

VIKTOR RIKS

Vahi põllutöökooli õpetaja

Lühike

# maamõõte- ja loodimisõpetus

põllutöö- ja aianduskooitele ja iseõppijaile



NOOR-EESTI KIRJASTUS TARTUS

# Lühike maamõõte- ja loodimisõpetus

põllutöö- ja aianduskoolele ja iseõppijaile

Koostanud .

**Viktor Riks**

Vahi põllutöökooli õpetaja



inventaar A<sup>I</sup> No 903

Noor-Eesti Kirjastus Tartus

Lühike

maamõtte- ja loodimisõpetus

õpetus- ja ainsuskoolis ja isegi

Trükitud G. Roht'i trükikojas  
Tartus, 1931. a.

Kõrvald

Viktor Riis

Võrdõpetuse



003 A 7

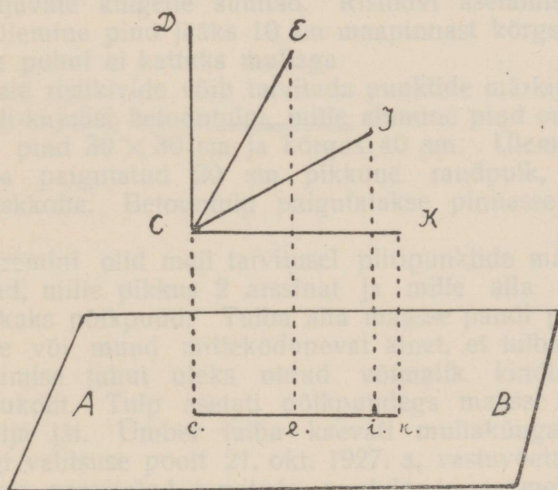
Koor-Eesti Kirjastus Tartus



## Sissejuhatus.

Meie põllumajandus seisab ümberkorraldamise küsimuse juures, mille läbiviimine nõuab tegelikult põllumehelt teadmisi ka maamõõte alalt, sest ümberkorraldamine on seotud sageli majapidamises olevate kultuurialade vahekordade muutmisega, uute külvikordade sisseseadmisega j. p. m. Et ümberkorraldusi läbi viia, selleks tuleb osata plaane valmistada ümberkorraldata-vaist maa-aladest ja plaanil läbiviidud ümberkorraldusi tegelikult teostada.

Kui me mingisugust maa-ala, nagu talu piire või selle osi paberil kujutame vähendatult ja horisontaal-tasapinnana, siis saame **plaani**. Suuremate maa-alade kujutamine paberil, arvestades maapinna kumerust, nimetatakse **kaardiks**. Plaan ja kaart kujutavad meile vastavat maa-ala vähendatud kujul. Sellejuures on vähendamine sündinud kindlas vahekorras.



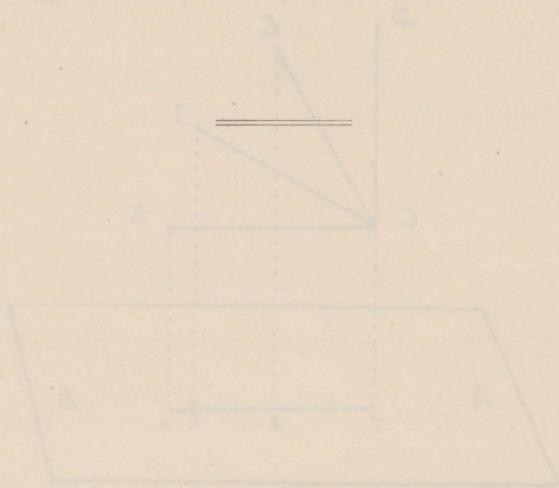
Joon. 1.

Kuid me ei kujuta maa-ala plaanil ainult vähendatud kujul; vaid ka horisontaal-tasapinnana. Tegelikult ei kujuta ükski maa-ala endast tasapinda, vaid on kaetud alati vähemate või suuremate ebatasasustega nagu mägedega, orgudega, küngastega, lohku-dega. Kuidas saada aga niisugusest pinnast horisontaal-tasapinnalist kujutist?

Kui me tõuseksime teatud kõrgusse ja vaataksime loodsihis alla maapinnale, siis kaoksid kõik selle ebatasasused ja me näek-sime maapinda tasapinnana.

Näiteks, kui me vaataksime loodsihis alla horisontaal-tasa-pinnale  $AB$  (joon. 1), siis näeksime võrdsete pikkustega joon-lõike  $CD$ ,  $CE$ ,  $CJ$  ja  $CK$  tasapinnal  $AB$  isesuguste pikkustega, mis oleneb nende kaldest horisontaal-tasapinna  $AB$  suhtes. Mida suurem on joonlõigu kalle, seda väiksem on ta kujutis horison-taal-tasapinnal. Niisugust joonlõigu kujutist horisontaal-tasapinnal nimetatakse **projektsiooniks**. Nii siis joonlõikude  $CD$ ,  $CE$ ,  $CJ$   $CK$  projektsiooneks on  $c$ ,  $ce$ ,  $ci$  ja  $ck$ .

Kui me ei kujuta plaanil ainult üht sirgjoont, vaid terve rea sirgjooni, mis piiravad mingisugust maa-ala, siis saame plaanil igast sirgjoonest selle projektsiooni ja lõppsaadusena kogu mõõdetud maa-ala projektsiooni. Nii siis iga plaan on mõõdetud maa-ala horisontaal-projektsioon. Kui pind on tasane ja horisontaalne, siis vastab mõõdetud maa-ala täpselt plaanile; kui aga pind on ebatasane, siis on mõõdetud maa-ala alati suurem plaanist.



## ESIMENE OSA.

# Maamõõtmine.

### I. Punkti märkimine maastikul.

Matemaatiliseks punktiks nimetatakse niisugust kindlat kohta ruumis, millel ei ole ühtegi mõõdet või ulatust. Me võime matemaatilist punkti ainult kujutleda. Tegelikult märgime punkti paberil teravakstehtud pliiatsiga või nõelaga.

Maastikul loeme punktiks kohta, kus maakera raadius lõikab välispinda. Punktid maastikul märgitakse, kui nad on ajutise iseloomuga, tikkudega või vaiadega, kui nad on aga püsiva iseloomuga, siis ristikividega või tsement- või puutulpadega. Ristikiviks tarvitatakse graniit-põllukivi, millesse raiutakse nurgast väljuvate külgede suunad. Ristikivi asetamisel nõutakse, et kivi ülemine pind jääks 10 sm maapinnast kõrgemale, et kivi vajumise puhul ei kattuks mullaga.

Peale ristikivide võib tarvitada punktide märkimiseks tõmp-püramiidi-kujulisi betoontulpi, mille alumine pind on  $50 \times 50$  sm, ülemine pind  $30 \times 30$  sm ja kõrgus 40 sm. Ülemisest pinnast on tulpa paigutatud 20 sm pikkune raudpulk, mis märgib tulba keskkoha. Betoontulp paigutatakse pinnasse niisama kui ristikivi.

Varemini olid meil tarvitusel piiripunktide märkimiseks ka puutulbad, mille pikkus 2 arssinat ja mille alla otsa oli kinnitatud kaks põikpuud. Tulba alla maasse pandi puusütt, telliskivitükke või muud mittekõdunevat ainet, et tulba kõdunemise või hävimise juhul oleks olnud võimalik kindlaks määrata tulba asukoht. Tulp asetati põikpuudega maasse nii, et  $\frac{2}{3}$  tulbast välja jäi. Ümber tulba kaevati mullaküngas. Nüüd on Vabariigi valitsuse poolt 21. okt. 1927. a. vastuvõetud maamõõte juhtnõores soovitatud tarvitada puutulpade asemel ristikive või betoontulpi.

Peale eelnimetatud püsivate piiripunktide märkide tarvita-  
takse veel ajutise iseloomuga nurgakeppe ehk -tikke. Nurga-  
kepp on 2—3 m pikk ja 2,5—4 sm jäme puukepp, terava raud-  
otsaga või ainult teravaks-tahutud otsaga. Et nurgakepp kaugelt  
paremini näha oleks, selleks värvitakse ta iga  $\frac{1}{2}$  m tagant vahel-  
damisi punase ja valge värviga. Nurgakepi ülesseadmisel tuleb  
valvata, et kepp üles seatakse vertikaalselt, sest sellest oleneb  
mõõtmise täpsus. Kui künklikul maastikul nurgakeppi ühest  
piiripunktist teiseni näha ei ole, siis võib talle otsa seada pikend-  
us ja see varustada punase või valge lipuga. Keppide jätka-  
misel tuleb tarvitada vastavaid klambreid, et nurgakepp ja selle  
jätk täpselt ühtuaksid. Küljelt kinnitamise eest tuleb hoiduda.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Mida me nimetame punktiks?
2. Missugused punktide märkimise vahendid maastikul on  
meil tarvitusel?

## II. Joone mõiste ja joone kujutamine maastikul.

Kui punkt ruumis oma kohta pidevalt muudab jälge järele  
jättes, siis nimetatakse seda jälge **jooneks**. Liigub punkt ruu-  
mis sihti muutmata, siis nimetatakse niisugust jälge **sirgjooneks**.  
Sirgjoon on kujutatav ja tal on ainult pikkusemõõt. Kui sirg-  
joon on piiratud ühelt poolt kindla punktiga, siis nimetatakse  
niisugust sirgjoont **kiireks**. Sirgjoone osa, mis on piiratud kahe  
lõpppunktiga, nimetatakse **joonlõiguks**.

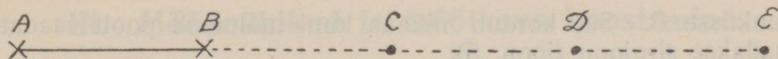
Joont kujutatakse paberil pliatsi- või suleotsa jäljena. Sirg-  
joone kujutamiseks tarvitatakse veel joonlauda. Saadud jooned  
ja sirgjooned ei vasta tõelikule joone mõistele, sest neil on peale  
pikkuse veel laius ja kõrgus.

Sirgjoone kujutamine maastikul sünnib kahe ristikivi või  
nurgakepi abil, sest kaks punkti määravad meile alati kindlaks  
sirgjoone. Kui aga sirgjoont määravad punktid maastikul asuvad  
väga kaugel teineteisest, või kui nende vahel on ebasoodus  
maastik, siis tuleb nende vahele siht ajada.

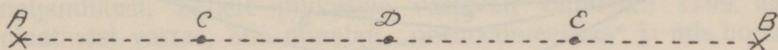
Sihiajamiseks tarvitatakse hästi sirgeid tikke. Selleks köl-  
bavad kõige paremini kuusetikud. Tikkude otsad tehakse tera-  
vaks. Sihiajamisel võib olla kaks juhtu: 1) sirgjoont pikenda-  
takse läbi kahe tikku ja 2) kahe lõpppunkti vahel otsitakse vahel-  
misi punkte.

Näiteks: on antud punktid *A* ja *B* ja tulevad määrata  
punktid *C*, *D* ja *E*.





Joon. 2.



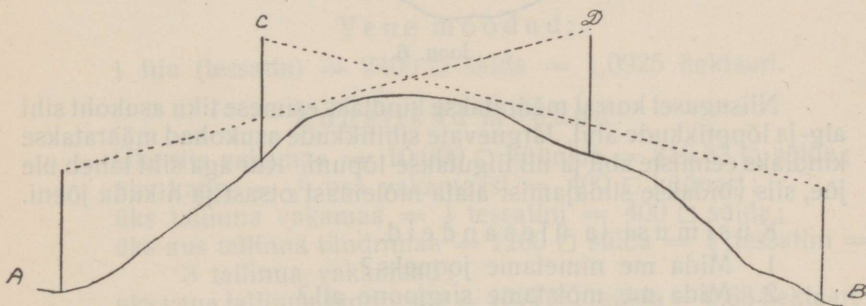
Joon. 3.

Tikkude vahekaugus sihiajamisel oleneb maastikust, kuid ligilähedalt võiks neid asetada 50–60 m tagant.

Sihiajamisega joon. 2 näidatud juhul saab toime üks inimene. Liikudes  $AB$  pikendusel ja, jõudnud punktist  $B$  tiku  $C$  ülesseadmise kaugusse, vaatab sihiajaja tagasi  $B$  peale ja liigub seejuures tarviduse järgi paremale või pahemale, kuni tikk  $B$  täiesti katab tiku  $A$ . Siis surub ta tiku  $C$  vertikaalselt pinnasesse. Et kontrollida, kas tikk  $C$  täiesti moodustab joonega  $AB$  ühise sirgjoone, astub sihiajaja mõned sammud edasi ja vaatab kaugemalt uuesti, kas tikk  $C$  ei kaldu kõrvale sirgjoonest  $AB$ . Kui viga märgata ei ole, siis talitab järgmiste tikkudega niisama.

Joon. 3 näidatud juhul on sihiajamiseks tarvis juba kaht isikut. Üks jääb tiku  $A$  või  $B$  juurde ja juhhib teist, et ülesseatud tikud  $C$ ,  $D$  ja  $E$  moodustaksid joonega  $AB$  sirgjoone. Tikkude ülesseadmine algab sel juhul kaugemalt lähemale. See on tarvilik sellepärast, et lähemad tikud ei varjaks ülesseadmisel kaugemaid.

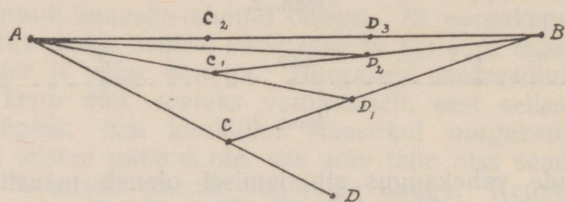
Sihiajamisel võib ette tulla juht, kus sirgjoone lõpppunktid  $A$  ja  $B$  on varjatud teineteisest künkaga (joon. 4).



Joon. 4.

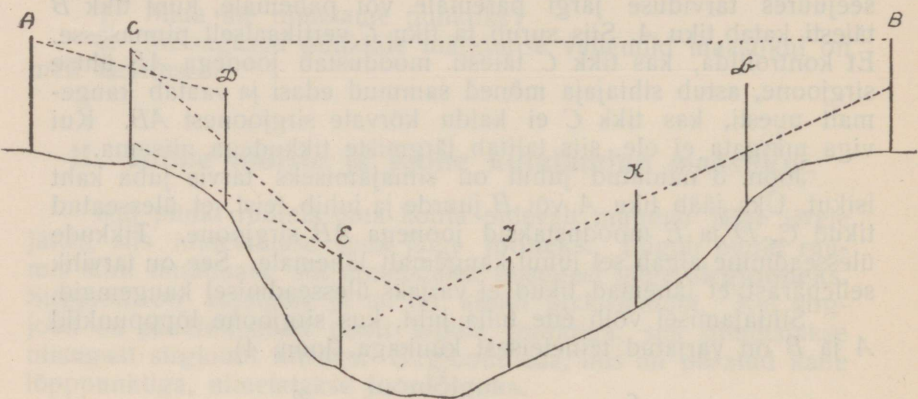
Niisugusel juhul on sihiajamiseks vaja jällegi kaht isikut ja nad peavad asuma teine teisel pool küngast ja kordamisi kontrollima sihti, s. o. punktis  $D$  olev sihiajaja vaatab üle punkti  $C$  punktisse  $A$  ja punktis  $C$  olev sihiajaja vaatab üle punkti  $D$

punktisse  $B$ . See kordub niikaua kuni mõlemalt poolt vaadates saadakse sirgjoon (joon. 5).



Joon. 5.

Siin võib aga ette tulla ka vastandjuht, kus siht läheb läbi oru (joon. 6).



Joon. 6.

Niisugusel korral määratakse kindlaks esimese tiku asukoht sihi alg- ja lõpptikkude abil. Järgnevate sihitikkude asukohad määratakse kindlaks eelmiste abil ja nii liigutakse lõpuni. Kui aga siht läheb üle jõe, siis võidakse sihiajamist alata mõlemast otsast ja liikuda jõeni.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Mida me nimetame jooneks?
2. Mida me mõistame sirgjoone all?
3. Mida me nimetame kiireks?
4. Mille abil me kujutame sirgjoont maastikul?
5. Kuidas sünnib sihiajamine?
6. Näidake joonise abil, kuidas ajate sihi üle mäe, kui joone lõpppunktid asuvad teine teisel pool mäe ja on sellest varjatud.
7. Näidake joonise abil, kuidas ajate sihi läbi oru, kui joone lõpppunktid asuvad teine teisel mäenõlval.

### III. Mõõduühikud ja mõõtkava koostamine.

Seaduslikuks pikkusemõõdu ühikuks Eestis on alates 1. jaan. 1929. a. meeter. Meeter on  $\frac{1}{10000000}$  osa Pariisi meridiaanineljandikust. Sellele pikkusele vastavalt valmistati 1799. aastal platinast varras, mis nimetati „normaalmeetriks“ ja mis hoitakse alal Pariisis rahvusvaheliste kaalude ja mõõtude büroos. Seda kasutatakse teiste meetrite võrdlemiseks.

1 meeter = 10 detsimeetrit = 100 sentimeetrit = 1000 millimeetrit.

10 meetrit = 1 dekameeter;  
 100 „ = 1 hektomeeter;  
 1000 „ = 1 kilomeeter.

Peale meetrimõõtude esinevad meil veel vene ja kohalikud pikkusemõõdu ühikud:

Vene pikkusemõõdu ühikud:

1 verst = 500 sülda;  
 1 süld = 7 jalga;  
 1 jalg = 12 tolli;  
 1 toll = 10 liini;  
 1 arssin = 28 tolli = 16 verssokit.

Pinnamõõdud: (meetrisüsteem).

100 □ m = 1 aar;  
 10.000 □ m = 1 hektaar = 100 aari = 0,9153 tiinu.

Vene mõõdud:

1 tiin (tessatin) = 2400 □ sülda = 1,0925 hektaari.

Kohalikud mõõdud:

Üks riia vakamaa = 10.000 □ küünart = 816,33 □ sülda;  
 üks kapp =  $\frac{1}{25}$  osa vakamaast = 400 □ küünart;  
 üks tallinna vakamaa =  $\frac{1}{6}$  tessatini = 400 □ sülda;  
 üks uus tallinna tündrimaa = 1200 □ sülda =  $\frac{1}{2}$  tessatini =  
 3 tallinna vakamaad;  
 üks vana tallinna tündrimaa = 1377,5 □ sülda = 0,68 hektaari;  
 üks riia tündrimaa = 35 kapamaad = 1400 □ küünart;  
 üks postivahe = 4 tallinna vakamaad.

Kui tahetakse maastikul saadud pikkusi üle viia plaanile vähendatud kujul, siis peab selleks kasutama mõõtkava. Mõõtkava on kahesugune: arvuline ja jooneline. Arvuline mõõtkava on murdarv ja näitab mitu mõõduühikut maastikul

vastab ühele mõõduühikule plaanil. Näiteks  $\frac{1}{1000}$  tähendab, et üks mõõduühik plaanil vastab tuhandele samale mõõduühikule maastikul, või üks sentimeeter plaanil vastab 1000 sm maastikul. 1000 sm võrdub aga 10 meetriga. Tähendab 1 sm plaanil vastab 10 m maastikul. Vabariigi Valitsuse poolt 3. juulil 1929. a. vastu võetud ja R. T. nr. 64—1929. a. väljakuulutatud määruse järgi valmistatakse kõik algplaanid mõõdus  $\frac{1}{4000}$ . Kõrgeväärtuslike, samuti ka väiksete maatükkide plaanid valmistatakse tarviduse järgi mõõtes:  $\frac{1}{2000}$ ,  $\frac{1}{1000}$  või  $\frac{1}{500}$ .

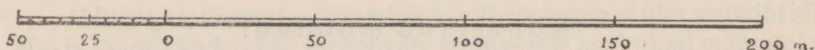
$\frac{1}{4000}$	s. t. 1 sm plaanil	=	40 m	maastikul
$\frac{1}{2000}$	" " " "	"	20 "	" "
$\frac{1}{1000}$	" " " "	"	10 "	" "
$\frac{1}{500}$	" " " "	"	5 "	" "

Vene mõõduühikuis esinevad kõige sagedamini järgmised arvulised mõõtkavad:  $\frac{1}{126000}$ ,  $\frac{1}{8400}$  ja  $\frac{1}{4200}$ .

$\frac{1}{126000}$	s. t. 1 toll plaanil	=	3 verstaga	maastikul;
$\frac{1}{8400}$	" " " "	"	100 süllaga	" "
$\frac{1}{4200}$	" " " "	"	50 "	" "

Peale arvulise mõõtkava on veel tarvitusel jooneline mõõtkava. Joonelised mõõtkavad jagunevad: 1) lihtjooneline mõõtkava ja 2) täis- ehk põikjooneline mõõtkava.

1. Lihtjooneline mõõtkava koosneb ühest või kahest paralleelsest sirgjoonest. Need sirgjooned on omakord jagatud põikjoontega võrdseteks osadeks, mis nimetatakse mõõtkava aluseks. Iga osa alla on märgitud arvud, mis näitavad vastavat pikkust maastikul.



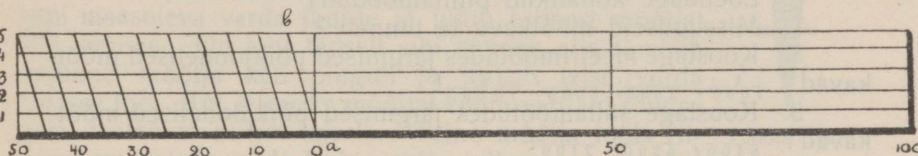
Joon. 7.

Käesoleval joonisel (joon. 7) on võetud mõõtkava aluseks 2 sm ja mõõtkava on nii koostatud, et 2 sm plaanil vastab 50 m. maastikul. Pahemal pool mõõtkava on üks osa jagatud vähemateks osadeks, mille arvud suurenevad nullist pahemale poole ja näitavad mõõduühiku osi. Käesoleval juhul on iga niisuguse väiksema jaotise pikkus maastikul 5 m. Vähemate pikkuste määramine kui 5 m sünnib silma järgi. Suuremate jaotiste arvud suurenevad nullist paremale poole. Näiteks, kui eeltoodud mõõtkava järgi tahetakse võtta 165 m, siis tuleb nii toimida, et pannakse üks sirkliharu ots põikjoonele, kus on märgitud 150 m,

ja teise haru ots viiakse kolm jaotist üle nullpunkti, sest iga väike jaotis võrdub 5 m, mis kokku teeb 15 m. Sellega on saadud  $150 \text{ m} + 15 \text{ m} = 165 \text{ m}$ .

Lihtjoonelist mõõtkava võib tarvitada plaanide juures, kus ei ole tarvis suurt täpsust.

2. Täis- ehk põikjooneline mõõtkava on tarvitusel maamõõte-plaanide juures. Põikjooneline mõõtkava (joon. 8)



Joon. 8.

koosneb 6 või 11 paralleelsest ja üksteisest võrdsel kaugusel asuvast joonest. Need on läbistud perpendikulaarsetest põikjoontest, mis neid ühesuurusteks osadeks jaotavad. Esimene pahempoolne osa on omakord jaotatud kümneks vähemaks võrdseks osaks. Need vähemad osad ülemisel ja alumisel joonel on ühendatud sirgjooniga, kuid mitte perpendikulaarselt, vaid nii, et nullpunkt alumisel joonel on ühendatud ülemise esimese jaotisega, alumine esimene jaotis ülemise teise jaotisega jne.

Juurdelisatud joonisel (joon. 8) on mõõtkava aluseks võetud 4 sm, mis on jaotatud 10 võrdseks osaks. Seega võrdub iga jaotis ülemisel kui ka alumisel joonel  $\frac{4}{10} \text{ sm} = 0,4 \text{ sm}$ . Iga 0,4 sm plaanil võrdub aga käesoleval juhul 5 m maastikul. Kui liikuda punktist 0 alumisel joonel kuni esimese jaotiseni ülemisel joonel, s. o. joont *ab* kaudu, siis on edasi liigutud pahemale poole 0,4 sm, mis vastab 5 m. Joon *ab* on aga jaotatud paralleeljoontega viieks võrdseks osaks. Tähendab, et joone *ab* osa, mis asub kahe paralleeljoone vahel, on  $\frac{1}{5}$  joonest *ab*. Kui liikumisel punktist *a* punktisse *b* mööda joont *ab* nihkutakse pahemale poole 5 m, siis iga joone *ab*  $\frac{1}{5}$  osal nihkutakse 1 m. Oletame näiteks, et on vaja määrata pikkus 88 m. Siis toimatakse järgmiselt: asetatakse üks sirkliharu ots punktist 0 7 jaotist pahemale poole, mis vastab 35 m. Siis nihutatakse sirkliharude mõlemaid otsi kuni kolmandale paralleeljoonele, nii et pahema haru ots tuleks kolmanda paralleeljoone ja 35 m kohalt mineva joone lõikepunkti ja parema haru ots 0 punktist paremale poole 50 m. kohalt mineva perpendikulaarjoone ja kolmanda paralleel-

joone lõikepunkti. Sirkliharude otsad niiviisi seatud, saadaksegi otsitud pikkus  $3 \text{ m} + 35 \text{ m} + 50 \text{ m} = 88 \text{ m}$ .

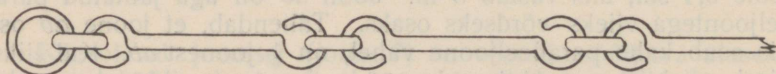
K ü s i m u s i j a ü l e s a n d e i d.

1. Mis on meetrimõõdu aluseks?
2. Loendage meetrisüsteemi pikkusemõõdu ühikud!
3. Loendage vene mõõtude pikkusemõõdu ühikud!
4. Loendage meetrisüsteemi pinnamõõdud!
5. Loendage vene mõõtude pinnamõõdud!
6. Loendage kohalikud pinnamõõdud!
7. Missuguseid mõõtkavu te tunnete?
8. Koostage meetrimõõdudes järgmised põikjoonelised mõõtkavad:  $\frac{1}{1000}$ ;  $\frac{1}{2500}$ ;  $\frac{1}{5000}$ ;  $\frac{1}{10000}$ !
9. Koostage süllamõõdudes järgmised põikjoonelised mõõtkavad:  $\frac{1}{8400}$ ;  $\frac{1}{4200}$ ;  $\frac{1}{2100}$ !

#### IV. Pikkusemõõte vahendeid, joone mõõtmine ja kaldjoonte parandamine.

Pikkusemõõte vahenditena on tarvitusel: 1) (maa)mõõtekett, 2) teraslint, 3) rulllint, 4) mõõtenõör, 5) inimesamm.

1. Õige levinud pikkusemõõdu vahendina Vene ajal oli mõõtekett. Ketki pikkus on 10 sülda. Kette on kahesuguseid: ühtedel on süld jaotatud 7 jalaks, teistel — 10 osaks. Enne keti tarvitamist tuleb kindlaks teha, missuguse ketiga tegemist on. Vastavalt alajaotistele on ühtedel kettidel süllas seitse lüli ja teistel 10 lüli; nii et enne tarvitamist tuleb lülide arv süllas ära lugeda. Lülid on omavahel ühendatud rõngastega. Iga sülla tagant on lülivahelise rõnga külge kinnitatud vasklapp, millele on märgitud süldade arv, keti algusest lugedes. Keti mõlemas otsas on vask- või raudrõngas (joon. 9).



Joon. 9.

Keti juurde kuulub veel kaks keppi (joon. 10), mis töötamise korral pistetakse otsarõngaist läbi, ja 10 raudvarrast kahe raudrõngaga varraste hoidmiseks (joon 11).

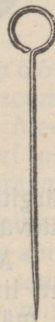
Mõõtmine ketiga sünnib järgmiselt: Üks mõõtja asub keti esimese otsa juurde ja võtab ühe rõnga kõigi kümne vardaga enda kätte, kuna teine mõõtja võtab ainult tühja rõnga. Mõõt-

mine sünnib niiviisi, et tagumine mõõtja seab keti otsakepi ristikivile või muule mõõtmise algpunktile ja juhhib esimest mõõtjat sihi suunas. On kett korralikult sihi suunas, siis tõmbab esimene mõõtja keti pinguli, surub esimese varda pinnasesse ja teatab ühtlasi teisele mõõtjale, et on valmis. Peale seda liigub esimene ühes ketiga sihi suunas edasi teist enda järele tõmmates, kuni see jõuab esimese mõõtja poolt maasse torgatud raudvardani. Kui teine mõõtja on jõudnud raudvardani, siis hüüab ta „seisa“ ja torkab keti otsakepi maasoleva varda juurde ja juhhib esimest mõõtjat sihi suunas. On kett täpselt sihi suunas, siis tõmbab esimene mõõtja keti pinguli ja torkab teise varda maasse jne. Kui esimesel mõõtjal enam vardaid rõngas pole, teatab ta sellest teisele. Teine mõõtja lööb viimase maasoleva varda kohta vaia, millesse on lõigatud üks täke, mis tähendab, et esimene kümme ketitait on läbi. Siis korjab ta kõik vardad kokku, loeb üle, kas neid on kümme, ja annab need ühes rõngaga üle esimesele mõõtjale, saades vastu tühja rõnga. Nii jätkub mõõtmine kuni lõpppunktini. Sajandikud süllad loetakse silmajärgi sel teel, et mõttes üks lüli jagatakse 10 osaks ja vaadatakse mitu niisugust osa umbes lõpppunktini läheb. Niisugust jaotust tarvitatakse keti juures, kus süld on jaotatud kümnesse ossa, kuna niisuguse keti juures, kus süld on jaotatud seitsmesse ossa — mis palju vähem tarvitata on — saadakse kümnendikkude ja sajandikkude asemel jalad ja tollid. Kogu mõõdetud maa pikkus saadakse niiviisi, et vaadatakse mitu täket peale viimast kümnet linditait maasselöödud vaias on, mis näitab mitu korda kümme linditait on tarvitatud, ja sinna juurde arvatakse viimane poolik kümme linditait. Kui tähega  $m$  märgime mitu korda on võetud sada sülda, tähega  $n$  mitu korda kümme sülda ja tähega  $b$  osa, mis on vähem kui kümme sülda, siis kogu mõõdetud maa pikkus võrduks  $(100 \times m) + (10 \times n) + b$ .

Mõõteketil on mõned puudused, mis põhjustavad ta tarvitamise vähenemist. Need on: a) lülide ühenduskohad kuluvad ajajooksul, mille tõttu kett natuke pikeneb ja ta mõõdu täpsus väheneb; b) kett võib mõõtmise juures kergesti keerdu minna, s. o. lüli keerab lülid vahelisele rõngale peale, mis teeb keti lühemaks. Selle vea ärahoidmiseks tuleb kett alati enne pingulitõmbamist üle vaadata, et keerdu peal ei oleks. Keti heaks omaduseks võib nimetada ta vastupidavust. Viimasel ajal on maamõõtekett tarvituselt kõrvale langenud, eriti peale meetri-



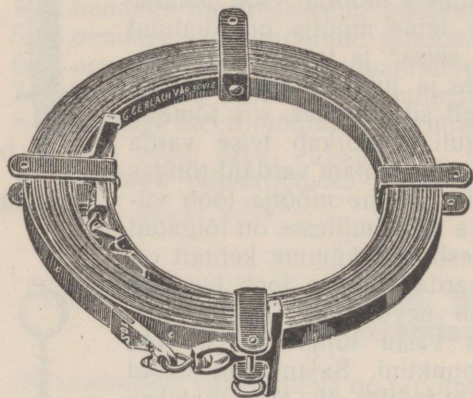
Joon. 10.



Joon. 11.

mõõtude tarvitusele võtmist. Keti asemel tarvitatakse teras-  
mõõtelinti.

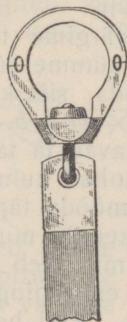
2. Terasmõõtelinte on tarvitusel kahesuguseis mõõdu-  
ühikuis: süldades ja meetreis. Süldades mõõtelindi pikkus on  
10 sülda ja meetrilindi pikkus 20 m. Lint on keritud nelja har-  
giga varustatud raudrõngale (joon. 12).



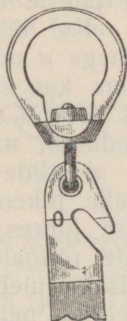
Joon. 12.

märgitud konksuga, mille taha on mõõtmise ajal kerge panna  
raudvarrast ja linti varda tagant ära võtta (joon. 14 ja 15).

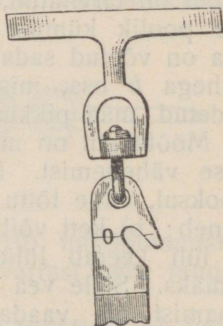
Meetrijaotused lindil on märgitud vasklapikesile: ühel pool  
linti lindi algusest arvates ja teisel pool lõpust. Pooled meetrid  
on märgitud ümmarguse vaskmärgiga ja 0,1 m kas vaskneedega  
või lindist läbitorgatud augukestega.



Joon. 13.



Joon. 14.



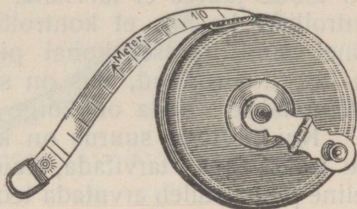
Joon. 15.

Lindi lahtikerimine rõn-  
galt sünnib niiviisi, et üks  
hoiab kepile lülitud lin-  
dirõngast käes, teine haa-  
rab lindi otsast kinni ja  
liigub sellega edasi, kuni  
lint on rõngalt lahti ke-  
ritud. Lindi mõlemasse  
otsa on kinnitatud vask-  
rõngas või käepide. Kui  
lint lõpeb vaskrõngaga,  
siis on punkt 0 märgitud  
rõnga keskaika (joon.  
13) ja mõõtmise ajal võib  
rõngast kepi läbi torgata.  
Kui lindi otsas on käe-  
pide, siis punkt 0 on



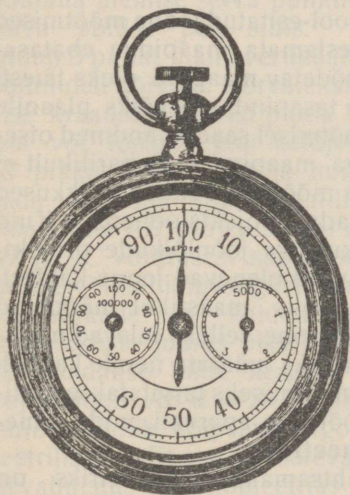
Tegelik mõõtetehnika teraslindiga on samasugune kui maa-mõõte ketiga. Töö juures tuleb teraslinti ettevaatlikult käidelda. Ei tohi lasta lindil keerdu minna, sest keerus lint võib pingulitõmbamisel kergesti murduda. Samuti võib lint murduda jalaga pealeastumisel. Teraslindi head omadused on käsitlemise kergus ja täpsus. Ta halbust seisab selles, et ta kergesti murdub.

3. Peale teraslindi tarvitatakse vähem täpsust nõudvate mõõtmiste juure rulllinti (mõõterihma). Rulllint on valmistatud terasest või linaseemneõliga läbiimbutatud linasest riidest. Sageli on ta läbi põimitud vasktraadiga, mis takistab rihma väljavenimist või kokkutõmbumist. Rihmale on õlivärviga mõõtühikud peale märgitud. Rihma võib kerida nahkkapslisse, millega teda on hõlpus taskus kanda (joon. 16).



Joon. 16.

4. Kodusel viisil võib mõõtmiseks valmistada mõõtenööri. Selleks võib tarvitada kanepinööri, mis linaseemneõliga immutatud, et nöõri kokkutõmbumise eest hoida. Meetrimärgid võib külge siduda või õmmelda. Et mõõtenööri oleks hõlpsam tarvitada ja kaasas kanda, tuleb ta kerida puuraamile.



Joon. 17.

5. Kõige lihtsamaks pikkusemõõte vahendiks on samm. Enne tuleb kindlaks teha sammu pikkus või sammude arv mingisuguses mõõtühikus. Kõige hõlpsamini sünnib see nii, et võetakse, näiteks, 20 m pikkus, märgitakse tikkudega ära, käiakse vähemalt kolm korda läbi ja arvatakse välja keskmine sammude hulk 20 m. Sammude lugemiseks tarvitatakse ka mehhaanilist sammude lugejat — pedomeetrit (joon. 17). Keskmiselt on 10 meetris 14 sammu.

Kui tahetakse joone mõõtmisel maastikul saada täpsemaid tulemusi, siis mõõdetakse iga joon kaks korda ja kahe mõõtmise keskmine võetakse joone

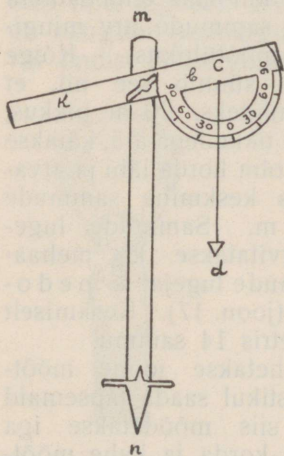
pikkuseks. Kahekordne mõõtmine sünnib nii: Kui on üks lint, siis mõõdetakse üks kord edasi ja teine kord lõpppunktist tagasi algpunkti. Kui on kaks linti, siis algab üks lint mõõtmist täislindiga ja teine poole lindiga ja edasi ka juba täislindiga. Seda tehakse selleks, et järgmise lindi otsad langeksid esimese lindi vahepeale, siis on maapinna ebatasasuse mõju kummalegi lindile isesugune ja keskmine tulemus täpsem.

Mõõduvahendeid tuleb enne tarvituselevõttu kontrollida. Mõõtelinti kontrollitakse õige ehk normaallindiga. Niisugust linti tööde juures ei tarvitata. Kui normaallinti ei ole, siis võib kontrollida ka nii, et kontrollitav lint tõmmatakse põrandal või mõnel muul tasasel kohal pinguli ja võrreldakse meetripuuga. On lint kontrollitud, siis on soovitatav, et ta täpne pikkus üles tähendatakse. Seda on kõige otstarbekohasem majaseinale teha.

Kui lindi vea suurus on kindlaks tehtud, siis võib niisugust linti mõõtmiseks tarvitada, kuid ebatäpse lindiga mõõdetud joone tõeline pikkus tuleb arvutada teoreetiliselt. Seda võib teha järgmise valemi abil:  $A = \frac{B \times C}{N}$ . Siin on  $A$  otsitav maa pikkus,  $B$  — tegelikult mõõdetud maa pikkus,  $C$  — tegelik lindi pikkus ja  $N$  — normaallindi pikkus. Näiteks: lint on 0,08 m normaallindist pikem ja selle lindiga on mõõdetud maa pikkus 86,48 m. Niisugusel korral on maa tõeline pikkus  $A = \frac{86,48 \times 20,08}{20} = 86,82$  m. Kui lint on 0,08 m lühem normaallindist ja mõõdetud maa pikkus endine, s. o. 86,48 m, siis on otsitav pikkus  $A = \frac{86,48 \times 19,92}{20} = 86,13$  m.

Kõik eespool-esitatud joone mõõtmised sündisid, arvestamata maapinna ebatasasusi. Kui mõõdetav maapind oleks täiesti horisontaalne tasapind, siis võiks plaanile paigutada mõõtmisel saadud andmed otsekohe. Et aga maapind seda harilikult ei ole, siis tuleb mõõtmisel saadud pikkused plaanil kujutada projektsioonena. Kuid võrdsete pikkustega joonlõikude projektsioonide pikkused olenevad joone kaldest. Et kujutada saaks maastikul mõõdetud joonte projektsioone, selleks tulevad mõõtmise ajal kindlaks määrata nende kalded. Kaldenurga mõõtmiseks tarvitatakse vertikaalnurga mõõtmise aparati, mida nimeatakse **eklimeetriks**.

