NUORISON LOMAKIRJASTO

№ I.

NUORI MAANMITTARI

KIRJOITTANUT

ONNI OLLILA

HELSINKI

YRJÖ WEILIN & KUMPP.

OSAKEYHTIÖ

Onni Ollila, Nuori Maanmittari

NUORISON LOMAKIRJASTO.

Yleisesti tunnustettanee, että koulujemme loma-ajat, niin hyvin oppi- kuin kansakoulun ja monien ammattikoulujen, ovat liian pitkät. Tämä käy huomattavaksi varsinkin, kun tekee vertailuja ulkomaiden vastaaviin oloihin. Oppikouluissamme on lomaa enemmän kuin kolmas-osa vuotta, kansakouluissa jonkun verran vähemmän, mutta kansanopistoissa ja eräissä ammattikouluissa, tosin luonnollisista syistä, päälle puolen vuoden. Saksassa sen sijaan on oppikouluilla korkeintaan kaksi kuukautta kesälupaa ynnä lyhyehkö loma suurien pyhien aikana, kansakouluissa taas on vuoden mittaan lomaa noin yhdeksän viikkoa.

Loma-aikojemme lyhentämisestä on innokkaasti keskusteltu sekä sanomalehdistössä että kokouksissa. Toiselta puolen huomautetaan, että koulukurssit ovat meillä lyhyemmät kuin monissa muissa sivistysmaissa ja että tämä on tarpeellista noiden pitkien loma-aikojen takia. Toiselta puolen panevat vanhemmat ja lääkärit painoa siihen, miten välttämätöntä on, että lapset kylmässä maassamme saavat koota voimia ja joustavuutta koko lyhyen kesämme varrella. Ja jouluhan on meidän suurin perhejuhlamme ja karkaisevan talviurheilun aika.

On myöskin ehdotettu loma-ajaksi laajennettua kurssilukemista, jotta työ ja elämän vakavuus eivät nuorilta kokonaan unohtuisi. Mutta pakollinen loma-aikalueskelu maistuu enemmän tai vähemmän koululta ja tavallisesti harjoittaa nuoriso sitä ilman tuota elävää harras-

tusta, joka yksin takaa menestyksen. Ei kuitenkaan voi kieltää, että monet oppilaat viettävät vapaan aikansa tylsistyttävässä toimettomuudessa. „Myötänsä paha tapa vie“ sanoo sananlasku. Moni nuorukainen vetelehtii päivät pitkät jouten, moni nuori tyttö venyy riippuverkossa vain romaaneja ahmien, ja monessa kesäasukasyhteiskunnassa vierii nuorilta päivä toisensa jälkeen tykkänään hukkaan, turhuudessa ja kiemailussa.

Mutta sopii kysyä: onko meillä köyhässä maassamme varaa antaa ajan luisua käsistämme? Ja onko hyödyllistä, että nuoret, terveet ihmiset totuttautuvat jaksolliseen joutilaisuuteen? Emme sitä usko. Sitäpaitsi kuuluu yleistä valitusta nuorison yhä lisääntyvästä epäkäytännöllisyydestä. Niitä täyskasvuisia henkilöitä, jotka katsovat saaneensa koulussa liian vähän n. s. kirjaviisautta, on varmaan sangen vähän, mutta monelta puuttuu itsetoiminta- ja huomiokykyä ynnä käytännöllistä taitavuutta. Juuri pitkät loma-aikamme olisivat omiaan tuomaan parannusta epäkohtiin, jos nuorisolla vain olisi käytettävissään tarpeellista opastusta. Oleskelu luonnon parissa ja sen moninaisen ja mutkikkaaan elämän tarkkaaminen teroittaa huomiokykyä, käytännöllinen kätevyys lisääntyy, kun saa puuhata erilaisissa töissä, ja itsetoimintahalu vahvistuu kaikissa näissä askareissa.

