzel, hanem vagy vastag gyapjú keztyűkkel, vagy asbesttel töltött kis párnáscákkal fogjuk meg. A hőmérsékletet azokkal a hőmérőkkel mérjük, a melyek az egyes normálméterekre vannak szerelve.

A normálméterek egyenletei segélyével kiszámítjuk a nomálmétereknek a

mérés alatti hosszúságait s aztán a normáléken végzett leolvasás segítségével megállapíthatjuk az a -t.

Kísérleteim szerint¹ a értékét ± 0.041 mm közép teljes hibával kapjuk, ha az élek távolságát egy normál párral *egyszer* mérjük meg.

A mérések ismétlésével a pontosságot lényegesen nem lehet fokozni, mert az egyszeri meghatározás állandó hibája ± 0.036 mm. [Ha nagyobb pontosságot akarunk elérni, akkor czélszerű nem egy, hanem több normálméter párral végig mérni a távolságot.

A lécz hossza nem állandó, ennél fogva a léczkomparálást nem elég csak egyszer végrehajtani.

Hogy milyen gyakorisággal kell a léczkomparálást végezni, az mindig attól függ, hogy a mérésben mekkora pontosságra kell törekednünk.

Ha a mérőléczet *háromszögelési* bázis mérése használjuk, úgy komparálni kell közvetlenül a bázismérés előtt és után. Ha városokban a *sokszögvonalak* oldalait mérjük, úgy elegendő, ha az időjárás tartósabb megváltozásaikor komparálunk (hosszabb száraz, vagy hosszabb esős időszakok után). Végül, ha *részletfelvételle* használjuk, akkor csak a mérési időnek megkezdésekor (tavasszal) és befejezésekor (ősszel) kell komparálni.

8. A mérőszalagok komparálása.

Erre a célra legezélszerűbben a már komparált mérőléczeket használjuk fel. Valami sima alaton (aszfalton, folyosó burkolaton) két (mm-re) beosztott skálát úgy erősítünk be, hogy kezdő vonásaik közel a szalaghosszúságnak megfelelő távolságban legyenek. A kezdővonalak távolságát komparált mérőléczekkel gondosan megmérjük. Ezután a szalagot úgy elhelyezve, hogy egyik vége az egyik kezdővonalánál legyen, leolvassuk a másik végének az állását. Ebből a leolvasásból, továbbá a kezdővonalak ismeretes távolságából a szalag valódi hossza kiszámítható. Mivel a szalag hosszúsága a szalagot húzó erő nagyságától függ, azért a komparáláskor a szalagot olyan feszültségben kell tartani, a milyenben mérés alatt van (rendesen 10 kg). A komparáláskor fel kell jegyezni a hőmérsékletet is s a nyert hosszúság mindig erre a hőmérsékletre vonatkozik.

A szalag komparálását, ha pontosabb mérésre használjuk, gyakran kell végezni, mert a szalaghosszúság, a csuklós részek meglazulása következtében, könnyen változhatik.

Az alsóbb rendű mérésekhez használt szalagok hosszúsága egy csavar kilébb-belébb csavarásával megváltoztatható. Az ilyen szalagot a komparáláskor e csavarral úgy igazítjuk ki, hogy hossza pontosan 20 m (vagy 50 m stb.) legyen.

9. A mérőléc és mérőszalag összehasonlítása.

A mérnöki gyakorlat két fontos hosszúságmérő műszerét két szempontból kell összehasonlítani, először az elérhető pontosság, másodsor a mérés gazdaságos végrehajtása szempontjából.

Mivel a hosszúság méréssel elérhető pontosságra főként a mérés pályája

¹ *Ottay K.* Komparátorok mérnöki hosszúság mérő eszközök részére, megjelent a M. Mérnök és Építész-Egylet Közlönyének 1914. évf.-beli 18. számában.

(a térszin) van hatással, azért akkor, a mikor e két mérőeszközt pontosságra nézve összehasonlítjuk, fel kell tenni, hogy a két eszközzel azonos térszinen dolgozunk. De aztán természetesen azzal a kérdéssel is foglalkoznunk kell, hogy a két eszköz közül a térszin kedvezőtlenégeinek leküzdésére, melyik alkalmasabb.

Azonos pálya esetében a két eszköz közül pontosabb eredményt az nyújt, a melynél

1. jobban van biztosítva a mérőeszközön kijelölt hosszúság változatlansága
2. a melynél a végpont megjelölése tökéletesebb.

a) *A mérőeszközön kijelölt hosszúság változatlanságának kérdése.*

A mérőléc hosszúsága megváltozhatik a hőmérséklet és a nedvesség hatására. A hőmérséklet okozta változás nem nagy, a vörösfenyő tágulási együtthatója $0,000004 \text{ m pro Celsius fok}$ vagyis a hosszúság $1/250000$ -ed része; ennél fogva 10° hőmérsékletváltozásakor még mindig csak $1/25000$ -eddel változik meg. A hőmérséklet okozta hosszúságváltozás igen lassan megy végbe.

A nedvesség okozta hosszúságváltozásra már nehezebb határozott számértéket adni. A tapasztalat szerint szintén igen lassan következik be, különösen, ha a lécz olajfestékkel többször és gondosan befestett. Egyébként a nedvesség okozta hosszúságváltozás a lécz hőmérsékletének is függvénye.

Hildebrand, Stadthagen, Goulier nagyszámú kísérletei szerint a gondosan készült, többször, (rendesen háromszor) átfestett mérőléczek a hőmérséklet és nedvesség együttes hatására azokon a határokon belül, a melyek a hőmérséklet és a nedvesség változásában a gyakorlatban szóba jöhetnek, hosszukat átlagban $0,3 \text{ mm pro méter}$ változtatják meg, a maximális megváltozás pedig $0,5 \text{ mm pro méter}$. Vagyis az 5 m hosszú lécz hosszváltozásának maximuma $2,5 \text{ mm}$.

Hangsúlyozom azonban, hogy ez a változás csak lassan következik be, rövidebb időre a mérőléc teljesen változatlanul vehető.

A mérőszalag hossza a hőmérséklet és a szalagot feszítő erő hatására változik.

Az aczélszalag tágulási együtthatója:

$$0,000011 \text{ m pro Celsius fok,}$$

azaz közel a hosszúság $1/100000$ -ed része, vagyis 10° hőmérsékletváltozás esetében már hosszúságának $1/10000$ részével változik. A változás igen számottevő és ha tekintetbe vesszük, hogy a szalag hőmérséklete helyett csak a levegő hőmérsékletét mérjük, tehát nappal dolgozva, csak néhány fokra közelíthetjük meg a hőmérsékletméréssel a szalag valódi hőmérsékletét, úgy világos, hogy a szalaggal a szélső esetben sem érhetjük el a léczmérés pontosságát.

A szalag kifeszítéséhez szükséges erő a szalagot megnyújtja. A megnyúlás függ a húzóerő nagyságától, a szalag méreteitől és elaszticitásától továbbá a szalag felfekvésének körülményeitől. Reinhertz kísérletei szerint egy 20 m hosszú, $0,3 \text{ mm}$ vastag szalag 1 kg húzóerő hatására megnyúlik $0,1 \text{ mm}$ -rel, ha a szalag a földön végig fekszik; $0,3 \text{ mm}$ -el, ha a szalag a két végén lóg s csak a közepe fekszik; $0,5 \text{ mm}$ -rel, ha a szalag szabadon lóg. A normális húzóerő a kísérletek szerint 10 kg ; az ettől való eltérések, ingadozások 4 kg -ra rúghatnak, vagyis minden egyes szalagfektetésben a szalag hossza $0,4, 1,2, 2,0 \text{ mm}$ -el változhatik meg.