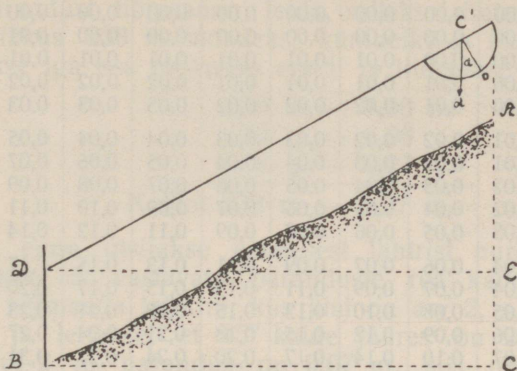
Üheks lihtsamaks eklimeetriks on joonlaud, mille külge on kinnitatud mall (joon. 18). Malli tsentrist ripub alla lood



Joon. 18.

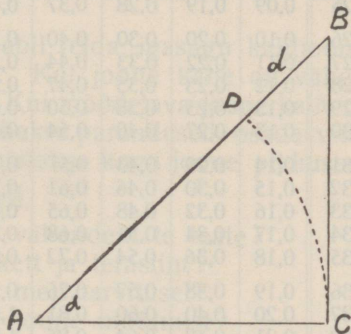
(niit, mille raskus otsas). Joonlaud on kinnitatud kepi või jala külge, nii et teda on võimalik liigutada.

Eklimeetrit tarvitatakse järgmiselt. Kui mõõdetava joone langus või tõus sünnib ühetasaselt, siis seatakse selle ühte



Joon. 19.

otsa eklimeeter ja teise otsa kepp, millele on märgitud eklimeetri kõrgus. Kui aga eklimeetri kõrgus vastab umbes inimese pikkusele, siis võib teise otsa asuda ka mõõtja abiline. Näiteks (joon. 19) mõõtja asub eklimeetriga punktis C ja juhib eklimeetri joonlaua ülemise serva punktid D asuva abilise pea sihis. Siis kaldub 0 punkt mallil vertikaalsest loodniidist kõrvale. Kõrvalekaldumise kraadid näitavad pinna langust või tõusu. Kui kaldjoone AB pikkus (joon. 20) ja nurk  $\alpha$  teada on, siis võib graafiliselt leida joone AB projektsiooni AC. AB ja AC võrdlusest saadakse  $d$ . Kui on võimalik igasuguste antud kaldenurkade ja kaldenurkade küljepikkuste juures üles leida  $d$ , siis saadakse kätte kergesti ka projektsioon:  $AB - d = AC$ ;  $d$  arvutamine sünnib hõlpsasti trigonomeetriselt.



Joon. 20.

Et aga käesoleva raamatu kasutajate enamusel vastav ettevalmistus trigonomeetrias puudub, siis võib paranduse  $d$  ülesleidmiseks hõlpsasti kasutada järgnevat kaldjoonte paranduse tabelit. Tabelis on parandused arvutatud trigonomeetriselt.

## Kaldjoonte paranduse tabel.

Nurga kalle	K a l d j o o n e d										Nurga kalle
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1°	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1°
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	2
3	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	3
4	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	4
5	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	5
6	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	6
7	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	7
8	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	8
9	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,12	9
10	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,14	0,15	10
11	0,02	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,18	11
12	0,02	0,04	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	0,22	12
13	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18	0,21	0,23	0,26	13
14	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30	14
15	0,03	0,07	0,10	0,14	0,17	0,20	0,24	0,27	0,31	0,34	15
16	0,04	0,08	0,12	0,15	0,19	0,23	0,27	0,31	0,35	0,39	16
17	0,04	0,09	0,13	0,17	0,22	0,26	0,31	0,35	0,39	0,44	17
18	0,05	0,10	0,15	0,20	0,24	0,29	0,34	0,39	0,44	0,49	18
19	0,05	0,11	0,16	0,22	0,27	0,33	0,38	0,44	0,49	0,54	19
20	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48	0,54	0,60	20
21	0,07	0,13	0,20	0,27	0,33	0,40	0,46	0,53	0,60	0,66	21
22	0,07	0,15	0,22	0,29	0,36	0,44	0,51	0,58	0,66	0,73	22
23	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72	0,79	23
24	0,09	0,17	0,26	0,35	0,43	0,52	0,61	0,69	0,78	0,86	24
25	0,09	0,19	0,28	0,37	0,47	0,56	0,66	0,75	0,84	0,94	25
26	0,10	0,20	0,30	0,40	0,51	0,61	0,71	0,81	0,91	1,01	26
27	0,11	0,22	0,33	0,44	0,54	0,65	0,76	0,87	0,98	1,09	27
28	0,12	0,23	0,35	0,47	0,59	0,70	0,82	0,94	1,05	1,17	28
29	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00	1,13	1,25	29
30	0,13	0,27	0,40	0,54	0,67	0,80	0,94	1,07	1,21	1,34	30
31	0,14	0,29	0,43	0,57	0,71	0,86	1,00	1,14	1,29	1,43	31
32	0,15	0,30	0,46	0,61	0,76	0,91	1,06	1,22	1,37	1,52	32
33	0,16	0,32	0,48	0,65	0,81	0,97	1,13	1,29	1,45	1,61	33
34	0,17	0,34	0,51	0,68	0,85	1,03	1,20	1,37	1,54	1,71	34
35	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,09	1,27	1,45	1,63	1,81	35
36	0,19	0,38	0,57	0,76	0,95	1,15	1,34	1,53	1,72	1,91	36
37	0,20	0,40	0,60	0,81	1,01	1,21	1,41	1,61	1,81	2,01	37
38	0,21	0,42	0,64	0,85	1,06	1,27	1,48	1,70	1,91	2,12	38
39	0,22	0,45	0,67	0,89	1,11	1,34	1,56	1,78	2,01	2,23	39
40	0,23	0,47	0,70	0,94	1,17	1,40	1,64	1,87	2,11	2,34	40
41	0,25	0,49	0,74	0,98	1,23	1,47	1,72	1,96	2,21	2,45	41
42	0,26	0,51	0,77	1,03	1,28	1,54	1,80	2,05	2,31	2,57	42
43	0,27	0,54	0,81	1,07	1,34	1,61	1,88	2,15	2,42	2,69	43
44	0,28	0,56	0,84	1,12	1,40	1,68	1,96	2,25	2,53	2,81	44
45	0,29	0,59	0,88	1,17	1,46	1,76	2,05	2,34	2,64	2,93	45

Tabelit võib kasutada niihästi meetrimõõtude kui ka sülla-  
mõõtude juures. Tabelis on arvatud 10-meetrilise või -sülla-  
lise joone pikkuse parandused kuni  $45^\circ$  kalde juures. Näiteks,  
on vaja leida joone parandus, mille pikkus on 238 m ja kalle  
 $15^\circ$ . Et parandust hõlpsamini leida, selleks lahutatakse mõõde-  
tud maa pikkus 238 m sadadeks, kümneiks ja üksikuiks meet-  
reiks, leitakse iga osa parandus eraldi ja liidetakse pärast:

$$\begin{array}{r} 200 \text{ m} - 7,00 \text{ m} \\ 30 \text{ " } - 1,00 \text{ " } \\ 8 \text{ " } - 0,27 \text{ " } \\ \hline \text{Kokku } 238 \text{ m} - 8,27 \text{ m.} \end{array}$$

Kõige enne otsitakse esimesest lahtrist nurga kalle  $15^\circ$ ,  
siis liigutakse  $15^\circ$  vastavate paranduste rea kaudu paremale  
poole kuni kolmanda lahtrini, kus ülal on arv 2, s. o. 2 meetrit  
või sülda, ja leitakse, et  $15^\circ$  kalde juures on 2 m parandus  
0,07 m. Kui 2 m parandus on 0,07 m, siis otsitud 200 m  
parandus on 100 korda suurem, s. o. 7,00 m. Edasi vaja leida  
30 m parandus. Selleks liigutakse sama rida mööda kuni 4.  
lahtrini, kus ülal on arv 3, ja leitakse, et 3 m parandus  $15^\circ$   
kalde juures on 0,10 m. 30 m parandus on siis muidugi 10 korda  
suurem, s. o. 1,00 m. Lõpuks tuleb leida veel parandus 8 m.  
See leitakse samast reast arvuga 8 märgitud lahtrist. Seal on  
parandus 0,27 m. Liites saadakse 238 m parandus 8,27 m.  
Seega on määratud kaldjoone projektsiooni pikkus 238 m —  
8,27 m = 229,73 m.

Nii viisi võib käesoleva tabeli abil leida igasugu kaldjoonte  
projektsioone, kui kalle ei ületa  $45^\circ$ . Kui joone kalle on vähem  
kui  $3^\circ$ , siis parandusi üldse ei tehta. Kui mõõdetava joone kalle on  
joone ulatuses mitmesugune, siis tehakse parandused osade viisi,  
liidetakse ja paranduste summa lahutatakse kogu joone pikkusest.

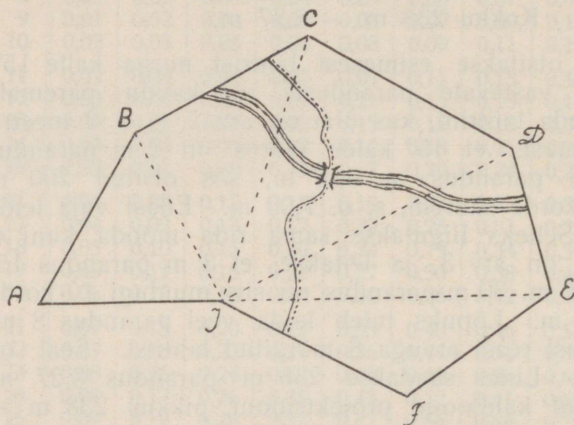
Küsimusi ja ülesandeid.

1. Missuguseid pikkusemõõte vahendeid te teate?
2. Kuidas on ehitatud mõõtekett ja teraslint?
3. Missugused mõõteketid on meil tarvitusel?
4. Kuidas toimetate tegelikku joone mõõtmist?
5. Missuguse peensuseni mõõdab meeterteraslint?
6. Mis otstarbeks te kasutate 10 raudvarrast?
7. Mis otstarbeks te kasutate eklimeetrit?
8. Kuidas on ehitatud eklimeeter?
9. Kui pikk on kaldjoone projektsioon, kui kaldenurk  $18^\circ$   
ja joone pikkus 176,25 m?
10. Kui suur on tõeline joone pikkus, kui ta 0,06 m nor-  
maallindist pikema lindiga mõõtes oli 147,18 m?

## V. Maa-ala mõõtmine teraslindiga või mõõteketiga ja plaani koostamine.

Maa-alasid on võimalik mõõta mõõtelindiga ja -ketiga. Lindi või ketiga mõõtmist võib korraldada kahel viisil:

1. Üks viis seisab selles, et jagatakse kogu mõõdetav maa-ala diagonaaliga kolmnurkadeks, mõõdetakse nende kolmnurkade küljed ja saadud andmeil konstrueeritakse kolmnurgad vastavas järjekorras plaanile ning saadakse niiviisi kogu maa-ala plaan.

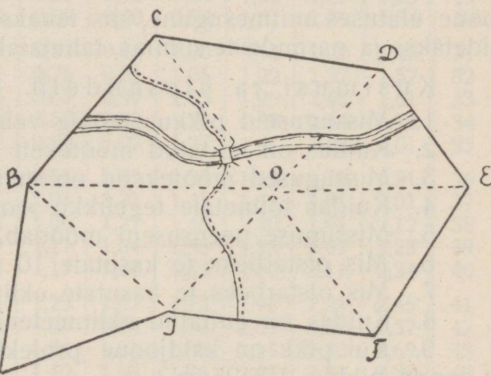


Joon. 21.

Et mõõta maa-ala  $ABCDEFJ$ , (joon. 21) mis kujutab enesest hulknurka, selleks tuleb see hulknurk diagonaalide abil jagada kolmnurkadeks. Siin tuleb aga seda silmas pidada, et diagonaalide läbi tekkinud kolmnurgad ei oleks liig teravate ega liig tõmpide nurkadega, sest siis on

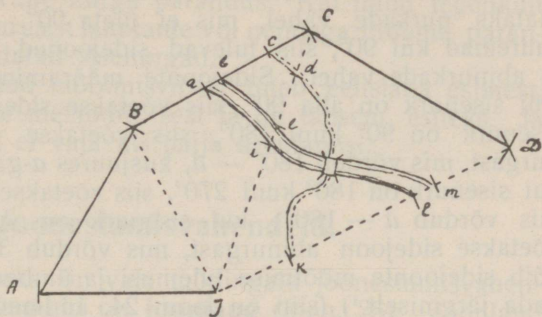
neid kolmnurki raske täpselt konstrueerida. Soovitav, et nurkade suurus oleks  $30^\circ$  ja  $150^\circ$  vahel. Vastasel korral tuleb võtta maa-alal mingisugune punkt ja ühendada sellega nurga tipud (joon. 22). Siis saame kolmnurgad, mis on hõlpsamad konstrueerida.

Näiteks, on tarvis mõõta hulknurga-kujulist maa-ala  $ABCDJ$



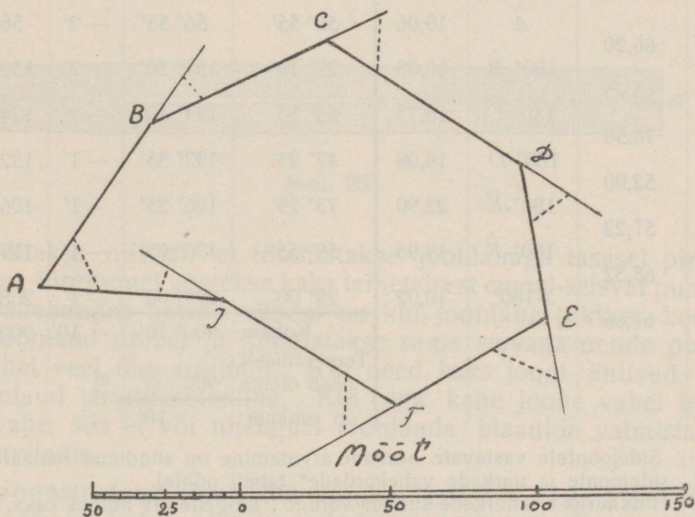
Joon. 22.

(joon. 23). Jagame selle diagonaalega kolmnurkadeks  $ABJ$ ,  $JBC$ ,  $CDJ$ . Mõõdame  $\triangle$ -rga  $ABJ$  küljed ja konstrueerime ta plaanile. Järgmisena mõõdame  $\triangle$ -rgal  $JBC$  ainult kaks külge  $BC$  ja  $CJ$ , sest kolmas külge  $BJ$  on eelmise kolmnurgaga ühine. Konstrueerime  $\triangle$ -rga  $BCJ$  plaanile nii, et nende ühine külge  $BJ$  ühtiks ja  $\triangle JBC$  langeks väljapoole  $\triangle ABJ$ . Saame juba nelinurga  $AB CJ$ . Nii toimetatakse seni, kuni kõik hulknurga küljed on üles märgitud. Kui kolmnurga külgi lõikavad kultuur-alade piirid, teed, jõed või muud, siis märgitakse mõõtmise ajal nende lõikekohtade kaugused mõõdetava külje otsapunktist



Joon. 23.

(vt. joon. 23) punktid  $a, b, c, d, e$  ja  $i$ . Saadud lõikepunktide abil kantakse plaanile üle maa-ala sisemised kujundid. Kui külgede mõõtmisel saadud punktist on vähe maa-ala sisemiste kujundite ilmestamiseks, siis võib töö hõlbustamiseks tõmmata abijooni.



Joon. 24.

2. Teise mõõtmisviisi järgi mõõdetakse maa-ala küljed ja sise-, välis- või abinurkade sidejooned ja nende varal konstrueeritakse mõõdetud maa-ala plaanile.

Seda viisi tarvitatakse maa-alade juures, mis on kaetud metsaga, millesse sihti ei soovita ajada, või mis muidu on läbi-pääsemata (joon. 24).

Sidejoonte tõmbamisel tuleb silmas pidada, et need tõm-mataks nurkade vahel, mis ei ületa  $90^\circ$ . Kui sisenurgad on suuremad kui  $90^\circ$ , siis tulevad sidejooned tõmmata täiendavate ja abinurkade vahel. Sidejoonte määramine sünnib järgmiselt: Kui sisenurk on alla  $90^\circ$ , siis võetakse sidejoon sisenurgast; kui sisenurk on  $90^\circ$  kuni  $180^\circ$ , siis võetakse sidejoon täiendavast nurgast, mis võrdub  $180^\circ - \hat{a}$ , kusjuures  $a$ -ga märgime sisenurga; kui sisenurk on  $180^\circ$  kuni  $270^\circ$ , siis võetakse sidejoon abinurgast, mis võrdub  $\hat{a} - 180^\circ$ ; kui sisenurk on suurem kui  $270^\circ$ , siis võetakse sidejoon abinurgast, mis võrdub  $360^\circ - \hat{a}$ . Tegelikult võib sidejoonte mõõtmise tulemusi ja ümberarvamisi üles tähenda-dada järgmiselt <sup>1)</sup> (siin on joon. 24. andmed):

Mõõtmisel saadud andmed				Tabelitest saadud andmed			
Punktide nimetus	Külgede mõõt m	Mõõdetud sirgjoonile vastavate nurkade nimetus	Sidejoonte pikkus 20 m raadiusega	Sidejoonile vastavad nurgad kraades	Sise-nurkade suurus kraades	Parandus	Parandatud sisenurgad
A	66,20	$\hat{A}$	19,06	$56^\circ 55'$	$56^\circ 55'$	$-2'$	$56^\circ 53'$
B	65,75	$180^\circ - \hat{B}$	10,08	$29^\circ 10'$	$150^\circ 50'$	$-2'$	$150^\circ 48'$
C	76,50	$180^\circ - \hat{C}$	18,73	$55^\circ 50'$	$124^\circ 10'$	$-2'$	$124^\circ 08'$
D	52,00	$180^\circ - \hat{D}$	16,08	$47^\circ 25'$	$132^\circ 35'$	$-1'$	$132^\circ 34'$
E	57,22	$180^\circ - \hat{E}$	23,90	$73^\circ 25'$	$106^\circ 35'$	$-1'$	$106^\circ 34'$
F	68,32	$180^\circ - \hat{F}$	19,98	$59^\circ 55'$	$120^\circ 05'$	$-1'$	$119^\circ 04'$
G	61,66	$\hat{J} - 180^\circ$	10,02	$29^\circ 00'$	$209^\circ 00'$	$-1'$	$208^\circ 59'$
A				Kokku Teoreetiliselt peab olema on rohkem	$900^\circ 10'$ $900^\circ 00'$ $10'$	$-10'$ <sup>2)</sup>	$900^\circ 00'$

<sup>1)</sup> Sidejoonte vastavate nurkade arvutamine on sündinud raamatu lisa-toodud „sidejoonte ja nurkade vahekordade“ tabeli põhjal.

<sup>2)</sup> Hulknurga sisenurkade summa võrdub: külgede arv miinus kaks, kasva-tatud  $180^\circ$ , s. o.  $(n - 2) \cdot 180^\circ$ , kus  $n$  tähendab hulknurga külgede arvu. Siin esi-tatud kontuuril on 7 külge, seega sisenurkade summa võrdub  $(7 - 2) \cdot 180^\circ = 900^\circ$ .

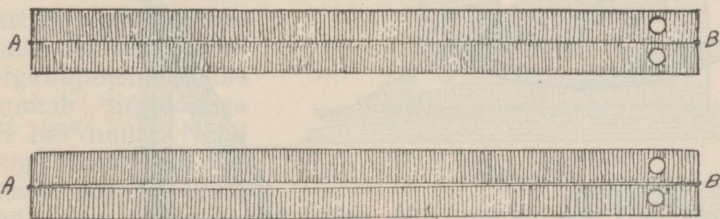


Lahtis „sisenurkade suurus kraades“ võtame alla kokku sisenurkade summa ja võrdleme seda teoreetiliselt arvatatud sisenurkade summaga. Kui sisenurkade summa osutub suuremaks teoreetilise arvutuse teel saadud nurkade summast, siis on parandus miinuseline, kui ta aga osutub vähemaks, siis — plussiline. Saadud miinuseline või plussiline vahe tuleb jagada nurkade arvule, et kätte saada ühe nurga parandus. Kui nüüd tegelikult saadud sisenurkade suurusist lahutame või nendega liidame parandused, saamegi parandatud sisenurgad.

Kahest siin esitatud mõõtmisviisist tuleb eelistada esimest, s. o. kolmnurgeldamise meetodit, sest ta on täpsem, esiteks. Ja teiseks, ta on lihtsam, ei vaja nii palju arvutamisi.

## VI. Joonestamisvahendeid.

Plaani koostamiseks on vaja mõningaid joonestamisvahendeid. Üks hädavajalikumaid on **joonlaud** (joon. 25). Joonlaud ei pea olema liig lühike; soovitatav pikkus harilikkude tööde jaoks on umbes 50 sm. Enne joonlaua tarvituselevõttu, juba muretsemisel, tuleb seda kontrollida, et ta servad oleksid sirgjooned.



Joon. 25.

Kontrollitakse niiviisi, et tõmmatakse joonlauaga tasasel pinnal sirgjoon. Sirgjoonel võetakse kaks teineteisest eemal-seisvat punkti, mille vahekaugus natuke vähem on kui joonlaua pikkus, keeratakse joonlaud ümber ja tõmmatakse sama servaga nende punktide vahel veel üks sirgjoon. Kui need kaks joont ühtivad, siis on joonlaud tarvituskõlvuline. Kui aga kahe joone vahel tekib väike vahe siis ei või niisugust joonlauda plaanide valmistamiseks tarvitada.

**Joonestuslaud** (joon. 26) kujutab enesest täisnurkset nelinurka. Ta on kokku liimitud kolmest lauast, et ta keerdu ei tõmbuks.

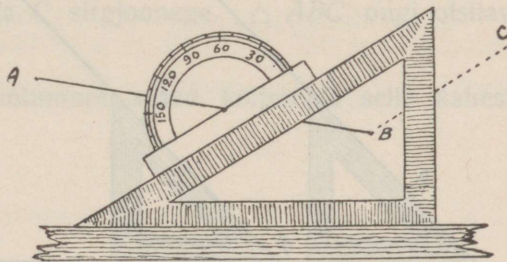


**Sirkel.** Sirkliharude otsad peavad nii teritatud olema, et nad kokkusurutult paberisse torgates ainult ühe punkti sünnitaksid. Sirkliharude keskmine pikkus on 12 sm. Sirkliga ei ole soovitatav mõõta suuremaid pikkusi kui sirkliharu pikkus.

**Reissfeeder** ehk **joonesti.** Reissfeedrilt nõutakse, et ta oleks hästi teritatud. Ostmisel tuleb proovida kui peeni jooni ta'ga võib tõmmata. Reissfeeder tuleb peale tarvitamist korralikult puhastada seemisnahatükikesega või pehme riidelapiga.

**Mall** ehk **transportiir.** Mall on määratud paberil nurkade suuruse mõõtmiseks kraadides. Mall koosneb poolringist ja selle alumise osa külge kinnitatud joonlauast, mille ühele poolele on märgitud poolringi tsenter. Mõnedel on poolring jagatud  $180^\circ$  — asimuudiline mall —, mõnedel jälle  $0^\circ$ — $90^\circ$  ja  $90^\circ$ — $0^\circ$  — rumbiline mall.

Malli tarvitatakse antud suurusega nurga paberile või plaanile paigutamiseks. Näiteks, on vaja ehitada sirgjoonel  $AB$  (joon. 29) punkti  $B$   $135^\circ$  nurk. Selleks seame malli paberile nii, et ta tsenter satuks sirgjoonele  $AB$ . Siis keerame malli tsentri ümber seni, kuni  $135^\circ$  lõikab  $AB$ . Vastu malli aluslauda surume joonlauale toetuva kolmnurga hüpotenuusi, mis sünnitab sirgjoonega  $AB$   $135^\circ$  nurga. Nüüd võime kolmnurka liigutada mööda joonlaua kuni hüpotenuus läheb läbi punkti  $B$ . Tõmbame  $BC$ .  $\widehat{ABC}$  ongi  $135^\circ$  nurk, mida oli vaja ehitada.



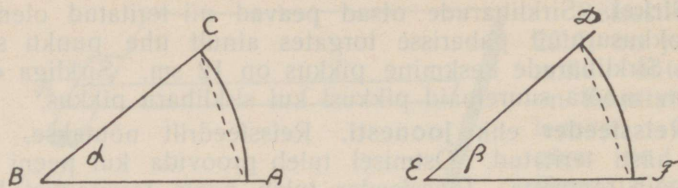
Joon. 29.

## VII. Konstrueerimise ülesandeid.

1. Konstrueerida nurk, mis võrdne antud nurgaga  $\alpha$ .

Konstruksioon (joon. 30). Võtame sirgjoonel vabalt mingi punkti  $E$ . Vaba raadiusega tõmbame  $\hat{\alpha}$  tipust kaare. Sellesama raadiusega tõmbame punktist  $E$  teise kaare. Mõõdame sirkliga kaare  $AC$  ja märgime teisel kaarel punktist  $F$  niisama pika kaare  $FD$ . Ühendame  $D$  ja  $E$ .

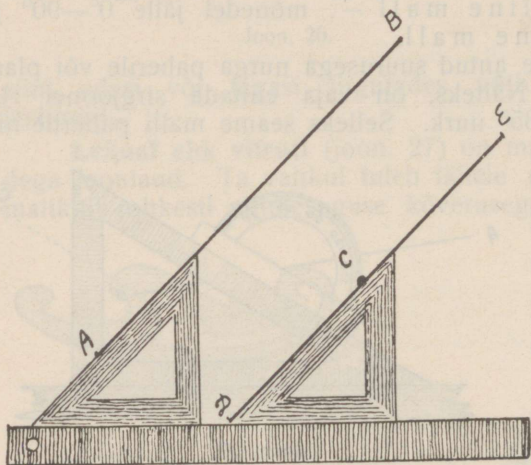
$\triangle$ -rgad  $ABC$  ja  $FED$  ühtivad, sest neil on kõik kolm külge vastavalt võrdsed. Järelikult  $\hat{\alpha} = \hat{\beta}$ .



Joon. 30.

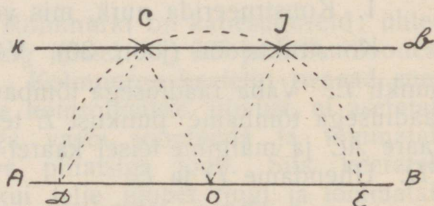
2. Läbi antud punkti  $C$  tõmmata sirgjoonele  $AB$  paralleeljoon (joon. 31).

Siin on kaks konstruktsiooni võimalust.



Joon. 31.

antud sirgjoonel  $AB$  mingisuguse punkti  $O$  ja tõmbame raadiusega  $OC$  kaare, mis antud sirgjoonega  $AB$  kahes punktis  $D$  ja  $E$  lõikub. Lõikepunktist  $D$  ja  $E$  tõmbame kaared raadiusega  $DC$ , mis eelmise kaarega lõikuvad punktis  $C$  ja  $J$ . Ühendame  $C$  ja  $J$  sirgjoonega ja saamegi paralleelse sirgjoone antud sirgjoonega  $AB$ .



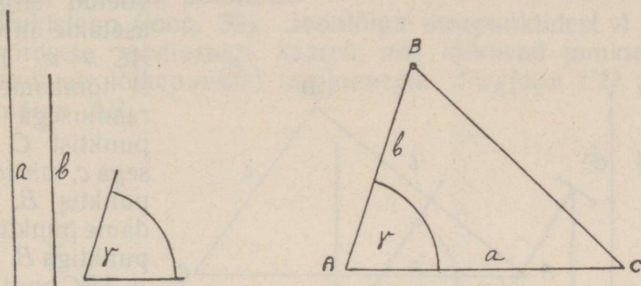
Joon. 32.

3. Konstrueerida kolmnurk kahest küljest ja nende vahelnurgast.

Konstruktsioon I (joon. 31). Paneme joonlaua paberile, joonlaua ülemisele servale asetame kolmnurga ja liigutame seda ühesjoonlauaga kuni kolmnurga külg ühtib joonega  $AB$ . Siis liigutame kolmnurka joonlauda mööda kuni kolmnurk lõikab punkti  $C$  ja tõmbame joone  $DE$ . Mõlemad sirgjooned on teineteisega paralleelsed.

Konstruktsioon II (joon. 32). Võtame

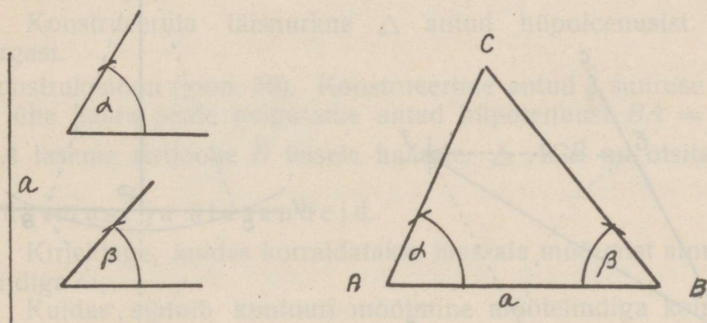
Konstruksioon (joon. 33): Võtame 3 sirgjoonel vabalt minigisuguse punkti A ja konstrueerime sinna antud  $\hat{\gamma} = \hat{A}$ . Nurga



Joon. 33.

A juu haara peale asetame  $AC = a$  ja teise haara peale  $BA = b$ . Ühendame punktid  $B$  ja  $C$  sirgjoonega.  $\triangle ABC$  ongi otsitav kolmnurk.

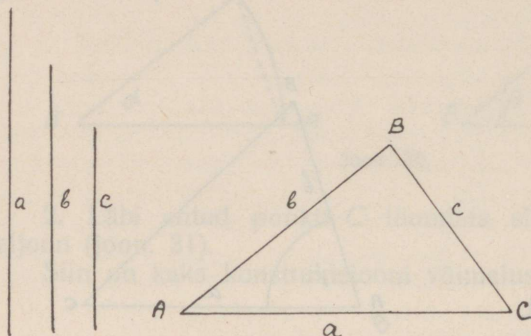
4. Konstrueerida kolmnurk antud küljest ja selle kahest lähisnurgast.



Joon. 34.

Konstruksioon (joon. 34): Vabalt võetud sirgjoonele asetame antud külje  $AB = a$ . Punkti A juure konstrueerime  $\hat{A} = \hat{\alpha}$  ja punkti B juure  $\hat{B} = \hat{\beta}$ . Pikendame nurga A ja B haara kuni lõikumiseni punktis C. Saadud  $\triangle ACB$  ongi otsitav.

## 5. Konstrueerida kolmnurk antud kolmest küljest.

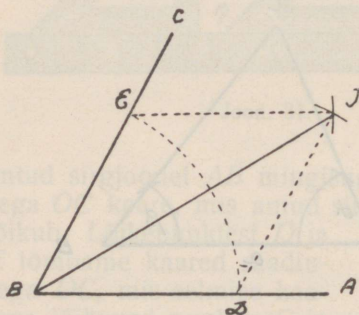


Joon. 35.

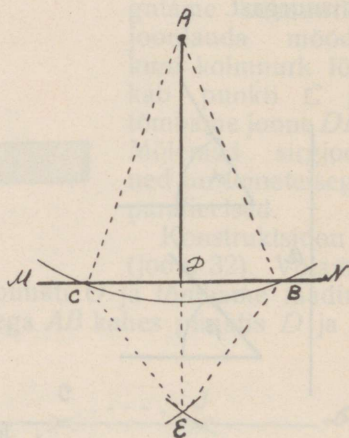
Konstruksioon (joon. 35). Vabalt võetud sirgjoonele asetame antud külje  $AC = a$ . Punktist  $A$  tõmbame kaare raadiusega  $b$  ja punktist  $C$  raadiusega  $c$ , mis lõikuvad punktis  $B$ . Ühendame punktid  $A$  ja  $C$  punktiga  $B$ . Saadud  $\triangle ABC$  ongi otsitav. Kas konstruksioon on igakord võimalik?

## 6. Antud nurga poolitamine.

Konstruksioon (joon. 36). Võtame  $\widehat{ABC}$  haaradel võrdsed lõigud  $BD = BE$ . Punktist  $E$  ja  $D$  tõmbame vaba raadiusega kaared, mis lõikuvad punktis  $J$ . Sirgjoon  $BJ$  on  $\widehat{ABC}$  poolitaja.



Joon. 36.



Joon. 37.

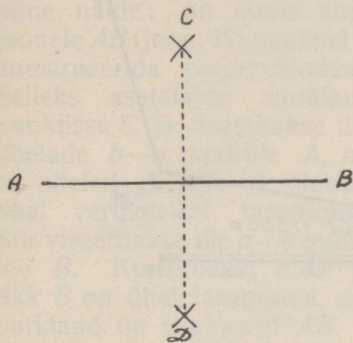
## 7. Väljaspool sirgjoont antud punktist tõmmata sellele sirgjoonele ristjoon.

Konstruksioon (joon. 37). Tõmbame punktist  $A$  ba raadiusega kaare, mis lõikab sirgjoont  $MN$  punktis  $B$  ja  $C$ . Punk-

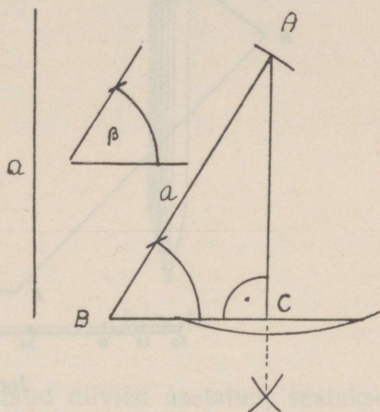
tist  $B$  ja  $C$  tõmbame võrdsete raadiustega kaared, mis lõikuvad punktis  $E$ . Ühendame punktid  $A$  ja  $E$  sirgjoonega. Sirgjoon  $AE$  ongi ristjoon ehk perpendikulaarne sirgjoon  $MN$ .

8. Antud joonlõik poolitada.

Konstruksioon (joon. 38). Joonlõigu otsapunktidest  $A$  ja  $B$  tõmmata võrdsete raadiustega kaared, mis lõikuvad punktis  $C$  ja  $D$ . Ühendame lõikepunktid sirgjoonega. Sirgjoon  $CD$  poolitabki joonlõigu  $AB$ .



Joon. 38.



Joon. 39.

9. Konstrueerida täisnurkne  $\triangle$  antud hüpoteenusist ja teravnurgast.

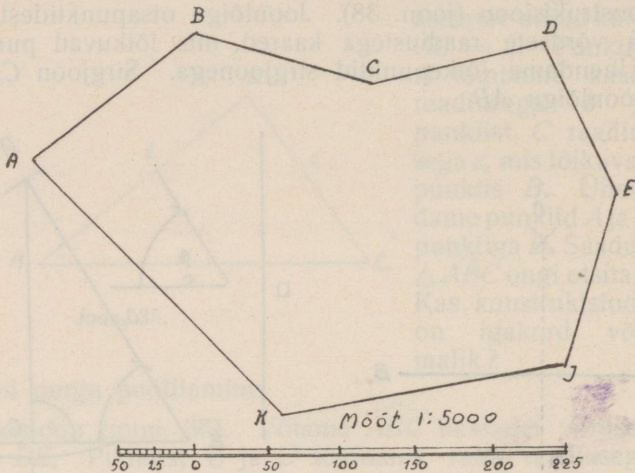
Konstruksioon (joon. 39). Konstrueerime antud  $\hat{\beta}$  suuruse  $\hat{A}$  ja selle ühe haara peale paigutame antud hüpoteenuusi  $BA = a$ . Tipust  $A$  laseme ristjoone  $\hat{B}$  teisele haarale.  $\triangle ACB$  on otsitav.

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Kirjeldage, kuidas korraldatakse maa-ala mõõtmist ainult mõõtelindiga?
2. Kuidas sünnib kontuuri mõõtmine mõõtelindiga kolmnurgeldamise teel?
3. Kuidas sünnib kontuuri mõõtmine mõõtelindiga sidejoonte põhjal?
4. Millega võrdub hulknurga sisenurkade summa?
5. Kuidas kontrollitakse joonlauda?
6. Kuidas kontrollitakse joonestuslauda?
7. Mis ülesanne on reissiinil?
8. Kuidas kontrollitakse kolmnurka?

9. Mis vahe on asimuudilise ja rumbilise malli vahel?

10. Konstrueerige kolmnurk mõõdus 1:1000, kui külgede pikkused on: 65 m, 90 m ja 42 m!



Joon. 40.

11. Konstrueerige kolmnurk mõõdus 1:1000, kui üks külg võrdub 87 m ja üks lähisnurkadest on  $36^\circ$  ja teine  $48^\circ$ !

12. a) Konstrueerige antud joonise (joon. 40) põhjal kontuur mõõdus 1:2500!

b) Saadud joonisel mõõtke sidejooned ja arvutage sisenurkade suurused „sidejoonte ja nurkade vahekorra“ tabeli järgi; kontrollige, kas arvatud sisenurkade summa vastab teoreetilisele sisenurkade summale ja kõrvaldage viga, kui see esineb!

## VIII. Maa-ala mõõtmine ekriga ja lindiga ja plaani koostamine.

Maa-ala mõõtmine ja sisemiste situatsioonide konstrueerimine ainult mõõteketi või -lindi abil on tülikas, sest see nõuab palju ajaviitvaid mõõtmisi. Suureks hõlbustuseks siin on **ekker**.

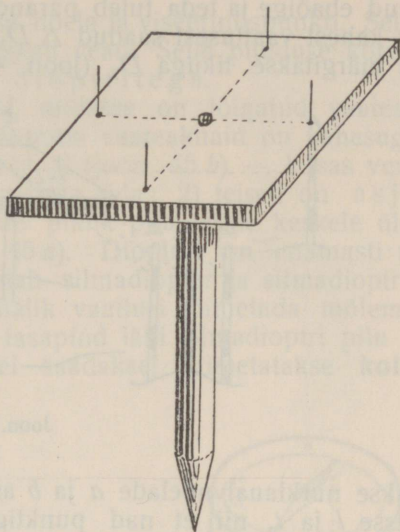
Ekker on nurgamõõte instrument, mis mõõdab ainult kindla suurusega nurki. Kõige sagedamad on ekrid, mis mõõdavad täisnurki. Kuid on ka ekreid, mis mõõdavad  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  ja  $60^\circ$  nurki. Ekrit on võimalik väga lihtsalt kodusel teel valmistada.



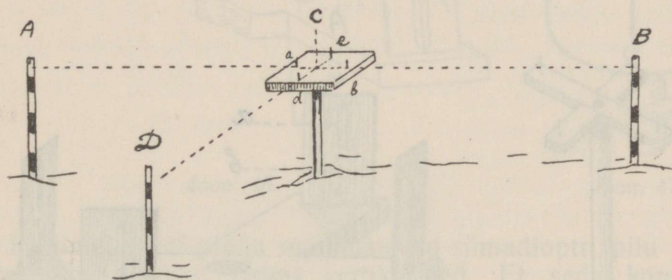
Selleks võib võtta tasase 20—25 sm läbimõduga lauatuiki, millele konstrueeritakse kaks ristjoont. Joonte otsisse asetatakse vertikaalselt nõelad ja laud kinnitatakse keskest kruviga või naelaga jala külge (joon. 41). Niisugust ekrit nimetatakse **nurklauaks**.

Nurklauaga töötamise selgitamiseks olgu toodud järgmine näide: on tarvis sirgjoonele  $AB$  (joon. 42) punktist  $C$  konstrueerida perpendikulaar. Selleks asetatakse nurklaud punktisse  $C$  ja viseeritakse üle nõelade  $b—a$  punktile  $A$ , nii et nõelad ja tikk  $A$  oleksid ühel vertikaalsel tasapinnal. Siis viseeritakse üle  $a—b$  punktile  $B$ . Kui nõelad  $a, b$  ja tikk  $B$  on ühel tasapinnal, siis nurklaud on sirgjoonel  $AB$ .

Nurklaud niiviisi asetatud, seatakse üles nõelade  $e$  ja  $d$  sihis tikk  $D$ . Sirgjoon  $CD$  ongi otsitav perpendikulaar  $AB$ -le.