Nämä näkökohdat ovat kehoittaneet minua, neuvoteltuani useiden opettajain ja vanhempain kanssa, ryhtymään julkaisemaan kokoelmaa käsikirjoja, jotka soveltuvat käytettäväksi sinä aikana, jonka nuoriso on vapaana säännöllisestä työstään. Kokoelmaan tulisi kuulumaan eri ikäkausia varten tarkoitettuja pieniä kirjoja mitä erilaisimmilta aloilta, jotka voisivat näyttää nuorisolle tien itsetoimintaan ja vaikuttaa huomiokyvyn teroittamiseen sekä käytännöllisen tai-

tavuuden kehittämiseen. Jotkut teokset soveltuvat 12—15 vuoden ikäisille lapsille, toisia voivat käyttää vain jonkun verran vanhemmat henkilöt, ja vihdoin on sellaisia, jotka sopivat yhtä hyvin sekä nuorille että vanhoille.

Puhutellessani eri henkilöitä kirjain kirjoittajiksi olen kohdannut mitä suopeinta hyväntahtoisuutta. On yleensä katsottu, että mainitunlaiset „opastukset“ eivät tulisi nuorisolle vain hyödyllisiksi ja huvittaviksi, vaan myökin tärkeäksi taistelukeinoksi ehkäisemään sen epäterveen kirjallisen ravinnon valtaanpääsyä, jota nykyisin niin runsaassa määrässä ja halvasta hinnasta nuorisolle tarjotaan. Niinikään on luultu, että monista käytännöllisistä neuvonantajista voisi olla hyötyä myöskin suurelle yleisölle, joka haluaa lyhyttä ja halpaa ohjausta toisessa tai toisessa suhteessa.

Aikomuksena on julaista kokoelma sekä suomeksi että ruotsiksi. Tekeillä ovat allamainitut suomenkieliset teokset, joiden nimet ja numerot kuitenkin saattavat muuttua:

2. *Terveysoppi nuoria varten.*
3. *Kesäurheilu ja kesäleikit.*
4. *Linnuntuntija.*
5. *Kouluherbarioni.*
6. *Nuori insinööri.*
7. *Kotiseutututkija.*
8. *Amerikan nuoriso ja sen askareet.*
9. *Fysikaalisia kokeita.*
10. *Talviurheilu.*
11. *Kalastus ja metsästys.*
12. *Hyönteiskokoelmani.*
13. *Jumala luonnossa.*
14. *Järvimaisema, maantieteellis-geologisia huomioita.*
15. *Eläinten täyttäminen ja säilyttäminen.*

Sitäpaitsi on tässä kirjastossa päätetty julkaistavaksi jo kohdakkoin eri kirjaset poikain ja tyttöjen käsitöistä.

J. E. Rosberg.

NUORI MAANMITTARI

MAANMITTAUKSEN HARRASTAJIA VARTEN

KIRJOITTANUT

ONNI OLLILA

HELSINKI 1910
YRJÖ WEILIN & KUMPP. OSAKEYHTIÖ

Helsinki 1910
Kirjapaino-Osakeyhtiö SANA

Kun tulin luvanneeksi kirjoittaa lyhyen helppotajuisen oppaan käytännöllisessä maanmittauksessa, pidin tehtävää yksinkertaisempana kuin mitä se sittemmin näyttäytyi olevan. Ensiksi se seikka, että kirjanen ei ollut tarkoitettu ammattimiehille, vaan sangen moninaisista piireistä kokoonpannulle lukijakunnalle, teki vaikeaksi päättää, mitä siihen oli mukaan otettava ja miten „helppotajuisesti“ se oli kirjoitettava. Tämän vaikeuden olen koettanut voittaa sillä, että erilaisista mittauksista on esitetty myöskin kaikkein yksinkertaisimmat, samalla kun lyhyesti on viitattu täydellisempiin ja tarkempiin menettelytapoihin. — Sangen tärkeänä osana maanmittauksessa on koneiden rakenteen ja käytön tunteminen; mikäli mahdollista olen koettanut kunkin erilaatuisen mittaustyön ja -tavan ohella selittää ne koneet, joita niihin käytetään, täten välttääkseni sitä hajanaisuutta, joka väkisinkin tulisi näin lyhyeen esitykseen, jos koneoppi ja mittausoppi tavallisuuden mukaan esitettäisiin erikseen. Koneista on luonnollisesti tarkemmin selitetty ne, joita yleisemmin käytetään ja jotka laatuunsa nähden paraiten sopivat yksinkertaisiin mittaustöihin, samalla kun valinta on saanut isoksi osaksi riippua myöskin koneiden hinnasta. — Erilaisten mittaus- ja kartoitustöiden käytöllinen toimittaminen on selitetty usein lyhyesti ja pääpiirteissään siinä toivossa, että „työ tekijäänsä neuvoo“.