Összefoglalva az eddigi fejtegetéseket, mondhatjuk, hogy a mérőléc hasz-

nálata esetében jobban vagyunk biztosítva a mérőeszköz hosszúságának változatlan-
ságáról, mint mérőszalag használata esetében.

b) A végpont megjelölésének kérdése.

Mérőléczek alkalmazása esetében a leszorítva tartott teljes mérőlécz biz-
tosítja a végpont helyzetét.

Szalag-méréskor a végpont megjelölésében igen nagy változatosság van.
A legegyszerűbb fajta szalag-méréskor a végpontot a leszúrt szög jelzi és tartja.
A mérés ilyen módon igen gyorsan hajtható végre. Ámde a végpont-megjelölés e
módja lényegesen pontatlanabb mint a léczmérések végpontjelölése. A végpontnak
karczolóással, vagy index-sarúval való megjelölése már tökéletesebb, ámde viszont
ez a mérés munkáját lassítja. A mérőlécz tehát ebből a nézőpontból is a szalag
felett előnyben van.

c) A mérés gazdaságosságának kérdése.

A szalagmérés a maga egyszerű alakjában végrehajtva, gyorsabb, mint a
léczmérés, hiszen egy fektetéssel legalább négyszer annyit mérünk, mint a lécz-
czel s a mérésben segédkező napszamosokat is a szalag fektetése kevésbé
fárasztja. Ez a főoka, hogy a gyakorlatban, ha csak lehet, a szalagot alkalmaz-
zák. A szalagmérés gyorsaságát azonban a gyakorlatban gyakran túlbecsülik, az
erre vonatkozó kísérletek szerint, begyakorolt személyzettel és négy léczczel dol-
gozva, a szalagmérés sebességét igen meg lehet közelíteni. Ha pedig ú. n. szaba-
tos (preciziós) szalagmérést végzünk, vagyis a szalagot naponta többször kompa-
ráljuk, méréskor mérjük hőmérsékletét, kifeszítésekor egyenletes húzó-erőre törek-
szünk s elhelyezésekor a végpontot gondosan vont karczczal, vagy index-sarúnak
pontos odahelyezésével jelöljük meg, akkor már alig van különbség a szalagmérés
és a léczmérés sebessége között.

A mi végül a lécznek és a szalagnak a különböző térszinen való alkalmaz-
hatóságát illeti, erre nézve azt kell tekintetbe venni, hogy a szalag a kisebb tér-
szini egyenetlenségek leküzdésére alkalmasabb, mint a lécz, de viszont, ha erősen
szaggatott pályáról van szó, vagyis, ha rövid és gyakran előforduló esések és
emelkedések vannak a pályán, akkor csak a mérőléczczel lehet jó eredményt
elérni.

10. A közvetlen hosszúság-mérések pontossága.

A következőkben hosszúság alatt mindig vízszintes hosszúságot fogunk érteni
s a közlendő pontossági adatokat is mindig erre kell értelmezni. A hosszúság-
mérés eredményében levő hiba mindig háromféle hibából tevődik össze: t. i.
állandó, szabályos és szabálytalan hibából.

Az úgynevezett durva (szarvas) hibákat (pl. a lefektetett mérő-eszközök
megszámolásának hibáját) kiküszöböltnak veszem. Az ilyen hibákat gondos mun-
kával mindig el lehet kerülni. Felfedezésükre pedig a mérés megismétlése
szolgál.

Az állandó hiba a hosszúság-mérésekben főleg a komparálás hibájából szár-
mazik, vagyis onnan, hogy a mérőeszköz ú. n. hosszhibáját nem helyes értékével
vettük tekintetbe.

A szabályos hiba származik a mérőeszközöknek a mérés alatt bekövetkezett hosszúságváltozásaiából. A mérőlécz használatakor a hőmérséklet és a nedvesség, szalag használatakor a hőmérséklet és a húzóerő megváltozása hozza őket létre. Szabályos hiba származik másrészt a kigyózó mérésből, vagyis, hogy a méréskor az egyenes vonal irányából kitérünk jobbra, vagy balra (az egyenes vonal tökéletlen kitérése következtében) illetőleg fel és le (a hajlásmérés tökéletlenségei miatt). A mérő-eszköz hosszváltozásából származó hiba lehet úgy *pozitív* mint *negatív* előjelű, a kigyózó mérésből származó hiba azonban mindig *negatív* előjelű, vagyis a helyes hosszúságnál mindig nagyobb értékre vezet. Néha a mérés berendezése olyan, hogy a kigyózó mérésből származó hiba túlteng a többiek rovására s ez vezetett arra a téves, de az irodalomban gyakran előforduló nézetre, hogy a hosszúság-mérésekben jobb eredményekre számíthatunk akkor, ha nem a mérőeszköz helyes hosszúságával, hanem valami kevéssel *nagyobb* hosszúsággal számítunk.

Szabálytalan hiba keletkezhetik, illesztési hibákból, a lefektetett mérőeszköz végpontjának tökéletlen megjelöléséből, a lefektetett mérőeszköz elcsúszásából, leolvasási hibákból (a végső darab mérésekor), a megméréndő hosszúság két végpontjának megjelölési módjában levő tökéletlenségekből, a mérőeszköz hosszának a mérés alatt bekövetkező véletlen megváltozásából stb.

Ha ε -nal jelöljük a mérés eredményében levő hibát, úgy

$$\varepsilon = \gamma + \varepsilon \quad \quad \quad + \varepsilon$$

ε szabályos ε szabálytalan

ahol γ az *állandó* hibát jelzi.

A szabályos hibát mindig két részből összetettnek vehetjük, az egyik állandó, a másik változó. Az állandó részt beletudhatjuk az állandó hibába, a változó részt pedig a szabálytalan hibába. Vagyis az $\varepsilon = \alpha + \varepsilon_v$ a következőképpen képzelhetjük:

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

ahol α a hiba állandó része, ε_v pedig a hiba véletlen része. Tudvalevően ilyen esetekben a megfelelő középhibák is tartalmaznak állandó és véletlen részt.

Jelöljük μ -vel a hosszúságmérés közép-teljeshibáját, μ_v -vel a közép-véletlen-hibát, úgy