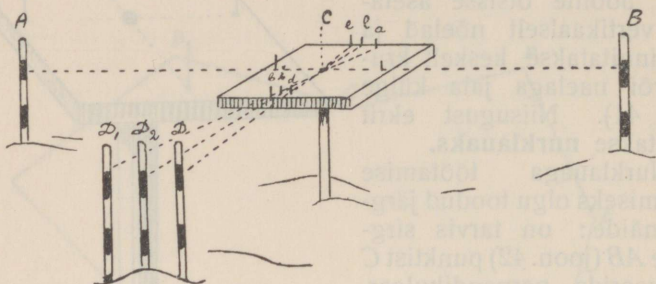
Joon. 41.



Joon. 42.

Tahetakse aga nurklauda kontrollida, siis tuleb teda peale perpendikulaari ülesseadmist keerata punktis  $C$   $90^\circ$  võrra, nii et nõelad  $e$  ja  $d$  asuksid sirgjoonele  $AB$ . Kui nüüd viseerida läbi nõelade  $a$  ja  $b$  punktile  $D$ , siis õige nurklaua juures punkt  $D$  peab asuma joone  $ab$  pikendusel. Asub aga  $D$  kuski kõrval joone  $ab$  pikendusest, näiteks punktis  $D_1$ , siis on nurk-

laud ebaõige ja teda tuleb parandada. Viga parandatakse niiviisi, et kahest vaatlusest saadud  $\triangle D_1DC$  alus  $D_1D$  jagatakse pooleks ja märgitakse tikuga  $D_2$  (joon. 43). Vastavalt sellele paranda-

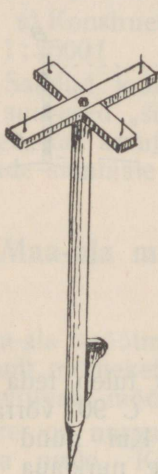


Joon. 43.

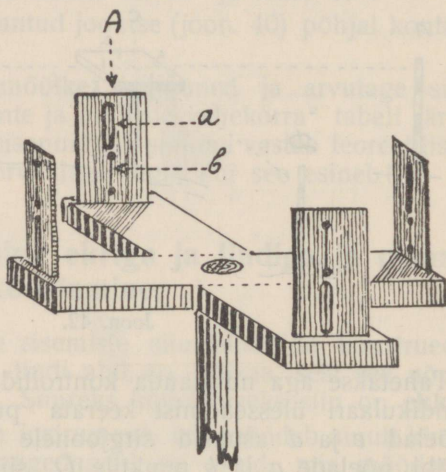
takse nurklaual nööelade  $a$  ja  $b$  asukohti ja asetatakse nad punktidesse  $l$  ja  $i$ , nii et nad punktiga  $D_2$  moodustaksid sirgjoone. Parandatud nurklauda võib kindluse mõttes veel kord kontrollida samasugusel viisil.

Samasuguse ehituslaadiga ekker kui nurklaud on ka **nurkrist** (joon. 44). Ka on nende kontrollimisviisid ühesugused.

Nurklauaga ja nurkristiga on hõlpus töötada ainult lähedalt maalt, kuna kaugel maa tagant see väga raske on, sest visee-



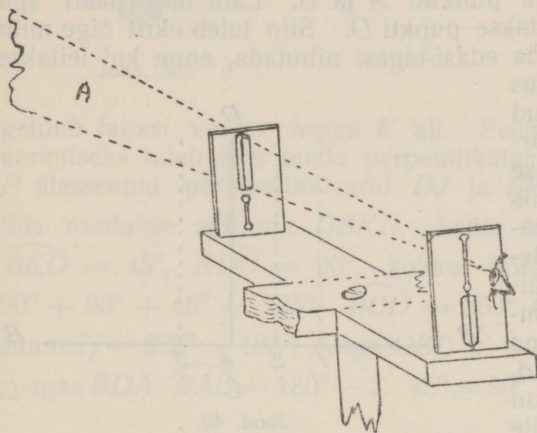
Joon. 44



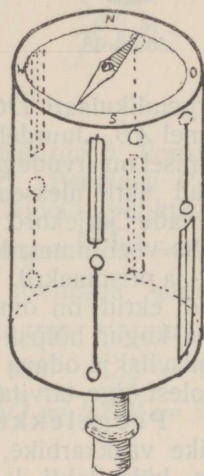
Joon. 45

rimisel katab esimene nõel teise nõela ja viseerimispunkti. Sellepärast võivad tekkida väga kergesti vead. Selle puuduse kõrvaldamiseks on ekreid varustatud dioptritega.

Dioptrid on metallplaadid, millesse on lõigatud vaateaknad ehk pilud (joon. 45 A). Dioptrite vaateaknaid on kahesuguseid: 1) ühed on silmadioptrid (joon. 45 b) — kitsas vertikaalne pilu või vertikaalne augukeste rida; 2) teised on asjadioptrid — kuni 1 sm laiune piklik pilu, mille keskele ülalt alla on tõmmatud jõhv (joon. 45 a). Dioptrid on enamasti nii korraldatud, et asjadioptrile vastab silmadioptr ja silmadioptrile asjadiopter. Sel viisil on võimalik vaatlusi toimetada mõlemas suunas. Kujutatav vertikaalne tasapind läbi silmadioptri pilu ja asjadioptri jõhvi, mis vaatlusel saadakse, nimetatakse **kollimatsiooni pinnaks** (joon. 46).



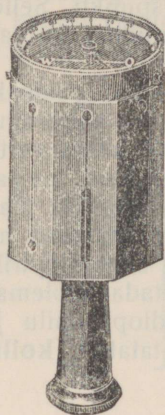
Joon. 46.



Joon. 47.

Kollimatsiooni-pinda moodustavad silmadioptri pilu ja asjadioptri jõhv peavad olema vertikaalsed. Et seda kontrollida, selleks seatakse ekker vesikaalu abil loodi, riputatakse mingi kõrge asja — näiteks puu — külge nõör, millel raskus otsas, ja vaadeldakse seda nõöri läbi dioptrite. Kui jõhv on vertikaalne, siis katab ta nõöri, kui mitte — siis jõhv ja nõör lõikuvad. Lõikumise korral tuleb jõhvi asendit vertikaalse nõöri järgi parandada.

Peale eelnimetatud ekrite on veel: **Silinder-ekker**, mis kujutab enesest vasksilindrit, mille külgedesse on lõigatud dioptrid. Dioptrite paarid on vastamisi perpendikulaarsed (joon. 47).



Joon. 48.

Koonus-ekker, kera- ehk sfääriline ekker ja kaheksakandiline ekker. Viimasel on neli paari dioptreid ja ta'ga on võimalik ehitada  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  ja  $135^\circ$  nurki (joon. 48).

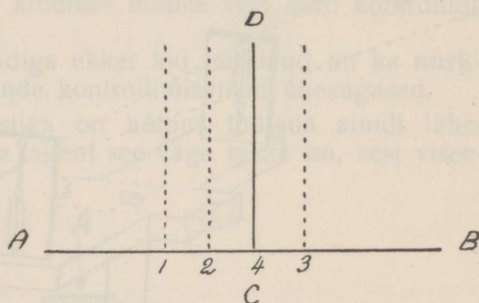
Ekriga töötamisel võivad ette tulla kaks juhtu: 1) sirgjoonele konstrueerida sirgjoonel antud punktist perpendikulaar (see juht on juba esitatud eespool lk. 33); 2) sirgjoonele lasta väljaspool sirgjoont antud punktist perpendikulaar. Näiteks sirgjoonele  $AB$  lasta punktist  $D$  perpendikulaar (joon. 49). Selleks tuleb ekriiga liikuda mööda joont  $AB$ , asetades ekri ligilähedalt perpendikulaari alusele ja ekker üles seada mitmes kohas, kuid ikka nii, et läbi ühe paari dioptri oleksid näha punktid  $A$  ja  $B$ . Läbi teise paari aga otsitakse punkti  $D$ . Siin tuleb ekrit õige mitu korda edasi-tagasi nihutada, enne kui leitakse

perpendikulaari  $DC$  alusjoonel  $AB$ . Juurdelisatud joonisel on arvudega märgitud ekri ülesseadmise kohtade järjekord. Siis võiks veel nimetada peegel- ja prismaekrit. Mõlemad ekrid on oma väikese kogu, hõlpsa kasutamiseviisi ja odava hinna poolest õige tarvitavad.

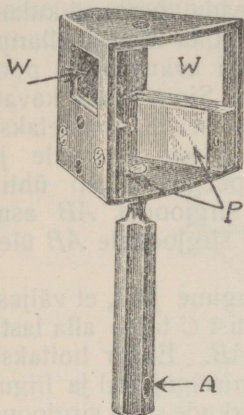
**Peeglekker** on väike vaskkarbike, mille üks külg lahti ja kaks

teist külge sünnitavad  $45^\circ$  nurga. Nende külgede sisepoolele on kinnitatud kaks peeglit  $P$  (joon. 50). Peeglite peale on külgedesse jäetud aknakesed  $W$ . Peeglid on seinade külge kruuvidega nii kinnitatud, et neid võib tellida, et nad täpselt  $45^\circ$  nurga sünnitaksid. Karbi all on käepide, millesse on tehtud väike avaus  $A$  või konks. Selle kaudu võib käepideme külge kinnitada vertikaalloe.

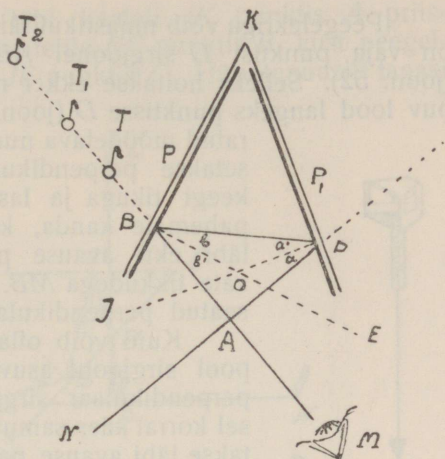
Peegeldumine ja täisnurga saamine peegel-ekris sünnib järgmiselt (joon. 51). Seatakse ekker vertikaalloe abil punkti  $A$  sirgjoonel  $MT_2$ . Punktist  $N$  tulev valgusekiir langeb peeglile  $P_1$  punktis  $D$  nurga  $a$  all ja peegeldub tagasi nurga  $a'$  all. Nurk  $a = a'$ , sest langusenurk võrdub peegeldusnurgaga. Peegeldusnurga konstrueerimiseks tuleb üles seada perpendikulaar  $DJ$ . Sama kiir langeb edasi peeglile  $P$  punktis  $B$  nurga  $b$  all ja pee-



Joon. 49.

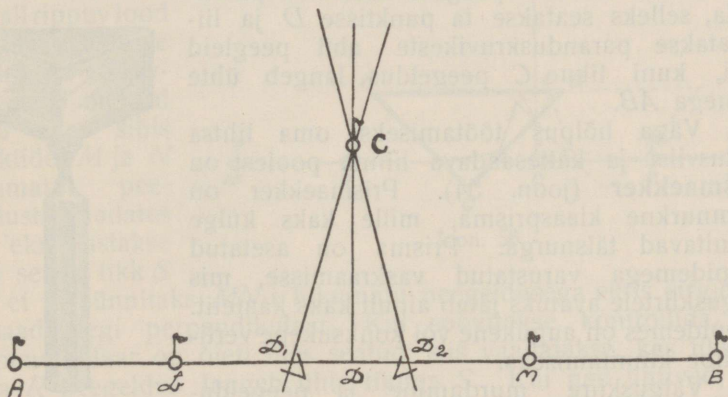


Joon. 50.



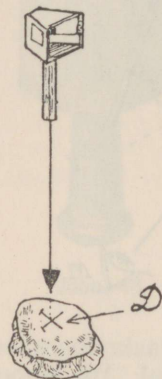
Joon. 51.

geldub tagasi võrdse nurga  $b'$  all. Peegeldusnurga  $b'$  konstrueerimiseks tuleb üles seada perpendikulaar  $BE$ . Peegleile  $P_1$  ja  $P$  ülesseatud perpendikulaarid  $DJ$  ja  $BE$  lõikuvad punktis  $O$ . Siis saadakse nelinurk  $OBKD$ . Selles nelinurgas  $\widehat{OBK} = 90^\circ$ ,  $\widehat{BKD} = 45^\circ$ ,  $\widehat{KDO} = 90^\circ$ , kokku kolme sisenurga summa  $90^\circ + 90^\circ + 45^\circ = 225^\circ$ .  $\widehat{BOD} = 360^\circ$  (nelinurga sisenurkade summa)  $- 225^\circ = 135^\circ$ .  $\triangle$ -rga  $OBD$   $\hat{a}' + \hat{b} = 180^\circ - 135^\circ = 45^\circ$ .  $\triangle$ -rgas  $BDA$   $\widehat{BAD} = 180^\circ - 2 \cdot 45^\circ = 90^\circ$ .  $\widehat{BAD} = \widehat{NAM} = 90^\circ$ .



Joon. 52.

Peegelekriega võib maastikul täisnurki konstrueerida. Näiteks, on vaja punktist  $D$  sirgjoonel  $AB$  üles seada perpendikulaar (joon. 52). Selleks hoitakse ekker nii käes, et ta küljest allarippuv lood langeks punktisse  $D$  (joon. 53) ja ekri avaus oleks pööratud mõõdetava nurga poole. Sinna, kuhu kavatsetakse perpendikulaar üles seada, saadetakse keegi tikuga ja lastakse tal tikku paremale ja pahemale kanda, kuni see peeglis täiesti ühtib läbi ekri avause paistvate sirgjoonel  $AB$  asuvate tikkudega  $MB$ . Siis on sirgjoonele  $AB$  üles seatud perpendikulaar.



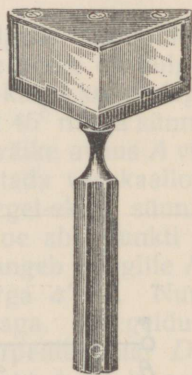
Joon. 53.

Kuid võib olla ka niisugune juht, et väljaspool sirgjoont asuvast punktist  $C$  tuleb alla lasta perpendikulaar sirgjoonele  $AB$ . Ekker hoitakse sel korral käes samuti kui eelmiselgi juhul ja liigutakse läbi avause paistvate tikkude sihis sirgjoone kaudu  $AB$  seni, kuni peeglis peegelduv tikk  $C$  langeb ühte joonega  $AB$  (joon. 52). Siis märgitakse ekri alla kinnitatud loe abil punkt  $D$  ja ülesanne on lahendatud.

Kui peegelekris peeglid täpselt  $45^\circ$  nurga all ei seisa, siis on niisugune ekker vigane ja ta näitab suuremaid või vähemaid nurki kui  $90^\circ$ . Seda kontrollitakse niiviisi, et liigutakse ekri üs kord tiku  $A$  poolt tiku  $B$  suunas ja lastakse punktist  $C$  perpendikulaar, mis lõikab joont  $AB$ , oletame, punktis  $D_1$  (joon. 52). Teine kord aga liigutakse tiku  $B$  poolt tiku  $A$  suunas ja lastakse samuti punktist  $C$  perpendikulaar, mis lõikab joont  $AB$ , oletame, punktis  $D_2$ . Õige perpendikulaari lõikepunkti saamiseks jagatakse joon  $D_1D_2$  pooleks ja saadakse punkt  $D$ . Et ekri peeglite asendeid parandada, selleks seatakse ta punktisse  $D$  ja liigutatakse paranduskruvikeste abil peegleid seni, kuni tiku  $C$  peegeldus langeb ühte joonega  $AB$ .

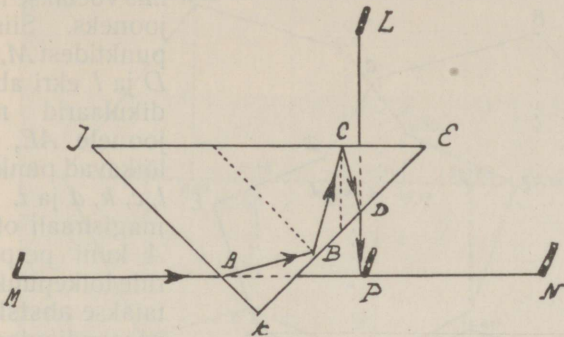
Väga hõlpus töötamiseks oma lihtsa käitusviisi ja kättesaadava hinna poolest on **prismaekker** (joon. 54). Prismaekker on kolmnurkne klaasprisma, mille kaks külge sünnitavad täisnurga. Prisma on asetatud käepidemega varustatud vaskraamisse, mis valguskiirtele avatuks jätab ainult kaks kaatetit. Käepidemes on augukene või konksukene vertikaalloe kinnitamiseks.

Valguskiire murdumine ja peegeldumine prismaekris sünnib järgmiselt: Valgus-



Joon. 54.

kiir  $M$  (joon. 55), tunginud läbi kaateti  $JK$  punktis  $A$  priismasse ja murdunud, langeb kaatetile  $KE$  punktis  $B$ , kust peegeldunud, langeb hüpotenuusile  $JE$  punktis  $C$ . Hüpotenuusilt tagasi

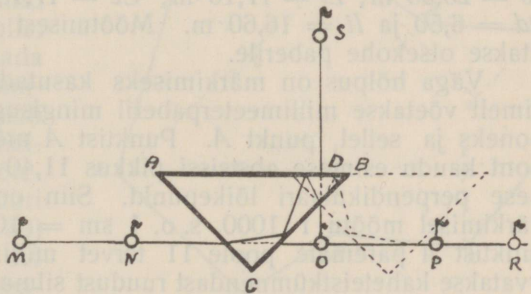


Joon. 55.

peegeldunud, langeb kiir uuesti kaatetile  $KE$  punktis  $D$  ja tungib murdudes läbi prisma seina  $90^\circ$  nurga all oma algsuunale. Seda prisma omadust kasutatakse maastikul perpendikulaaride ehitamiseks.

Maastikul perpendikulaari ülesseadmiseks võetakse ekker nii kätte, et täisnurk on pööratud vastu vaotlejat ja hüpotenuus on paralleelne joonega, millele soovitakse üles seada perpendikulaar. Näiteks on vaja joonele  $MR$  üles seada perpendikulaar punktist  $O$  (joon. 56). Selleks

asutakse ekri-  
punktisse  $O$ , nii et  
ekri all rippuv lood  
näitaks sellesse  
punkti ja terav-  
nurgas  $B$  oleksid  
näha ühes sihis  
punktide  $M$  ja  $N$   
liikumatu pee-  
geldust. Vaadates  
üle ekri lastakse  
üles seada tikk  $S$

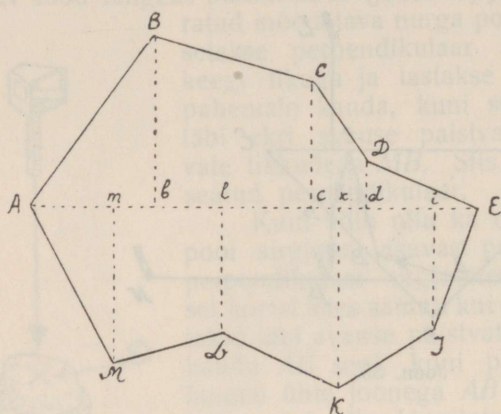


Joon. 56.

nii, et ta sünnitaks  $MN$ -i liikumatu peegeldusega ekris sirgjoone ja saadaksegi perpendikulaar. Kui soovitakse kontrollida, kas perpendikulaar on õieti üles seatud, siis vaadatakse, kas tikkude  $P$  ja  $R$  peegeldus langeb ühte tikuga  $S$ . Kui nad ühtivad, siis on perpendikulaar õige.

Ekri ja mõõtelindi abil on võimalik igasuguseid kontuure mõõta ja saadud mõõtude alusel plaane konstrueerida.

Näiteks on vaja mõõta hulknurk  $ABCDEIKLM$  (joon. 57). See sünnib järgmiselt: Ühendatakse punktid  $A$  ja  $E$  diagonaaliga,



Joon. 57.

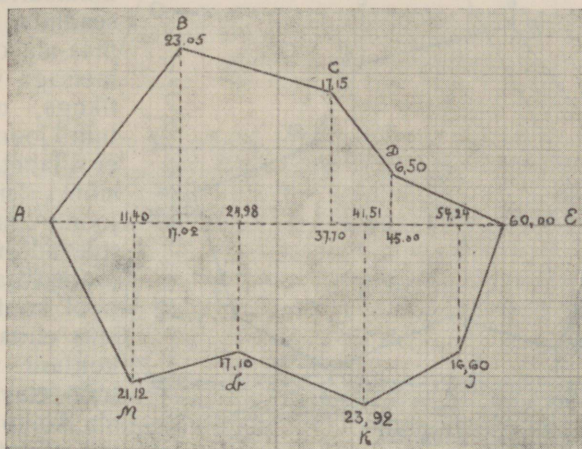
$Ak$ ,  $Ad$  ja  $Ai$ . Oletame, et nende pikkused olid järgmised:  $Am = 11,40$  m;  $Ab = 17,02$  m;  $Al = 24,98$  m;  $Ac = 37,70$  m;  $Ak = 41,21$  m;  $Ad = 45,08$  m;  $Ai = 54,24$  m;  $AE = 60,00$  m. Peale selle mõõdetakse mõõtelindiga samuti maastikul ka ordinaatide pikkused, mis olid, oletame, järgmised:  $Mm = 21,12$  m;  $Bb = 23,05$  m;  $Ll = 17,10$  m;  $Cc = 17,15$  m;  $Kk = 23,92$  m;  $Dd = 6,50$  ja  $Li = 16,60$  m. Mõõtmisest saadud andmed märgitakse otsekohe paberile.

Väga hõlpus on märkimiseks kasutada millimeetripaberit. Nimelt võetakse millimeetripaberil mingisugune joon magistraaljooneks ja sellel punkt  $A$ . Punktist  $A$  mõõdetakse magistraaljoont kaudu esimese abstsissi pikkus  $11,40$  m ja märgitakse esimese perpendikulaari lõikepunkt. Siin on tarvitatud (joon 58) märkimisel mõõtu  $1:1000$ , s. o.  $1$  sm =  $10$  m. Nii siis loetakse punktist  $A$  paremale poole  $11$  tervet millimeeterruutu ja  $40$  sm arvatakse kaheteistkümnendast ruudust silma järgi juurde. Otsitud punkt märgitakse ära ja selle juurde kirjutatakse abstsissi pikkus  $11,40$  m. Leitud punktist seatakse üles perpendikulaarselt magistraaljoonega esimene ordinaat  $Mm$ , mille pikkus  $21,12$  m. Selleks loetakse magistraaljoonest paremale poole  $21$  tervet millimeeterruutu ja silma järgi  $12$  sm ja saadakse kätte nurgatipp  $M$ . Ordinaadi pikkus märgitakse nurgatipu kohta üles. Nii viisi talitades leitakse üles kõik nurgatipud ja ühtlasi on ka kõik mõõdud

mis võetakse magistraaljooneks. Siis lastakse punktide  $M, B, L, C, K, D$  ja  $I$  ekri abil perpendikulaarid magistraaljoonele  $AE$ , mis seda lõikavad punktides  $m, b, l, c, k, d$  ja  $i$ . Joonlõike magistraali otsapunktist  $A$  kuni perpendikulaaride lõikepunktini nimetatakse **abstsissideks** ja perpendikulaare nurgatippudest magistraaljooneni — **ordinaatideks**. Mõõtelindiga mõõdetakse maastikul abstsissid  $Am, Ab, Al, Ac,$



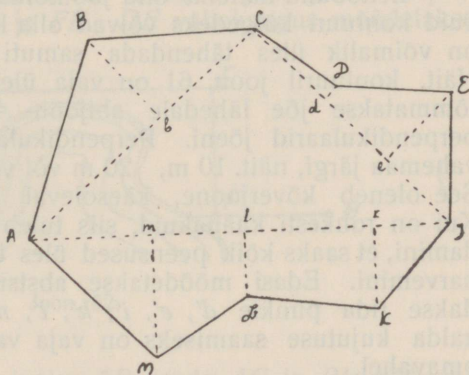
üles tähendatud. Kui tahetakse kontuuri kuju kätte saada, siis ühendatakse leitud tipud sirgjoonega.



Joon. 58.

Töö kontrollimiseks võib mõõta maastikul kontuuri küljed ja nende pikkus siis võrrelda plaanil saadud vastavate külgede pikkusega.

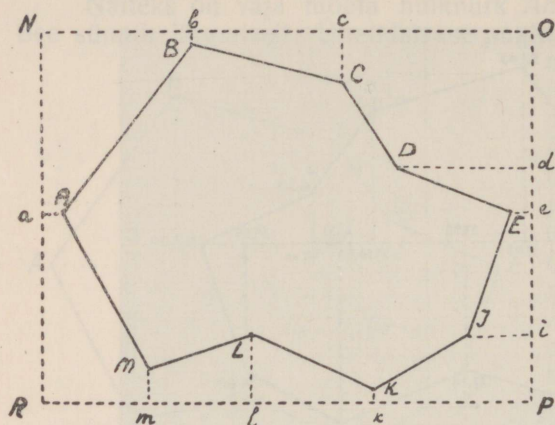
Käesoleval juhul on tarvitatud ainult üht magistraaljoont, kuid neid võib ka enam olla. Eriti hõlpus on tarvitada magistraaljoonist kolmnurka, mis ühendab kolm kontuuri tippu. Selleks mõõdetakse mõõtelindiga näit. kontuuri  $ABCDEJKLM$  (joon.59) tippude  $BC$ ,  $CJ$  ja  $JA$  vahekaugused ja saadud andmeil konstrueeritakse  $\triangle ACJ$ . Ülejäänud kontuuri tippude



Joon. 59.

$ADEKL$  ja  $M$  leidmiseks lastakse küljele  $AC$  perpendikulaar tipust  $A$ , küljele  $CJ$  tippudest  $D$  ja  $E$  ning küljele  $AJ$  tippudest  $K$ ,  $L$ , ja  $M$ . Sel konstrueerimisviisil on see paremus, et ordinaadid on võrdlemisi lühikesed.

Mõlemad konstrueerimisviisid on kasutatavad seal, kus maa-ala ei ole kaetud metsaga ega võsastikuga, mis takistaks perpendikulaaride ülesseadmist. Kui aga maa-ala on kaetud metsaga või võsastikuga, näit. kontuuril joon. 60, kuhu ei taheta raiuda sihte magistraaljoonte jaoks, siis tulevad magistraaljooned ajada väljaspool kontuuri. Selleks ehitatakse abikontuur väljaspool mõõdetavat maa-ala. Abikontuuri küljed ehitatakse ekri abil täisnurga all.



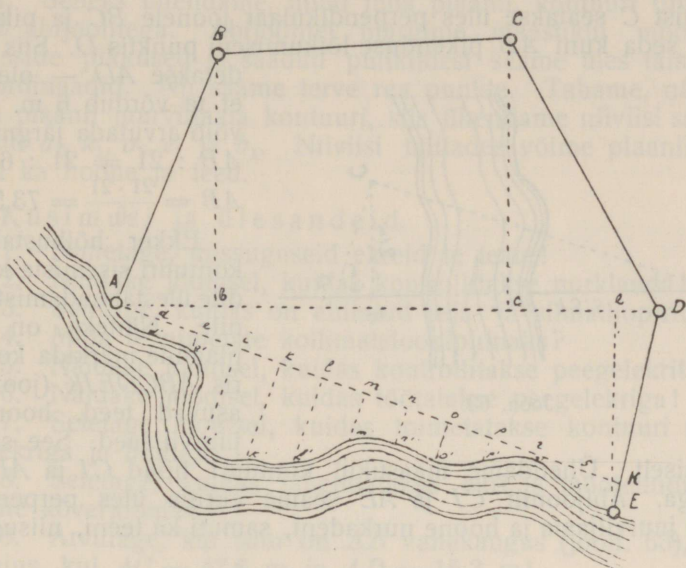
Joon. 60.

Neilt külgedelt lastakse sisekontuuri külgedele perpendikulaarid. Niiviisi saadud abstsissid ja ordinaadid mõõdetakse ja saadud mõõtude järgi määratakse kindlaks sisekontuuri tipud nagu eelmisilgi juhtudel.

Eeltoodud näiteiks olid joonlõikudest koosnevad hulknurgad, kuid kontuuri külgedeks võivad olla ka kõverjooned. Kõverjooni on võimalik üles tähendada samuti ekri ja mõõtelindi abil. Näit. kontuuril joon. 61 on vaja üles tähendada jõgi. Selleks tõmmatakse jõe lähedale abijoon  $AK$  ja sellelt seatakse üles perpendikulaarid jõeni. Perpendikulaare võib üles seada kindla vahemaa järgi, näit. 10 m, 20 m või veel suurema vahemaa järgi. See oleneb kõverjoone, käesoleval korral jõe, käänakulisusest. Kui on rohkesti käänakuid, siis tuleb lasta perpendikulaare tihedamini, et saaks kõik peensused üles tähendada, kui vähe — siis harvemini. Edasi mõõdetakse abstsissid ja ordinaadid ja saadakse rida punkte  $d', e', i', k', l', m', n', o', p', r'$  ja  $s'$ . Jõe kalda kujutuse saamiseks on vaja vaid need punktid ühendada omavahel.

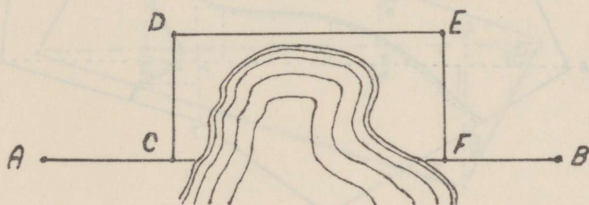
Sama eesmärk saavutatakse ka siis, kui perpendikulaare ei seata üles kindla vahemaa järgi, vaid karaktersematele kohtadele, käänakukohtadele.

Elloendatud instrumentidega on võimalik mõõta ka sääraseid kaugusi, kuhu mõõtelindiga otsekohe ligi ei pääse. See võib juhtuda siis, kui mõõdetavat sihti lõikab järv või jõgi.



Joon. 61.

Kui sihti lõikab järv ja on vaja mõõta  $AB$  pikkus (joon. 62), siis seatakse üles ekriga joonele  $AB$  mõlemal pool järve ühepikkused perpendikulaarid  $CD$  ja  $FE$ .  $DE$  vahekaugus mõõdetakse



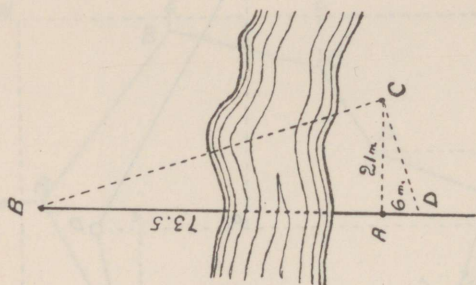
Joon. 62.

ära, sinna juurde lisatakse joone  $AB$  osade  $AC$  ja  $BF$  pikkused ja saadaksegi otsitava joone  $AB$  pikkus.

Kui sihti lõikab jõgi, siis pole võimalik talitada endiselt, vaid tuleb teisiti toimida. Oletame, et siht läheb  $AB$  kaudu üle jõe (joon. 63) ja on vaja kindlaks määrata  $AB$  vahekaugus. Selleks seatakse üles punktist  $A$  joonele  $AB$  perpendikulaar ja mõõdetakse sellel vaba pikkus  $AC$ . Oletame, et  $AC = 21$  m.

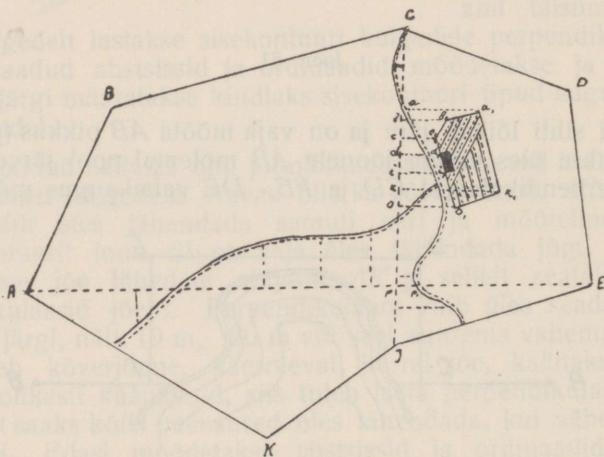
Punktist  $C$  seatakse üles perpendikulaar joonele  $BC$  ja pikendatakse seda kuni  $AB$  pikenduse lõikumiseni punktis  $D$ . Siis mõõdetakse  $AD$  — oletame,

et ta võrdub 6 m. Nüüd võib arvutada järgmiselt:  $AB : 21 = 21 : 6$ , siit  $AB = \frac{21 \cdot 21}{6} = 73,5$  m.



Joon. 63.

Ekker hõlbustab ka kontuuri sisemiste kujundite ülestähendamist plaanile. Näiteks on vaja plaanile märkida kontuuris  $ABCDEJK$  (joor. 64) asuvad teed, hoone ja juurviljaaed. See sünnib järgmiselt. Ühendame maastikul kontuuri tipud  $CJ$  ja  $AE$  abijooniga. Abijoonilt  $CJ$  ja  $AE$  seame ekriga üles perpendikulaarid juurviljaaia ja hoone nurkadeni, samuti ka teeni, niisugusist



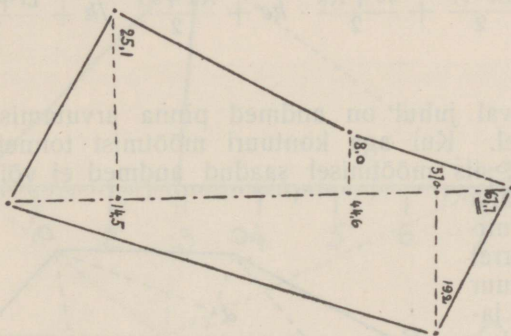
Joon. 64.

punktest, kust on võimalik tee kõverusi paremini üles tähendada. Siis mõõdame ära, samuti maastikul, abstissid  $Ca$ ,  $Cb$ ,  $Cc$ ,  $Dd$  jne. ja ordinaadid  $aa'$ ,  $bb'$ ,  $cc'$  jne. Saadud andmed märgime ja joonistame umbes paberile, et neid kodu hõlpsam oleks plaanile üle kanda. Kõige parem on kohapealsete märkmete tegemiseks tarvitada millimeeterpaberit. On sisemiste kujundite kohapealsed märkmed tehtud, siis tuleb saadud andmed kodu edasi plaanile

kanda. Selleks ühendame, nüüd juba plaanil, kontuuri tipud  $CJ$  ja  $AE$  abijoontega. Abijoontel märgime maastikul mõõdetud abstsisside pikkused ja saadud punktidest seame üles täisnurga abil ordinaadid. Nii saame terve rea punkte. Tahame, näiteks, saada plaanil juurviljaaia kontuuri, siis ühendame niiviisi saadud punktid  $a_1, k_1, o_1, e_1$  ja  $b_1$ . Niiviisi talitades võime plaanile üle kanda ka hoone ja teed.

Küsimusi ja ülesandeid.

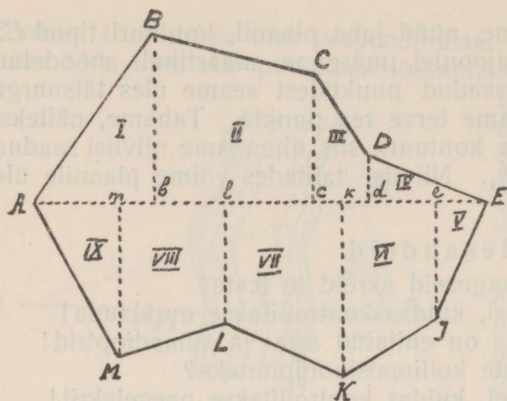
1. Nimetage, missuguseid ekreid te teate!
2. Näidake joonisel, kuidas kontrollitakse nurklauda!
3. Seletage, kuidas on ehitatud asja- ja silmadioptrid!
4. Mida te nimetate kollimatsioonipinnaks?
5. Näidake joonisel, kuidas kontrollitakse peegelekrit!
6. Näidake joonisel, kuidas töötatakse peegelekriga!
7. Seletage joonisel, kuidas toimetatakse kontuuri mõõtmist ekriga ja lindiga!
8. Seletage, kuidas tähendatakse ekri ja mõõtelindi abil plaanile kõverjooni!
9. Arvutage, kui suur on  $AB$  vahekaugus (joon. 63), s. o. jõe laius, kui  $AC = 47,5$  m ja  $AD = 15,3$  m!
10. Konstrueerige joon. 65 antud andmeil kontuur mõõdus 1:500!



Joon. 65.

## IX. Kontuuri pinna arvutamine plaanil ja selle jagamine osadesse või väljadesse.

Maamõõte tulemuseks on mõõdetud maa-ala kontuurist plaani koostamine ja plaani alusel pinna kindlaksmääramine. Pinna määramiseks on mitu meetodit, nagu geomeetiline, graafiline ja mehaaniline, kuid kõige hõlpsam on tarvitada geomeetrist

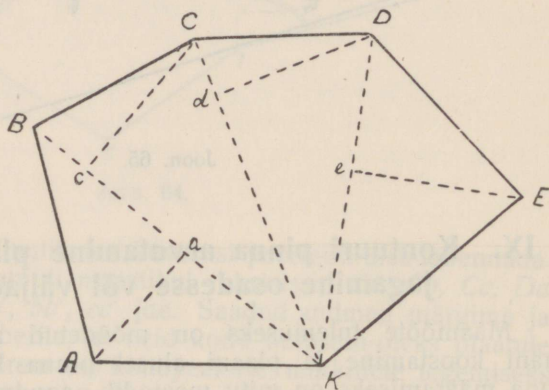


Joon. 66.

laskime kontuuri tippudest alla magistraaljoonele perpendikulaarid. Siis tekkis hulk täisnurkseid kolmnurki ja trapetseid. Et kogu kontuuri pinda saada, selleks tuleb iga holmnurga ja trapetsi pind eraldi arvutada ja siis kõik saadud pinnad liita. Nende pindade summa ongi kogu kontuuri pind. Nii siis kontuuri

$$\begin{aligned}
 ABCDEJKLM \text{ pind } P = & \frac{Ab \cdot Bb}{2} + \frac{Bb + Cc}{2} \cdot bc + \frac{Cc + Dd}{2} \cdot cd + \\
 & + \frac{Dd \cdot Ed}{2} + \frac{Ee \cdot Je}{2} + \frac{Je + Kk}{2} \cdot ke + \frac{Kk + Ll}{2} \cdot lk + \frac{Ll + Mm}{2} \cdot ml + \\
 & + \frac{Am \cdot Mm}{2}.
 \end{aligned}$$

Käesoleval juhul on andmed pinna arvutamiseks saadud mõõtmise teel. Kui aga kontuuri mõõtmist toimetatakse abi-kontuuri abil, siis mõõtmisel saadud andmed ei võimalda kontuuri pinda välja arvata, vaid niisugusel korral tuleb kontuur abijoontega jagada kolmnurkadeks. Kontuuri pinna saamiseks tuleb kolmnurkade pinnad jällegi välja arvata ja liita. Üksikute kolmnurkade pinnad leiame järgmiselt: Mõõdame näi-

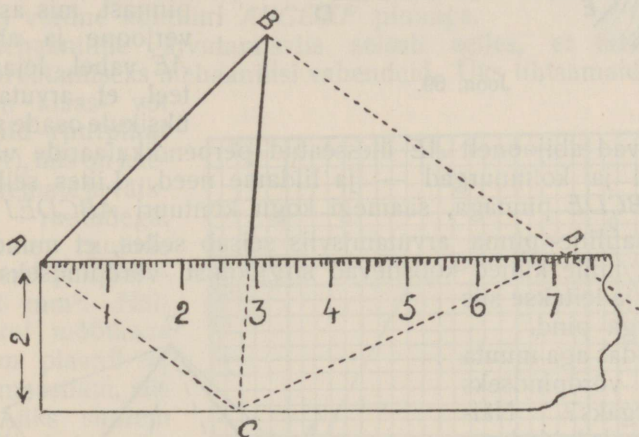


Joon. 67.

meetodit. See seisab selles, et kontuurile või kontuuri osadele vaadatakse kui geomeetrisile kujundeile ja nende pind arvutatakse vastavate geomeetrislike kujundite pinna arvutamise valemeiga. Oletame, näiteks, et oleme mõõtnud kontuuri  $ABCDEJKLM$  ekri ja lindiga nii, et võtsime ühe magistraaljoone  $AE$  (joon. 66) ja

teks abijoone  $BK$  pikkuse (joon. 67) sirkliga ja mõõtkavaga. Punktist  $A$  laseme perpendikulaari  $Aa$   $\triangle$ -rga  $KAB$  küljele  $BK$ .  $Aa$  ongi  $\triangle$ -rga  $KAB$  kõrgus. Kõrguse mõõdame jällegi sirkliga ja mõõtkavaga.  $\triangle$ -rga  $KAB$  pind  $P = \frac{BK \cdot Aa}{2}$ . Niiviisi leiame ka muude kolmnurkade pinnad. Siin olgu aga tähendatud, et see pinna arvutamiseviis on vähema täpsusega kui eelmine. Ja nimelt sellepärast, et eelmisel korral sündis mõõtmine lindiga maastikul, kuna teisel juhul mõõdeti plaanil sirkliga mõõtkava abil. Niisugusel korral on mõõtmine ebatäpne, sellepärast on soovitatav seda arvutamiseviisi kasutades iga kolmnurga pinda arvutada kaks korda ja iga kord kolmnurga aluseks võtta ise külge. Seega oleks siis ka kõrgus teine. Kolmnurga tõeliseks pinnaks võtame siis kahest arvutamisest keskmise. Ja kogu kontuuri pind võrduks kolmnurkade keskmiste pindade summaga.

Kolmnurga pinna kiiremaks arvutamiseks võib tarvitada **agromeetrit**. Agromeeter on sentimeetreiks või tolleks jaotatud joonlaud, mille laius on harilikult 2 sm või 2 tolli. Kuid laius võib olla ka teissugune.



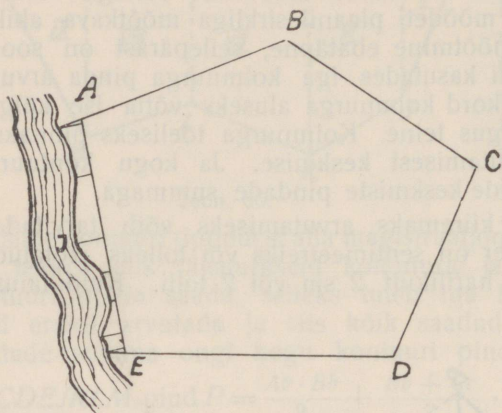
Joon. 68.

Agromeetri tarvitamine on väga lihtne. Näiteks on vaja arvutada  $\triangle$ -rga  $ABC$  (joon. 68) pind. Selleks tõmbame kolmnurga tipust  $B$  alusele  $AC$  paralleeljoone. Siis seame agromeetri nullpunkti punktile  $A$  ja keerame agromeetrit punkt  $A$  ümber seni, kuni ta teine serv langeb ühte punktiga  $C$ . Nüüd vaatame, kuskohas lõikab agromeetrit kolmnurga tipust alusega paralleelselt tõmmatud joon. Meie joonise 68 järgi lõikab see 7,2 sm. Siit

saaksime siis, et  $\triangle$ -rga  $ABC$  pind võrdub  $\frac{7,2 \text{ sm} \cdot 2 \text{ sm}}{2} = 7,2 \text{ sm}^2$ . Kui kolmnurga mõõduks on 1 : 1000, s. o. 1 sm = 10 m, siis otsitud pind võrdub  $720 \text{ m}^2$ , s. o.  $\frac{72 \text{ m} \cdot 20 \text{ m}}{2} = 720 \text{ m}^2$ .

Juhul, kui kontuuri küljed ei koosne ainult sirgjoonist, vaid ka kõverjoonist, nagu näit. joon. 69 kontuur  $ABCDEJ$ , kus

külg  $EJA$  on kõverjoon, tuleb kontuuri pinna arutamiseks tõmmata abijoon  $AE$  kõverjoonelise külje  $EJA$  asemel. Nii viisi saame kontuuri  $ABCDE$ , mille kõik küljed on sirgjooned. Jagame selle kontuuri kolmnurgiks ja arvutame ta pinna nagu eelpoolgi. Selle osa pinnast, mis asub kõverjoone ja abijoon  $AE$  vahel, leiame sel teel, et arvutame ta üksikute osade pinnad,

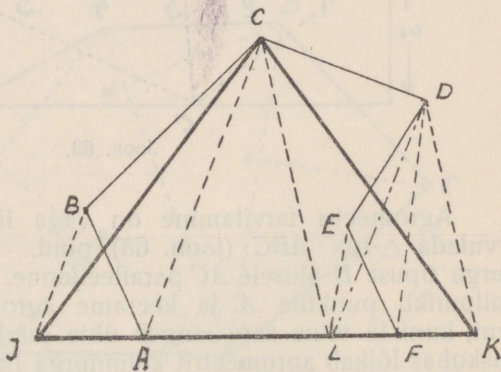


Joon. 69.

mis asuvad abijoonelt  $AE$  ülesseatud perpendikulaaride vahel — trapetsid ja kolmnurgad — ja liidame need. Liites selle kontuuri  $ABCDE$  pinnaga, saamegi kogu kontuuri  $ABCDEJ$  pinna.

Graafiline pinna arvutamiseviis seisab selles, et muudetakse kontuur, mille küljed koosnevad sirgjoonist, võrdpindseks kolmnurgaks ja leitakse siis kolmnurga pind.

Kuidas aga muuta kontuur võrdpindseks kolmnurgaks? Näiteks, on vaja leida kontuuri  $ABCDEF$  pind (joon. 70). Et muuta see võrdpindseks kolmnurgaks, selleks ühendame kontuuri tipud  $A$  ja  $C$  ja saame  $\triangle$ -rga  $ABC$ . Võtame  $\triangle$ -rgas  $ABC$  aluseks külje  $AC$  ja tipust  $B$



Joon. 70.

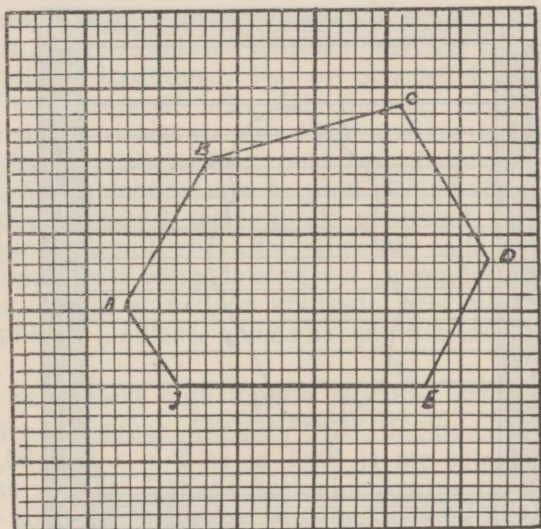


tõmbame alusele paralleelse joone  $BJ$ , mis lõikab kontuuri külje  $AF$  pikendust punktis  $J$ .  $\triangle AJC$  on võrdpindne  $\triangle$ -rgaga  $ABC$ , sest neil on ühine alus ja võrdsed kõrgused. Kui me kontuuri  $ABCDEF$  pinnast kõrvaldame  $\triangle$ -rga  $ABC$  ja selle asemel võtame võrdpindse  $\triangle$ -rga  $AJC$ , siis saame kontuuri  $JCDEF$ , millel on üks külg vähem kui eelmisel. Edasi ühendame tipud  $D$  ja  $F$  diagonaaliga. Saame  $\triangle$ -rga  $FED$ . Selle  $\triangle$ -rga aluseks võtame  $DF$  ja tõmbame tipust  $E$  talle paralleeljoone kuni lõikumiseni punktis  $L$ .  $\triangle$ -rgad  $FED$  ja  $FLD$  on võrdpindsed, sest neil on ühine alus ja võrdsed kõrgused. Kui me nüüd kontuuri  $JCDEF$  pinnale liidame  $\triangle$ -rga  $FED$  pinna ja saadud kogu pinnast lahutame  $\triangle$ -rga  $FLD$  pinna, siis kontuuri pind sellega ei muutu, kuid saame võrdpindse kontuuri  $JCDL$ , millel jällegi üks külg vähem kui eelmisel. Järgmisena ühendame kontuuri  $JCDL$  tipud  $C$  ja  $L$  diagonaaliga. Saame  $\triangle$ -rga  $LCD$ .  $\triangle$ -rga  $LCD$  tipust  $D$  tõmbame paralleeljoone alusele  $CL$ , mis lõikab  $AF$  pikendust punktis  $K$ . Ühendanud punktid  $K$  ja  $C$ , saame kaks võrdpindset  $\triangle$ -rka  $LCD$  ja  $LCK$  (ühine alus ja võrdsed kõrgused). Nüüd lahutame kontuuri  $JCDL$  pinnast  $\triangle$ -rga  $LCD$  pinna ja liidame võrdpindse  $\triangle$ -rga  $LCK$  pinna ning saamegi  $\triangle$ -rga  $JCK$ , mille pind on võrdne kontuuri  $ABCDEF$  pinnaga.

Mehaaniline arvutamisi viis seisab selles, et tarvitatakse pinna arvutamiseks mehaanilisi vahendeid. Üks lihtsamaid vahendeid on klaas- või

### tselluloid - ruutplaat

(joon. 71), mis on kaetud suuremate ja väiksemate ruutudega. Suuremate ruutude pind  $1 \text{ sm}^2$  ja väiksemate  $1 \text{ mm}^2$ . Näiteks, kui mõõtkava on  $1 \text{ sm}$  plaanil =  $100 \text{ m}$  maastikul, siis vastab üks suurem ruut  $1$  hektaarile, s. o.  $100 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 10.000 \text{ m}^2$  ja väike ruut sel juhul  $100 \text{ m}^2$ , s. o.  $1$  aarile. Kui mõõtkava on  $1 \text{ sm}$  plaanil =  $50 \text{ m}$  maastikul, siis vastab suurem ruut  $50 \text{ m} \times 50 \text{ m} = 2500 \text{ m}^2$  ja väike



Joon. 71.

25 m<sup>2</sup>. Nii näeme, et niisugust ruutplaati on võimalik tarvitada mitmesugustes mõõtudes joonistatud plaanide pindade arvutamiseks. Arvutamise eel tuleb aga kindlaks teha, kui suurele pinnale vastab ruutplaadi suur ja väike ruut.

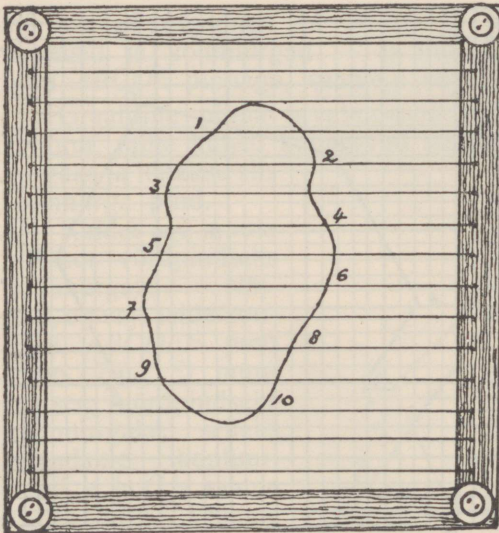
Tegelik ruutplaadi kasutamine sünnib järgmiselt. Näit. on vaja arvutada kontuuri *ABCDEI* pind (joon. 71). Selleks asetame ruutplaadi nii kontuurile, et kõige pikem külj *IE* langeks ühte joonega, mis moodustab suuremate ruutude külje. See on vaja arvutamise kergendamiseks, nimelt sünnib siis vähem poolikuid ruute. Oleme niiviisi ruutplaadi plaanile asetanud, siis loeme tervete suurte ruutude arvu ja kasvatame selle ruudu pinnaga. Saame kätte kogu tervete suurte ruutude pinna. Edasi loeme poolikute suurte ruutude tervete väikeste ruutude arvu ja kasvatame selle väikse ruudu pinnaga. Leiame väikeste ruutude kogu pinna. Edasi märgime üles kõikide poolikute väikeste ruutude pinnad, liidame need ja saame poolikute väikeste ruutude pinna. Kõiki liites leiamegi kogu kontuuri pinna.

Niisugust ruutplaati võib ka koduselt valmistada, joonistades vahariidele millimeeterpaberi järgi ruudud. Sellist ruutplaati võib väga hästi kasutada lihtsamate tööde juures. Ruutplaadi abil on võimalik arvutada pinda täpsusega kuni  $\frac{1}{100}$  kogu pinnast.

Peale eelkirjeldatud ruutplaadi on tarvitatav veel kõverjooneliste kontuuride pindade arvutamise lihtsa mehaanilise vahendi

dina **paralleel-jõhv-võrk**. See koosneb puuraami vahele tõmmatud paralleelseist jõhvvest (joon. 72). Selleks võib kasutada ka paralleeljoontega kaetud vahapaberit või vahariiet. Jõhvid või jooned on võrdsete vahekaugustega.

Olgu vaja näiteks arvutada mingisuguse kõverjoonelise kontuuri pinda. Asetame kontuurile jõhvvõrgu või paralleeljoontega vahapaberi (joon. 72). Sellega jaguneb kontuur kolmnurkadeks ja trapetsiteks. Sirkliga mõõdame trapetsite



Joon. 72.

alused. Iga kahe joone või jöhvi vahel tekkinud trapetsi pind võrdub poole aluste summa ja vahekauguse kasvatisega. Niiviisi leiame trapetsite pinnad. Samuti sünnib ka kolmnurkade pindade arvutamine. Trapetsite ja kolmnurkade pindade summa ongi kontuuri pind.

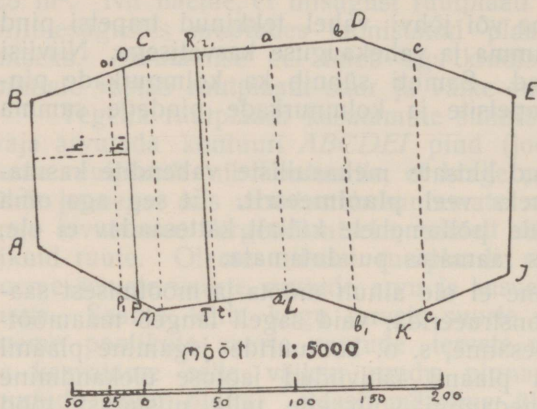
Peale eelkirjeldatud lihtsate mehaaniliste vahendite kasutakse pinna arvutamiseks veel **planimeetrit**. Et see aga oma hinna poolest tegelikule põllumehele küllalt kättesaadav ei ole, siis jätan ta käesolevas raamatus puudutamata.

Maamõõte ülesanne ei ole ainult mõõta ja mõõtmisest saadud andmeil plaani konstrueerida, vaid sageli langeb maamõõtjale ka vastupidine ülesanne, s. o. kontuuride jagamine plaanil nõuetavasse osisse ja plaanil läbiviidud jaotuse ülekandmine maastikule. Kõige sagedamini võib ette tulla niisugust tööd talumajapidamises, kus väljade ümberkorraldamise küsimus on üles kerkinud, s. o. kus soovitakse väljade arvu suurendada või vähendada või neile teissugust kuju anda, mis soodustaks maa harimist.

Kontuuri jagamiseks nõutud osisse on vaja enne plaanil arvutada kontuuri pind. On kontuuri pind teada ja samuti mitmesse ossa soovitakse seda jagada, siis üksiku osa suurus arvutatakse teoreetiliselt niiviisi, et jagatakse kogu kontuuri pind väljade või osade arvuga. Kui on teada üksiku välja suurus, siis vaadatakse, kuidas oleks plaanil väljade ümberpaigutust või kontuuri väljadesse jagamist kõige soodsam teostada, arvesse võttes sellejuures ka majanduslikke kaalutlusi. Kui on otsustatud, kuidas välja paigutada, siis asutakse selle läbiviimisele plaanil. Selleks tehakse ligilähedased visked plaanil väljade asetuse kohta ja asutakse üksikute väljade piiritamisele. Seks otstarbeks määratakse väli umbkaudu ära ja mõõdetakse ta pind. Nüüd võrreldakse saadud välja pinda plaanil teoreetiliselt arvutatud välja pinnaga. Kui välja pind plaanil ei vasta suuruselt välja teoreetiliselt arvutatud pinnale, siis vähendatakse või suurendatakse esimest vastavalt, kuni nende pinnad on võrdsed. Siis määratakse välja piirid lõplikult kindlaks. Niisama piiritletakse ka järgmised väljad.

Esitatud seletuse selgituseks olgu toodud järgmine näide.

Oletame, et meil on kontuur  $ABCDEFGHIKLM$ , (joon. 73), mille pind võrdub  $50,004 \text{ m}^2$ , s. o.  $5 \text{ ha}$  ja  $4 \text{ m}^2$ , ja me soovime selle jagada 6 võrdseks väljaks. Väljade keskmine suurus peaks olema  $50,004 \text{ m}^2 : 6 = 8334 \text{ m}^2$ . Välju me soovime asetada põiki kontuuri, nii et väljade küljed oleksid paralleelsed kontuuri küljega  $AB$ . Selleks teeme ligikaudsed visked väljade paigutuse kohta ja jagame kontuuri 6 ossa joontega  $o_1p_1$ ,  $r_1t_1$ ,  $aa_1$ ,  $bb_1$  ja  $cc_1$ .



Joon. 73.

Mõõdame ära esimese välja  $ABO_1P_1$ , mis kujutab enesest trapetsit. Oletame, et trapetsi  $ABO_1P_1$  pind võrdub  $6737 \text{ m}^2$ . Teoreetilise arvutuse järgi peaks välja suurus olema  $8334 \text{ m}^2$ . Väli on seega vähem  $8334 \text{ m}^2 - 6787 \text{ m}^2 = 1597 \text{ m}^2$ . Et teada saada umbes, kui lai riba meil tuleks juurde lisada, et saada nõutavat

välja suurust, selleks tuleb meil ära mõõta joone  $o_1p_1$  pikkus — oletame, et see on  $145 \text{ m}$  — ja jagada puuduva osa pinna suurus sellega, s. o.  $1597 \text{ m}^2 : 145 \text{ m} = 11 \text{ m}$ . Tähendab, meil tuleb esimesele väljale juurde lisada umbes  $11 \text{ m}$  laiune pinna riba. Selleks tõmbame joonele  $o_1p_1$  paralleeljoone  $OP$ , mis on sellest  $11 \text{ m}$  kaugemal. Mõõdame joone  $OP$  pikkuse; oletame, et see on  $155 \text{ m}$ . Joone  $o_1p_1$  pikkus on  $145 \text{ m}$  ja  $OP$   $155 \text{ m}$ , tähendab juurdelisatud nelinurga  $o_1p_1PO$  pind, mis kujutab enesest trapetsit, võrdub  $\frac{145 \text{ m} + 155 \text{ m}}{2} \cdot 11 \text{ m} = 1650 \text{ m}^2$ .  $6737 \text{ m}^2 + 1650 \text{ m}^2 = 8387 \text{ m}^2$ , mis ligilähedalt vastab otsitava välja suurusele. Niisama piirime ka teised väljad.

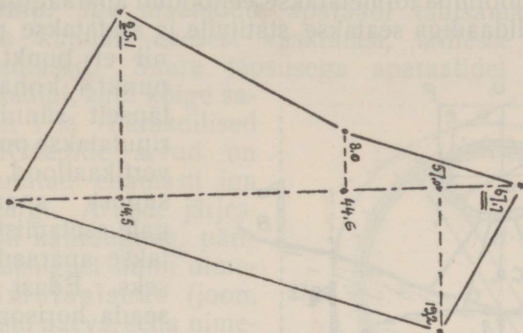
Kui väljade jaotus plaanil on teostatud, siis tulevad ka vastavad jaotused plaani alusel maastikul teostada. Selleks mõõdame punkti  $o$  kauguse tipust  $B$  ja punkti  $P$  kauguse tipust  $A$  ning kanname vastavad mõõted üle maastikule, kus ka punktide  $O$  ja  $P$  asukoha kindlaks määrame. Ühendame punktid  $O$  ja  $P$  sihiga ja saame kätte esimese välja asetuse. Samuti teostame ka teiste väljade kindlaksmääramist.

Küsimusi ja ülesandeid!

1. Nimetage, missuguseid pinna-arvutamise meetodeid te teate!

2. Seletage, milles seisab geomeetiline pinna-arvutamismeetod!

3. Arvutage geomeetrilise meetodi järgi joon. 74 antud kontuuri pind!



Joon. 74.

4. Seletage, milles seisab graafiline pinna arvutamise meetod!
5. Arvutage graafilise meetodi järgi joon. 74 antud kontuuri pind!
6. Arvutage sama pind agromeetri abil!
7. Seletage, milles seisab pinna mehaaniline arvutamiseviis!
8. Seletage, kuidas käsitatakse ruutplaati kontuuri pinna arvutamiseks!
9. Konstrueerige joon. 74 antud kontuur mõõdus 1:500 ja jagage ta 6 võrdseks osaks!

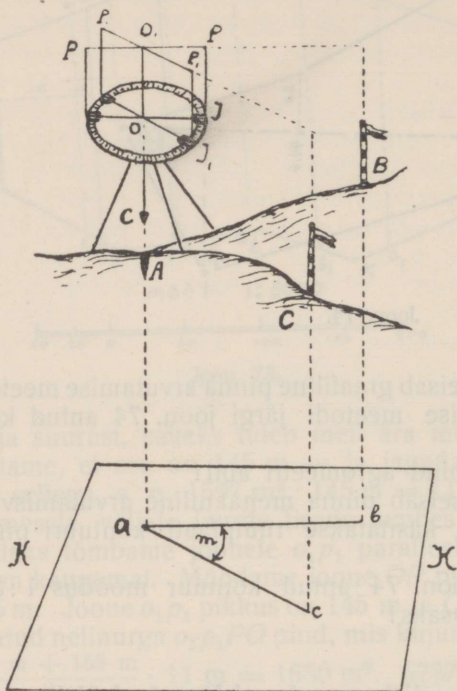
## X. Nurgamõõte aparaadid, nende ehitus ja käitlemine.

Oletame, et meil on antud maastikul kolm punkti  $A$ ,  $B$  ja  $C$ , mis sünnitavad kaks punktist  $A$  väljuvat sihti  $AB$  ja  $AC$  (joon. 75). Edasi oletame, et meil on tarvis maastikul mõõta nimetatud kahe sihi moodustatud nurga projektsiooni horisontaalsel tasapinnal  $bac-d$ . Otsitavale horisontaalnurgale  $m$  vastab nurk, mille moodustavad kaks tasapinda  $aAB$  ja  $aAC$ . Nii siis, et otsitava horisontaalnurga suurust teada saada, selleks on vaja mõõta eelnimetatud tasapindade poolt moodustatud nurk, mis vastab nurga  $BAC$  projektsioonile, s. o. nurgale  $bac$ .

Maastikul mõõdetud nurga projektsiooni suuruse kättesaamiseks tuleb tarvitada mitmesuguseist osist koosnevat mõõtevahendit.

Kõige pealt kraadidega võrdseiks osiks jaotatud horisontaalring  $JJ^1$  (joon. 75) n. n. limb. Selle tsentrit läbib perpendikulaarne telg  $OO_1$ , mille ümber tiirleb joonlaud  $OJ$  ühes temale kinnitatud kollimatsioonipinnaga n. n. alidaad. Täielikumates aparaatides on alidaad-joonlaua asemel alidaadratas.

Nurgamõõtmist toimetatakse eeltoodud aparaadiga järgmiselt. Limb ühes alidaadiga seatakse statiivile ja asetatakse punktisse  $A$ , nii et punkt  $O$  asetuks punkt  $A$  kohale. Et see täpselt sünniks, selleks riputatakse punktist  $O$  alla vertikaallood  $OC$ . Nii-sugust aparaadi paigale-asetamist nimetatakse aparaadi tsentrimiseks. Edasi tuleb limb seada horisontaalseisu ja alidaadi telg vertikaal-seisu. Selleks on iga maa-mõõte-aparaat varustatud vesikaaluga ja limbi horisontaalseisu tellida või-maldava alusega.



Joon. 75.

kollimatsioonipinna tasapinnale  $aC$ . Nüüd näitab alidaadil olev kriips limbil, ütleme  $183^{\circ}42'$ . Siit saame, et sihtide  $AB$  ja  $AC$  vahel asuva otsitava horisontaalnurga suurus on  $183^{\circ}42' - 137^{\circ}15' = 46^{\circ}27'$ .

Eeltoodud nurgamõõte aparaadi kirjeldusest selgub, et sel on järgmised osad:

1. limb,
2. alidaad,
3. dioptrid või pikksilm,
4. alus,
5. vesikaal,
6. statiiv,
7. vertikaallood.

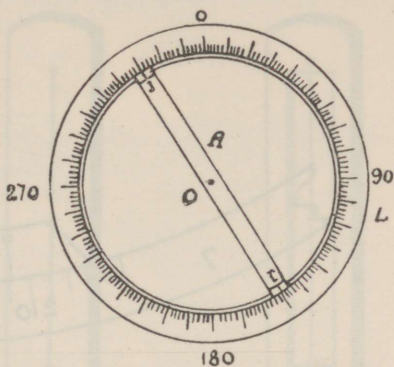
Nüüd vaatleme iga üksikut osa lähemalt.

1. **Limb.** Iga maamõõte aparadi tähtsamaks osaks on limb. Limb kujutab enesest vaskrattast, millesse on lõigatud kraadide jaotused. Suure täpsusega aparatuuridel on jaotused kuni  $\frac{1}{10}$  kraadini, kuid kõige sagedamad on 1 ja  $\frac{1}{2}$  kraadilised jaotused. Kraadide arvud on juurde kirjutatud enamasti iga 10 kraadi järgi. Arvude järjestus on limbil kahesugune, päripäeva — niisugust limbi nimetatakse asimutaalseks (joon. 76) — ja vastu päeva, seda nimetatakse astrolaabiliseks.

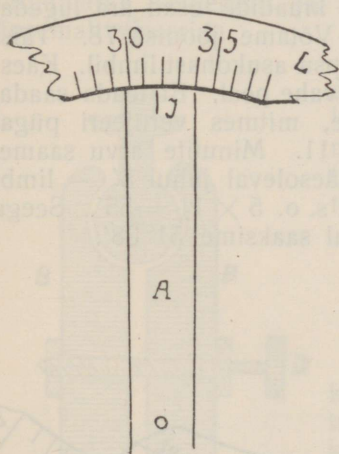
2. **Alidaad** ehk **kraadiosuti.** Alidaadiks nimetatakse limbi tsentrit läbiva telje ümber tiirlevat joonlauda, mille otsad ulatuvad kuni limbi kraadide jaotuseni (joon. 76 A).

Alidaadi kummalegi otsa on märgitud jooned, mis jagavad limbi kahte võrdsesse ossa. Neid joonekesi nimetatakse indeksiteks ehk osutiteks (joon. 77). Samal joonisel on näha osa limbist, kus osuti on peatuma jäänud  $31^\circ$  ja  $32^\circ$  vahele. Silma järgi otsustades näitab indeks  $31,8^\circ$  ehk  $31^\circ 48'$ . Täpsemaks kraadiosade lugemiseks on alidaad varustatud vernjeeriga ehk nooniusuga (joon. 78). Vernjeer koostatakse nii, et  $n-1$  jaotist limbil jagatakse vernjeeril  $n$  võrdsesse osaks. Kui märgime iga pügala pikkuse vernjeeril  $r$  tähega ja  $p$ -ga pügala pikkuse limbil, siis limbil antud kaare pikkus on  $(n-1)p$  ja vernjeeril  $n \cdot r$ . Siit saame  $(n-1) \cdot p = n \cdot r$  ehk  $r = \frac{(n-1)p}{n}$ .

Pügalate pikkuse vahe limbil ja nooniusel nimetatakse vernjeeri ehk nooniusu täpsuseks, s. o.  $p-r$ , või asendades  $r$  tema suurusega  $p - \frac{(n-1)p}{n} = \frac{pn - pn + p}{n} = \frac{p}{n}$ . Tähendab: vernjeeri täpsus võrdub limbi pügala pikkusega, jagatud vernjeeri pügalate arvuga. Näiteks on

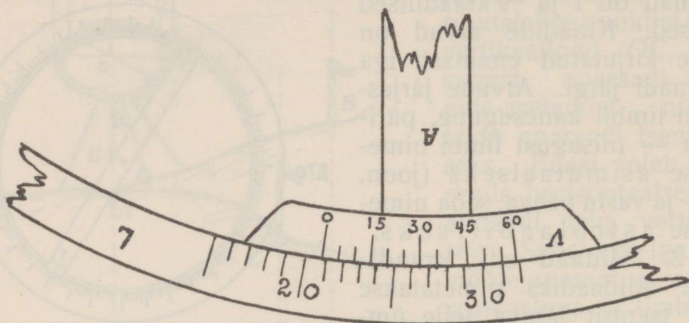


Joon. 76.



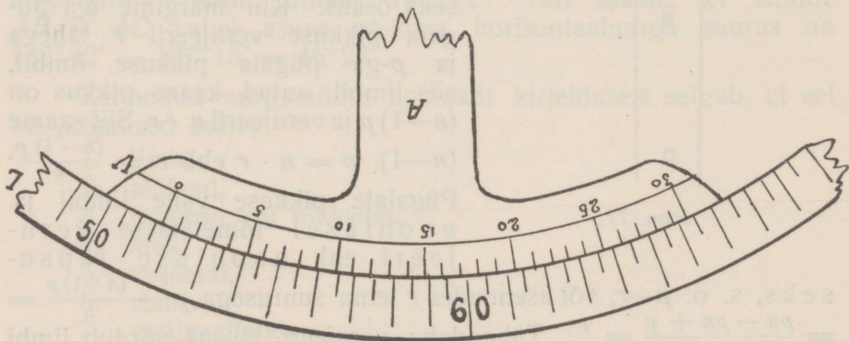
Joon. 77.

78. joonisel vernjeeri täpsus  $\frac{60'}{12} = 5'$ . Üks pügal limbil (joon. 78) vastab  $1^\circ$  ehk  $60'$  ja 11 pügalale limbil vastab 12 pügalat vernjeeril. Võtame veel näite (joon. 79), kus üks pügal limbil



Joon. 78

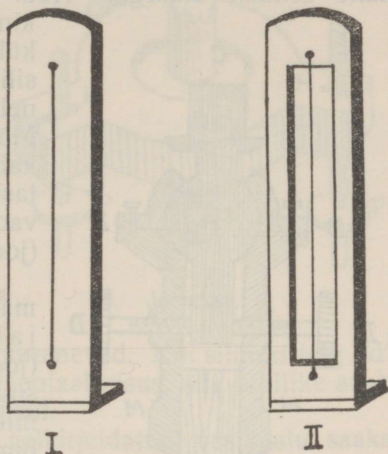
võrdub  $\frac{1}{2}^\circ$  ehk  $30'$  ja 29 pügalale limbil vastab 30 pügalat vernjeeril. Siin on vernjeeri täpsus  $\frac{30'}{30} = 1'$ . Kui on teada vernjeeri täpsus, siis võime vernjeeri abil kraadide osad ära lugeda, mis ei olnud võimalik joonisel 77. Võtame joonise 78. Täiskraadide arvu loeme vernjeeri nullkriipsu asukohast limbil. Käesoleval juhul on nullkriips  $20^\circ$  ja  $21^\circ$  vahe peal. Et teada saada, palju ta üle  $20^\circ$  on, selleks vaatame, mitmes vernjeeri pügal ühtib limbi pügalaga. Siin on see 11. Minutite arvu saame, kui korrutame vernjeeri täpsuse — käesoleval juhul  $5'$  — limbi pügalaga ühtiva vernjeeri pügalaga arvuga, s. o.  $5 \times 11 = 55'$ . Seega siis  $20^\circ 55'$ . Joonisel 79. toodud juhul saaksime  $51^\circ 38'$ .



Joon. 79.



3. **Dioptrid ja pikksilm.** Peale vernjeeri on alidaad varustatud veel dioptritega. Dioptrid on, nagu ekritelgi, kahe-sugused: silmadioptrid ja asjadioptrid. Diopter on perpendiku-laarselt alidaadi või ka limbi pinnale kinnitatud vaskplaat. Silmadioptrile on viseerimiseks jäetud kitsas 0,5—1 mm pilu (joon. 80I). Mõnedel dioptritel on pilu asemel jäetud rida väikseid augukeisi. Asjadioptrile on jäetud laiem aknake (joon 80 II), mille keskohta on ülalt alla tõmmatud pinguli jõhv. Viseerimine sünnib vertikaalpinda mööda, mis läheb läbi silmadioptri pilu ja asjadioptri jõhvi — see ongi kollimatsio-oonipind. Kollimatsioonipind lõi- kab limbi kaheks võrdseks osaks.



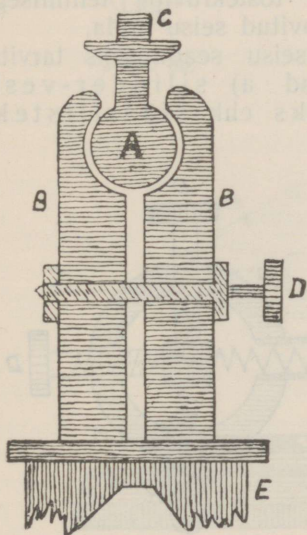
Joon. 80.

Täielikumatel aparaatidel täidab dioptri ülesannet pikksilm, mis võimaldab kaugelasuvaid nurgamärke selgemini ja suurendatult näha ja antud punkti täpsemalt viseerida.

4. **Aparaadi alus.** Nurgamõõte aparaadi alus peab olema võimalikult kergesti tellitav, sest töötamist alates me peame juba limbi seadma horisontaalseisu. Sellepärast on ka kõik aluste tüübid valmistatud kergesti-tellitavad. Aluste tüübid on järgmised:

- a. kuulšarniir-alus,
- b. nelikrist-alus ja
- c. kolmjalg-alus tõstekruvidega.

a. **Kuulšarniir-alus** (joon. 81) koosneb klambritest *BB*, kuhu on jäetud kuuli pesa. Pesas keerleb vabalt kuul *A*, mille ühte külge on kinnitatud vasksilinder *C*, mida omakord on võimalik kinnitada limbi külge. Kui meil limb on kinnitatud silindri *C* külge ja kui me keerame kinnituskruvi *D* lahti, siis võime limbi ühes kuuliga *A* igale poole keerata ja kergesti horisontaalseisu seada. Keerame aga kruvi *D*

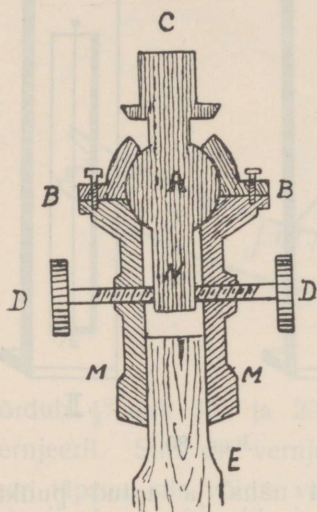


Joon 81.



kinni, siis jääb limb vastavasse seisu püsima. Osa *E* kinnitatakse statiivi külge.

b. **Nelikrist-alus** (joon. 82) on oma ehituse poolest sarnane eelmise alusega. Kuul *A* tiirleb pesas *BB*. Silinder *C*

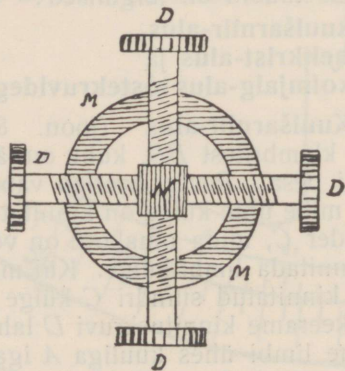


Joon. 82.

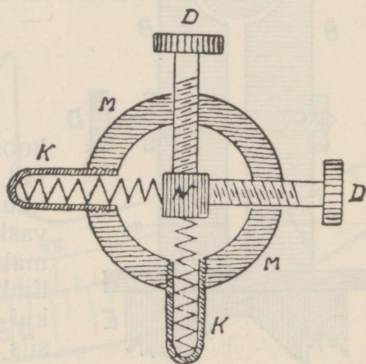
kinnitatakse limbi külge. Kuuli teise külge vastu silindrit *C* on kinnitatud silinder *N*. Vastu silindrit *N* toetuvad neljast küljest kruvid *D* (joon. 83). Mõnedel nelikrist-alustel on ainult kahes küljes kruvid ja nende vastaskülgedes on vedrud *K*, mis suruvad silindri *N* vastu kruvisid *D* (joon. 84).

c. Kõige paremaks ja kindlaks aluseks tuleb pidada kolmjalg-alust tõstekruvidega (joon. 85 ja 86). Ta koosneb massiivsest kolmeharalisest vaskalusest, mille keskohta läbib alust limbiga ühendav telg *D*. Tellimiseks on alus varustatud kolme tõstekruviga *P*. Keerates tõstekruvisid on võimalik aluse harusid tõsta või alandada. Ühes sellega muutub ka limbi seis. Nii võime tõstekruvide tellimisega limbile soovitud seisu anda.

5. **Vesikaal.** Limbi horisontaalseisu seadmiseks tarvatakse vesikaalu. Vesikaalud jagunevad a) silinder-vesikaaludeks ja b) ümmargusteks ehk sfäärilisteks vesikaaludeks.

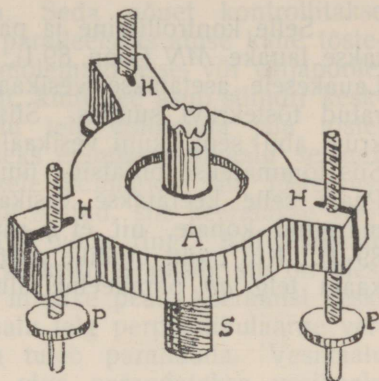


Joon. 83.

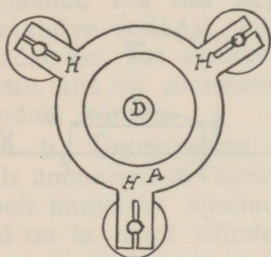


Joon. 84.

a. Silinder-vesikaal on klaastoru, mille sisemine külg on kumeraks lihvitud ja mida võiksime kujutada kaare dod' tiirlemisest ümber sidejoone dd' saadud kumerpinnana (joon. 87). Vesikaal on täidetud eetri või piiritusega, mille pinnal liigub õhuta eetri- või piiritusauru mullike. Mullike on kergesti liikuv ja asub alati silindri kõige kõrgemasse punkti. Silindri välispinnale on tõmmatud kriipsukesed, mis näitavad mullikese asukohta. Keset silindrit on nullkriips, millest mõlemale poole



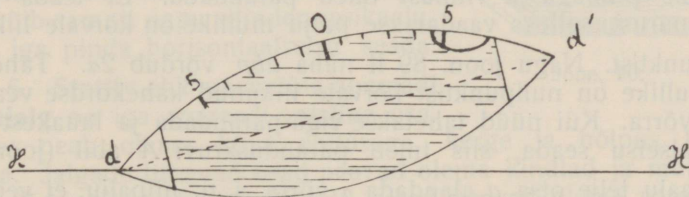
Joon. 85.



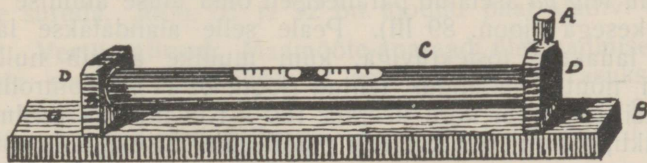
Joon. 86.

arvud suurenevad. Kui silindri telg dd' on horontaalseisus, siis mullike asub nullkriipsul.

Et eelkirjeldatud vesikaalu saaks kasutada tasapinna horontaalseisu seadmiseks, on ta paigutatud vaskalusele *B* asetatud vasksilindrisse (joon. 88). Silinder *C* on tellitav paranduskruviga *A*, s. o. silindri otsa tõstes või langetades muudame vesikaalu telge. See on tarvilik sellepärast, et silinder-vesikaalu telg peab olema paralleelne aluse pinnaga.