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

A hosszúság-méréssel nyert eredmény pontosságának jellemzésére a közép-teljeshiba, μ szolgál. A μ_v -nek, illetve az α -nak az ismerete pedig azért szükséges, mert ezek nyújtanak felvilágosítást, hogy a mérések ismétlésével a pontosságot mennyire lehet fokozni. A méréseknek ugyanazzal az eszközzel és berendezéssel való megismétlése ugyanis csak a közép-véletlenhibát kisebbíti, tehát a közép-teljeshiba értéke is csak annak megfelelően fog kisebbedni. Azaz n -szer

való megismétlés esetében a közép-teljeshiba (μ_v) nem $\frac{\mu_v}{\sqrt{n}}$ lesz, hanem

$$\mu_v = \sqrt{\alpha^2 + \frac{\mu_v^2}{n}}$$

Igazolni lehetne, hogy a hosszúság-mérésekben a *közép-véletlenhiba arányos a hosszúság négyzetgyökével*, a hiba állandó része pedig a hosszúsággal magával arányos, azaz

$$\alpha = \pm A \cdot L$$

$$\mu_v = \pm B \cdot \sqrt{L}$$

Ennek megfelelően a közép teljes hiba

$$\mu = \sqrt{(A \cdot L)^2 + (B \sqrt{L})^2} = \sqrt{A^2 L^2 + B^2 L}$$

A közép teljes hiba értéke természetesen a négyzetgyök alatti ama tag gyökéhez lesz közelebb, a melyik a nagyobb. A mérés berendezése és keresztülvitele szerint néha az állandó, néha a véletlen hibák a túlnyomóak. Az előbbi esetben a közép teljes hiba is arányos lesz a mért hosszúsággal, az utóbbi esetben pedig annak négyzetgyökével. Ez a magyarázata annak, hogy egyes szerzők a maguk méréseinek eredményére támaszkodva a fenti hiba-törvény helyett a

$$\mu = A' L$$

illetve a

$$\mu = B' \sqrt{L}$$

törvényt ajánlják. E képletek azonban csak akkor helyesek, ha a mérés berendezése következtében a szabályos, illetve a véletlen hibák a nagyobbak.

Az általános hiba-törvényben szereplő A és B együtthatókra számszerű értékeket adni rendkívül nehéz, mert az A és B értékeket nemcsak az alkalmazott mérőeszköz és a mérés berendezése befolyásolja, hanem lényegesen függnek még a mérési pálya hajlásviszonyaitól és minőségétől is.

A következőkben megadandó A és B érték mindig csak a szintén megadott külső körülmények közt végrehajtott hosszúság-mérésekre vonatkoznak.

11. A mérőléczczel való mérés pontossága.

A mérőléczczet alkalmazzuk részletfelvétellel, sokszög-oldalok mérésére és háromszögelési alapvonalak végig mérésére.

a) *A mérés állandó hibája.*

1. *A külső felvételek részletméréseiben* a mérőléczczet rendszeren komparálás nélkül használjuk. Mivel a léczméter hossza a szóbjöhető hő- és nedvesség-változásokra legfeljebb 0.25 mm-rel térhet el a helyes (nominális) hosszától, azért ebben az esetben

$$\alpha = \pm 0.00025 L$$

vagyis az α a hosszúság 1/4000-ed része.

2. *A poligon oldalak mérésekor* a mérőléczczeket időszakonként, nevezesen a tartósabb nedves, illetve száraz időszakok elmúltával rendszeresen komparáljuk. Ilyen esetekben a lécz-méter hosszát ± 0.05 m-re mindig biztosra vehetjük, így tehát

$$\alpha = \pm 0.00005 L$$

vagyis α a hosszúság 1/20000-ed része.

3. *Háromszögelési alapvonalak mérésekor* a léczeket mérés előtt és után rögtön komparáljuk, ennél fogva a lécz méterhosszát a szokásos normálméterek pontosságának megfelelően ± 0.01 mm-re határozhatjuk meg, azaz

$$\alpha = \pm 0.00001 L$$

vagyis α a hosszúság 1/100000-ed része.

Ez azután a *szélső pontosság*, a mely még léczméréssel elérhető.

b) *A mérés közép véletlen hibája.*

1. *Külső részletfelvételekben* az egyenest beintett jelzőkarókkal kitűzve, a léczeket térszinre fektetve, hajlásukat lécz-hajlasmérőkkel mérve, közepes jóságú mérőpályán,

$$\mu_v = \pm 0,003 \sqrt{L}$$

vagyis 100 m hosszúság esetén a pontosság 1/3000-ed.

2. *Sokszög-oldalok mérésekor*, az egyenest zsinórral kitűzve, a léczeket a térszinére fektetve, a hajlásokat szintezéssel meghatározva, közepes jóságú pályán

$$\mu_v = \pm 0,00065 \sqrt{L}$$

vagyis a pontosság 100 m hosszúság esetén 1/15000-ed.

3. *Háromszög-ő alapvonalak mérésekor*, sínen, vagy külön e célra készült, közel vízszintes, deszkaálláson dolgozva, az egyenest zsinórral kitűzve, a hajlást libellával, vagy szintezéssel mérve

$$\mu_v = \pm 0,000065 \sqrt{L}$$

vagyis 100 m hosszúságnál a pontosság 1/150000-ed.

12. A szalag-mérés pontossága.

Az elérhető pontosság a mérés elrendezésének, továbbá a talaj hajlásviszonyainak megfelelően igen tág határok között változhatik.

a) *A mérés állandó hibája.*

1. *A külső részletmérésekben* a hő és a húzás hatására bekövetkező hosszváltozásokat elhanyagoljuk s a szalagot nominális hosszával (20 m) vesszük számításba. A 20 m-es szalag 10° hőváltozásra kereken 2 mm-rel változik meg s mivel a gyakorlatban 40° hőkülönbségre is számíthatunk, tehát a szalaghosszúság a hő hatására az átlagos hőmérsékletnek (+20°) megfelelő értékétől 4 mm-re is eltérhet. A húzóerő ingadozásainak hatására 2,0 mm-rel nyúlhat meg. A két hatás összege 6 mm. Ha még hozzávesszük azt is, hogy a szalaghossz a komparálási hőmérsékleten sem mindig pontosan 20 m, hanem attól 5–6 mm-rel is eltérhet, továbbá, hogy mérés közben a csuklós részeknél levő csavarok meglazulása a szalag begyűrődése és egyéb okok következtében is hosszúsága néhány mm-rel szintén megváltozhatik, azért mondhatjuk, hogy a szalaghosszúság kedvezőtlen esetben a 20 m-től ± 15 mm-rel is különbözhetik. Ennek megfelelően a külső mérésekben

$$\alpha = \pm 0,00075 L$$

vagyis a pontosság a hosszúság 1/1330-ad része.

2. *Sokszög-oldalok mérésekor* a szalagot rendesen komparáljuk, fektetésekor mérjük a levegő hőmérsékletét s a szalagot állandó feszültséggel kezeljük. A méréseket nappal hajtjuk végre, tehát számíthatunk arra, hogy a szalag hőmérsékletet 10°-ra ismerjük, azaz a helyes szalag hosszúságtól való ingadozást ± 2 mm-re vehetjük.

Ennek megfelelően

$$\alpha = \pm 0,0001 L$$

vagyis a pontosság a hosszúság 1/10000-ed része.

Ha a méréseket éjjel hajtjuk végre, mikor a hőmérséklet-ingadozások kicsi-

nyek s így a levegő hőmérséklete $\pm 1^\circ$ -ra azonosnak vehető a szalag hőmérsékletével, akkor

$$\alpha = \pm 0,00001 L$$

vagyis a pontosság a hosszúság 1/100000-ed része.

b) *A mérés közép véletlen hibája.*

1. *Külső részletfelvételekben, az egyenes vonalat jelző karókkal kitűzve, a szalag végpontokat szögekkel jelölve, a hajlásokat hajlasmérővel mérve, közepes jóságú térszínen dolgozva*

$$\mu_v = \pm 0,005 \sqrt{L}$$

vagyis 100 m hosszúság esetén a pontosság 1/2000-ed.

2. *Sokszögoldalok mérésekor az egyenest zsinórral kitűzve, a végpontot szöggel vagy bekarcsolt vonással jelölve, a hajlást szintezéssel mérve, hőmérséklet méréssel és állandó húzóerővel dolgozva közepes jóságú pályán*

$$\mu_v = \pm 0,001 \sqrt{L}$$

vagyis 100 m hosszúság esetén a pontosság 1/10000-ed.