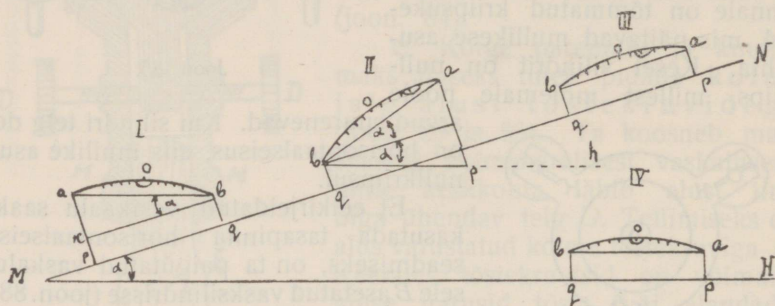


Joon. 87.



Joon. 88.

Selle kontrollimine ja parandamine sünnib järgmiselt. Võetakse lauake  $MN$  (joon. 89 I), millel on vähemalt üks tõstekruvi. Lauakesele asetatakse vesikaal  $ab$  nii, et üks ottest oleks pööratud tõstekruvi suunas. Siis tõstetakse lauakese otsa  $N$  tõstekruvi abil seni, kuni vesikaalu mullike asub silindri nullpunkti. Siis tõmmatakse pliiaatsiga ümber vesikaalu aluse lauakesele joon. Peale selle keeratakse vesikaal  $180^\circ$  ringi ja pannakse tagasi märgitud kohale, nii et  $q$  asuks  $p$  kohale ja  $p$   $q$  kohale (joon. 89 II). Kui nüüd mullike asetub endiselt nullpunkti, siis on vesikaalu telg  $ab$  paralleelne aluse alumise pinnaga ja lauake on



Joon. 89.

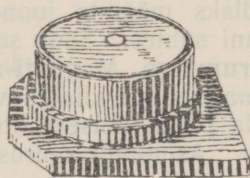
horisontaalseisus. Kui aga peale ümberpaigutust mullike ei asetu nullpunkti, siis vesikaalu telg  $ab$  ei ole paralleelne ta aluse alumise pinnaga ja viimast tuleb parandada. Et teada saada vea suurust, selleks vaadatakse palju mullike on kõrvale liikunud nullpunktist. Nagu joon. 89 II näha  $\hat{a}bp$  võrdub  $2a$ . Tähen­dab ka mullike on nullpunktist kõrvale liikunud kahekordse vea suuruse võrra. Kui nüüd tahetakse viga parandada ja lauakest horisontaalseisu seada, siis tuleb paranduskruvi  $A$  abil (joon. 88)

vesikaalu telje otsa  $a$  alandada  $\hat{a}$  võrra, s. o. niipalju, et vedeliku mullike läheneks poole vahakauguse võrra nullpunktile. Siis on vesikaalu telg  $ba$  asetatud paralleelselt oma aluse alumise küljega ja lauakesega (joon. 89 III). Peale selle alandatakse lauakese otsa  $N$  lauakese tõstekruviga, kuni mullike asetub nullpunkti. Siis on nõutud parandus tehtud (joon. 89 IV). Kontrollimiseks võib vesikaalu veel kord keerata  $180^\circ$ . Kui mullike püsima jääb nullpunkti, siis on vesikaalu telg paralleelne aluse alumise pinnaga.

Igalt silinder-vesikaaluga varustatud maamõõteaparaadilt nõutakse, et silinder-vesikaalu telg peab olema perpendikulaarne

aparaadi vertikaalse pöördeteljega. Seda nõuet kontrollitakse järgmiselt: Seatakse vesikaalu telg paralleelseks aluse kahe tõstekruvi abil ja, keerates tõstekruvisid mõlemaid sisse- või väljapoole, liigutatakse vesikaalu mullikest seni, kuni see asub silindri keskpaika. Nüüd keeratakse vesikaalu telg kolmanda jala tõstekruvi suunda, s. o. perpendikulaarseks eelmise vesikaalu seisuga ja mullike tellitakse silindri keskele kolmanda jala tõstekruvi abil. Kui aparaat on niiviisi loodi seatud, siis keeratakse vesikaal vertikaalse pöördetelje ümber  $180^\circ$  võrra ringi. Kui vesikaalu mullike peale  $180^\circ$  ringikeeramist keskpaigas püsib, siis on ülesseatud nõue rahuldatud. Kui aga mullike peale keeramist keskpaigast ära liigub, siis pole vesikaalu telg perpendikulaarne vertikaalse pöördeteljega ja vesikaalu tuleb parandada. Vesikaalu parandus sünnib niiviisi, et pool viga parandatakse vesikaalu paranduskruvi abil, s. o. tellitakse vesikaalu paranduskruvist seni, kuni mullike poole kõrvalekaldumise võrra tagasi liigub, ja ülejäänud vea osa parandatakse aluse tõstekruvist. Peale selle keeratakse vesikaal uuesti  $180^\circ$  ümber vertikaalse pöördetelje ja vaadatakse, kas mullike püsib nüüd paigal. Kui mullike paigal püsib, siis on ülesseatud nõue täidetud, kui mitte — tuleb parandust korrata.

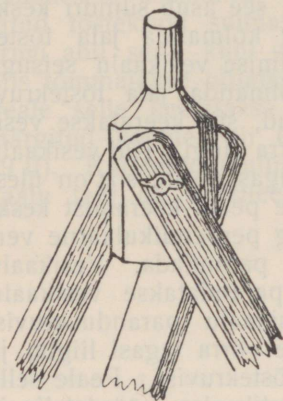
b. **Ümmargune ehk sfääriline vesikaal** (joon. 90) koosneb ümmargusest karbikesest, mille ülemist pinda katab seestpoolt kumeraks lihvitud klaas. Täidetud on ta nagu silindervesikaalgi eetriga või piiritusega, mille pinnal liigub õhuta mullike. Keset klaasi pealmist pinda on tõmmatud ring, mis näitab vesikaalu keskpunkti. Sfäärilise vesikaalu abil võib samuti nagu silinder-vesikaaluga iga pinda horisontaalseisu seada.



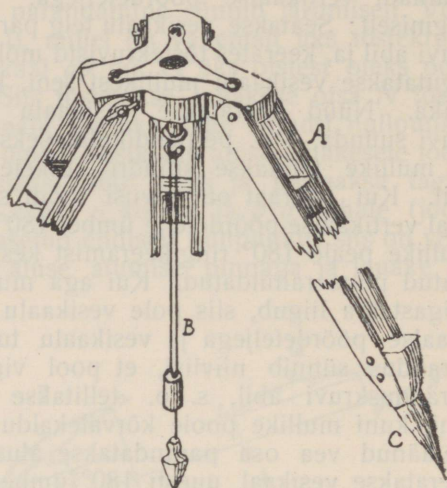
Joon. 90.

6. **Statiiv ehk maamõõte-aparaadi kolmjalg** on iga aparaadi vajaline osa. Statiiv peab olema kõva ehitusega, kerge ja hõlpus kaasas kanda. Jalgade liikuvad osad peavad olema kindlad ja mutritega kergesti kinnikeeratavad; nende otsad peavad olema varustatud teravate raudkaitsetega C (joon 91 ja 92), et kergem oleks jalga maasse suruda. Joon. 91 ja 92 on toodud paar statiivi tüüpi.

7. **Vertikaallood.** Maamõõte-aparaadi ülesseadmisel mingisugusele punktile nõutakse, et aparaadi tcenter asuks täpselt antud punkti kohal. Et see võimalik oleks, selleks ongi iga aparaat varustatud vertikaalloega. Joon. 92 oleval statiivil on näha vertikaallood B.



Joon. 91.



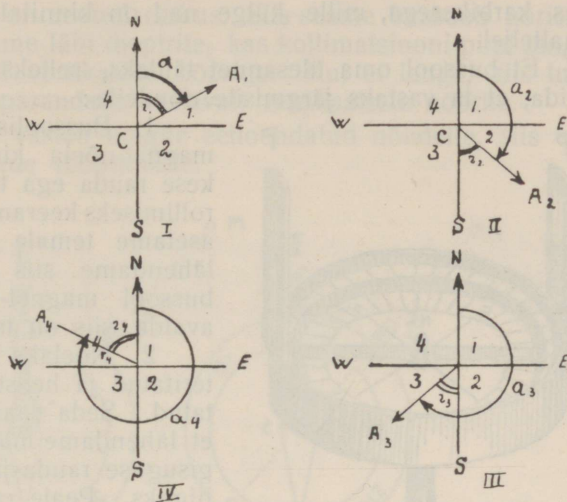
Joon. 92.

### A. Bussool.

Bussool on lihtsamaid nurgamõõde-aparaate, mis võimaldab kindlaks määrata joone või kontuuri külje suuna magneti-meridiaani suhtes. Seda suunda võib kindlaks määrata **asimuudiga** või **rumbiga**. **Magneti-asimuudiks** nimetatakse nurka antud suuna ja magneti-meridiaani vahel. Nurka loetakse sel korral magnet-nõela põhjapoolsest otsast ida ja lõuna kaudu kuni antud suunani. Asimuudi suurus võib olla  $0^{\circ}$ — $360^{\circ}$ .

**Rumbiks** nimetatakse teravnurka antud suuna ja magneti-meridiaani vahel ja nurka loetakse siis magnet-nõela põhja- või lõuna-otsast ida või lääne poole kuni antud suunani. Rumbi suurus võib olla kuni  $90^{\circ}$ . Joon. 93 on  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  ja  $a_4$  asimuudid ja  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  ja  $r_4$  on märgitud rumbid. Nagu jooniseist selgub võib sama rumbi suurus igas veerandis uuesti esineda. Et eraldada, missuguse veerandi rumbi suurusega tegu on, tuleb alati ka rumbi suurusele juurde lisada ta nimetus. Rumbi nimetus esimeses veerandis on *NE*, teises *SE*, kolmandas *SW* ja neljandas *NW*. Samast joonisest № 93 selgub ka, et asimuudid ja rumbid on kindlas vahekorras, s. o. kui on teada antud suuna asimuut, siis võib selle järgi välja arvata rumbi. Joon. 93 I<sub>1</sub> on näha, et kui antud suund on esimeses veerandis, siis rumb võrdub asimuudiga; kui antud suund on teises veerandis (II), siis rumb võrdub  $180^{\circ}$  — asimuut; kui antud suund on

kolmandas veerandis (III), siis rumb võrdub asimuudiga —  $180^\circ$ ; kui antud suund on neljandas veerandis, siis rumb võrdub  $360^\circ$  — asimuut. Samuti võib ka asimuuti välja arvata, kui on teada antud suuna rumb. Kui antud suund asub esimeses veerandis, siis asimuut võrdub rumbiga; kui antud suund asub teises veerandis, siis asimuut võrdub  $180^\circ$  — rumb; kui see asub kolmandas veerandis, siis asimuut võrdub  $180^\circ +$  rumb ja kui neljandas, siis  $360^\circ -$  rumb. Järgneva selleks näide, kus antud rumbid on üle viidud asimuutideks:



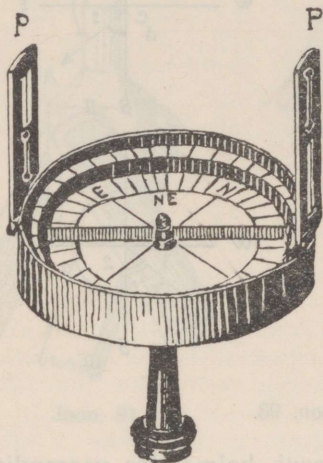
Joon. 93.

Rumbid	Asimuudid
NE $64^\circ 15'$	$64^\circ 15'$
SE $37^\circ 32'$	$132^\circ 28'$
EW $18^\circ 18'$	$198^\circ 18'$
NW $78^\circ 55'$	$281^\circ 05'$

Bussool on ümmargune vaskkarp, mille siseküljele on paigutatud kraadide jaotustega rõngas. Enamasti on kraadide jaotus  $0^\circ$ — $360^\circ$ . Kuid on ka rumbilise jaotusega bussoole. Keset karki on paigutatud nõelake, mille otsas liigub magnet-nõel. Magnet-nõela otsad ulatuvad kuni rõnga ehk limbi kraadide jaotuseni (joon. 94). Et magnet-nõel bussooli kandmise ajal ei rikunduks, selleks on ta varustatud seadeldisega, mis võimaldab teda tõsta mittetõtamise ajal vastu kattedklaasi. Mõlemale poole karbi külge on kinnitatud dioptrid. Dioptrid on paigutatud nii, et nende kollimatsiooni-pind lõikab  $0^\circ$  ja  $180^\circ$  jaotust. Dioptrid

ühes karbikesega, mille külge nad on kinnitatud, liiguvad vertikaalteljel.

Et bussool oma ülesannet täidaks, selleks tuleb teda kontrollida, et ta vastaks järgmisile nõudeile:



Joon. 94.

1. Bussoolis ei tohi olla peale magnet-nõela kinnitamise nõelakese rauda ega terast. Selle kontrollimiseks keerame nõelakese välja, asetame temale magnet-nõela ja lähendame siis bussoolile. Kui bussool magnet-nõelale mõju ei avalda, siis on ta rauavaba.

2. Nõelake peab olema hästi teritatud ja heast terasesõ valmis-  
tatud. Seda saame teada niiviisi, et lähendame magnet-nõelale mingisuguse raudasja, nii et ta kohalt liiguks. Peale raudasja kõrvaldamist liigub magnet-nõel endisesse kohta. Sellejärgi lähendame talle raudasja teisest küljest. Kui nüüd magnet-nõel peale raudasja kõrvaldamist jälle oma endisesse kohta

tagasi liigub, siis on ta korras, kui mitte, siis tuleb nõelakesest parandada.

3. Magnet-nõel peab olema tasakaalustatud. Selle kontrollimiseks seame bussooli vesikaalu abil horisontaal-seisu ja vaatame, kas magnet-nõela otsad on mõlemal pool ühekaugusel limbi servast. Kui nad seda ei ole, tuleb seda viga parandada vaskvõru abil, millega on varustatud magnet-nõela harudest üks ja mille edasi-tagasi liigutamise abil on võimalik magnet-nõela tasakaalustada.

4. Nõelake peab täpselt limbi tsentris asuma, s. o. magnet-nõelal ei tohi olla ekstsentrisust ehk lahkeskes-  
sust. Selle kontrollimiseks keerame bussooli ringi. Siis peavad magnet-nõela otsad alati limbi pooleks jagama. Kui nad seda ei tee, siis võib viga parandada mehaanik nõelakese ümberpaigutuse teel.

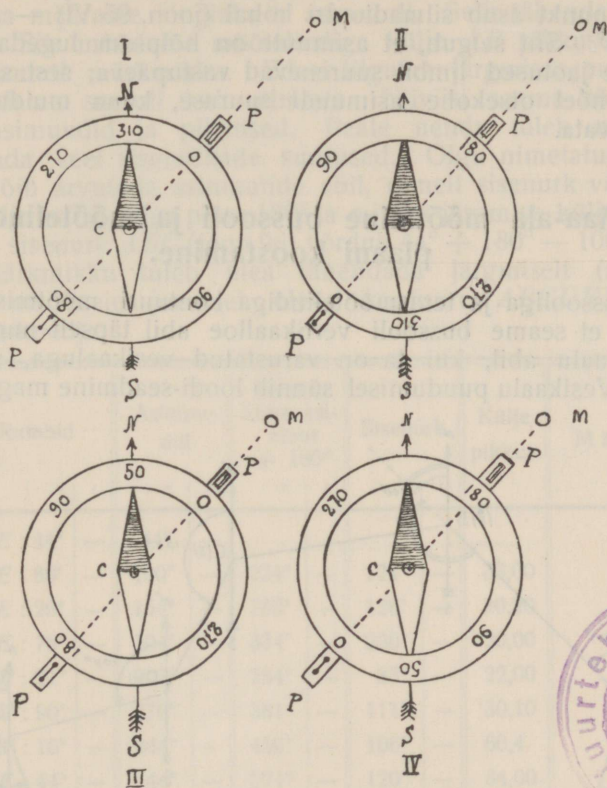
5. Kollimatsiooni-pind peab lõikama  $0^\circ$  ja  $180^\circ$  limbil. Selle kontrollimiseks tõmbame jõhvi silmadioptri alumisest otsast kuni asjadioptri ülemise otsani ja vaatame siis läbi silmadioptri, kas jõhv katab  $0^\circ$  ja  $180^\circ$ . Kui seda ei ole, siis tuleb dioptreid vastavalt parandada.

Kui bussool on loodis, siis kollimatsiooni-pind peab olema vertikaalseisus. Selleks riputame üles paarikümne meetri kaugusele



nööri, mille otsa on seotud raskus. Siis seame bussooli horisontaalseisu ja vaatame läbi dioptrite, kas kollimatsiooni-pind langeb ühte ülesriputatud vertikaalse nõoriga. Kui ei lange, siis tuleb asjadioptri jõhvi parandada vastavalt vertikaalsele nõõrile.

Kui bussool vastab kõigile eelloendatud nõudeile, siis võib ta'ga asuda nurkade mõõtmisele.



Joon. 95.

Asimuute mõõdetakse bussooliga järgmiselt: Bussool asub nurgal  $C$  (joon. 95 I). Kui me viseerime läbi dioptrite  $PP$  tikule  $M$ , siis nurk  $NCM$ , s. o. nurk, mis sünnib limbi nullpunkti ja põhjapoolse magnet-nõela otsa vahel, on külje  $CM$  asimuut. Nii siis, kui kraadide arvud suurenevad limbil pahemalt paremale, s. o. päripäeva, ja nullpunkt on asjadioptri kohal, võrdub otsitav asimuut  $360^\circ$  miinus magnet-nõela põhjaotsaga limbil näidatud kraadide arv, käesoleval joonisel  $310^\circ$ . On aga nullpunkt silmadioptri

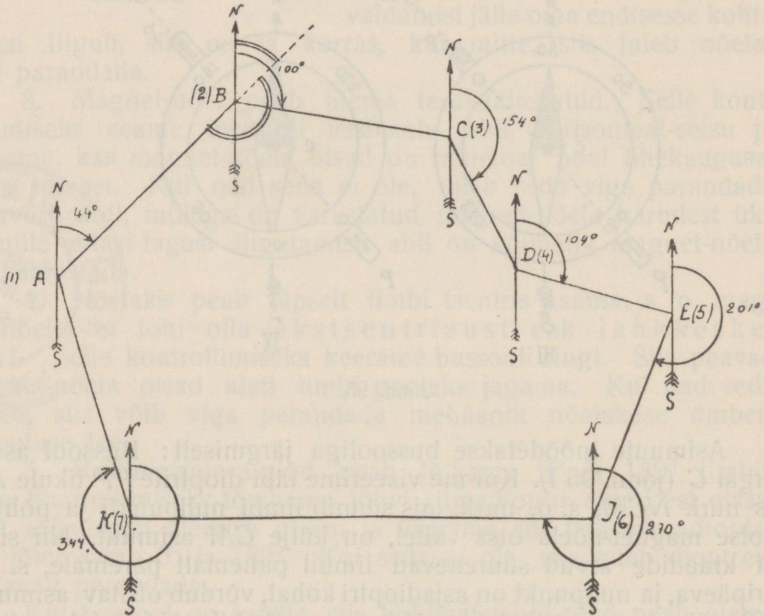


kohal (joon. 95 II), siis tuleb vaatlust toimida magnet-nõela lõunaotsa järgi ja otsitav asimuut võrdub  $360^\circ$  miinus magnet-nõela lõuna-otsaga limbil näidatud kraadide arv, praegusel juhul  $310^\circ$ .

Kui kraadide jaotused limbil suurenevad paremalt pahemale, s. o. vastupäeva, siis näitab magnet-nõela põhjaots limbil asimuudi kraadide arvu sel korral, kui nullpunkt asub asjadioptri kohal (joon. 95 III) — käesoleval joonisel  $50^\circ$  — ja lõunaots, kui nullpunkt asub silmadioptri kohal (joon. 95 VI) — meie joonisel  $50^\circ$ . Siit selgub, et asimuute on hõlpsam lugeda siis, kui kraadide jaotused limbil suurenevad vastupäeva, sest siis näitab magnet-nõel otsekohe asimuudi suuruse, kuna muidu tuleb ta välja arvata.

## B. Maa-ala mõõtmine bussooli ja mõõtelindiga ja plaani koostamine.

Bussooliga ja terasmõõtelindiga kontuuri mõõtmist algame sellega, et seame bussooli vertikaalloe abil täpselt nurgale üles ja vesikaalu abil, kui ta on varustatud vesikaaluga, seame ta loodi. Vesikaalu puudumisel sünnib loodi-seadmine magnet-nõela



Joon. 96.

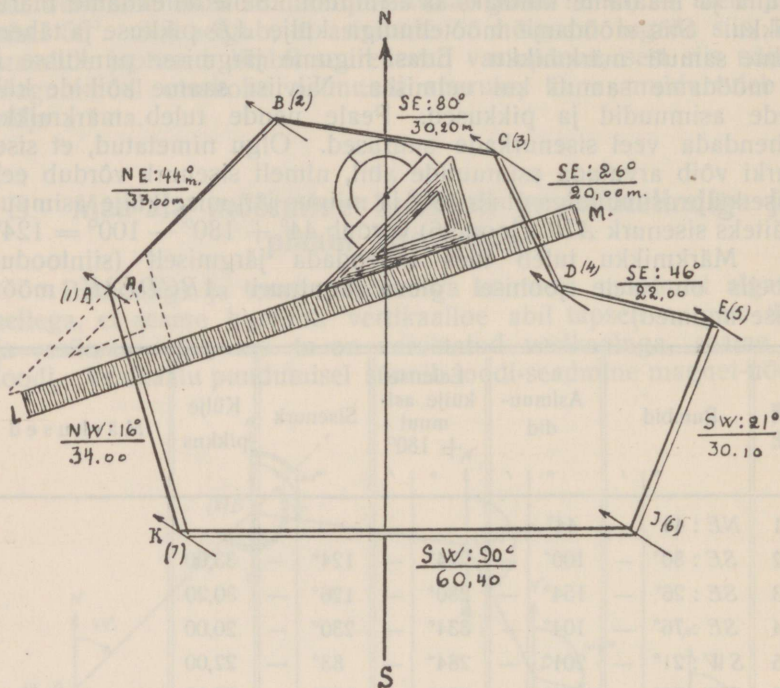
tasakaalustamise teel. Edasi asume esimese külje asimuudi või rumbi kindlaksmääramisele. Olgu nimetatud, et iga kontuuri külgi ja nurki tuleb nii mõõta, et mõõdetud maa-ala jääks alati paremat kätt, s. o. tuleb liikuda kontuuri kaudu päripäeva. Kui algame mõõtmist punktist *A* (joon. 96), siis tuleb esimesena määramisele külje *AB* asimuut. Selleks viseerime punktisse *A* ülesseatud bussooli dioptrite läbi punktisse *B*. Saame külje *AB* suuna ja määrame kindlaks ta asimuudi. Selle tähendame märkmikku. Siis mõõdame mõõtelindiga külje *AB* pikkuse ja tähendame samuti märkmikku. Edasi liigume järgmisse punktisse *B* ja mõõdame samuti kui eelmises. Nii viisi saame kõikide külgede asimuudid ja pikkused. Peale nende tuleb märkmikku tähendada veel sisenurkade suurused. Olgu nimetatud, et sisenurki võib arvutada asimuutide abil, nimelt sisenurk võrdub eelmise külje asimuudiga pluss  $180^\circ$  ja miinus järgmise külje asimuut. Näiteks sisenurk *ABC* (joon 96) võrdub  $44^\circ + 180^\circ - 100^\circ = 124^\circ$ .

Märkmikku tuleb üles tähendada järgmiselt (siintoodud tabelis on meie joonisel oleva kontuuri *ABCDEIK* mõõtmise andmed):

№ №	Rumbid		Asimuudid		Eelmise külje asimuut + $180^\circ$		Sisenurk		Külje pikkus	Märkused
	°	'	°	'	°	'	°	'		
1	NE	: 44°	—	44°	—					
2	SE	: 80°	—	100°	—	224°	—	124°	—	33,00
3	SE	: 26°	—	154°	—	280°	—	126°	—	30,20
4	SE	: 76°	—	104°	—	334°	—	230°	—	20,00
5	SW	: 21°	—	201°	—	284°	—	83°	—	22,00
6	SW	: 90°	—	270°	—	381°	—	111°	—	30,10
7	NW	: 16°	—	344°	—	450°	—	106°	—	60,4
1	NE	: 44°	—	44°	—	524°	—	120°	—	34,00

Maastikul mõõtmisest saadud andmete najal tuleb hiljem kodu konstrueerida plaan. Selleks tõmbame paberile, kuhu kavatsame plaani konstrueerida, ülalt alla sirgjoone, mille võtame meridiaanina. Selle ülemise ehk põhjapoolse otsa märgime tähega *N* ja alumise ehk lõunapoolse tähega *S* (joon. 97). Edasi tuleb meelde tuletada, missugusest kaarest algasime mõõtmist maastikul. Oletame, et see sündis läänest. Samuti võtame ka plaani läänepoolses osas punkti *A* ja algame siit kontuuri külgede paigutamist paberile nende rumbide järgi. Et esimest rumbi

$NO:44^\circ$  ja esimese külje pikkust plaanile paigutada, selleks seame malli keskpunkti meridiaanile, s. o. joonele  $NC$  ja keerame siis malli ümber enda keskpunkti seni, kuni üks ta diameetri pooltest on  $NO$  suunas ja teine  $SW$  suunas. Keerata tuleb seda niikaua, kuni meridiaan langeb täpselt ühte malli  $44^\circ$ -ga, siis surume vastu malli diameetrit kolmnurga hüpotenuusi ja vastu kolmnurga pikemat kaatetit joonlauda. Sellega anname kolmnurga

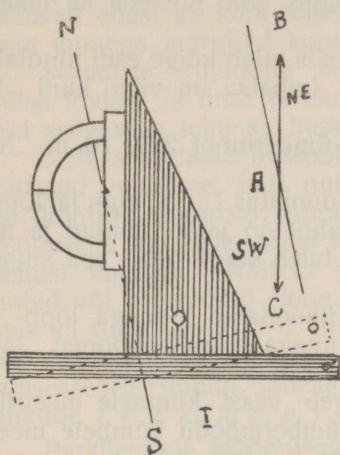


Joon. 97.

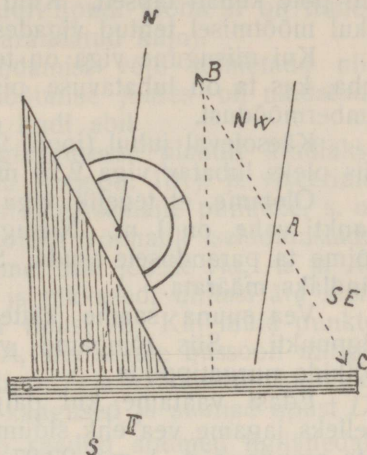
hüpotenuusile  $NO:44^\circ$  suuna. Siis kõrvaldame malli<sup>2</sup> ja liigutame teda joonlauda  $LM$  mööda kuni kolmnurga hüpotenuus lõikab antud punkti  $A$ . Siis tõmbame hüpotenuusi järgi joone ja sellele paigutame punktist  $A$  esimese külje pikkuse 33,00 m. Sellega määrame kindlaks nurgatipu  $B$  asukoha. Saadud joon on konstrueeritava kontuuri esimene külg  $AB$ . Nii paigutame ka kõik teised kontuuri küljed plaanile. Praksis on näidanud, et eeltoodud konstrueerimise täpsemaks ja hõlpsamaks läbiviimiseks tuleb silmas pidada järgmisi näpunäiteid:

Kui on tarvis konstrueerida rumb, mille suurus on alla  $20^\circ$ , siis tuleb alati kolmnurga pikemat kaatetit suruda vastu

malli alust ja lühema kaateti vastu joonlaud (joon. 98); kui sumbi suurus on  $20^{\circ}$ – $45^{\circ}$ , siis tuleb alati kolmnurga hüpotenuus rurada vastu malli alust ja joonlaud vastu lühemat kaatetit (joon. 99);

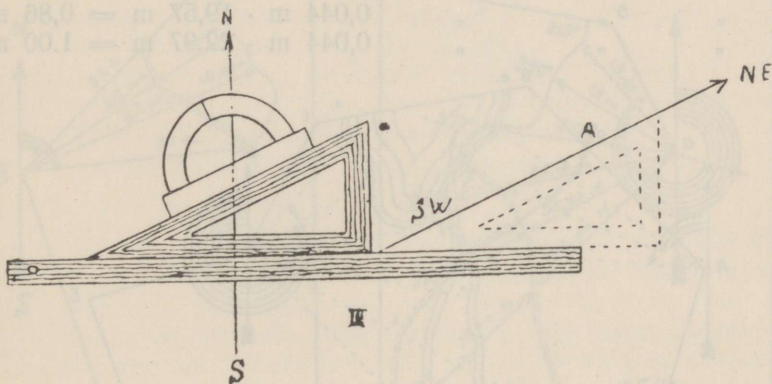


Joon. 98.



Joon. 99.

kui rumbi suurus on  $45^{\circ}$ – $90^{\circ}$ , siis tuleb alati kolmnurga hüpotenuus suruda vastu malli alust ja joonlaud vastu pikemat kaatetit (joon. 100); joonlaud tuleb alati hoida allpool; vastassuu-



Joon. 100.

nadega rumbide, nagu *NO* ja *SW* või *NW* ja *SO*, joonistamisel asetatakse kolmnurk ühtemoodi.

Kui me eeltoodud näites kõik kontuuri küljed rumbide alusel plaanile oleme üle kandnud, siis algpunkt *A* ja lõpppunkt *A*,

peaksid ühtima. See sünnib aga väga harva, alati jääb alg- ja lõpppunkti vahele vahe — viga ehk sidumatus. See oleneb osalt sellest, et plaani konstrueerimiseks tarvitataavad instrumentid pole küllalt täpsed. Kuid sidumatus võib oleneda ka maastikul mõõtmisel tehtud vigadest.

Kui niisugune viga on tehtud, siis tuleb kõige esiti kindlaks teha, kas ta on lubatavuse piirides. Lubatav on viga kuni  $\frac{1}{100}$  übermõõdust.

Käesoleval juhul (joon. 97) on übermõõt 229, 70 m. Nii siis oleks lubatav viga 2,29 m.

Oletame, et tegelik viga või sidumatus, s. o. alg- ja lõpppunkti vahe, on 1 m. Niisugusel juhul on viga lubatud ja me võime ta parandusele asuda. Selleks tuleb kõige pealt vea suund kindlaks määrata.

Vea suuna saame kätte, kui ühendame joonega lõpp- ja algpunkti. Siis tõmbame vea suunaga paralleeljooned läbi kõikide nurgatippude.

Edasi vaatame, kui palju langeb veast kümnele meetrile. Selleks jagame vea ehk sidumatus übermõõdu kümnete meetrite arvuga, s. o. 1 m:  $22,97 = 0,044$  m. Siit järgneb, et punkt

*B* tuleks paigutada pahemale  $0,044 \text{ m} \cdot 3,30 \text{ m} = 0,14 \text{ m}$ .

*C* " " "  $0,044 \text{ m} \cdot 6,32 \text{ m} = 0,28 \text{ m}$ .

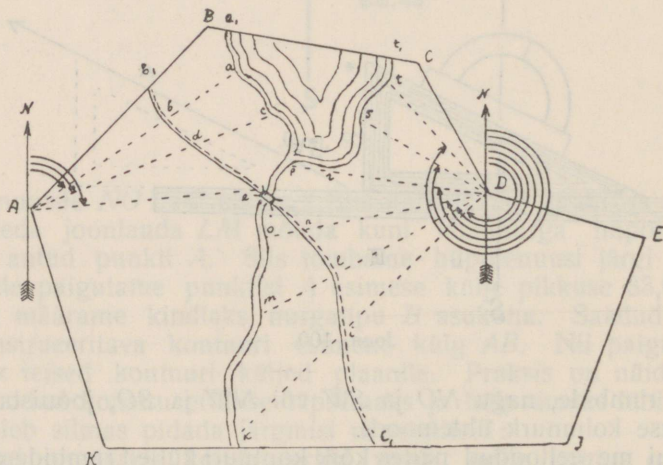
*D* " " "  $0,044 \text{ m} \cdot 8,32 \text{ m} = 0,36 \text{ m}$ .

*E* " " "  $0,044 \text{ m} \cdot 10,52 \text{ m} = 0,46 \text{ m}$ .

*I* " " "  $0,044 \text{ m} \cdot 13,53 \text{ m} = 0,59 \text{ m}$ .

*K* " " "  $0,044 \text{ m} \cdot 19,57 \text{ m} = 0,86 \text{ m}$ .

*A* " " "  $0,044 \text{ m} \cdot 22,97 \text{ m} = 1,00 \text{ m}$ .



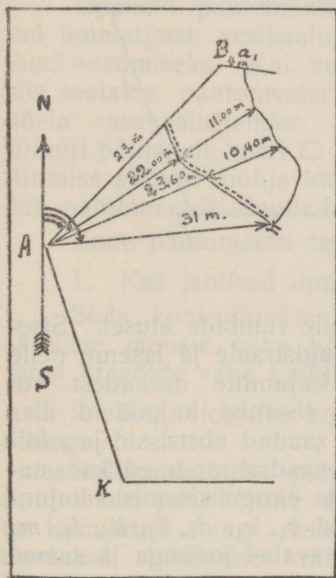
Joon. 101.

Oleme niimoodi iga tipu kohta nende parandused välja arvanud, siis märgime sirkliga vea suunas tippudele tulevad parandused ja ühendame saadud punktid omavahel. Sellega lõpp-punkt  $A_1$  nihkub algpunkti  $A$  kohale ja vastavalt parandusele nihkuvad edasi ka kõik teised kontuuri tipud. (Joon 97 on tumedama joonega märgitud kontuuri parandatud kuju).

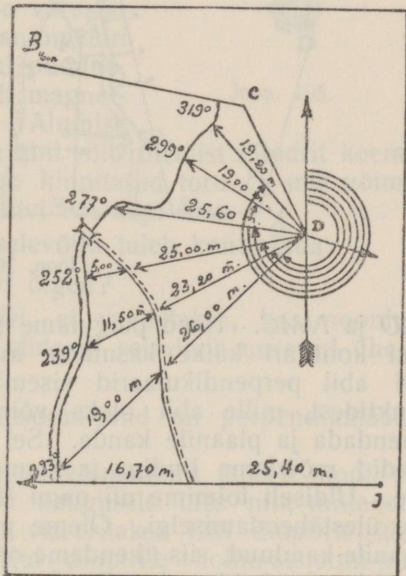
Sisemiste kujundite ülestähendamist võib toimetada nii, kuidas lindiga ja lindi ja ekriga mõõtmise juures oli näidatud. Kuid seda võib teha ka bussooli ja lindi abil.

Selleks asetame bussooli mingisugusesse plaauil kindlaks-määratud punktisse, näit. nurgatippu  $A$  (joon. 101), ja viseerime läbi dioptrite sisemiste kujundite karaktersemaile punktele, s. o. niisuguseile punktele, mille kaudu oleks võimalik iseloomustada sisemist kujundit. Näiteks mõõdame ära joonte  $Aa$ ,  $Ac$  ja  $Ae$  rumbid või asimuudid (joon. 101) ja pikkused, ühtlasi ära märkides ka punktide  $b$  ja  $d$  kaugused tipust  $A$ . Kui muid punkte pole võimalik ära märkida tipust  $A$ , siis seame bussooli mingisugusesse teise punkti, näiteks nurgatippu  $D$  ja määrame siit kindlaks punktide  $i, k, l, m, n, o, p, r, s$  ja  $t$  kaugused ja suunad tipust  $D$ .

Paralleelselt mõõtmisega tuleb saadud andmed ligilähedalt paberile joonistada, s. o. teha kavastus, (Abriss), mille alusel andmed kodu plaanile kanname (joon. 102 ja 103).



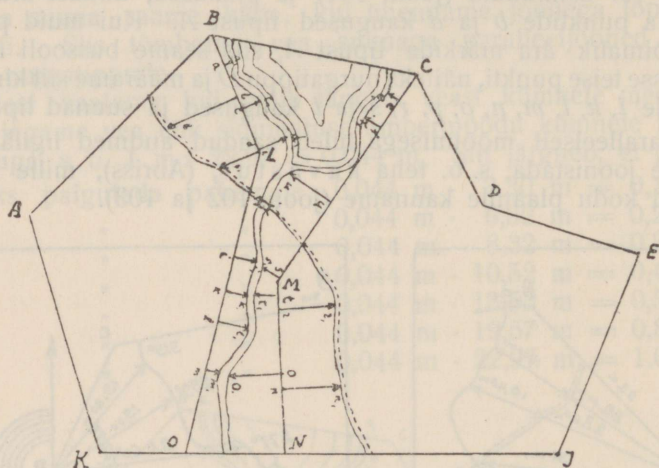
Joon. 102.



Joon. 103.

Mõõdetud andmeil sisemiste kujundite plaanile ülekandmiseks seame nurgast *A* rumbide või asimuutide alusel üles jooned *Aa*, *Ac* ja *Ae* ja märgime sirkliga punktide *a*, *b*, *d*, *c* ja *e* kaugused. Samuti toimime ka tipus *D* ja märgime plaanile punktide *i*, *k*, *l*, *m*, *n*, *o*, *p*, *r*, *s* ja *t* asukohad. Kui me kõik punktid oleme plaanile kandnud, siis ühendame *a*<sub>1</sub>, *a*, *c* ja *t*<sub>1</sub>, *t*, *s*, *r*, *p*, *o*, *m* ja *k* ning saame järve ja oja kujutise. Samuti ühendame punktid *b*<sub>1</sub>, *b*, *d*, *e*, *n*, *l*, *i* ja *i*, ja saame tee kujutise. Kui oja on enam-vähem ühelaiune, siis tõmbame teise oja kalda vastavas kauguses paralleelselt esimese kaldaga. Vastasel korral tuleb oja mõlemad kaldad kindlaks määrata rea punktiga. Nii on võimalik bussooli ja mõõtelindi abil sisemisi kujundeid plaanile tähendada.

Sisemisi situatsioone võime üles tähendada ka sel teel, et ajame läbi kontuuri *ABCDEIK* (joon. 104) sisemised käigud



Joon. 104.

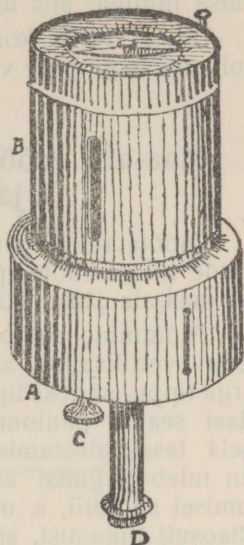
*BLO* ja *NMC*. Need paigutame plaanile rumbide alusel. Sisemisi kontuuri käike kasutame kui magistraale ja laseme neile ekri abil perpendikulaarid sisemiste kujundite nurkadest või punktidest, mille abil oleks võimalik sisemisi kujundeid üles tähendada ja plaanile kanda. Sel teel saadud abstsissid ja ordinaadid mõõdame lindiga ja kanname saadud andmed kavastusele. Üldiselt toimime nii nagu lindi ja ekriga sisemiste kujundite ülestähendamiselgi. Oleme punktid *b*<sub>1</sub>, *c*<sub>1</sub>, *d*<sub>1</sub>, *i*<sub>1</sub>, *k*<sub>1</sub>, *l*<sub>1</sub>, *m*<sub>1</sub> plaanile kandnud, siis ühendame nad omavahel joonega ja saame järve ja oja kalda plaanil. Samuti kanname üle ja ühendame ka muud punktid.



### C. Pantomeeter.

Pantomeeter on nurgamõõde aparaat, mille abil võib mõõta sisenerki. Oma ehituse poolest on ta täielikum kui bussool. Pantomeeter koosneb kahest silindrist *A* ja *B* (joon. 105), mis tiirlevad ühise telje ümber teineteise peal. Silindri *B* ülemisse otsa on kinnitatud bussool. Silindri *A* ülemine serv on jagatud  $360^\circ$  ja vastab limbile. Ülemise silindri alumise serva külge on kinnitatud noonius ehk vernjeer. Ülemine silinder täidab alidaadi ehk kraadiosuti ülesannet. Mõlemasse silindrisse on paigutatud dioptrid. Alumise silindri dioptrid on asetatud nii, et nende kollimatsiooni-pind lõikab limbil  $0^\circ$  ja  $180^\circ$ . Üks paar ülemise silindri dioptreid on nii asetatud, et nende kollimatsiooni-pind lõikab nooniusse *O* kriipsu ja langeb ka ühte bussooli  $0^\circ$  ja  $180^\circ$ , kuna teine paar lõikab esimest paari  $90^\circ$  nurga all. Niisugune seadeldus lubab kasutada pantomeetrit ka kui silinderekrit.

Uuemad pantomeetrid on varustatud ümmarguse vesikaaluga pantomeetri loodi-seadmiseks. Kui vesikaal puudub, siis seatakse pantomeeter loodi magnetnõela tasakaalustamise teel. Alumise silindri põhjas on kruvi *C*, mille abil võib ülemist silindrit keerata. Alumise silindri põhja külge on kinnitatud toru *D*, mis võimaldab pantomeetrit kinnitada statiivi või kepi otsa.



Joon. 105.

Enne pantomeetri tarvituselevõttu tuleb kontrollida:

1. Kas jaotised limbil on õiged?

Seda kontrollitakse niiviisi, et vaadatakse, kas nooniusse äärmiste jaotiste vahe kõigil alidaadi seisakuil annavad ühe ja sama kraadide vahe limbil.

2. Kas dioptrite kollimatsiooni-pind on perpendikulaarne limbiga?

Selleks seatakse pantomeeter võimalikult täpselt loodi, siis riputatakse paarikümne sammu kaugusele üles niit, mille otsa on kinnitatud mingi raskus, ja viseeritakse läbi dioptrite ülesriputatud vertikaalset niiti. Kui dioptrite kollimatsiooni-pind ühtib vertikaalse niidiga, siis on dioptrite kollimatsiooni-pind perpendikulaarne limbiga.

3. Kas limbi ja alidaadi kollimatsiooni-pinnad ühtivad limbi ja nooniusse nullpunktide ühtesetamisel?

Peale nullpunktide ühteseadmist viseeritakse läbi alumise ja ülemise silindri dioptrite ülesriputatud vertikaalsele niidile. Kui mõlemate dioptrite paari kollimatsiooni-pinnad ühtivad vertikaalse niidiga, siis ühtivad ka kollimatsiooni-pinnad.

Edasi tuleb kontrollida ka pantomeetri küljes olevat bussooli, nii nagu seda varem bussooli juures kirjeldatud.

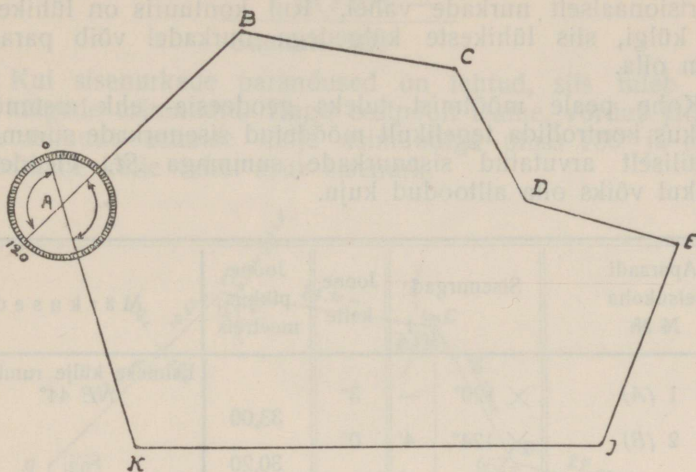
#### D. Maa-ala mõõtmine pantomeetri ja mõõtelindiga ja plaani koostamine.

Mõõta tuleb pantomeetriga samuti kui bussooliga ja kõigi muude nurgamõõte-aparaatidega päripäeva, s. o. nii, et kontuur ehk maa-ala jääks ikka paremat kätt.

Mõõtmine pantomeetriga sünnib järgmiselt. Asetame pantomeetri vertikaalloe abil täpselt kontuuri ükskõik missugusesse nurga tippu, näiteks tippu  $A$  ja nimetame seda esimeseks (joon. 106). Edasi seame pantomeetri loodi kas vesikaalu abil või magnetnõela tasakaalustamise teel. Siis asume sisenurga mõõtmisele. Siin tuleb järgmist asjaolu silmas pidada: kui kraadide arvud alumisel silindril, s. o. limbil, suurenevad vastupäeva, s. o. vastu kellaosuti liikumist, siis tuleb alumise silindri dioptrite paar juhtida paremale poole, s. o. sinna, kust tulime (meie joonisel küljele  $AK$ ), ja ülemise silindri dioptrite paar meie liikumise suunas, tähendab küljele  $AB$ . Kui aga kraadide arvud alumisel silindril suurenevad päripäeva, siis tuleb alumise silindri dioptrite paar juhtida pahemale poole, s. o. meie liikumise suunas (küljele  $AB$ ), ja ülemise silindri dioptrite paar paremale poole, s. o. küljele  $AK$ . Kui nullpunkt alumisel silindril, s. o. limbil, on silmadioptri juures, siis loeme sisenurga suuruse ülemise silindri, s. o. alidaadi, silmadioptri juures asuva nooniusse järgi. Asub aga limbi nullpunkt asjadioptri juures, siis loeme sisenurga suuruse alidaadi asjadioptri juures asuva nooniusse järgi.

Ühes esimese nurga  $KAB$  mõõtmisega tuleb kindlaks määrata võimalikult täpselt ka esimese külje rumb. Selleks juhime ülemise silindri dioptrite paari nurgale  $B$  ja vabastame magnetnõela kinnituskruvi. Kui magnetnõel on seisma jäänud, siis määrame esimese külje  $AB$  rumbi kindlaks. Peale selle keerame magnetnõela kinnituskruvi uuesti kinni ja liigume aparaadiga järgmisele punktile  $B$ . Liikudes punktist  $A$  punkti  $B$  mõõdame mõõtelindiga esimese külje  $AB$  pikkuse. Samuti mõõdame ka järgmised kontuuri nurgad ja küljed.

Mõõtmisega käsikäes tuleb joonistada kavastus, kuhu märgitakse nurkade suurused, külgede pikkused ja külgede mõõtmisel ettetulevad esemed, näit. teed, jõed, põllud j. m., ära tähendades nende kaugused kontuuri tippudest. Ka tuleb üles tähendada naabermaade omanikkude nimed ja näidata, kust vastava omaniku piir algab ja kus lõpeb.



Joon. 106.

Kui kõik sisenurgad on mõõdetud, siis tuleb kontrollida kas tegelikul mõõtmisel saadud sisenurkade summa vastab teoreetiliselt arvatatud sisenurkade summale.

Oletame, et meie joonisel on sisenurkade suurused järgmised :

1	(A)	=	120°	—
2	(B)	=	124°	4'
3	(C)	=	125°	58'
4	(D)	=	230°	4'
5	(E)	=	82°	58'
6	(J)	=	111°	2'
7	(K)	=	106°	—

Summa . . . 900° 6'

Teoreetiliselt võrdub antud kontuuri sisenurkade summa :  $180^\circ \cdot (7-2) = 900^\circ$ . Tegelikult mõõtmisel saadud sisenurkade summa ja teoreetiliselt arvatatud sisenurkade summa vahe on viga. Käesoleval juhul on see  $900^\circ 6' - 900^\circ = 0^\circ,6'$ . Vahe ehk viga ei tohi suurem olla kui  $\pm 1,5 \cdot t \sqrt{n}$ , kus  $t$  on aparadi mõõtmise

täpsus ja  $n$  nurkade arv. Oletame, et meie aparaat mõõdab  $2'$  täpsusega, siis ei tohi vahe siin suurem olla kui  $1,5 \cdot 2 \cdot \sqrt{7} = 7,8'$ . Meil on aga vahe ainult  $6'$ , tähendab lubatud vea piirides. Kui viga oleks suurem kui  $7,8'$ , siis tuleks oletada, et mõõtmisel on tekkinud suurem viga ja see tuleb üles otsida. Kui viga on lubatavuse piirides, siis kõrvaldatakse see niiviisi, et jagatakse ta proportsionaalselt nurkade vahel. Kui kontuuris on lühikesi ja pikki külgi, siis lühikeste külgedega nurkadel võib parandus suurem olla.

Kohe peale mõõtmist tuleks geodeesia- ehk maamõõte-kaustikus kontrollida tegelikult mõõdetud sisenurkade summa  $S_n$  teoreetiliselt arvatud sisenurkade summaga  $St$ . Geodeesia-kaustikul võiks olla alltoodud kuju.

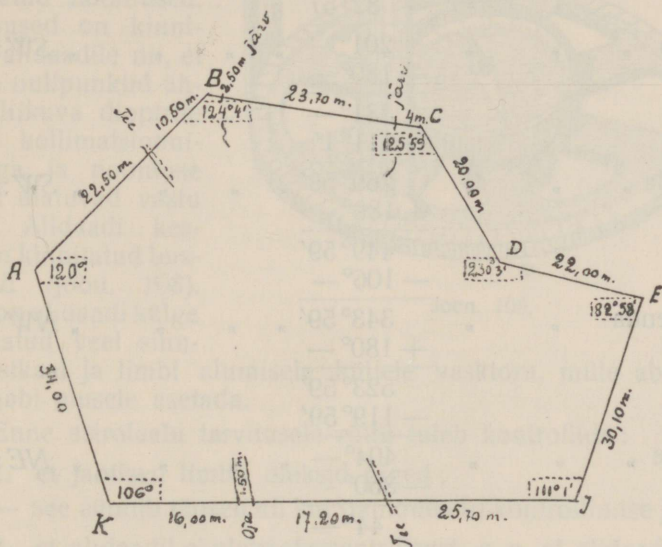
Aparaadi seisukoha № №	Sisenurgad	Joone kalle	Joone pikkus meetreis	Märkused
1 (A)	× 120° —	3°	33,00	Esimese külje rumb on NE 44°
2 (B)	× 124° 4'	0°	30,20	
3 (C)	× 125° 58'	0°	20,00	
4 (D)	× 230° 4'	0°	22,00	
5 (E)	× 82° 58'	0°	30,10	
6 (I)	× 111° 2'	0°	60,40	
7 (K)	106° —	0°	34,00	
Tegelikult mõõdetud sisenurkade summa	$S_n = 900^\circ$ 6'			
Teoreetiline summa	$St = 900^\circ$ —			
Vahe	$R =$ 6'	(Saadud vahe)		
$1,5 \cdot 2 \cdot \sqrt{7} \dots$	$\dots \dots \dots$ 7,8'	(Lubatud vahe)		

Edasi tuleb kõrvaldada sisenurkade mõõtmisel tekkinud viga. Viga võib kõrvaldada niiviisi, et lahutame lühemate külgedega nurkadest kokku  $6'$ . Need nurgad on 1, 2, 3, 4 ja 5, mis geodeesia-kaustikus märgitud ristidega. Parandatult on sisenurgad järgmised:

- 1 (A)  $119^{\circ} 59'$
- 2 (B)  $124^{\circ} 3'$
- 3 (C)  $125^{\circ} 57'$
- 4 (D)  $230^{\circ} 3'$
- 5 (E)  $82^{\circ} 57'$
- 6 (I)  $111^{\circ} 1'$
- 7 (K)  $106^{\circ} -$

Summa  $900^{\circ}$

Kui sisenurkade parandused on tehtud, siis tuleb arvutada külgede asimuudid. Nagu eestpoolt teame, võrdub järgmise külje asimuut eelmise külje asimuudiga pluss  $180^{\circ}$  ja miinus nende kahe külje vahel asuv sisenurk.



Joon. 107.

Geodeesia-kaustikus on antud, et esimese külje rumb võrdub  $NE: 44^{\circ}$ , millele aga vastab asimuut  $44^{\circ}$ . Nii siis on esimese külje asimuut  $44^{\circ}$ , mille järgi tuleb välja arvata ka kõik teiste külgede asimuudid.

Asimuutide arvutamise järjekord on järgmine:

$$\begin{array}{r}
 \text{esimese külje asimuut võrdub } 44^{\circ} - \text{ ja sellele vastab rumb } NE: 44^{\circ} - \\
 + 180^{\circ} - \\
 \hline
 224^{\circ} - \\
 - 124^{\circ} 3' \\
 \hline
 \end{array}$$

teise külje asimuut võrdub	$99^{\circ}57'$	ja sellele vastab rumb	$SE: 80^{\circ}3'$
	$+ 180^{\circ} -$		
	$279^{\circ}57'$		
	$- 125^{\circ}57'$		
kolmada „ „ „	$154^{\circ} -$	„ „ „	$SE: 26^{\circ} -$
	$+ 180^{\circ} -$		
	$334^{\circ} -$		
	$- 230^{\circ}3'$		
neljanda „ „ „	$103^{\circ}57'$	„ „ „	$SE: 76^{\circ}3'$
	$+ 180^{\circ} -$		
	$283^{\circ}57'$		
	$- 82^{\circ}57'$		
viienda „ „ „	$201^{\circ} -$	„ „ „	$SW: 21^{\circ} -$
	$+ 180^{\circ} -$		
	$381^{\circ} -$		
	$- 111^{\circ}1'$		
kuuenda „ „ „	$269^{\circ}59'$	„ „ „	$SW: 89^{\circ}59'$
	$+ 180^{\circ} -$		
	$449^{\circ}59'$		
	$- 106^{\circ} -$		
seitsmenda „ „ „	$343^{\circ}59'$	„ „ „	$NW: 16^{\circ}1'$
	$+ 180^{\circ} -$		
	$523^{\circ}59'$		
	$- 119^{\circ}59'$		
esimese „ „ „	$404^{\circ} -$	„ „ „	$NE: 44^{\circ} -$
	$- 360^{\circ} -$		
	$44^{\circ} -$		

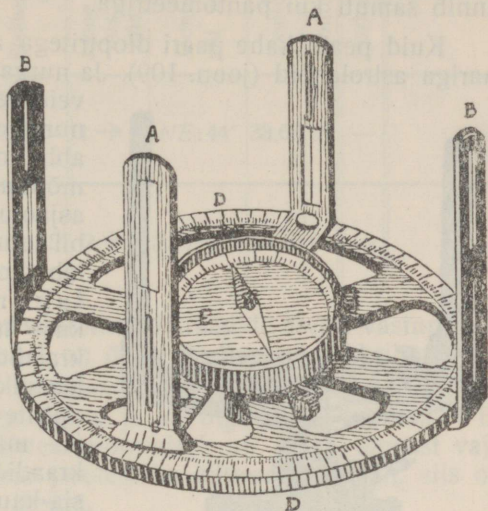
Esimese külje asimuut arvatakse teiskordselt välja kontrollimise mõttes.

Peale külgede numbrite arvutamist hakatakse plaani konstrueerima. See sünnib samuti kui bussooliga mõõtmisel saadud andmeil plaani konstrueerimine, millest juba varem oli juttu. Ka sisemiste kujundite märkimine sünnib varemkirjeldatud viisil.

### E. Astrolaab.

Astrolaab koosneb limbist *DD* (joon. 108), mille kraadide arvud suurenevad enamasti paremalt pahemale, s. o. vastupäeva. Nullpunkt limbil asub nagu pantomeetrigi silmadioptri või

asjadioptri kohal. Limbi külge kinnitatud dioptripaari kollimatsioonipind peab ühtima  $0^\circ$  ja  $180^\circ$  punktidega. Limbi tsentrit läbiva telje ümber tiirleb alidaad. Alidaad on samuti kui limb varustatud ühe paari dioptritega. Limbi külge kinnitatud dioptrite paar  $BB$  (joon. 108) on liikumatu ja vastab pantomeetri alumise silindri dioptrite paarile. Alidaadi külge kinnitatud dioptrite paar  $AA$  on liikuv ja vastab pantomeetri ülemise silindri dioptrite paarile. Alidaadi kummalegi otsa on kinnitatud nooniused. Nooniused on kinnitatud alidaadile nii, et nende nullpunktid ühtivad liikuva dioptrite paari kollimatsioonipinnaga ja nooniused servad ulatuvad vastu limbi. Alidaadi keskele on kinnitatud bussol  $E$  (joon. 108).



Joon. 108.

Edasi on alidaadi külge paigutatud veel silinder-vesikaal ja limbi alumisele küljele vasktoru, mille abil võib astrolaabi alusele asetada.

Enne astrolaabi tarvitusele-võttu tuleb kontrollida :

1. et jaotised limbil oleksid õiged ;

— see sünnib täpselt nii kui pantomeetri kontrollimise juures ;

2. et alidaadil ei oleks ekstsentrilisust, s. o. et alidaadi kummalgi otsal asuva nooniused nullkriipsud igal alidaadi seisul poolitaksid limbi ;

— ekstsentrilisuse suurus võrdub mõlema nooniused järgi loetud minutite poole veaga ;

3. et vesikaalu telg oleks perpendikulaarne astrolaabi vertikaalteljega ;

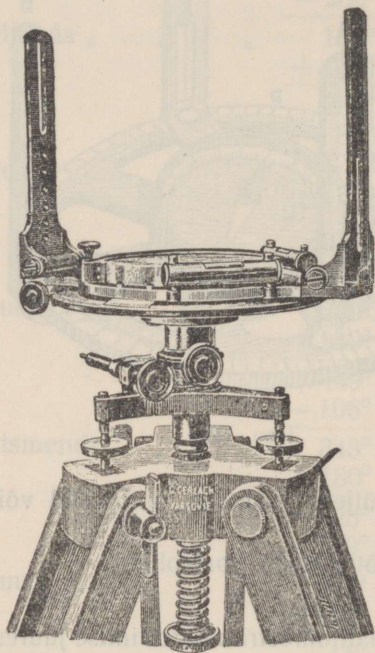
— selleks seatakse astrolaab vesikaalu järgi loodi ja keeratakse ta siis ümber vertikaaltelje  $180^\circ$ . Kui seejuures vesikaalu mullike jääb paigale, on see nõue täidetud, kui mitte — siis tuleb pool viga parandada vesikaalu paranduskruvist ja pool viga aluse tõstekruvist.

4. Et mõlemate dioptrite paari kollimatsiooni-pinnad ühtiksid limbi ja nooniusse nullkriipsude ühteseadmisel;

— selle kontrollimine oli kirjeldatud pantomeetri juures.

Nurgamõõtmise astrolaabiga, millel kaks paari dioptreid, sünnib samuti kui pantomeetriga.

Kuid peale kahe paari dioptritega astrolaabide on veel ühe paariga astrolaabid (joon. 109). Ja nurgamõõtmise viimastega on veidi teissugune. Peale aparadi nurgale asetamist ja vesikaalu abli loodiseadmist tuleb enne mõõtmist silmas pidada järgmist asjaolu. Kui kraadide arvud limbil suurenevad päripäeva, siis tuleb dioptrite paar juhtida esiti tagumisele küljele, s. o. kust tulime. Kanname loetud kraadid ja minutid geodeesia-kaustikusse. Siis juhime dioptrite paari esiküljele ja märgime samuti loetud kraadid ja minutid geodeesia-kaustikusse. Tagumise külje vaatlusest saadud arvust lahutame eesoleva külje vaatlusest saadud arvu ja saame otsitava sisenurga suuruse. Kui tagumise külje vaatlusest saadud arv osutub esikülje vaatlusest saadud arvust väiksemaks, siis tuleb esimesele liita  $360^\circ$  ja saadud summast lahutada esikülje vaatlusest saadud arv. Vahe ongi otsitav sisenurk.



Joon. 109.

Kui aga kraadid limbil suurenevad vastupäeva, siis tuleb sisenurga suuruse leidmiseks esikülje vaatlusest saadud arvust lahutada tagumise külje vaatlusest saadud arv ja kui esimene arv osutub teisest väiksemaks, siis tuleb esikülje vaatlusest saadud arvule liita  $360^\circ$  ja saadud summast lahutada tagumise külje vaatlusest saadud arv.

Märkmikku võib mõõteandmeid järgmiselt kanda:



N u r g a d						J o o n e d					Kavastus.
Aparaadi seisukoha № №	Vaadeldavate punktide № № või nimetused	Noonius I kr. ja min.	Noonius II min.	Keskmine min.	Sisenurk kr. ja min.	Joone nimetus mis punktist mis punktiini	Joonte rumbid või asimuudid	Joonte pikkus	Joonte ka'le	Märkused	
1 (A)	2 (B)	238° 10'	10'	10'	120° —	1 → 2	NE: 44°	33,00	3°	—	
	7 (K)	118° 10'	10'	10'							
2 (B)	3	152° 35'	35'	35'	124° 5'	2 → 3	SE: 80° 5'	30,20	0°	—	
	1	128° 30'	30'	30'							

Astrolaabide enamikul suurenevad kraadide arvud vastupäeva. Täielikumail astrolaabel on dioptrite asemel pikksilm.

Peale eelkirjeldatud nurgamõõte aparaatide on veel **teodoliit**. Teodoliit on väga täpne ja ka õige kallis aparaat. Et tegelikul põllumehel talupiires mõõtmisel nii suurt täpsust vaja pole ja teodoliit oma hinna poolest ka kättesaamatu on, siis on selle lähem kirjeldus ära jäetud.

### Küsimusi ja ülesandeid.

1. Nimetage, missuguseist osist koosneb nurgamõõte-aparaat!
2. Seletage, mis ülesanne on nooniusel ehk vernjeeril ja kuidas seda kasutatakse!
3. Seletage, missugused alused on maamõõte-aparaadil!
4. Kirjeldage, kuidas sünnib silinder-vesikaalu kontrollimine ja parandamine!
5. Seletage, missugust nurka nimetatakse rumbiks!
6. Seletage, missugust nurka nimetatakse asimuudiks!
7. Kirjeldage, kuidas käsitatakse nurgamõõtmisel bussooli!
8. Nimetage, missugused 7 parandust esinevad bussooli kontrollimisel!
9. Seletage, kuidas arvutatakse sisenurga suurust bussooliga mõõtes!
10. Kirjeldage, kuidas on ehitatud pantomeeter!
11. Kirjeldage, missugused parandused esinevad pantomeetri juures!
12. Kirjeldage, kuidas toimub nurgamõõtmine pantomeetrigal!
13. Millega võrdub kontuuri sisenurkade summa?
14. Kirjeldage, kuidas on ehitatud astrolaab!

15. Seletage, missugused parandused esinevad astro-laabi juures!

16. Seletage, kuidas toimub nurgamõõtmine ühe paari dioptritega astrolaabiga!

17. Arvutage aparadi mõõtmise täpsus, kui üks pügal limbil võrdub  $1^\circ$  ja 9 pügalat limbil vastavad 10 pügalale vernjeeril!

18. Arvutage, kui suur on rumb ja kuidas teda nimetatakse, kui asimuut võrdub  $235^\circ 42'$ !

19. Arvutage asimuudi suurus, kui rumb võrdub  $NO\ 47^\circ 15'$ !

20. Kui suur on sisenurk, kui eelmise külje asimuut on  $121^\circ 15'$  ja järgneva külje asimuut  $189^\circ 30'$ !

21. Arvutage kontuuri külgede rumbid ja konstrueerige saadud rumbide ja antud küljepikkuste alusel kontuur mõõdus 1:1000, kui esimese külje rumb on  $NO:60^\circ$  ja sisenurgad ning küljepikkused on järgmised:

N <sup>o</sup> N <sup>o</sup>	Sisenurgad	Küljepikkused
1	$113^\circ 45'$	
		82,50 m
2	$135^\circ 45'$	
		67,00 m
3	$62^\circ 45'$	
		42,70 m
4	$302^\circ 45'$	
		47,00 m
5	$54^\circ 45'$	
		58,70 m
6	$125^\circ 30'$	
		96,20 m
7	$104^\circ 45'$	
		48,00 m
1	$113^\circ 45'$	

22. Selgitage, kas viga 3,5 m on lubatavuse piires, kui kontuuri übermõõt ehk perimeeter on 436 m!

23. a) Seletage, kas sisenurgad on õieti mõõdetud, kui kuue-külgsse kontuuri sisenurkade summa, mõõdetud pantomeetriga, mille täpsus  $2'$ , võrdub  $720^\circ 5'$ ,

b) kui ei ole, siis kas viga on lubatavuse piires!

24. Arvutage järgmise külje asimuut, kui eelmise külje asimuut võrdub  $194^\circ 36'$  ja sisenurk võrdub  $134^\circ 57'$ !

## TEINE OSA.

# Loodimine ehk nivellimine.

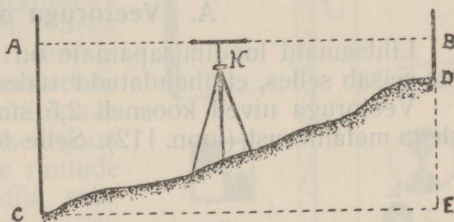
## I. Üldmõisted.

Loodimise ülesanne on kindlaks määrata looditava maastiku kuju (reljeef) üksikute punktide suhteliste vahekõrguste või nende absoluutsete kõrguste alusel.

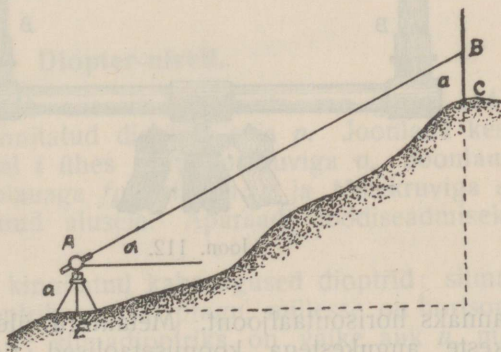
Suhteliseks vahekõrguseks ehk vaheks nimetame kahe võrreldava kõrguspunkti vahet. Absoluutseks kõrguseks nimetame kõrgust, mis arvatud merepinna keskmisest seisust, kusjuures merepinna keskmine seis loetakse nulliks.

Kahe punkti suhtelist vahekõrgust maastikul on võimalik kindlaks määrata kolmel viisil:

1. Geomeetrilise loodimise teel, s. o. kui me kahe või mitme punkti suhtelist vahekõrgust määrame horisontaaljoone abil (joon. 110). Loe ehk nivelli  $K$  abil saame horisontaaljoone  $AB$ . Edasi võrdleme punktide  $C$  ja  $D$  kaugusi horisontaaljoonest  $AB$ . Sel-



Joon. 110.



Joon. 111.

leks seame üles punktidest  $C$  ja  $D$  perpendikulaarid kuni punktideni  $A$  ja  $B$ . Saame, et punkt  $D$  on kõrgemal punktist  $C$  s. o.  $AC - BD = DE$  võrra.

2. Trigonomeetrilise loodimise teel, s. o. kui me kahe või enam punkti suhtelise vahekõrguse määrame punktide  $A$  ja  $B$  vahekauguse ja kallaknurga  $\alpha$  alusel (joon. 111).

3. Baromeetrilise loodimise teel, s. o. kui me punktide suhtelist tõusu või langust määrame õhurõhumise alusel baromeetriga.

Käesolevas raamatus vaatleme ainult geomeetrilist loodimist.

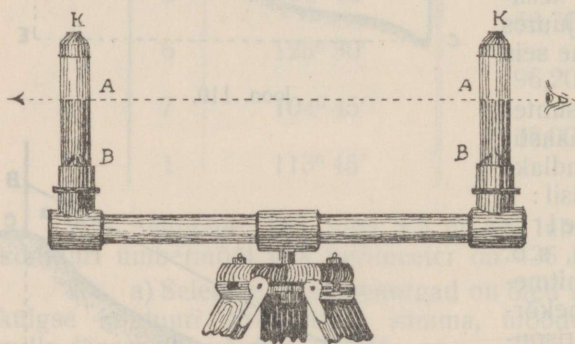
## II. Geomeetriline loodimine.

Nagu juba varem nimetatud, sünnib geomeetriline loodimine horisontaaljoone abil. Horisontaaljoone saamiseks tarvitatavat aparati nimetatakse **nivelliks**. Nivell peab olema kerge ja hõlpus käsitada ja ta peab andma täpse horisontaaljoone. Nivelles on mitmesuguseid. Peale nivelli tarvitatakse loodimisel veel latti.

### A. Veetoriga nivell.

Lihtsamaid loodimisaparate on veetoriga nivell. Ta põhimõte seisab selles, et ühendatud torudes on vedelik tasakaalustatud.

Veetoriga nivell koosneb 2,5 sm läbimõõduga üleskeeratud otstega metalltorust, (joon. 112). Selle toru üleskeeratud otstesse on



Joon. 112.

asetatud klaastorud. Torusse valatakse mustaks värvitud vett kuni ta täidab  $\frac{1}{3}$  klaastorudest. Klaastorud peavad olema ühesuguse läbimõõduga, sest muidu tõuseks vedeliku pind jõhvsuse mõjul kitsamas torus kõrgemale kui laiemas ja nende pinnad ei

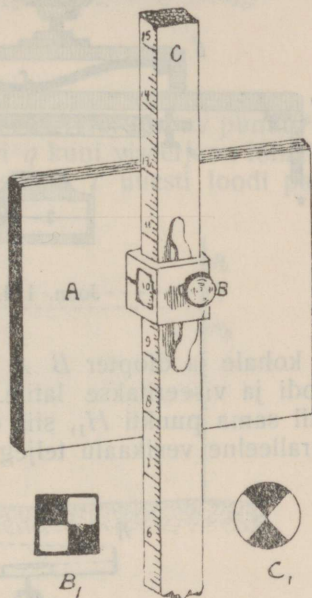
annaks horisontaaljoont. Metalltoru üleskeeratud otstes on väikeste augukestega koonusetaolised tipud  $BB$ , mille kaudu vedelik aeglaselt ühest torust teise võib voolata. See on selleks,

et vedelik nivellisel kandmisel vähem loksuks. Vee väljavoolamist torudest kaitsevad kaaned *KK*.

Värvitud vesi torudes tasakaalustub ja selle pealmiste pindade *AA* kaudu viseerides saame horisontaaljoone.

Veetoruga nivelli heaks omaduseks on ta lihtsus, mille tõttu teda ka koduste abinõudega võib valmistada. Ta halbuseks on tülikas ühest-teise kandmine ja peamiselt see, et vaatlusi latile üle 20 m on ta'ga juba raske toimetada. Kuni 20 m loetakse ta täpsust 1 sm.

Vaatluse hõlbustamiseks ja täpsimate tulemuste saamiseks tarvatakse veetoruga nivelli juures erilist latti *C* (joon. 113). See latti on varustatud märklauaga *A*, mille esiküljele on värvitud kaks musta ja kaks valget ruutu *B<sub>1</sub>*. Mõnedel lattidel on märklauad ringikujulised, mille esiküljele on joonistatud kolmnurgad *C<sub>1</sub>*. Ruutude või kolmnurkade ühtimispunkt on märgitud ka märklaua tagumisel küljel. Seda latti kasutatakse nii, et loodija aparadi juures annab märku lathioidjale, kas märklaua liigutada üles või alla, nii et viseer-joon ühtuaks valgete ja mustade ruutude ühtimispunktiga. On loodija selle kätte saanud, loeb lathioidja märklaua tagumisel küljel oleva kriipsu abil latilt viseeritava joone kõrguse.



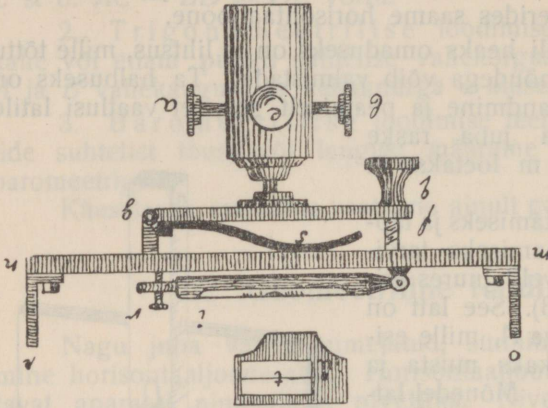
Joon. 113.

## B. Diopter-nivell.

Diopter-nivell kujutab enesest joonlauda *mn* (joon. 114), mille otste külge on kinnitatud dioptrid *o* ja *p*. Joonlaua keskele on asetatud vesikaal *i* ühes paranduskruviga *v*. Joonlaud *mn* on ühendatud joonlauaga *fg* hingega *g* ja tõstekruviga *q*. Joonlaud *fg* on kinnitatud alusele. Aparadi loodiseadmiseks on kruvid *abc*.

Joonlauale *mn* on kinnitatud kahesugused dioptrid: silma- ja asjadioptrid. Asjadioptriks on lai pragu, millesse on horisontaalselt tõmmatud jõhv *t*; silmadioptriks on väike auk *u*, mis asub jõhviga *t* ühel joonel.

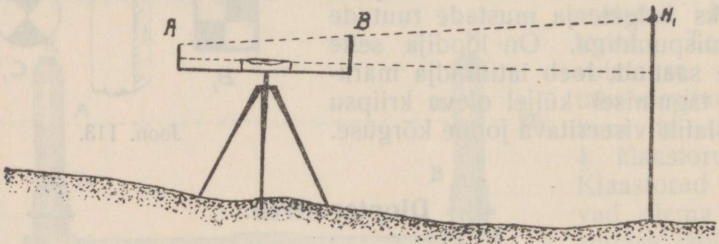
Diopter-nivelli mõõtmise täpsus kõigub  $\frac{1}{5000}$  —  $\frac{1}{8000}$  vahel, s. o. 20 m kohta on täpsus umbes 2—4 mm.



Joon. 114.

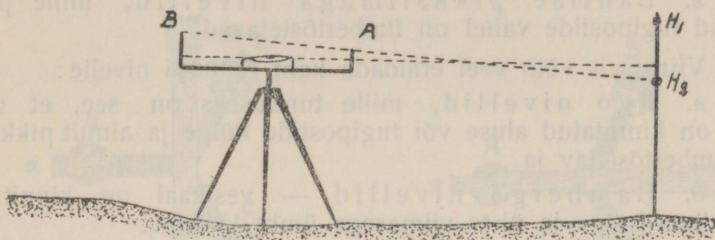
Diopter-nivelli viseerjoon peab olema paralleelne vesikaalu-teljega. Seda kontrollitakse järgmiselt: Nivell seatakse vesikaalu abil loodi. Loodiseadmist toimetatakse tellimiskruvide *bea* abil. Kui aparaat on loodis, siis-viseeritakse latile. Oletame, et viseerjoon lõikab latti punktis  $H_1$  (joon. 115). Selle järgi keeratakse nivell  $180^\circ$  võrra ringi, nii et diopter *A* asub

*B* kohale ja diopter *B* *A* kohale. Siis seatakse aparaat uuesti loodi ja viseeritakse latile. Kui teiskordsel viseerimisel näeme latil sama punkti  $H_1$ , siis on aparaat õige, s. o. viseerjoon on paralleelne vesikaalu teljega.



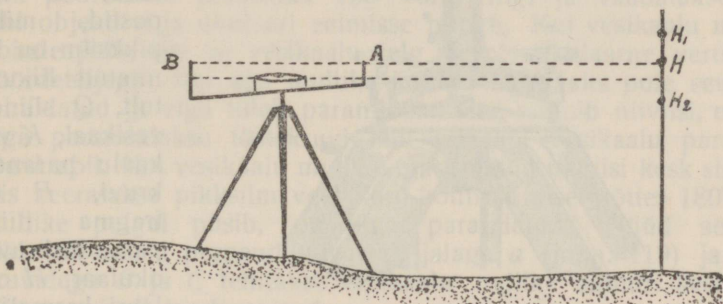
Joon. 115.

Kui aga teiskordsel viseerimisel viseerjoon lõikab latil mingisugust muud punkti, oletame  $H_2$  (joon. 116), mis asub esimese vaatluse punktist allpool, siis pole aparaat õige ja viga tuleb parandada. See sünnib niiviisi, et arvutatakse teoreetiliselt, varem tehtud vaatluste alusel, missugust punkti peaks viseerjoon latil lõikama. Kui märgime otsitava punkti *H*-ga, siis  $H = \frac{H_1 + H_2}{2}$ ,



Joon. 116.

s. o. latile tehtud kahe vaatluse keskmisele. Kui otsitav punkt  $H$  on latil leitud, siis keeratakse tõstekruvi  $q$  kuni viseerjoon lõikab punkti  $H$  latil. Sellejärgi seatakse vesikaal  $i$  uuesti loodi paranduskruvi  $v$  abil (joon. 117).



Joon. 117.

Dioptr-nivell on täielikum ja täpsem veetoriga nivellist, kuid ka temaga on raske töötada üle 20 m kauguste peale, sest nii kaugel maa tagant on raske lugeda arvusid latil. Nivelli mõõtmise täpsuse ja vaatluse kauguse tõstmiseks on dioptrite asemel võetud tarvitusele pikksilmad. Niisuguseid nivelle nimetatakse pikksilm-nivelleks.

### C. Pikksilm-nivell.

Pikksilm-nivelle võib nende ehitusviisi järgi jagada kahte pearühma:

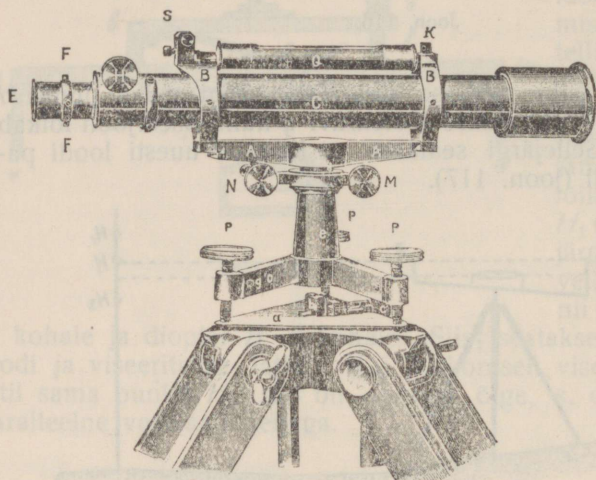
1. Kinnise pikksilmaga nivellid, millel pikksilmad on liikumatult kinnitatud tugipostide või vertikaalsete pöördetelgede külge;

2. Lahtise pikksilmaga nivellid, mille pikk-silmad tugipostide vahel on ümbertõstetavad.

Viimaseis võib veel eraldada kaht eritüüpi nivelle:

a. Ego nivellid, mille tunnuseks on see, et vesikaal on kinnitatud aluse või tugipostide külge ja ainult pikksilm on ümbertõstetav ja

b. Bamberg'i nivellid — vesikaal on kinnitatud pikksilma külge ja ühes viimasega ümbertõstetav.



Joon. 118.

1. Kinnise pikksilmaga nivell koosneb järgmisest osist (joon. 118): *C* pikk-silm, *A* tugipostide alus-joonlaud, *B* tugipostid, millele pikk-silm on kinnitatud liikumatult, *Q* silinder-vesikaal, *K* vesikaalu paranduskruvi, *F* diafragma niitide paranduskruvi, *E* okulaar, *H* okulaari kremaljeerkruvi (sahambuline tellimis-

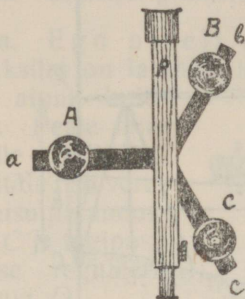
kruvi), *M* vertikaalse pöördetelje kinnituskruvi, *N* mikromeeterkruvi, *P* tõstekruvid nivelli loodiseadmiseks, *e* vertikaalne pöördetelg.

Enne kinnise pikksilmaga nivelliga tööleasumist tuleb kontrollida, et ta vastaks järgmisile nõudeile:

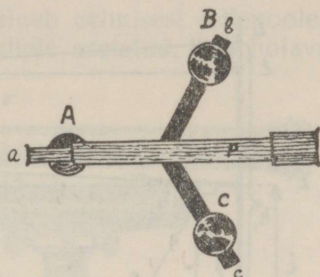
a. Silinder-vesikaalu telg peab olema perpendikulaarne vertikaalse pöördeteljega.