3. *Háromszögelés alapvonalainak mérésekor, egyenletes hőmérsékleten (éjjel) dolgozva, vagy kis tágulás együtthatójú «invar¹» szalagokat alkalmazva, a végpontot különleges sarúkkal (Löschner-féle) megjelölve, a szalagot állandó erővel feszítve sínen, vagy deszka pályán mérve, gondos egyenes kitűzést és hajlasmérést feltéve*

$$\mu_v = \pm 0,00005 \sqrt{L}$$

azaz 100 m hosszúság esetén a pontosság 1/200000-ed.

Összefoglalva a pontosságra mondottakat, a következőket állapíthatjuk meg:

Ha a hosszúság mérőeszközeit azzal a feltevéssel alkalmazzuk, hogy hosszuk változatlan és egyenlő a nominális hosszzal, azaz hogy az 5 m-es lécz, illetve a 20 m-es szalag, állandóan és pontosan 5 m illetve 20 m akkor a lécz-mérések körülbelül háromszor olyan pontosan adják meg a hosszúságot, mint a szalag-mérések. Ezzel szemben áll azonban, hogy a szalag-mérés gyorsabb és kevésbé fárasztó.

Ha azonban mind a két eszközzel a szélső pontosságra törekszünk, vagyis a a különböző hatásokra létrejövő hosszváltozásokra tekintettel vagyunk, továbbá szalag-mérés esetében a végpont megjelölését nagy gonddal (különleges berendezésekkel) végezzük, akkor a két eszköz pontosságra nézve egyformának tekinthető, ámde ebben az esetben a szalagméréssel kapcsolatosan végzendő műveletek a mérés sebességét annyira csökkentik, hogy alig nagyobb, mint a lécz-mérés sebessége.

13. Hibahatár-képletek és táblázatok.

Az olyan hivatalok és intézmények, amelyeknek munkakörében a hosszúság-mérés gyakran előforduló művelet, a mérések főlegesen megismétlésének elkerülésére, meg szokták állapítani azokat a határokat, a melyeken belül a mérés eredménye még elfogadható. Ezeket a hibahatárokat természetesen mindig annak a célnak megfelelő tágassággal állapítják meg, melyet a mérések szolgálnak.

A hibahatárok megállapításakor alapul a hosszúságmérés középhibáját veszük. Ha ugyanis a középhiba értéke μ , akkor tudvalevően az illető méréseredményben levő hiba maximális értéke legfeljebb 3μ lehet. Ha tehát két mérést

¹ A Guillaume-féle öntvény: 36% nikkel és 64% acél.

végzünk s mindegyiknek középhibája μ , akkor a két mérés különbségének a középhibája $\mu\sqrt{2}$, maximális hibája pedig $3\mu\sqrt{2}$, a mi igen közel 4μ -vel egyenlő. Ezért ha a μ értéket vesszük alapul, akkor két mérés egymástól legfeljebb 4μ értékkel térhet el.

a) *A porosz országos felmérés hiba határai.*

Külső (mezei) mérésekben két mérés közt megengedhető d különbség maximális értéke

1. Kedvező térszínen:

$$d_1 = \sqrt{(0,00071 L)^2 + (0,0200 \sqrt{L})^2}$$

2. Közepes térszínen:

$$d_2 = \sqrt{(0,00087 L)^2 + (0,0245 \sqrt{L})^2}$$

3. Kedvezőtlen térszínen:

$$d_3 = \sqrt{(0,00100 L)^2 + (0,0283 \sqrt{L})^2}$$

ahol L a mért hosszúság méterben kifejezett értékét jelenti.

E hibatár képleteknek megfelelően az alábbi táblázatot számítottam:

Mért hosszúság L	Két hosszúságmérés különbségének még tűrhető legnagyobb értéke		
	d_1	d_2	d_3
10 m	6 cm	8 cm	9 cm
50 "	14 "	18 "	20 "
100 "	21 "	26 "	30 "
200 "	32 "	39 "	45 "
300 "	41 "	50 "	57 "
400 "	49 "	60 "	69 "
500 "	57 "	70 "	81 "

Vagyis 100 m távolságban a pontosság 1/950-ed, illetve 1/770-ed, illetve 1/670-ed. Városmérésekben a fenti értékek negyedrésze veendő.

A fenti adatok szerint a hibahatárok igen tágak, a mi abban leli magyarázatát, hogy kis méretarányú kataszteri térképek számára állapították meg őket.

b) *A magyar országos kataszteri felmérés hiba-határai.*

Az «Utasítás az országos kataszteri felmérés végrehajtására» ezimű pénzügyministeri kiadvány 109. §-a szerint

1. Kedvező térszínen:

$$d_1 = 0,00075 L + 0,0103 \sqrt{L},$$

2. Közepes térszínen:

$$d_2 = 0,00100 L + 0,0138 \sqrt{L},$$

3. Kedvezőtlen térszínen:

$$d_3 = 0,00125 L + 0,0172 \sqrt{L},$$

ahol az L a mért hosszúság méterben kifejezett értékét jelenti.

Néhány távolságra a hiba-határ-értékek a következők:

Mért hosszúság L	Két hosszúságmérés különbségének még tűrhető legnagyobb értéke.		
	d ₁	d ₂	d ₃
10 m	4 cm	5 cm	7 cm
50 "	11 "	15 "	18 "
100 "	18 "	24 "	30 "
200 "	30 "	40 "	49 "
300 "	40 "	54 "	67 "
400 "	51 "	68 "	87 "
500 "	60 "	81 "	101 "

Vagyis 100 m távolságra a pontosság 1/1100-ad, 1/830-ad, illetve 1/670-ed. Városi felvételekben a fenti képletekből kiadódó értékek *egynegyed* része veendő.

A táblázat adatai szerint cca 100 m-ig a hiba-határok kisebbek, mint a porosz országos felmérés határai, 100 m-en felül pedig már nagyobbak. A határok ismét igen tágak, tehát a mérnöki gyakorlat méréseiben csak ritka esetekben alkalmazhatók.

c) *Hibahatárok a mérnöki gyakorlat számára.*

Sokkal szűkebbek s ennél fogva a mérnöki gyakorlatban is jól használhatók azok a hiba-határok, amelyeket H. Brandenburg német geométer hozott javaslatba. Brandenburg a különböző mérési módszereknek és a különböző mérési pályának megfelelően öt kategóriát állapít meg.

Az *első kategória* hiba-határa betartandó a városi elsőrendű sokszög-oldal mérésekor. A *második kategória* az alsóbbrendű városi sokszögelésekre irányadó. A *harmadik kategória* vonatkozik a városi részletfelvételekre. A *negyedik kategória* megadja a hiba-határokat a kedvezőtlen körülmények között végzett városi, illetve a kedvező körülmények között végzett külső (mezei) részletmérésekre. Végül az *ötödik kategória* hibahatára betartandó a kedvezőtlen pályán végrehajtott külső (mezei) részletmérésekben.

A hibahatárok a következők:

$$d_1 = \sqrt{(0,0002 L)^2 + (0,0030 \sqrt{L})^2}$$

$$d_2 = \sqrt{(0,0004 L)^2 + (0,0060 \sqrt{L})^2}$$

$$d_3 = \sqrt{(0,0006 L)^2 + (0,0090 \sqrt{L})^2}$$

$$d_4 = \sqrt{(0,0008 L)^2 + (0,0127 \sqrt{L})^2}$$

$$d_5 = \sqrt{(0,0008 L)^2 + (0,0165 \sqrt{L})^2}$$

ahol d jelenti a két mérés eredménye közt megengedhető eltérés legnagyobb ér-

tékét, L pedig a mért hosszúságot. A hibahatár nagyságát néhány távolságra az alábbi táblázat mutatja:

Mért hosszúság L	Két hosszúságmérés különbségének még tűrhető legnagyobb értéke				
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5
10 m	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
50 "	2 "	4 "	6 "	9 "	12 "
100 "	3 "	6 "	10 "	13 "	17 "
200 "	5 "	9 "	14 "	19 "	24 "
300 "	6 "	12 "	18 "	24 "	30 "
400 "	7 "	14 "	22 "	28 "	35 "
500 "	8 "	17 "	25 "	32 "	40 "

Azaz 100 m távolságra a pontosság a különböző eseteknek megfelelően 1/6700-ad, 1/3300-ad, 1/2000-ed, 1/1500-ad és 1/1200-ad.

Ezek az értékek a fenti osztályozásnak megfelelően a mérnöki gyakorlatban is jól használhatók.

14. A hosszúságmérésekben előforduló kiegyenlítések.

A hosszúságmérésekben kiegyenlítés fordulhat elő először akkor, mikor a pontosság fokozása céljából ugyanarra a hosszúságra több mérést végzünk.

Legyenek

$$l_1, l_2, \dots, l_n$$

az L hibátlan értékű hosszúságra vonatkozó méréseredmények.

Mivel a mérések megismétlése mindig ugyanazzal a műszerrel és módszerrel történik, azért az egyes l értékek egyenlő megbízhatóságúak, vagyis súlyaik az egységgel egyenlőknek vehetők. Ilyen esetben a hosszúság legmegbízhatóbb értéke

$$x = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{n}$$

Az elért pontosság mérlegelésére ki szokás számítani az x érték p_x súlyát és μ_x középhibáját.

$$p_x = n$$

$$\mu_x = \sqrt{\frac{[\lambda \lambda]}{n(n-1)}}$$

a mely utóbbi képletben a sarkos zárójel összegezést jelent, a λ_i pedig a következőképpen alkotható:

$$\lambda_i = x - l_i$$

Kiszámítható továbbá az egység-súlyú eredmény középhibája μ_o is, a mely a jelen esetben egyetlenegy mérés középhibáját jelenti.

$$\mu_o = \sqrt{\frac{[\lambda \lambda]}{n-1}}$$

Kiegyenlítésre van szükség másodszor akkor, amikor két ismert távolságú pont közé iktatunk be hosszúságméréssel további pontokat.

Ilyen esetek a derékszögű koordináta mérésekben fordulnak elő gyakran.

Legyen A és B két olyan pont, melyeknek vízszintes távolsága valami magasabb rendű mérésből előre ismeretes s a melyek távolságát változatlanul meg kell tartani. Az A és B pontok közé beiktatjuk az 1, 2, ..., n pontokat azáltal, hogy megmérjük

$$\begin{array}{r} \overline{A.1} \\ \overline{1.2} \\ \overline{2.3} \\ \dots \\ \overline{n.B} \end{array}$$

távolságokat.

A megfelelő mérési eredményeket jelöljük

$$l_1, l_2, \dots, l_n$$

nel. Nyilvánvaló, hogy hibátlan mérés esetében összegük tartozik egyenlőnek lenni az \overline{AB} előre ismeretes távolsággal. De mert a mérési eredmények hibásak, az \overline{AB} -ből az l -ek összegét levonva, nem 0-át kapunk, hanem valami Δ értékét, melyet ellenmondásnak is nevezni.

$$\Delta = \overline{AB} - (l_1 + l_2 + \dots + l_n)$$

A kiegyenlítést ilyen esetekben úgy végezzük el, hogy kiszámítjuk a hosszegységekre eső javítást

$$\frac{\Delta}{\overline{AB}} = t$$

s azután az egyes mért hosszakat a hosszak arányában javítjuk meg. Ha az egyes hosszak javítását $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ jelöljük, úgy

$$\lambda_1 = l_1 \frac{\Delta}{\overline{AB}}$$

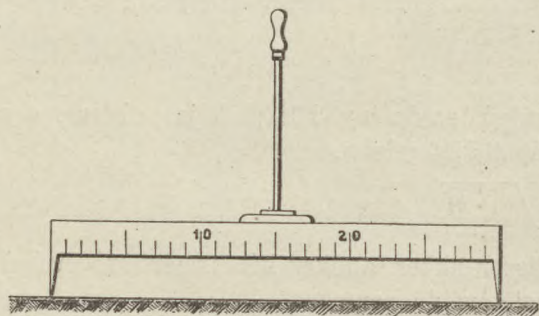
$$\lambda_2 = l_2 \frac{\Delta}{\overline{AB}}$$

$$\dots$$

$$\lambda_n = l_n \frac{\Delta}{\overline{AB}}$$

15. A hosszúság közelítő meghatározására szolgáló eszközök, műszerek és módszerek.

Mezei körző.



25. rajz.

1. A mezei körző. (25. rajz.)

A mezei körző puha fából készült és mintegy 1 m hosszú fogantyúval ellátott lécz, melynek alsó részéből két cca 30 cm hosszú acélcsúcs nyúlik ki. A lécz oldal lapján dm beosztás van.

Használata a mezőn ugyanúgy történik, mint a körző a papiroson, vagyis mindig az egyik csúcs körül forgatjuk át a következő helyzetbe, tehát a végpontot a leszúrt csúcs

jelzi és tartja. Csak közepes keménységű, akadálymentes, síma térszínen használható. Ferde, továbbá kemény, illetve puha (laza) térszínen kezelése nehézkes, pontossága korlátozott.

Kedvező pálya esetében az elérhető pontosság

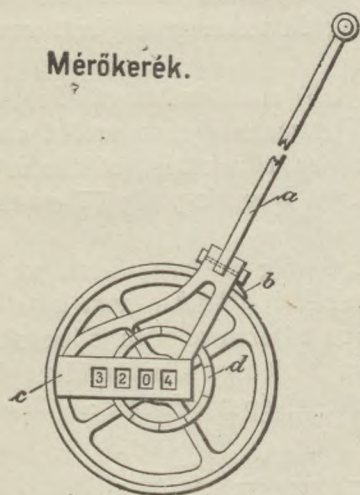
$\pm 0.5\%$ egész $\pm 1.0\%$ -ra tehető, kedvezőtlen körülmények között azonban

$\pm 4\%$ egész $\pm 5\%$ -nál nagyobb pontosságra nem számíthatunk.

Kis pontossága s kezelésének gyakori nehézségei miatt a gyakorlatban nagyon ritkán alkalmazzák. Inkább csak a gazdasági (kertészeti) mérésekben és kitérzésekben találkozunk vele.

2. A mérőkerék. (26. rajz.)

A mezői körzónél több figyelmet igényel és pedig nemcsak azért, mert kezelése egyszerű és gyors, hanem azért is, mert a távolságot, különösen jó pályán (pl. vasúti sínen) sokkal pontosabban adja meg.



26. rajz.