Seda kontrollitakse järgmiselt. Aparaat seatakse loodi nagu nurgamõõte aparaadidki, s. o. seatakse pikk-silm *P* jalgade *bc* suunas (joon. 119) ja tõstekruvide *B* ja *C* abil seatakse vesikaalu mullike silindri keskohta. Siis keeratakse pikk-silm kolmanda jala *a* suunas, s. o.  $90^\circ$  ( $120^\circ$ ) ja vesikaalu mullike seatakse kesk-silindrit tõstekruvi *A* abil. Kui nivell on nii loodi seatud, siis vaadatakse läbi toru mingisugusesse eemalasuvasse punkti, sealjuures valvates, et vesikaalu mullike keskkohast ei liiguks. Kui





Joon. 119.



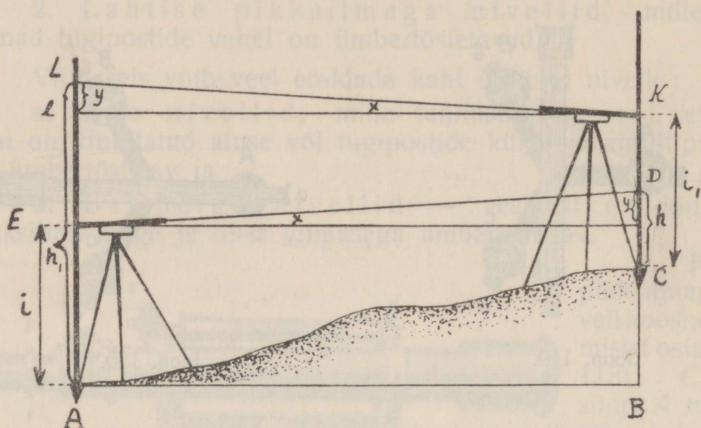
Joon. 120.

see peaks sündima, siis tuleb ta uuesti kesk silindrit seada. Siis pööratakse pikksilma  $180^\circ$  võrra ringi ja vaadatakse juba läbi objektiivi ja okulaari eelmisse punkti. Kui vesikaalu mullike kohale jääb, siis on vesikaalu telg perpendikulaarne vertikaalse pöördeteljega. Kui aga mullike kohalt liigub, siis pole see nõue rahuldatud ja viga tuleb parandada. See sünnib niiviisi, et pool viga parandatakse tõstekruvi abil ja pool vesikaalu paranduskruvi abil. Kui vesikaalu mullike on asetatud niiviisi kesk silindrit, siis keeratakse pikksilm veel kord kontrollimise mõttes  $180^\circ$ . Kui mullike paigal püsib, on viga parandatud. Nüüd seatakse pikksilm uuesti perpendikulaarselt jalaga *a* (joon. 119) ja tõstekruvidega *B* ja *C* tellitakse vesikaalu mullike silindri keskpaika. Siis on nivell loodi seatud.

b. Pikksilma optiline telg peab olema paralleelne vesikaalu teljega. See on nivellide juures peanõue.

Seda nõuet kontrollitakse kinnise pikksilmaga nivelli juures ühe ja sama kallakjoone loodimisega kord alt üles ja teine kord ülalt alla. Selleks võetakse maastikul mingi kallakjoon *AC*, mille lõpppunktide vahekaugus on umbes 50—60 m. Lõpppunktidesse lüüakse maasse maaga tasa vaiad. Nivell seatakse vaia *A* juurde nii üles, et oleks võimalik paigutada latt punktisse *A* ja selle järgi määrata aparadi kõrgus (joon. 121). Aparadi kõrguse määramiseks vaadatakse läbi objektiivi ja okulaari latile. Et latilt kergem kõrgust oleks lugeda, selleks liigutatakse seda mööda üles-alla peenikest pliitsit või muud pulka, kuni see osutub viseerjoonel. Siis loetakse latilt aparadi kõrgus — oletame, et see oli *i*.

Selle järgi asetatakse latt punktisse *C* ja viseeritakse uuesti. Oletame, et viseerjoon lõikab latti mingisuguses punktis *D*, mille kõrguse punktist *C* tähendame *h*-ga. Peale saadud andmete üles-



Joon. 121.

tähendamist asetatakse nivell vaia  $C$  juurde ja määratakse analoogiliselt eelmisega aparadi kõrgus. Oletame, et see  $= i_1$ . Siis viiakse latt punktisse  $A$  ja viseeritakse temale. Oletame, et viseerjoon lõikab latti punktis  $L$ , mille kõrguse punktist  $A$  tähendame  $h_1$ . Nüüd saame, et viga  $y = \frac{h + h_1}{2} - \frac{i + i_1}{2}$ . Kui võrrandi parem pool ei võrdu nulliga, siis viseerjoon ei ole paralleelne vesikaalu teljega ja vea suurus võrdub  $\frac{h + h_1}{2} - \frac{i + i_1}{2}$ .

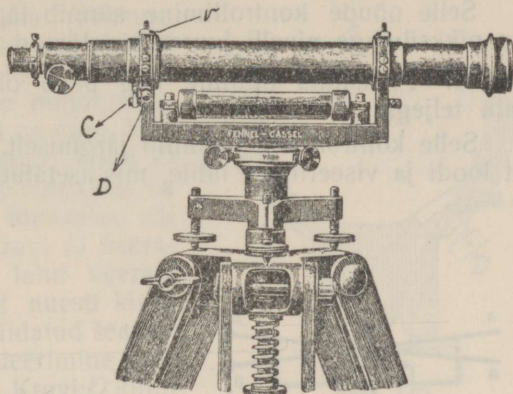
Viga on positiivne, kui  $\frac{h + h_1}{2}$  on suurem kui  $\frac{i + i_1}{2}$  ja viseerjoon näitab niisugusel korral üles. Vea paranduseks loetakse punktist  $L$  vea võrra allapoole ja tellitakse diafragma niitude paranduskruvidest kuni viseerjoon lõikab latil punkti  $l$ . Sellega oleme viseerjoont alandanud vea võrra. Peale vea parandust tuleb seda eelkirjeldatud viisil veel kord kontrollida.

Viga on negatiivne, kui  $\frac{h + h_1}{2}$  on väiksem kui  $\frac{i + i_1}{2}$  ja viseerjoon näitab alla. Vea paranduseks tuleb viseerjoon tõsta vea võrra ja samuti uuesti kontrollida, kas viga on kõrvaldatud.

c. Üks diafragma niitude risti niitidest peab olema horisontaalne. Selle nõude kontrollimiseks seatakse nivell täpselt loodi ja viseeritakse siis mingisugusele kaugemal asuvale punktile, liigutades aparadi paremale ja pahemale. Kui kontrollitav diafragma horisontaalniit aparadi liigutamise juures alati ühtib vaadeldava punktiga, siis on see nõue rahuldatud. Kui aga lõikab — siis tuleb kogu niitude risti paranduskruvide abil vea võrra parandada.

## 2. Lahtise pikksilmaga nivellid.

a. Ego nivell (joon. 122) erineb eelmisest sellepoolest, et pikksilm on lahtiselt tugipostide vahele asetatud, teda hoiavad kinni ainult hoidjad  $v$ . Peale muu on selle nivelli juures niitude risti vertikaalseisu paranduskruvi  $C$  ja tugiposti pikkuse reguleerimiskruvi  $D$ .

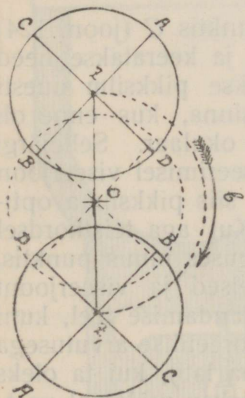


Joon. 122.

Enne tarvituselevõttu tuleb seda nivelli kontrollida järgmiste nõuete suhtes:

aa. Pikksilma optiline telg peab ühtima ta geomeetrilise teljega.

Selle nõude kontrollimine sünnib järgmiselt. Seatakse nivell üles ja viseeritakse mingisugusele punktile, nii et diafragma niitude risti  $AB$  ja  $CD$  (joon. 123) lõikepunkt ühtiks antud punktiga  $Z$ . Kõige parem on võtta punkt  $Z$  kuski majaseinal. On need punktid ühtinud, siis keeratakse pikksilm tugipostide vahel  $180^\circ$  ringi. Kui diafragma niitude risti lõikepunkt sellejuures jääb antud punktile, siis on ülesseatud nõue rahuldatud. Kui aga peale keeramist niitude risti lõikepunkt ära liigub antud punktist  $Z$ , tehes sealjuures mingisuguse kaare  $ZbZ_1$ , siis ei ole meie nõue rahuldatud ja tuleb teha parandus. Paranduse tegemiseks ühendame seinal sirgjoonega antud punkti  $Z$  punktiga  $Z_1$ , s. o. punktiga, kuhu jäi niitude rist peatuma peale pikksilma keeramist  $180^\circ$  võrra. Sirgjoone  $ZZ_1$  jagame pooleks ja saame punkti  $O$ . Sellejärgi tellime diafragma niitude paranduskruvisid niikaua, kuni niitude lõikepunkt ühtib punktiga  $O$ . Tellimise juures ei tohi pikksilma kohalt liigutada. On niitude risti lõikepunkt niiviisi ümber paigutatud, siis keeratakse pikksilm tugi-



Joon. 123.

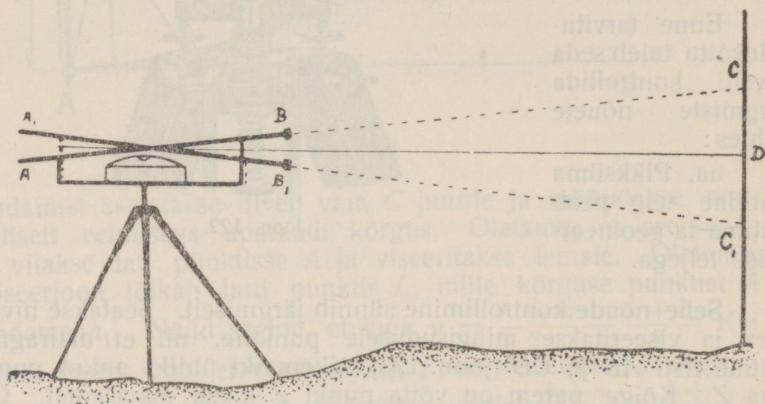
postide vahel veel kord  $180^\circ$  ringi. Kui niitude risti lõikepunkt seejuures punktist  $O$  ära ei liigu, on ülesseatud nõue rahuldatud.

bb. Silinder-vesikaalu telg peab olema perpendikulaarne vertikaalse pöörämisteljega.

Selle nõude kontrollimine sünnib täpselt samuti kui kinise pikksilmaga nivelli juures kirjeldatud.

cc. Pikksilma optiline telg peab olema paralleelne vesikaalu teljega.

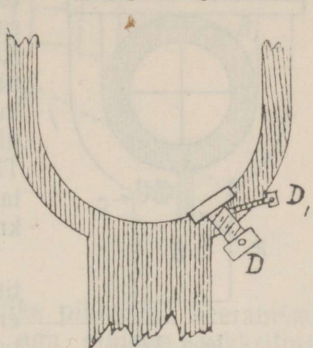
Selle kontrollimine sünnib järgmiselt. Seatakse nivell täpselt loodi ja viseeritakse latile, mis asetatud 40—60 m. kaugusele



Joon. 124.

nivellist. Viseerjoon lõikas latti, oletame, punktis  $C$  (joon. 124) Peale seda tõstetakse pikksilm tugipostidelt ja keeratakse need ühes alusjoonlauaga  $180^\circ$  ringi. Siis asetatakse pikksilm uuesti tugipostidele, nii et okulaar asetub nüüd sinna, kus enne oli objektiiv ja objektiiv sinna, kus enne oli okulaar. Sellejärgi viseeritakse uuesti latile. Kui teiskordsel viseerimisel viseerjoon lõikab latil sama punkti kui eelmisel korral, siis pikksilma optiline telg on paralleelne vesikaalu teljega. Kui aga teiskordsel viseerimisel viseerjoon lõikab latti mingisuguses muus punktis, näit. punktis  $C_1$ , siis teljed ei ole paralleelsed ja viseerjoont tuleb parandada ühe tugiposti tõstmise või alandamise teel, kuni ta osutub paralleelseks vesikaalu teljega. Teoreetilise arvutusega leitakse punkt, mida viseerjoon peaks lõikama latil, kui ta oleks paralleelne vesikaalu teljega, niiviisi, et liidetakse mõlemal vaatlusel saadud arvud ja summa jagatakse kahega, s. o.  $D = \frac{C + C_1}{2}$

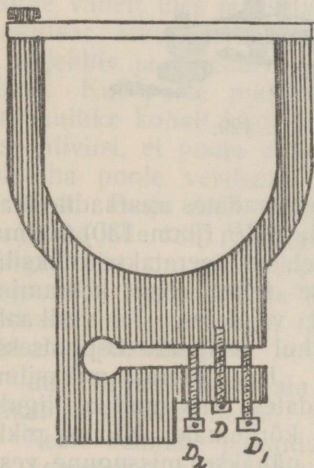
või viga võrdub  $\frac{C-C_1}{2}$ . Tähendab viseerjoont tuleb tõsta latil vea võrra, sest viimasel vaatlusel näitas ta alla, järelikult viimase vaatluse ajal lati pool asunud tugipost on lühem vastasasuvas tugipostist. Vea paranduseks tuleb lühemat tugiposti pikendada või pikemat lühendada. Pikkuse reguleerimiseks on üks tugipostest varustatud kruvidega. Pikkuse reguleerimise seadeldisi on mitmesuguseid. Üks niisuguseist on joon. 125. Siin sünnib reguleerimine kruvi  $D$  keeramise abil, millele vastavalt ka üks pikksilma otstest tõstetakse või langetatakse. Enne kruvi  $D$  keeramist tuleb kruvi  $D_1$  lahti keerata ja peale reguleerimist uuesti kinni keerata. Joon. 126 näidatud seadeldise abil sünnib reguleerimine kruvide  $D$ ,  $D_1$  ja  $D_2$  abil. Kruvi  $D$  kinni keerates ja kruvisid  $D_1$  ja  $D_2$  lahti kruvides lühendatakse tugiposti ja vastupidise kruvimisega pikendatakse seda. Joon. 127 olev seadeldis võimaldab tugipostide pikkust reguleerida nende harude kokkusurumise või laiendamise teel kruvide  $D$  ja  $D_1$  abil.



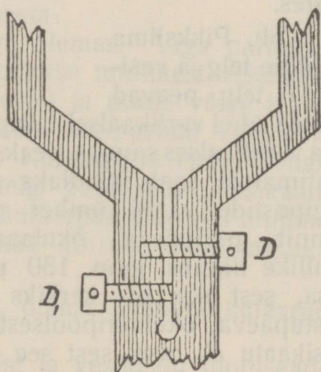
Joon. 125.

dd. Üks diafragma niitidest peab olema vertikaalne.

Selle nõude kontrollimiseks viseeritakse läbi täpselt loodi-seatud nivelli 30—40 m kaugusele ülesriputatud vertikaalsele

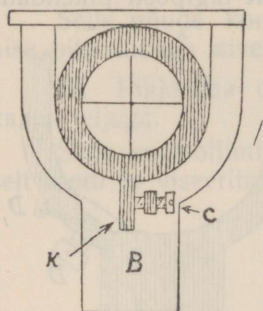


Joon. 126.



Joon. 127.

nööri, mille ühte otsa on seotud raskus. Viseerimisel peab niitide risti vertikaalne niit ühtima ülesriputatud nõoriga. Kui nad ei ühti, siis tuleb niitide risti tellida vertikaalseisu tellimiskruvist  $C$  (joon. 128), mis on kinnitatud tugiposti  $B$  külge ja mille vastu on surutud pikksilma külge kinnitatud pulk  $K$ . Kruvi  $C$  keeramisega pöörduv ka pikksilm ühes niitide ristiga. Tellida tuleb seni, kuni diafragma niitide risti vertikaalniit ühtib ülesriputatud vertikaalse nõoriga. Tähele tuleb panna, et toru külge kinnitatud pulk  $K$  oleks alati surutud vastu kruvi  $C$ .



Joon. 129.

b. Bamberg'i nivell kuulub lah-tise pikksilmaga nivellide hulka, kuid erineb neist seega, et vesikaal on kinnitatud pikksilma külge ja on ühes viimasega tugipostide vahel ümbertõstetav (joon. 129).

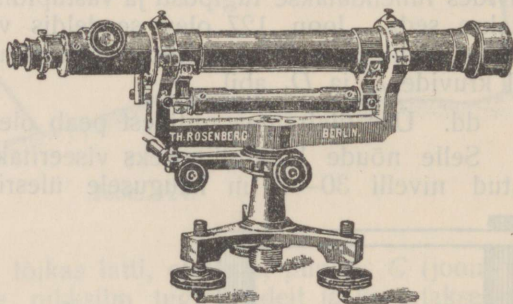
Bamberg'i nivell peab vastama järgmisile nõudeile.

aa. Pikksilma optiline telg peab ühtima ta geomeetrilise teljega.

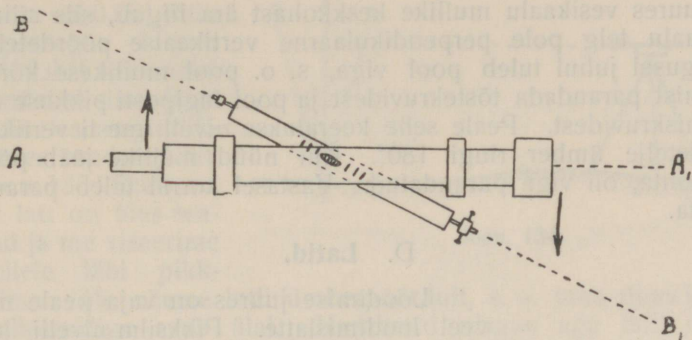
Seda nõuet kontrollitakse samuti kui Ego nivelli juures.

bb. Pikksilma optiline telg ja vesikaalu telg peavad

asuma ühel vertikaalsel tasapinnal, s. t. et vaadates aparaadile ülalt alla vertikaalses suunas, peaksid teljed  $AA_1$  ja  $BB_1$  (joon. 130) ühtima. Ühtimatust saab kindlaks teha sel teel, et keeratakse pikksilm tugipostide vahel ümber geomeetrilise telje. Kui keeramine sünnib päripäeva, okulaari  $A$  otsast vaadates, siis vesikaalu mullike liiguks joon. 130 näidatud juhul vesikaalu  $B$ -poolsesse otsa, sest see ots kerkiks kõrgemale. Kui keerata pikksilma vastupäeva, okulaaripoolsest otsast vaadates, siis mullike liiguks vesikaalu  $B_1$  otsa, sest see ots tõuseks kõrgemale. Niiviisi pikksilma paremale ja pahemale liigutades nähakse, missugune vesikaalu ots tõuseb kõrgemale ja seda parandatakse parandus-



Joon. 129.



Joon. 130.

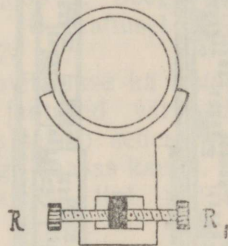
kruvidest  $R$  ja  $R_1$  (joon. 131), kuni mullike pikksilma keeramisel jääb püsima vesikaalu keskkoha. Kui aga mullike, pikksilma paremale ja pahemale keerates, liigub ikka samasse vesikaalu otsa, siis pikksilma optiline telg asub küll vesikaalu teljega ühel vertikaalsel tasapinnal, kuid nad pole paralleelsed.

cc. Pikksilma optiline telg peab olema paralleelne vesikaalu teljega.

See viga võib ilmsiks tulla juba eelmise paranduse juures. Kuid ta leitakse ka sel teel, et seatakse vesikaal loodi, tõstetakse siis pikksilm ühes vesikaaluga tugipostide vahelt üles ja asetatakse tagasi nii, et okulaar asetub sinna postile, kus enne oli objektiiv ja objektiiv endisele okulaari kohale. Kui peale pikksilma ümberasetamist mullike kohalt liigub, siis on viga olemas. Viga parandatakse niiviisi, et poole vea võrra liigutatakse mullikest vesikaalu keskkoha poole vesikaalu paranduskruvist ja poole võrra tõstetakruvidest. Peale seda asetatakse pikksilm tugipostide vahele ja keeratakse jälle  $180^\circ$  ringi, nagu ennegi. Kui mullike enam kohalt ei liigu, siis on pikksilma optiline telg paralleelne vesikaalu teljega. Kui aga pikksilma teiskordsel ümberpaigutamisel mullike uuesti keskkohast nihkub, tuleb parandust korrata, kuni mullike keskkoha püsima jääb.

dd. Silinder-vesikaalu telg peab olema perpendikulaarne vertikaalse pöördeteljega.

Peale eelmiste paranduste tegemist ja vesikaalu loodiseadmist keeratakse nivell vertikaalse pöördetelje ümber  $180^\circ$ . Kui



Joon. 131.

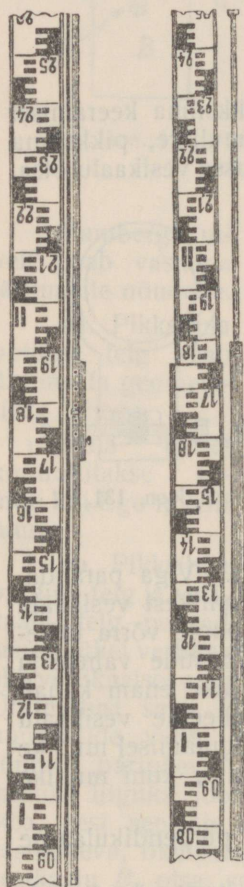
sellejuures vesikaalu mullike keskkohast ära liigub, siis silinder-vesikaalu telg pole perpendikulaarne vertikaalse pöördeteljega. Niisugusel juhul tuleb pool viga, s. o. pool mullikese kõrvaleliikumist parandada tõstekruvidest ja pool tugiposti pikkuse reguleerimiskruvidest. Peale selle keeratakse nivell uuesti vertikaalse pöördetelje ümber ringi  $180^\circ$ . Kui nüüd mullike jääb püsima keskkoha, on viga parandatud. Vastasel korral tuleb parandust korrata.

#### D. Latid.

Loodimise juures on vaja peale nivelli veel loodimislatte. Pikksilm-nivelli juures ei tarvitata enam märklauaga latti, vaid n. n. Reichenbach'i latti.

Nende lattide pikkus on harilikult 2 sülda või 4–5 m. Iga süld või meeter on jagatud 100 osaks. Sülla või meetri kümnendikud osad on latil märgitud arvudega (joon. 132). Arvud algavad nullist lati alumisel otsal ja suurenevad kuni ülemise tipuni. Arvud latil on märgitud ümberpöörduvalt, sest pikksilma läbi on kõik ümberpöörduvalt näha, s. o. ta seab arvud silma ette jälle õieti. Latt seatakse üles null-otsaga vastu maad. Kandmise hõlbustuseks on latid tihti kokkupandavad (joon. 132). Ülesseatud latt peab seisma täpselt vertikaalselt. Sellepärast on kallimad latid varustatud kas ümmarguse vesikaaluga (joon. 133), mille latihoidja surub vastu lati tagumist serva ja millega latti loodis hoiab, või vertikaalloega. Kui latil vesikaal või lood puudub, siis peab latihoidja latti nivelli suunas tasakesi edasi-tagasi liigutama ja loodija peab õigeks arvuks võtma kõige väiksema loetud arvu, sest siis on latt vertikaalses seisus. Seda selgitab joon. 134.

Arvude lugemine loodimislatilt sünnib kuni



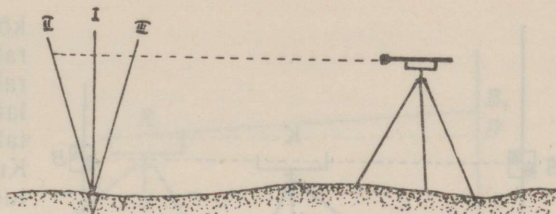
Joon. 132.



Joon. 133.



1 mm või 0,001 sülla täpsusega. 1 mm või 0,001 sülla osad saadakse silma järgi hinnates sajandikudest osadest. Näit. joon. 135. Oletame, et latt on üles seatud ja me viseerime sellele läbi pikk-



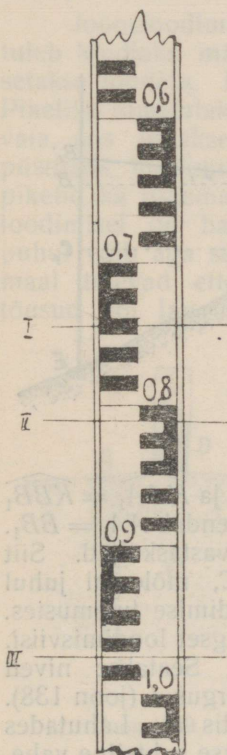
Joon. 134.

silma. Me näeme latti ümberpöördult, s. o. maa ühes latil oleva nullpunktiga asub ülal. Numbreid näeme aga latil õieti, sest nad on seal tegelikult ümberpöördult. Oletame nüüd, et viseerjoon, s. o. keskmine horisontaalniit pikksilmas löikab latti I-ga märgitud joonel. Arvude lugemist latilt tuleb alata ülalt alla kuni jooneni I. Nii lugedes saame 7 kümnendikku või 0,7 m. Edasi terveid kümnendikke enam pole, kuid terveid sajandikke saame veel 4 või 0,04 m ja silma järgi otsustades veel pool sajandikku või 0,005 m. Seega on loetud arv latil 0,745 m. II vaatlusel saaksime 0,811 m ja III — 0,974 m.

Lattide asemel tarvitatakse ka linte, millele samasugused jaotused värvitud kui lattidel. Lindi headus seisab selles, et seda on kokkukeeratult kerge kaasas kanda. Tarvitamise korral tõmmatakse lint kepile või latile pinguli.

### E. Tegelik loodimine.

Kahe punkti suhtelise vahe leidmine horisontaaljoone abil sünnib kahel viisil, n. n. kahekülgse loodimisega ja ühekülgse loodimisega. Esimese viisi järgi asetatakse nivell kahe lati vahele, võrdsele kaugusele mõlemast. Näit. joon. 136. Siin on nivell *K* asetatud punktidest *C* ja *E* ühekaugusele. Enne viseeritakse selles punktis asuvale latile, mille absoluutne kõrgus on teada. Seda nimetatakse vaatluseks tagasi. Oletame, et punkt *C* absoluutne kõrgus on teada, siis tuleb enne viseerida latile punktis *C*. Peale selle viseeritakse selles punktis asuvale latile, mille



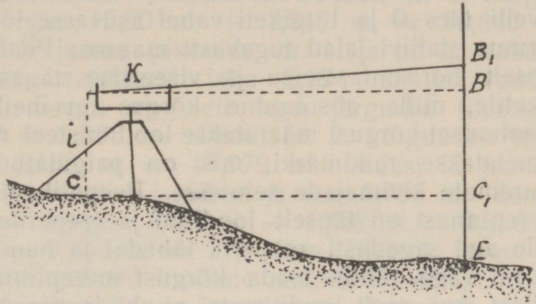
Joon. 135.



ainult siis, kui kahekülgne on millegipärast takistatud.

Loodimise eesmärgiks võib olla:

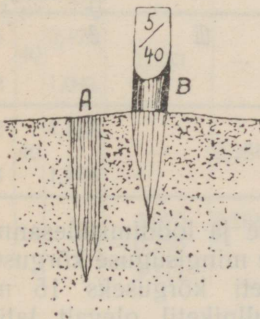
1. Jooneloodimine
  - a) kraavikava koostamiseks,
  - b) teedekava koostamiseks;
2. Pinnaloodimine kuivatuskava koostamiseks.



Joon. 138.

### 1. Joone loodimine.

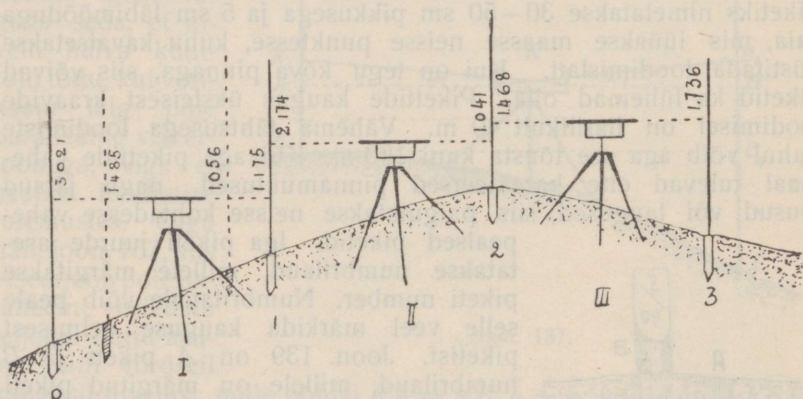
Jooneloodimise tööde järjekord on järgmine: kõige pealt tuleb kindlaks määrata siht ehk ajada siht, mida mööda kavatsetakse loodida. Edasi tulevad kindlaks määrata pikettide kohad. Piketiks nimetatakse 30–50 sm pikkusega ja 5 sm läbimõõduga vaia, mis lüüakse maasse neisse punktesse, kuhu kavatsetakse püstitada loodimislatt. Kui on tegu kõva pinnaga, siis võivad piketid ka lühemad olla. Pikettide kaugus üksteisest kraavide loodimisel on harilikult 40 m. Vähema tähtsusega loodimiste puhul võib aga see tõusta kuni 100 m. Kui aga pikettide vahemaal tulevad ette karakterised pinnamuutused, nagu järsud tõusud või langused, siis paigutatakse neisse kohtadesse vahepealsed piketid. Iga piketi juurde asetatakse numbrilaud, millele märgitakse piketi number. Numbrilauale võib peale selle veel märkida kauguse eelmisest piketist. Joon. 139 on A pikett ja B numbrilaud, millele on märgitud piketi number 5 ja kaugus eelmisest piketist 40.



Joon. 139.

Vahepealsed piketid märgitakse eelmise piketi numbriga, millele juurde kirjutatakse *a, b, c* jne. Vahepealsete pikettide numbrilaudadele tuleb tingimata juurde lisada kaugus eelmisest piketist. Esimene pikett märgitakse harilikult 0-ga ja järgmiste arvud suurenevad 1-est alates. Edasi tuleb määrata jaamad. Jaamadeks nimetatakse nivelli ülesseadmise kohti. Kui soovitakse täpsemalt loodida, siis seatakse nivell iga kahe piketi vahele. Jaamad märgitakse rooma numbritega.

Kui need eeltööd kõik tehtud, võime asuda loodimisele. Seame nivelli üles 0 ja 1. piketi vahel asuvasse I jaama (joon. 140) ja surume statiivi jalad tugevasti maasse. Peale selle seame nivelli täpselt horisontaalseisu ja viseerime tagasi nullpiketile, s. o. piketile, mille absoluutne kõrgus on meile teada. Nullpiketi absoluutset kõrgust määratakse loodimisteel **reeperilt**. **Reeperiks** nimetatakse raudmärki, mis on paigutatud jaamahoonele või suuremate kivimajade seintesse. Reeperil on kriips, mille kõrgus merepinnast on täpselt looditud ja reeperile märgitud. Taludes pole aga sagedasti reeperit lähedal ja nende tööde juures pole ka nii väga tähtis teada kõrgust merepinnast, vaid jätkub juba sellest, kui saab looditavate punktide omavahelist suhtelist kõrgust võrrelda. Selleks tuleb anda nullpiketile ükskõik missugune kõrgus, kas 10, 15 või 20 m. Tuleb ainult seda tähele panna, et langus kogu loodimise ulatuses ei ületaks nullpiketile antud kõrgust. Kui langus on nullpiketile antud kõrgusest suurem, siis alla antud kõrgust langevad arvud muutuvad negatiivseiks. Siis oleks osa kõrgusi positiivseid ja osa negatiivseid, mis on ebasoovitav ja sünnitaks segadust.



Joon. 140.

Nii siis, kui meil reeperit lähedal pole ja loodimisülesanne seda otsekohe ei nõua, anname nullpiketile mingisuguse kõrguse. Võtame joon. 140 antud juhul nullpiketi kõrguseks 15 m. Oletame, et vaatlusest taha lugesime nullpiketil olevalt latilt 3,021 m. Olgu tähendatud, et enne ja pärast vaatlust tuleb kontrollida, et vesikaal oleks loodis. Peale vaatlust taha juhime pikksilma piketil nr. 1 asuvale latile ja oletame, et sealt lugesime 1,175 m. Nii siis saime vaatlusest taha suurema arvu kui vaatlusest ette, tähendab meil on tegu tõusuga. Ja suhteline

tõus on  $3,021 \text{ m} - 1,175 \text{ m} = 1,846 \text{ m}$ . Pikett nr. 1. kõrgus on siis nullpiketi kõrgus  $15,00 \text{ m} + 1,846 \text{ m} = 16,846 \text{ m}$ . Edasi seame nivelli II jaama pikettide nr. 1. ja nr. 2. vahele. Siin saime, oletame, vaatlusest taha  $2,174 \text{ m}$  ja vaatlusest ette  $1,041 \text{ m}$ . Seega on meil tegu järgmise tõusuga:  $2,174 \text{ m} - 1,041 \text{ m} = 1,133 \text{ m}$ . Pikett nr. 2. kõrgus on järelikult  $16,846 \text{ m} + 1,133 \text{ m} = 17,979 \text{ m}$ . Edasi III jaamas saime, oletame, vaatlusest taha  $1,468 \text{ m}$  ja ette  $1,736 \text{ m}$ . Seega pikett nr. 3. suhteline langus  $1,736 \text{ m} - 1,468 \text{ m} = 0,268 \text{ m}$  ja kõrgus  $17,979 \text{ m} - 0,268 \text{ m} = 17,711 \text{ m}$ . Nr. 0. ja nr. 1. piketi vahel asuvad vahepiketid loodime samuti I jaamast. Nii viisi saadud andmeid võime kanda kaustikusse järgmiselt.

Jaamad	Pea piketid					Abi- ja vahepiketid					Märkused	
	Piketid	Kaugus	Vaatlused	Vahekõrgus		Piketide kõrgus	Vaatejoone kõrgus	Abipiketi nimetus	Kaugused peapunktidest	Vaatlused		Abipunktide kõrgused
				Maapinna tõus meetr.	Maapinna langus							
I	0		3,021			15,000	18,021					P. 0. mõlemal pool heinamaa P. 1. mõlemal pool heinamaa
	1	40	1,175	1,846	—	16,846						
								2/a	24	1485	16,536	P. 2. + 30 m algab mõlemal pool põld
								2/b	35	1056	16,965	
II	1	40	2,174	1,133	—	17,979						
	2		1,041									
III	2	40	1,468	—	0,268	17,711						
	3		1,736									
				2,979	0,268	17,711						
				— 0,268		— 15,000						
				2,711		2,711						

Lahtrisse „vaatejoone kõrgus“ kanname vaate- ehk viseerjoone kõrguse I jaamas. Selle saame, kui pikett nr. 0 kõrgusele liidame I jaamas tehtud vaatluse tagasi piketile nr. 0 — s. o.  $15,000 \text{ m} + 3,021 \text{ m} = 18,021 \text{ m}$ . Vahepikettide kõrguste arutamiseks lahutame vaatejoone kõrgusest vahepikettidele üles

seatud latilt loetud arvud, s. o. vaatlused edasi. Näiteks pikett nr. 2-a kõrgus on  $18,021 \text{ m} - 1,485 \text{ m} = 16,536 \text{ m}$  jne.

Kui oleme kõik sihil asuvad piketid nr. 0-st alates kuni viimaseeni loodinud ja soovime enda loodimist kontrollida — kui on lahtine polügoon e. hulknurk —, siis seome viimase piketi nullpunktiga või jälle loodime sihi teiskordselt tagasi. Viimasel juhul alatakse loodimist viimasest piketist ja selle kõrguseks võetakse esimesel loodimisel saadud kõrgus. Teiskordse loodimise tulemusena peaks nullpiketi kõrgus võrduma eelmisel loodimisel nullpiketile antud kõrgusega. Teiste sõnadega, kui liidame kahekordsel loodimisel saadud peapikettide suhtelised tõusud omavahel ja samuti suhtelised langused, siis tõusude summa ja languste summa vahe peab võrduma nulliga. Tegelikult juhtub seda väga harva, alati on väike vahe ehk viga. Lubatav viga on  $1,5 \cdot t \cdot \sqrt{n}$ , kusjuures  $t$  tähendab aparadi mõõtetäpsust ja  $n$  pikettide arvu. Kui viga on suurem, siis tuleb loodimist kohal uuesti kontrollida. On aga viga lubatavuse piirides, siis tuleb seda järgmiselt parandada. Kui viga on  $+$ -line, tähendab, et tõus on langusest suurem, siis on parandus  $-$ -line, s. o. tõusu alandatakse vea võrra; kui aga viga on  $-$ -line, siis talitatakse vastupidi. Vea kõrvaldamiseks jagatakse kogu viga jaamade arvule. Siis saadakse parandus igale jaamale, mis nendega liidetakse või neist lahutatakse. Kui me üht ja sama joont vea leidmiseks teist korda loodisime, siis tuleb parandusele ainult pool veast, sest pool viga jääb tagasimineku arvele. Jaamade arvuks võetakse niisugusel korral edasimineku jaamade hulk. Näit. oletame, et meil oli edasi minnes 12 jaama. Vea leidmiseks loodisime sama joont edasi-tagasi ja viga osutus  $+ 0,008 \text{ m}$ . Niisugusel juhul tuleb parandada edasimineku jaamade vahel ainult pool kogu veast, s. o.  $+ 0,004 \text{ m}$ . Vea kõrvaldamiseks tuleb parandus võtta  $-$ -line. Viga oli  $+ 0,004 \text{ m}$  ja jaamu 12, seega parandus iga kolme jaama kohta  $- 0,001 \text{ m}$ . Parandused võiksid siin olla järgmised:

piketid:	0	—	1	—	2	—	3	—	4	—	5	—	6	—	7	—	8	—	9	—	10	—	11	—	12
jaamad:			I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII
parandused:			—		0,001		—		0,001		—		0,001		—		0,001		—		0,001		—		0,001.

Kinnise polügooni loodimisel tuleb viga avalikuks, kui jõutakse loodimisega tagasi nullpunkti. Parandus sünnib siin samuti kui eelmiselgi korral, ainult selle vahega, et siin tuleb terve viga parandada. Samuti sünnib ka lahtise polügooni juures, kui on võimalik siduda viimast piketti nullpiketiga.

Täpsemate tulemuste saamiseks loodimisel tuleb talitada järgmiselt:

1. Igas jaamas tuleb peale vaatlust tagasi ja ette nivell ümber seada ja teha samu vaatlusi uuesti. Neist vaatlusist võetakse keskmised, millega saadakse keskmised vaatlused lattidele. Suuremast keskmisest lahutatakse väiksem ja leitakse suhteline tõus või langus.

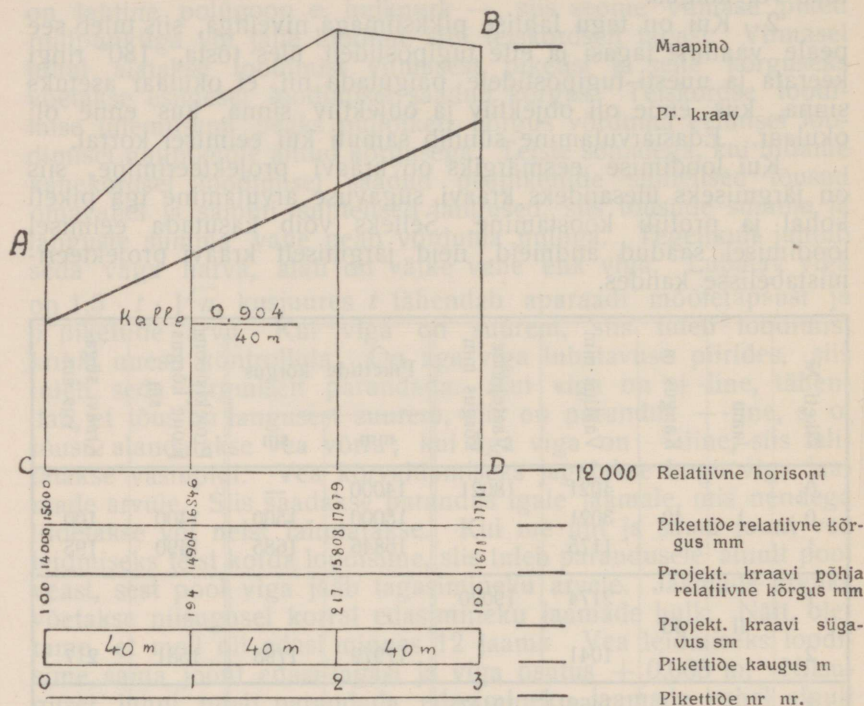
2. Kui on tegu lahtise pikksilmaga nivelliga, siis tuleb see peale vaatlust tagasi ja ette tugipostidelt üles tõsta, 180° ringi keerata ja uuesti tugipostidele paigutada nii, et okulaar asetuks sinna, kus enne oli objektiiv ja objektiiv sinna, kus enne oli okulaar. Edasiarvutamine sünnib samuti kui eelmisel korral.