Lényeges része az öntöttvasból való, küllőkkel kellő módon merevített kerék. A kerék kerülete 1 m szokott lenni, mert ekkor egy teljes körülfordulása, tiszta gördülést feltéve, éppen 1 m-t jelent hosszúságban. A kereket az »a« fogantyúnál fogva tolhatjuk magunk előtt a mérés pályáján. E fogantyúhoz »b« lemez van erősítve, a mely a kerék lapjához simul s tisztán tartja. A kerék fordulatait »c«-nél levő számlálószerkezet méri; a fordulatszámot a »c« lapon kiugró számokon olvassuk le. Méréskor a kerék ráállítandó a hosszúság egyik végpontjára s akkor le kell olvasni a fordulatszámoló állását. A leolvasások különbsége m -ben adja a mérendő hosszúságot, ha a kerék kerülete pontosan egy méter.

A mérőkerékkel elérhető pontosság lényegesen függ a talaj minőségétől. Legkedvezőtlenebb a nedves, agyagos talaj, továbbá a nedves aszfalt, mert rajtuk a kerék inkább csúszik, mint gördül. A tiszta gördülés előmozdítására néha tüskéznek a keréktalpat, ámde ez inkább árt, mint használ, mert a tüskék közti hézagok eltömődése után a mérőkerék kerülete, tehát állandója, megváltozik.

Igen jó eredményt lehet elérni száraz vasúti síneken (a keréknek ilyenkor kettős nyomkarimája van).

A kerékkel elérhető pontosságot lényegesen fokozhattuk, ha állandóját, t. i. az egy teljes körülfordulásnak megfelelő hosszúságot, ismert távolság befutásával, vagyis tapasztalati úton, azon a térszínen határozzuk meg, a melyen a hosszúságmérést végeznünk kell.

Pontossága *Tinter* szerint a legkedvezőbb esetben (vasúti síneken gördítve)

$\pm 0.1\%$ -ra

tehető; országúton

$\pm 2\%$

kedvezőtlen térszínen

$$\pm 5\% - \pm 8\%$$

az elérhető pontosság.

Jól használható a vasúti, vagy közúti hektométer és kilométer távolságok megmérésére (kitűzésére, illetve ellenőrzésére.) Az ilyen célra szolgáló kerekek a befutott 100 m-eket rendszeren harangütéssel jelzik.

3. A lépés mérték.

A távolságok lelépése, vagyis a lépésmértékkel való hosszúság-meghatározás csak kis pontosságot nyújt, ámde a mérés eme módja, egyszerűsége és gyorsasága miatt, kiváló figyelmet igényel még a mérnöki gyakorlat szempontjából is.

Csekély pontossága onnan ered, hogy a lépéshossz nemcsak egyénenkint változik, de ugyanannál az egyénnél sem állandó. Az egyénenkinti változás főként a lábszárok különböző hosszúságával, tehát a lelépő egyén testmagasságával van összefüggésben.

Nagy általánosságban mondhatjuk, hogy az 1.70 m-es testmagasságnak 82 cm-es lépéshossz felel meg, továbbá, hogy a testmagasságban való 1 cm növekedésnek (csökkenésnek) a lépéshosszban 0.5 cm-es növekedés (csökkenés) felel meg. Vagyis 1.90 m testmagasságnak 92 cm, 1.60 m-esnek pedig 77 cm-es felel meg.

Az egyéni lépéshossz sem állandó, de mindaddig, míg a talaj közel vízszintes és akadálymentes, továbbá, míg nagyobb mértékű elfáradás nem következett be, ingadozásai az átlagos értéktől nem nagyok s teljesen véletlen jellegűek.

Erős hatással van a lépéshosszra a mérőpálya ferdesége. *Jordan* idevágó kísérletei szerint a lépéshossz felfelé haladva a következőképen változik:

0°	emelkedésben a lépéshossz	---	---	---	---	---	77 cm
5°	"	"	"	---	---	---	70 "
10°	"	"	"	---	---	---	62 "
15°	"	"	"	---	---	---	56 "
20°	"	"	"	---	---	---	50 "
25°	"	"	"	---	---	---	45 "
30°	"	"	"	---	---	---	38 "

A változás tehát igen erős, 30° esetén a lépéshossz már a felére csökken. Lefelé haladáskor a változások a következők:

0°	esésben a lépéshossz	---	---	---	---	---	77 cm
5°	"	"	"	---	---	---	74 "
10°	"	"	"	---	---	---	72 "
15°	"	"	"	---	---	---	70 "
20°	"	"	"	---	---	---	67 "
25°	"	"	"	---	---	---	60 "
30°	"	"	"	---	---	---	50 "

Lefelé haladáskor tehát a változások nem olyan nagyok, de szintén számottevők.

A mérés maga a távolság végiglépéséből és a megtett lépések megszámlálásából áll. Hogy a megszámlálást el ne vétsük, czélszerű csak minden második lépést számolni. Így jártak el már a rómaiak is, a kiknek a *mille passum* elnevezésű hosszegysége voltaképen ezer kettős lépésnek, azaz kétezer lépésnek felel meg. A számlálásra gyakran használnak olyan órákat, melyek mutatója egy gomb megnyomására egy számmal ugrik tovább, a mikor tehát méréskor minden kettős lépéskor meg kell nyomni a gombot s így a számlálás maga elmarad. Ugyanilyen órát lehet a léczek, meg a szalagok számlálására is használni.

Vannak olyan órák is, a melyek maguk (automatikusan) számolják a lépéseket. Ugyanis minden lépéskor a test súlypontja kissé felemelkedik, s azután ismét lesüllyed, vagyis minden lépés egy kis zökkenéssel jár. Ezt a zökkenést egy kis rugalmas inga megmozgatására lehet felhasználni s ez a mozgás számláló-szerkezetre átvive, adja meg a lépésszámot. Az ilyen órák (pedometerek) nem mérik teljesen pontosan a lépésszámot, legfeljebb 5% pontosságra számolhatunk, azért inkább csak a turisztikában használják.

Ha ferde térszínen mérjük lépéssel a távolságot, akkor a vízszintesre való redukálást igen czélszerűen úgy végezhetjük, hogy minden ezer, esetleg ötszáz lépésre leolvassuk az aneroidot s a leolvasásokból kiszámítjuk az egyes szakaszok magasság-különbségeit. A vízszintesre való redukezió mindig elegendő megközelítéssel a következő képletből számítható:

$$-\frac{m^2}{2L}$$

a hol m a szakasz magassága, L pedig a hosszúsága.

A lépés-mértékkel elérhető pontosságra nézve a következőket mondhatjuk.