Kui loodimise eesmärgiks on kraavi projekteerimine, siis on järgmiseks ülesandeks kraavi sügavuse arvutamine iga piketi kohal ja profiili koostamine. Selleks võib kasutada eelmisel loodimisel saadud andmeid, neid järgmiselt kraavi projekteerimistabelisse kandes.

Piketi №	Jaam	Kaugus m	Vaatlus mm	Vaatejoone kõrgus mm	Pikettide kõrgus		Projektsioonjoone kõrgus sm	Kraavi sügavus sm	
					mm	sm			
0 <sub>1</sub>	I	40	4021	18021	14000	—	1400	100	
0			3021		15000	1500			1490
1			1175		16846	1685			195
1	II	40	2174	19020			1581	217	
2			1041		17979	1798			
2	III	40	1468	19447			1671	100	
3			1736		17711	1771			

Andmed on saadud järgmiselt. Piketiks № 0<sub>1</sub> on võetud projekteeritava kraavi põhja kõrgus pikett № 0 juures. Paigutame kraavi põhja 100 sm sügavale. Kui pikett № 0 kõrgus on 15000 mm, siis piketi № 0<sub>1</sub> s. o. kraavi põhja kõrgus on 14000 mm. Kraavi põhja arvutamiseks pikett № 1 juures tuleb leida palju kraavi põhi tõuseb piketist № 0 kuni piketini № 1. Kogu pinna tõus piketist № 0 kuni piketini № 3, s. o. 120 m peal, on 17711 mm — 15000 mm = 2711 mm, 40 m peal on siis tõus 904 mm ehk 90 sm. Kui pikett № 0 juures kraavi põhja kõrgus 14000 mm, siis pikett № 1 juures on see 1400 sm + 90 sm = 1490 sm. Lahutades piketi kõrgusest kraavi

põhja kõrguse selle piketi juures, leiame kraavi sügavuse pikett № 1 juures: 1685 sm — 1490 sm = 195 sm. Nii arvutatakse kraavi sügavused kõikide pikettide juures. Saadud andmete alusel võib asuda kraavi kaevamisele.



Horisontaalmõõt 1 : 2000

Vertikaalmõõt 1 : 100

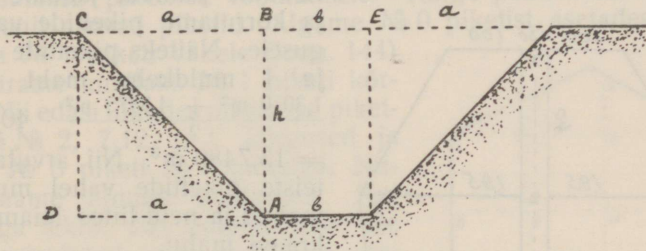
Joon. 141.

Samul andmeil võib koostada ka profiili. Profiili võib koostada lihtsal valgel paberil, kuid parem on selleks kasutada millimeeterpaberit. Tõmbame paberile joone ja selle kõrguseks võtame arvu, allapoole mida projekteeritav joon või kraav ei langeks. Meie joonisel (joon. 141) on niisuguseks jooneks  $CD$  ja selle kõrguseks 12000 mm. Joonel  $CD$  märgime horisontaalmõõdu järgi pikettide vahekaugused ja saadud punktist seame üles perpendikulaarid. Igast punktist seame üles vertikaalmõõdu järgi pikettide kõrgused, s. o. palju nad asuvad võetud joonest  $CD$  kõrgemal. Piketi № 0 kõrguseks on näiteks 15.000 mm, joone



$CD$  kõrgus aga 12.000 mm, sellega tuleb meil piketi № 0 kõrguse saamiseks 3000 mm vertikaalmõõdu järgi punktist  $C$  üles mõõta perpendikulaari  $CA$  kaudu. Samal viisil saame ka teiste pikettide kõrgused. Olgu tähendatud, et vertikaalmõõt võetakse alati 10 kuni 100 korda suurem kui horisontaalmõõt. Meie joonisel on vertikaalmõõt horisontaalmõödust 20 korda suurem võetud. Ühendades niiviisi saadud punktid omavahel, saame maapinna läbilõike. Tarvilikud märkmed profiili alla tehakse järgmiselt: maapinna kõrgused, pikettide vahekaugused ja pikettide numbrid mustade arvudega, projekteeritava joone kõrgused ja sügavused punaste arvudega.

Kui kraavi sügavused on teoreetiliselt arvatud, siis tuleb enne kraavi märkimist maastikul välja arvata veel kraavi pealmised laiused. Kraavi pealmist laiust arvutatakse kraavi sügavuse järgi. Võetakse nimelt kraavi perve kalde projektsioon kindlas vahekorras sügavusega, nagu 2:1, 1,5:1, 1:1 ja 0,5:1. See vahekord oleneb pinnase omadustest. Kui pinnas on kergesti uhutav, siis perve kalde projektsioon on sügavusest suurem; on see aga vähe uhutav, siis võib ta ka väiksem olla. Kõige sagedamini tarvitatakse vahekorda 1:1, nagu ka meie joon. 142, kus  $DA$  on kraavi perve kalde projektsioon ja  $AB$  kõrgus. Niisuguse vahekorra juures on perve kalle  $45^\circ$ . See kalle vastab kõige paremini meie pinnase keskmistele omadustele. Vahekorra 1:1 juures võrdub kraavi laius pealt kahe sügavusega plus kraavi põhja laius. Kui kraavi sügavus  $h = 100$  sm ja põhja laius



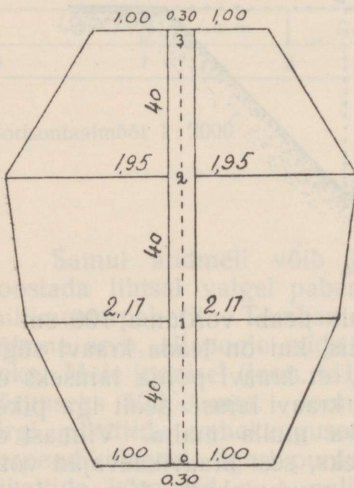
Joon. 142.

$b = 30$  sm, siis kraavi laius pealt peab võrduma  $100$  sm +  $100$  sm +  $30$  sm =  $230$  sm. Nii siis, kui on teada kraavi sügavused pikettide juures ja oletame, et kraavi põhja laiuseks on  $30$  sm, siis võib neil andmeil leida kraavi laiuse pealt iga piketi juures ja samuti ka väljakaevatava mulla mahu. Viimast on vaja kraavi kulu eelarve koostamiseks, sest kraavikaevajad võtavad tasu harilikult väljakaevatud ruummahult. Kraavi laiust pealt ja muldkeha arvutamist võib järgmiselt tabelisse kanda.

Piketi №	Pikettide vahe	Kraavi sügavus	Põhja laius	Pealt laius	Ristlõike pind m <sup>2</sup>	Mulla m <sup>3</sup>	Märkused
	m e e t r i t e s						
0	40	1,00	0,30	2,30	1,3000		
1	40	1,95	0,30	4,20	4,3875	113,7480	
2	40	2,17	0,30	4,64	5,3599	194,9480	
3	40	1,00	0,30	2,30	1,3000	133,1960	
Kokku						441,8920 m <sup>3</sup>	

Edasi tuleb leida kraavi ristlõike pind. Kraavi ristlõige kujutab enesest trapetsit, mille üheks aluseks on kraavi pealmine laius, teiseks põhja laius ja kõrguseks kraavi sügavus. Seega võrdub kraavi ristlõike pind  $\frac{\text{pealmine laius} + \text{põhja laius}}{2} \times \text{kraavi sügavus}$ . Näiteks № 0 piketil kraavi ristlõike pind võrdub  $\frac{2,30 \text{ m} + 0,30 \text{ m}}{2} \cdot 1,00 \text{ m} = 1,3000 \text{ m}^2$

Muldkeha arvutame iga kahe piketi vahel asuva kraavi osa kohta niiviisi, et liidame kahe järgneva piketi juures oleva kraavi ristlõike pinnad, jagame kahele ja korrutame pikettide vahekaugusele. Näiteks pikettide № 0 ja 1 muldkeha maht võrdub  $\frac{1,3000 \text{ m}^2 + 4,3875 \text{ m}^2}{2} \cdot 40 \text{ m} = 13,7480 \text{ m}^3$ . Nii arvutame ka teiste pikettide vahel muldkeha mahud ja neid liites leiame kogu kraavi mahu.



Joon. 143.

Enne kraavi kaevamist tuleb maastikul kraavi laiused pealt iga piketi kohal ära tähendada. Selleks mõõdetakse iga piketi juures looditud sihist paremale ja pahemale pool kraavi pealmist laiust ja märgitakse tikkudega. Kraavi kaevamiseks tõmmatakse nõör tikkude vahele ja selle järgi asutakse pervede kae-

vamisele. Eeltoodud loodimisandmete järgi on kraavi pervede kuju peale märkimist niisugune nagu meie joon. 143. Kraavi pikkuse mõõduks on võetud 1 : 2000 ja pealmise laiuse mõõduks 1 : 100 nagu tarvitasime profiili joonistamisel.

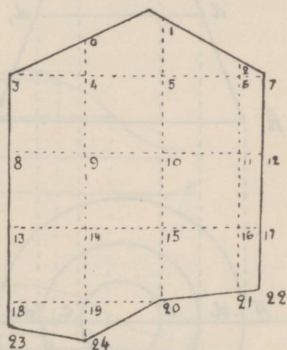
Kui kraavi sügavus ei ületa 1,5 m ja laius pealt ei lange alla 1,5 m, siis kulub ühe m<sup>3</sup> mulla väljakaevamiseks umbes 0,10—0,40 tööpäeva. See oleneb muidugi suurel määral mulla omadustest. Tasu ühe m<sup>3</sup> mulla väljakaevamise ja laialipildumise eest kõigub 45 s. ümber.

## 2. Pinna loodimine.

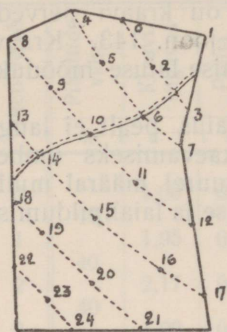
Pinna loodimise ülesandeks on reljeefplaani koostamine, mille alusel oleks võimalik teostada kogu looditud pinnal kuitavustöid. Selle ülesande läbiviimiseks märgitakse looditaval maastikul rida pikette, mis üle kantakse plaanile. Piketid looditakse ja arvutatakse nende kõrgused. Neil andmeil võib ette kujutada looditud pinna reljeefi.

Pikettide märkimine maastikul ja loodimine võib sündida kahel viisil:

I. Kui maastik on tasane ega ole ka kaetud metsaga ega viljapuudega, mida ei soovita sihiajamisel raiuda, siis jagatakse looditav pind ekri ja lindi abil ruutudesse ja ruutude tippudesse ning punktidesse, kus ruudu küljed lõikavad perimeetrit, lüüakse maasse piketid. Pikettide asukohad kantakse üle plaanile. Peale selle asutakse pikettide loodimisele. Kõige pealt võiks loodida polügoonil asuvad piketid. Algame № 0 piketist, asetades nivelli № 0 ja № 1 piketi vahele (joon. 144) ja määrame kindlaks № 1 piketi kõrguse. Nii edasi liikudes määrame pikettide № 2, 7, 12 j. t. kõrgused ja seome № 3 piketi № 0 piketiga. Nii viisi saame kinnise polügooni. Kui siin viga tekib, siis parandatakse see varemkirjeldatud viisil. Sellejärgi asutakse üksikute ridade loodimisele. Siin võib sisemisi pikette loodida vertikaalridade viisi, s. o. № 0-st kuni № 24-ni, № 1-st kuni 20-ni ja № 2-st kuni 21-ni. Iga rea alg- ja lõpp-piketid on polügooni loodimisel juba arvutatud ja see võimaldab kontrollida, et sisepikettide loodimisel viga ei tekiks. Kui piketid on kõik looditud ja loodimise andmed märkmikku kantud, siis arvutatakse pikettide kõrgused ja kantakse need plaanile.



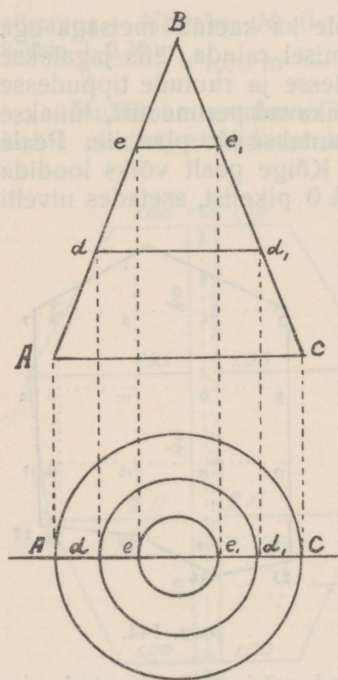
Joon. 144.



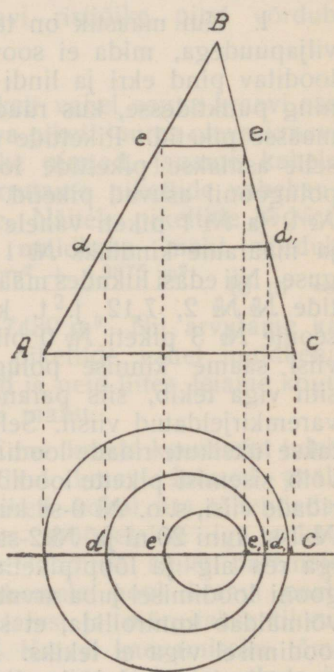
Joon. 145.

II. Kui maastik on ebatasane, nii et ruudud küllaldaselt ei iseloomusta pinna kaju, või on kaetud väärtuslikkude puudega, mida ei soovita raiuda, siis valitakse pikettide kohtadeks niisugused punktid, milleste kaudu kõige kergem on tähistada pinna ebatasasust, nagu künkatipud, lohud jne. Metsaga kaetud pinnale asetatakse piketid nii, et nad läbiksid käikudena looditavat maa-ala. Mõlemal juhul tulevad pikettide read nii korraldada, et nad lõpeksid polügoonil asuvate pikettidega. Piketid üles seatud ja nummerdatud, tuleb nende asukohad plaanile kanda. Pikettide tähistamist võib toimetada ekri ja mõõtelindi või bus-

sooli ja mõõtelindi abil. Kui piketid on plaanile kantud, siis võib asuda loodimisele. Siin toimitakse samuti kui eelmisel juhul, s. o. kõige pealt looditakse polügoonil asuvad piketid, seotakse algpikett lõpppiketiga, kontrollitakse, kas on tekkinud



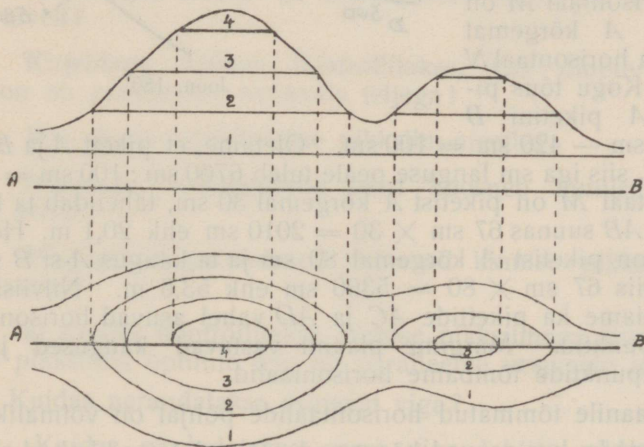
Joon. 146.



Joon. 147.

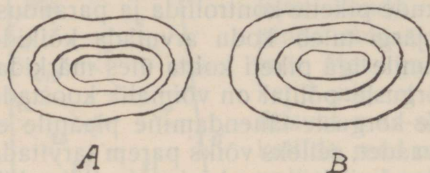
viga ja selle esinemisel parandatakse see. Edasi looditakse üksikuid sisemisi käike. Loodimist alustatakse polügoonil asuvasst piketist näit. № 8, ja lõpetatakse samuti polügoonil asuva piketiga, näit. № 12 (joon. 145). Iga käigu alg- ja lõpppiketi kõrgus on polügooni loodimisel juba kindlaks määratud, nii et nende põhjal on võimalik käikude pikette kontrollida ja parandusi teha. Välistööde lõpetamise järgi tuleb kodu arvutada kõikide pikettide kõrgused ja need plaanile iga piketi kohta üles märkida. Plaanile märgitud pikettide kõrguste põhjal on võimalik koostada kraavituskava. Ainult pikettide kõrguste tähendamine plaanile ei anna siiski küllalt piltlikku ülevaadet, selleks võiks parem tarvitada teist maastiku reljeefi tähendamiseviisi n. n. horisontaalide abil.

Horisontaaliks ehk rõhtjooneks nimetatakse joont maapinnal, mille kõik punktid asuvad ühekõrgusel merepinnast või mingisugusest muust merepinnale paralleelsest kõrgusest. Horisontaali mõiste selgituseks olgu järgmine näide. Oletame, et meil on koonus  $ABC$  (joon. 146 ja 147), mille kõrgus 3 m. Lõikame seda tasapindadega  $dd_1$  ja  $ee_1$  — iga meetri tagant — paralleelselt alusega  $AC$ . Siis kõik perpendikulaarid, mis lastud alusele tasapinnalt  $dd_1$ , võrduvad ühe meetriga ja tasapinnalt  $ee_1$  kahe meetrile. Lõikepinnad  $dd_1$  ja  $ee_1$  kujutavad enesest ringe ja neid projekteerides horisontaalpinnale saame rea kontsentrilisi ringjooni ehk horisontaale. Sellejuures iga ringjoone kõik punktid asuvad ühekõrgusel aluspinnast. Kui lõikaksime maastiku läbi ühesuguste vahekõrguste tagant merepinnale paralleelsete tasapindadega, siis saaksime samuti rea horisontaale, mis plaanile projekteerituna iseloomustaksid väga piltlikult maastiku reljeefi (joon. 148).



Joon. 148.

Mõnel juhul horisontaalid ei tee selget vahet, kas on tegu künkaga või lohuga. Vahetegemiseks märgitakse horisontaalide otste juurde nende kõrgused, või mõnikord eraldatakse neid varjudega, oletades, et valgus langeb ülalt loodenurgast, näit.



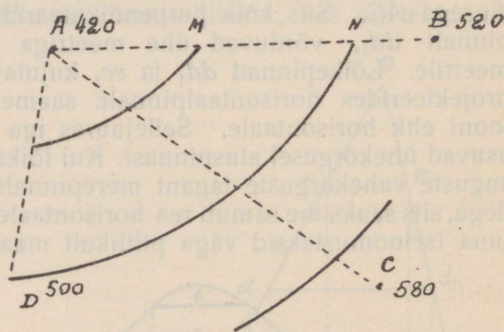
Joon. 149.

*A* lohk ja *B* mägi (joon. 149) — varjud on märgitud rasvasemalt.

Horisontaalid tõmmatakse plaanile märgitud pikettide kõrguste põhjal. Meie maaparandusplaanidel on horisontaalid tõmmatud enamasti iga 25 sm pinna tõusu järgi.

Selgitagu järgmine näide horisontaalide asukohtade arvutamist. Oletame, et plaanid on märgitud pikettide *A*, *B*, *C* ja *D* (joon. 150) kõrgused, mis on 420 sm, 520 sm, 580 sm ja 500 sm.

Edasi oletame, et meil on tarvis tõmmata horisontaale iga 50 sm pinna tõusu järel. Nii-sugusel juhul pikettide *A* ja *B* vahet peaks läbima horisontaal *M*, mille kõrgus 450 sm ja horisontaal *N*, mille kõrgus 500 sm. Tähen-dab horisontaal *M* on piketist *A* kõrgemal 30 sm ja horisontaal *N* 80 sm. Kogu tõus piketist *A* piketini *B*



Joon. 150.

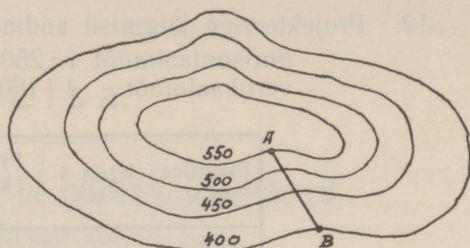
on 520 sm — 420 sm = 100 sm. Oletame, et pikett *A* ja *B* vahet on 67 m, siis iga sm languse peale tuleb  $6700 \text{ sm} : 100 \text{ sm} = 67 \text{ sm}$ . Horisontaal *M* on piketist *A* kõrgemal 30 sm, tähendab ta kaugus *A*-st on  $AB$  suunas  $67 \text{ sm} \times 30 = 2010 \text{ sm}$  ehk 20,1 m. Horisontaal *N* on piketist *A* kõrgemal 80 sm ja ta kaugus *A*-st *B* suunas on nii siis  $67 \text{ sm} \times 80 = 5360 \text{ sm}$  ehk 53,6 m. Niiviisi arvutades leiame ka pikettide *AC* ja *AD* vahel asuvad horisontaalide läbimispunktid. Märgime plaanil vastavad kaugused ja läbi saadud punktide tõmbame horisontaalid.

Plaanile tõmmatud horisontaalide põhjal on võimalik:

1. otsustada, kus asuvad kõrgemad või madalamad kohad plaanil;
2. iga plaanil asuva punkti suhtelist vahet arvutada;

3. kahe plaanil asuva punkti suhtelist vahet arvutada;
4. koostada kuivatuskava ja arvutada plaanile projekteeritud kraavi languse %.

Oletame, näiteks, et soovime  $AB$  (joon. 151) suunas läbi juh-tida kraavi, selleks horisontaalide alusel koostada profiili ja arvutada kraavi languse %.



Joon. 151.

Punkt  $A$  kõrgus on, oletame, 550 sm ja  $B$  kõrgus 400 sm. Suhteline langus nii siis võrdub  $550 \text{ sm} - 400 \text{ sm} = 150 \text{ sm}$ . Edasi oletame, et punktide  $A$  ja  $B$  kaugus teineteisest on 300 m, siis kraavi  $AB$  langus võrdub  $\frac{1,5 \cdot 100}{300} = 0,5\%$ .

Küsimusi ja ülesandeid.

1. Seletage, milles seisab geomeetriline loodimine!
2. Seletage, kuidas on ehitatud veetoruga nivell!
3. Seletage, kuidas on ehitatud märklauaga loodimislatt!
4. Kirjeldage, kuidas ja missuguseist osist on ehitatud diopter-nivell!
5. Kirjeldage, kuidas kontrollitakse, kas diopter-nivelli viseerjoon on paralleelne vesikaalu teljega!
6. Mis alusel rühmitatakse pikksilm-nivelle?
7. Nimetage, missuguseist osist koosneb kinnise pikk-silmaga nivell!
8. Missugused parandused esinevad kinnise pikksilmaga nivelli juures?
9. a) Kuidas kontrollitakse kinnise pikksilmaga nivelli juu-res, kas pikksilma optiline telg on paralleelne vesikaalu teljega?  
b) Kuidas parandatakse esinevat viga?
10. Kuidas parandatakse sama viga lahtise pikksilmaga ehk Ego nivelli juures?

11. Selgitage, kas kinnise pikksilmaga nivelli optiline telg on paralleelne vesikaalu teljega, kui  $h = 0,085$  m,  $h_1 = 2,175$  m,  $i = 1,224$  m,  $i_1 = 1,036$  m.

12. Projekteerige järgmisil andmeil profiil:

horisontaalmõõt 1 : 2500

vertikaalmõõt 1 : 100

Pikettide № №	Kaug s m	Pikettide kõrgus mm
0		8574
1	40	8236
2	40	7852
3	40	7247
4	40	7036

13. Eelmises ülesandes projekteeritud profiilis

- projekteerige 1 m sügavune kraav;
- arvutage projekteeritud kraavi languse %;
- arvutage iga piketi juures kraavi põhja sügavus pinnast;
- arvutage kraavi pervede laiused iga piketi juures;
- arvutage kraavist väljakaevatava mulla kubatuur;
- arvutage, palju läheks maksmata eelpool projekteeritud kraav!





# Lisa.

## I. Sidejoonte ja nurkade vahekord.

20 meetri pikkuse raadiuse juures:














	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'
	Sidejoonte pikkus sentimeetrites ( $R = 20$ m)											
0°	0	3	6	9	12	15	18	20	23	26	29	32
1	34	37	40	43	46	49	52	55	58	61	64	67
2	70	73	76	79	82	85	88	90	93	96	99	102
3	105	108	111	114	117	120	123	125	128	131	134	137
4	140	143	146	149	152	155	158	160	163	166	169	172
5	175	178	181	184	187	190	193	195	198	201	204	207
6	210	213	216	219	221	224	227	229	232	235	238	241
7	244	247	250	253	256	259	262	264	266	269	272	275
8	278	281	284	287	290	293	299	298	301	304	307	310
9	313	316	319	322	325	328	331	333	336	339	342	345
10	348	351	354	357	360	363	366	368	371	374	377	380
11	383	386	389	392	395	398	401	403	406	409	412	415
12	418	421	424	427	430	433	436	438	441	444	447	450
13	453	456	459	462	465	468	471	473	476	479	482	485
14	488	491	494	497	500	503	506	508	510	513	516	519
15	522	525	528	531	534	537	540	543	545	548	551	554
16	557	560	563	566	569	572	575	577	580	583	586	589
17	592	595	598	601	604	607	609	612	614	617	620	623
18	626	629	632	635	638	641	644	646	649	652	655	658
19	661	663	666	669	672	675	678	680	683	686	689	692
20	695	698	700	703	706	709	712	714	717	720	723	726
21	729	732	735	738	741	744	747	749	752	755	758	761
22	764	767	770	773	776	778	781	783	786	789	792	795
23	798	801	804	807	810	813	815	817	820	823	826	829
24	832	835	838	841	843	846	849	851	854	857	860	863
25	866	869	872	875	878	881	883	885	888	891	894	897
26	900	903	906	909	912	915	917	919	922	925	928	931
27	934	937	940	943	946	949	951	953	956	959	962	965
28	968	970	973	976	979	982	984	987	990	993	996	999
29	1002	1005	1008	1010	1013	1016	1019	1022	1024	1027	1030	1033
30	1036	1038	1041	1044	1047	1050	1052	1055	1058	1060	1063	1066

	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'
	Sidejoonte pikkus sentimeetrites ( $R = 20$ m)											
31°	1069	1072	1074	1077	1080	1083	1086	1088	1091	1094	1097	1100
32	1102	1105	1108	1110	1113	1116	1119	1122	1125	1128	1131	1134
33	1136	1139	1142	1145	1148	1150	1153	1156	1159	1162	1165	1166
34	1169	1172	1175	1178	1181	1184	1186	1189	1192	1195	1198	1200
35	1202	1205	1208	1211	1214	1217	1220	1222	1225	1228	1231	1234
36	1236	1239	1242	1245	1248	1250	1253	1256	1258	1261	1264	1267
37	1270	1272	1275	1278	1280	1283	1286	1289	1292	1294	1297	1300
38	1303	1305	1308	1311	1314	1316	1319	1322	1324	1327	1330	1333
39	1336	1338	1341	1344	1346	1349	1352	1355	1358	1360	1363	1366
40	1368	1371	1374	1376	1379	1382	1385	1388	1390	1393	1396	1398
41	1401	1404	1406	1409	1412	1415	1418	1420	1422	1425	1428	1431
42	1434	1436	1439	1442	1444	1447	1450	1453	1456	1458	1461	1664
43	1466	1469	1472	1474	1477	1480	1483	1486	1488	1490	1493	1496
44	1498	1501	1504	1507	1510	1512	1515	1518	1520	1523	1526	1528
45	1530	1533	1536	1539	1542	1544	1547	1550	1552	1555	1558	1560
46	1562	1565	1568	1571	1574	1576	1579	1582	1584	1587	1590	1592
47	1594	1597	1600	1602	1605	1608	1610	1613	1616	1618	1621	1624
48	1626	1629	1632	1635	1638	1640	1643	1645	1648	1650	1653	1656
49	1658	1661	1664	1667	1670	1672	1675	1678	1680	1682	1685	1688
50	1690	1693	1696	1698	1701	1703	1706	1709	1712	1714	1717	1720
51	1722	1724	1727	1730	1732	1735	1738	1740	1743	1746	1748	1751
52	1754	1756	1759	1762	1764	1767	1770	1772	1775	1777	1780	1782
53	1785	1788	1790	1793	1796	1798	1800	1803	1806	1808	1811	1814
54	1816	1819	1822	1824	1826	1829	1832	1834	1837	1840	1842	1844
55	1847	1850	1852	1855	1858	1860	1862	1865	1868	1870	1873	1876
56	1878	1880	1883	1886	1888	1891	1894	1896	1899	1902	1904	1906
57	1909	1912	1914	1916	1919	1922	1924	1926	1928	1931	1934	1937
58	1940	1942	1944	1947	1950	1952	1954	1957	1960	1962	1965	1968
59	1970	1972	1975	1978	1980	1982	1985	1988	1990	1992	1995	1998
60	2000	2002	2005	2008	2010	2012	2015	2018	2020	2023	2026	2028
61	2030	2033	2036	2038	2040	2042	2045	2048	2050	2053	2056	2058
62	2060	2063	2066	2068	2070	2072	2075	2078	2080	2082	2085	2088
63	2090	2092	2095	2098	2100	2102	2105	2108	2110	2112	2115	2118
64	2120	2122	2125	2128	2130	2132	2135	2138	2140	2142	2144	2146
65	2150	2152	2154	2157	2159	2162	2164	2167	2169	2172	2174	2176
66	2179	2181	2184	2186	2188	2191	2194	2196	2198	2200	2203	2206
67	2208	2210	2212	2215	2218	2220	2223	2225	2228	2230	2232	2234
68	2237	2240	2242	2244	2247	2250	2252	2254	2256	2258	2260	2264
69	2266	2268	2270	2273	2276	2278	2280	2283	2286	2288	2290	2292
70	2294	2296	2299	2302	2304	2306	2308	2311	2314	2316	2318	2320
71	2323	2326	2328	2330	2332	2334	2336	2339	2342	2344	2346	2349
72	2352	2354	2356	2358	2360	2363	2366	2368	2370	2372	2374	2377
73	2380	2382	2384	2386	2388	2390	2393	2396	2398	2400	2402	2405
74	2408	2410	2412	2414	2416	2418	2421	2424	2426	2428	2430	2432
75	2434	2437	2440	2442	2444	2446	2448	2451	2454	2456	2458	2460

	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'
Sidejoonte pikkus sentimeetrites ( $R = 20$ m)												
76°	2462	2465	2468	2470	2472	2474	2476	2478	2480	2483	2486	2488
77	2490	2492	2494	2497	2500	2502	2504	2506	2508	2510	2512	2514
78	2517	2520	2522	2524	2526	2528	2530	2533	2536	2538	2540	2542
79	2544	2546	2548	2551	2554	2556	2558	2560	2562	2564	2566	2569
80	2572	2574	2576	2578	2580	2582	2584	2586	2589	2592	2594	2596
81	2598	2600	2602	2604	2606	2608	2611	2614	2616	2618	2620	2622
82	2624	2626	2628	2630	2633	2636	2638	2640	2642	2644	2646	2648
83	2650	2652	2654	2657	2660	2662	2664	2666	2668	2670	2672	2674
84	2676	2678	2680	2683	2686	2688	2690	2692	2694	2696	2698	2700
85	2702	2704	2706	2708	2710	2712	2715	2718	2720	2722	2724	2726
86	2728	2730	2732	2734	2736	2738	2740	2742	2744	2747	2750	2752
87	2754	2756	2758	2760	2762	2764	2766	2768	2770	2772	2774	2776
88	2779	2781	2783	2785	2787	2790	2792	2794	2796	2798	2800	2802
89	2804	2806	2808	2810	2812	2814	2816	2818	2820	2822	2824	2826

## II. Hindamisplaanidel leiduvate märkide (signatuuride) seletus.

1. Punasega märgitakse maa klass (järk)
2. Violetiga märgitakse mullakihid
3. Sinisega märgitakse klassi pinna suurus
4. Kivi % ja piirkond märgitakse punase punktiiriga
5. Musta kontuuri kohal punase haagiga eraldatud klassi piir
6.  $\frac{Z}{X}$  läbitõmmatud jooned ei tule arvesse võtta
7. I—IX aia- põllumaa klassid
8. I-a—VII-a heinamaad, liblikõislaste ja kõrrelistega kaetud
9. I-c—III-c märjad heinamaad, lõikheinalistega kaetud
10. el—eIII karjamaa klassid
11.  $\left. \begin{array}{l} I\ c \\ II\ c \\ III\ c \end{array} \right\} \text{ roog}$
12. a — aiamaa
13. o — puuviljaaed
14. b — põld
15. c — sööt

16. d — heinamaa  
 17. e — karjamaa  
 18. f — mets  
 19. h — nõmm  
 20. i — impedimendid  
 21. k — koppel  
 22. gm — rohusoo  
 23. mm — samblasoo  
 24. tm — turbasoo  
 25. hm — kanarpikusoo  
 26.  — harv mets  
 27.  — keskmise tihedusega mets  
 28.  — tihe mets  
 29. (KL) (LK) (FL) (LF) segamets.  
 30.  mänd }  
 31.  kuusk } iga kriipsule vastab 10 a.  
 32.  kask  
 33.  haab  
 34. \* kadakas  
 35.  lepp  
 36.  raiestik  
 37.  põlendik  
 38.  20 a. }  
 39.  40 a. } lehtpuu vanadus.  
 40.  60 a. }

### III. Leppemärgid.

Et plaan oleks ülevaatlik ja annaks kujutatavast maastikust selge pildi, selleks tähendatakse tol maastikul esinevad esemed, nagu majad, veskid, kaevud, teed, kultuuralad jne. leppemärkidega. Leppemärke võib vabalt võtta, kuid siis peab neile juurde lisatama seletus. Parem on sellepärast tarvitada ametlikult vastu võetud leppemärke. Siin olgu toodud maamõõte-plaanidel tarvitatavad ja R. T. № 02 1927. a. väljakuulutatud värvide seletused. Nende värvidega piiratakse vastavad kultuuralad.

Puuvilja- ja iluaed — prantsuse roheline

Juurviljaaed — kroomkollane

Põllumaa — kroomkollane

Heinamaa põõsastega — gummigutt preisisinisega

Heinamaa põõsasteta — " " "

Märg heinamaa põõsastega — gummigutt preisisinisega ja preisisinise viirudega

Märg heinamaa põõsasteta — gummigutt preisisinisega ja preisisinise viirudega

Karjamaa põõsastega — preisisinine tušiga (indigo)

Karjamaa põõsasteta — " " "

Märg karjamaa põõsastega — preisisinine tušiga (indigo) ja preisisinise viiruga

Märg karjamaa põõsasteta — preisisinine tušiga (indigo) ja preisisinise viiruga

Segamets — sepia

Männimets — põletatud sienna karmiiniga

Kuusemets — preisisinine karmiiniga

Lehtpuumets — preisisinine gummigutiga

Madalsoo — gummigutt preisisinisega ning gummigutt preisisinise viirudega



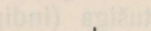
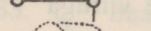
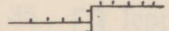
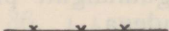
Kõrgesoo — gummigutt põletatud siennaga ning põletatud sienna ja preisisinise viirudega

Nõmm (kanarbik) — põletatud sienna ja karmiin ning violett vertikaalsete kriipsukestega

Liiv või liivaaugud — gummigutt sinoobertušiga

Kruus või kruusaaugud — karmiin, karmiintäppidega.

Edasi tarvituselolevaid märke. Neist märgitakse veekogud, kaevud, kraavid preisisiiniseaga; puuehitised gummigutiga ja kivi-ehitised karmiiniga.

	— järsud künkad
	— kraavitatud ja sillutatud tee
	— kraavideta sillutatud tee
	— sillutamata tee
	— õuemaa
	— talitee
	— jalgrada
	— raudtee
	— ajutine ja ehitatav raudtee
	— kraavid
	— hooned
	— kirikud
	— tuuleveskid
	— kaevud
	— allikad
	— augud ja kuristikud
	— ristikivid
	— postid
	— kõlvikute piirid
	— loodimise reeper
	— puuaed
	— kiviaed
	— traataed.

## TARVITATUD KIRJANDUS.

1. Feldmess. und Nivellierkunde  
und das Drainieren . . . . . Ch. Nielsen, dipl.-ing., 1907.
2. Geodesia põhijooned . . . . . A. Mathiesen, 1929.
3. Geometrie, Feldmessen und Ni-  
vellieren . . . . . H. Kutscher, 1929.
4. Краткій курсъ низшей геодезии В. Эренфейхтъ, 1916.
5. Курсъ низшей геодезии . . . С. М. Соловьевъ, 1908.
6. Практика низшей геодезии  
Составили: Межевой инженеръ М. Н. Виноградовъ.  
" " П. М. Орловъ.  
Инженеръ строитель П. П. Смиринкинъ.  
" " С. П. Шаляпинъ, 1914.
7. Wüst's leichtfaßliche Anleitung  
zum Feldmessen und Nivellieren Dr.-Ing. Alvin Nachtweh, 1913.

# Sisu:

Eessõna . . . . .	Lk. 3
Sissejuhatus . . . . .	5

## Esimene osa.

### Maamõõtmine.

I. Punkti märkimine maastikul . . . . .	7
II. Joone mõiste ja joone kujutamine maastikul . . . . .	8
III. Mõõduühikud ja mõõtkava koostamine . . . . .	11
IV. Pikkusemõõte-vahendeid, joone mõõtmine ja kaldjoonte parandamine . . . . .	14
V. Maa-ala mõõtmine teraslindiga või mõõteketiga ja plaani koostamine . . . . .	22
VI. Joonestamisvahendeid . . . . .	25
VII. Konstrueerimisülesandeid . . . . .	27
VIII. Maa-ala mõõtmine ekri ja lindiga ja plaani koostamine . . . . .	32
IX. Kontuuri pinna arvutamine plaanil ja selle jagamine osadesse või väljadesse . . . . .	45
X. Nurgamõõte-aparaadid, nende ehitus ja nendega käitlemine . . . . .	53
A. Bussool . . . . .	62
B. Maa-ala mõõtmine bussooli ja mõõtelindiga ja plaani koostamine . . . . .	66
C. Pantomeeter . . . . .	73
D. Maa-ala mõõtmine pantomeetri ja mõõtelindiga ja plaani koostamine . . . . .	74
E. Astrolaab . . . . .	78

## Teine osa.

### Loodimine ehk nivellimine.

I. Üldmõisted . . . . .	83
II. Geomeetiline loodimine . . . . .	84
A. Veetoriga nivell . . . . .	84
B. Diopter-nivell . . . . .	85
C. Pikksilm-nivell . . . . .	87
D. Latid . . . . .	96
E. Tegelik loodimine . . . . .	97

## Lisa.

I. Sidejoonte ja nurkade vahekord . . . . .	113
II. Hindamisplaanidel leiduvate märkide seletus . . . . .	115
III. Leppemärgid . . . . .	117
Tarvitatud kirjandus . . . . .	119