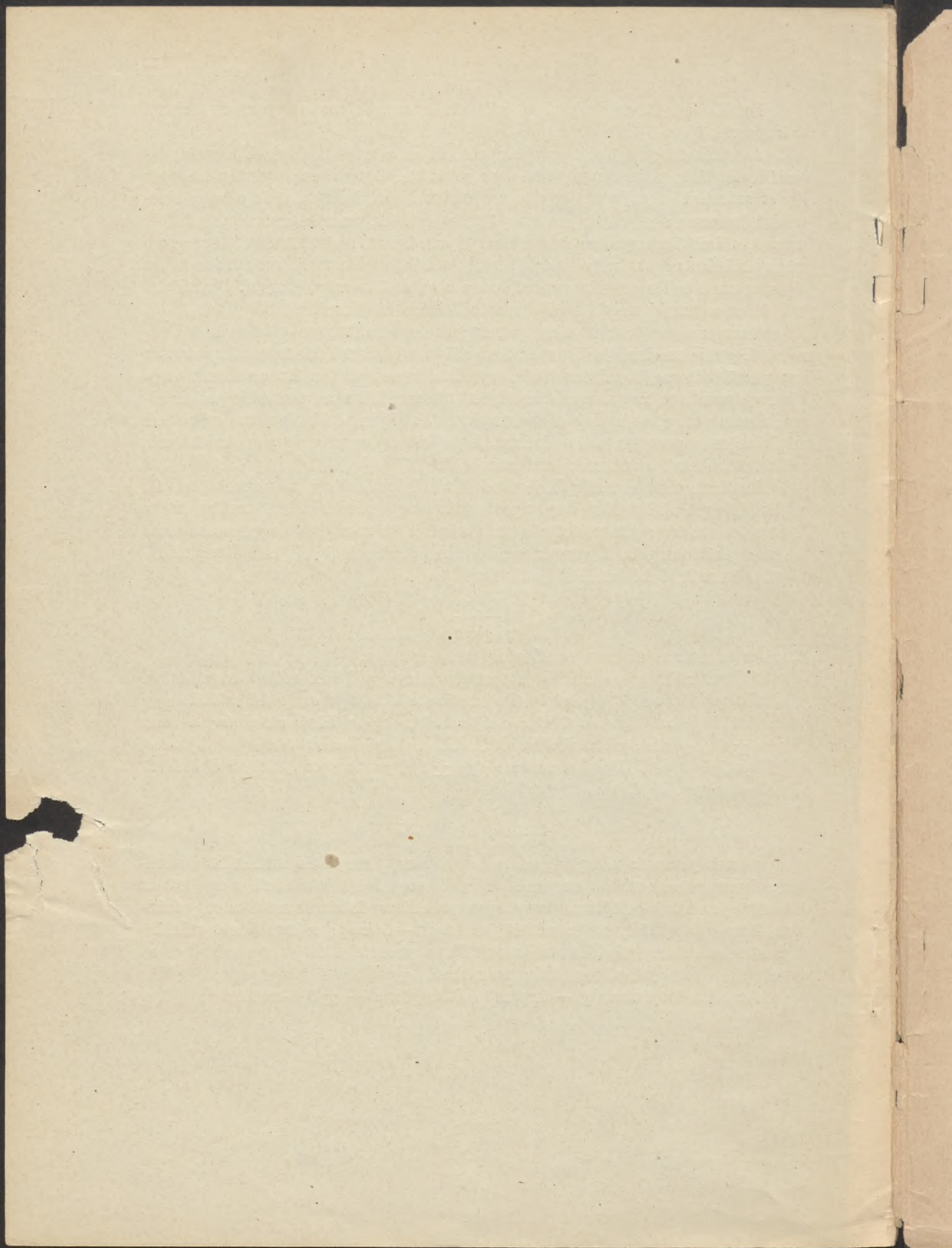
Ha tekintet nélkül egyéni lépéshosszunkra a távolságot a lépések számából úgy számítjuk, hogy a lépéshosszt 0.80 m-nek vesszük, akkor közel vízszintes és síma helyen $\pm 5\%$ pontosságra számíthatunk. Ha azonban ismert távolságok lépésével megállapítjuk egyéni lépéshosszunkat, úgy $\pm 2\%$ pontosságot érhetünk el kedvező (közel vízszintes, akadálymentes) talajon.

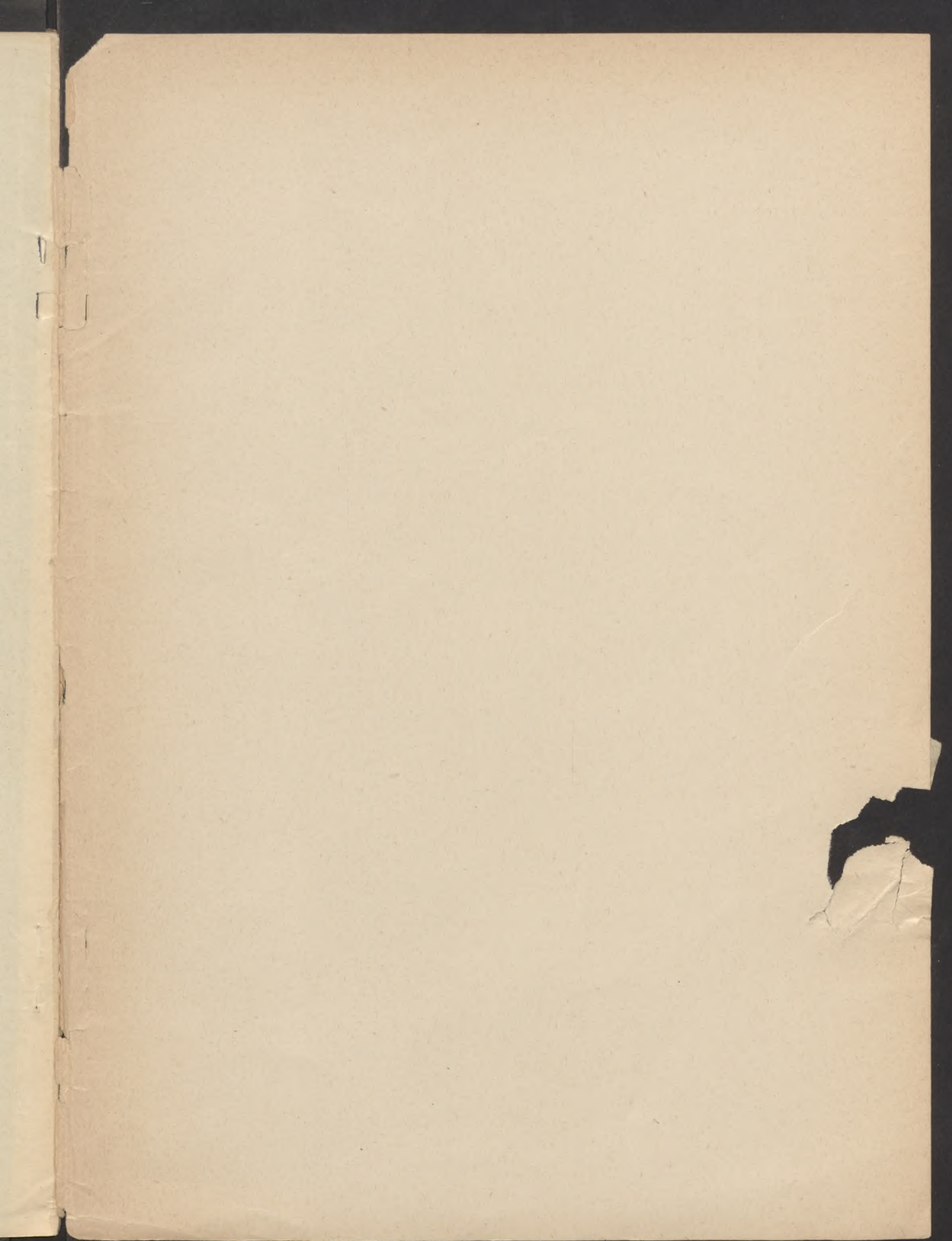
4. A menetelési idő.

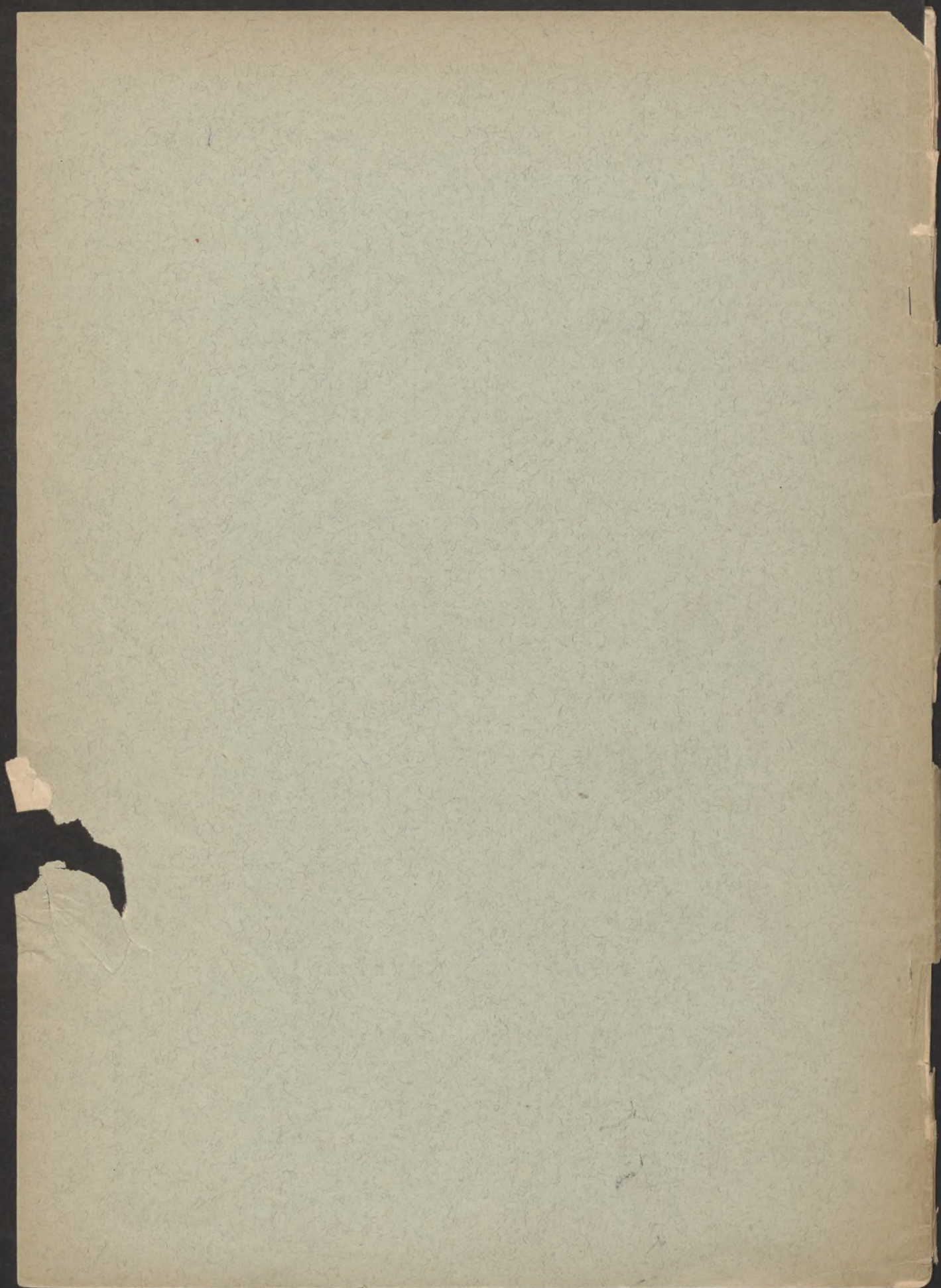
A mennyiben az időegységnek (pl. egy órának) megfelelő menetelési hosszúságot ismerjük, akkor a menetelési időből meg lehet állapítani, a megtett út hosszúságát. Tudjuk például, hogy gyalogos ember felszereléssel (katona) óránként 4 km-t halad, felszerelés nélkül (tourista) 5—6 km-t; a karavánok óránként 4 km-t tesznek meg stb. Ha tehát mérjük a menetelés idejét, úgy ebből és az ismeretes sebességből a hosszúság számítható.

Az elérhető pontosság — hosszabb utat feltéve — $\pm 5\%$ -ra tehető.









Sajtóhibajegyzék

a «A közvetetlen hosszúságmérések eszközei stb.» című cikkhez.

(Megjelent az 1916. évf. 5. füzetének 93–123. lapjain.)

- | | | | | |
|------|---------------|--|-----|--|
| 93. | oldal alulról | 2. | sor | <i>négyszög</i> helyett <i>négyszög</i> , |
| 94. | « felülről | 9. | « | a <i>vessző</i> felesleges, |
| 97. | « « | 3. | « | a <i>második vessző</i> a <i>helyesebb</i> szó után jön, |
| 99. | « « | 8. | « | <i>meghosszabbítás</i> helyett <i>meghosszabbítás</i> |
| 101. | « alulról | 7. | « | <i>valóságnál</i> helyett <i>valóságosnál</i> |
| 107. | « « | 10. | « | <i>ugyan</i> helyett <i>ugyancsak</i> |
| 108. | « felülről | 14. | « | <i>kijelölt</i> helyett <i>kijelölt</i> |
| 109. | « alulról | 1. 6. és 15. | | <i>nomál</i> helyett <i>normál</i> |
| 109. | « « | 14. | sor | <i>megrögzítjük</i> helyett <i>megrögzítjük</i> |
| 110. | « « | 5. | « | <i>összehasonlítása</i> helyett <i>összehasonlítása</i> |
| 111. | « felülről | 20. | « | a <i>második vessző</i> felesleges |
| 113. | « « | 15. | « | az <i>első vessző</i> felesleges |
| 113. | « | az első képlet helyesen a következő: | | $\varepsilon = \gamma + \varepsilon$ szabályos $+ \varepsilon$ szabálytalan |
| 116. | « alulról | 18. | sor | 5 m és 20 m után <i>vessző</i> kell, az első <i>vessző</i> felesleges. |
| 117. | « felülről | 15 | « | <i>hibatár</i> helyett <i>hiba határ</i> |
| 117. | « | a táblázat utáni első mondat helyesen a következő: | | Vagyis 100 m távolságban a <i>tűrhető eltérés</i> $\frac{1}{480}$ -ad, illetve $\frac{1}{380}$ -ad, illetve $\frac{1}{330}$ -ad, |
| 118. | « | a táblázat utáni első mondat helyesen a következő: | | Vagyis 100 m távolságban a <i>tűrhető eltérés</i> $\frac{1}{550}$ -ed, $\frac{1}{430}$ -ad, illetve $\frac{1}{330}$ -ad. |
| 119. | « | a táblázat utáni első mondat helyesen a következő: | | Azaz 100 m távolságban a <i>tűrhető eltérés a különböző eseteknek megfelelően</i> $\frac{1}{3300}$ -ad, $\frac{1}{1700}$ -ad, $\frac{1}{1000}$ -ed, $\frac{1}{770}$ -ed és $\frac{1}{590}$ -ed |
| 120. | « felülről | 14. | sor | l-ek helyett l-ek |
| 120. | « « | 15. | « | nevezni helyett <i>neveznek</i> |
| 121. | « alulról | 18. | « | A pont után beszúrandó a következő mondat: <i>Ezután a mérés vonalán végiggördítjük a másik végpontig és ott újból leolrassuk a fordulatszámoló állását.</i> |