Kirjan loppuun olen ottanut lyhyen esityksen kotimaisista kartoista, koska olen huomannut, että yleisö ei aina tiedä, mistä ja minkälaisia karttoja se voi tarvitessa saada. Viimeaikoina on etenkin kotiseutututkimustöitä varten sopivat kartat haluttuja, ja kotiseudun maantieteestähän pyritään myöskin nykyään entistä enemmän maantieteen opetus kouluissa alottamaan. — Tiedot koneiden hinnoista, mittayksiköistä, maantieteellisistä koordinateista y. m. ovat sekä mittauksia varten että usein muutenkin siksi tarpeelliset, että olen katsonut kirjalle eduksi ottaa ne mukaan.

Valitettavasti on se aika, mikä minulla on ollut käytettävänä kirjasen kokoonpanoon, ollut siksi lyhyt, että paraalla tahdollakaan en ole voinut saada esitystä niin selväksi ja johdonmukaiseksi, kuin olisi suotava.

Helsingissä, toukokuulla 1910.

Onni Ollila.

I. Kartoista ja mittauksista yleensä.

Oman maan tunteminen, tieto sen suuruudesta, asemasta, laadusta y. m. on jokaiselle kansalle välttämätön; ja mitä enemmän kansainvälinen liikenne vilkastuu, sitä tärkeämpää on tulla tuntemaan muutkin maat. Näitä jo yleissivistykseen kuuluvia tietoja, samoin kuin mitä erilaisimpia taloudellisia tarkoituksia varten tarvittavia yksityiskohtaisia selvityksiä voivat paraiten ja melkeinpä yksinomaan kunnolliset *kartat* antaa. Kaikellaisissa maan hallintoa, viljelemistä ja liikennettä koskevissa kysymyksissä sekä eri tieteiden palveluksessa on kartoilla tärkeä merkitys. Maanviljelijä tarvitsee karttaa omistusoikeutensa turvaamista sekä viljelystensä ja metsänsä järkiperäistä hoitoa varten, insinööri suunnitellessaan uusia teitä ja kanavia, merenkulkija purjehtiessaan, matkailija liikkuessaan paikasta toiseen. Maantieteen ja historian opetusta voi tuskin ajatella ilman karttoja, kansa- ja muinaistieteen, tilaston, geologian, ilmatieteen ja luonnonhistorian palveluksessa ovat ne tulleet välttämättömän tarpeellisiksi.

Kaikkia näitä moninaisia tarpeita ei voi yksi ja sama kartta tyydyttää. Siksipä onkin eri tar-

koituksia varten olemassa erilaisia karttoja, riippuen siitä, mitä seikkoja niiden tulee etupäässä esittää. Toisilta vaaditaan, että ne näyttävät tarkkaan ja yksityiskohtaisesti kaikki maanpinnan eri laadut ja sillä olevat esineet, toisten tulee näyttää maan luonto ja pintamuodostus, kun taas toiset voivat olla yleissilmäyksellisiä pienoiskuvia suuremmista tai pienemmistä alueista. Karttain laatu riippuu siis pääasiallisesti niiden *mittakaavasta*, s. o. siitä, miten suuresti pienennettyjä kuvia ne ovat siitä seudusta, jota niiden tulee kuvata. Ne sanotaan olevan *suuressa mittakaavassa*, kun ne ovat suurikokoisia kuvia seudusta, *pienessä mittakaavassa*, kun ne kuvaavat seudun pienessä koossa. Edelliset ovat luonnollisesti tarkemmat kuin jälkimäiset.

Tavallisesti jaetaan kartat seuraaviin ryhmiin:

Taloudelliset kartat ovat suurissa mittakaavoissa (1 : 500—1 : 8000), niiden tulee näyttää tarkkaan kaikki vesistöt, erilaiset maanlaadut, kulkuneuvot, rakennukset ja rajat. Niiden tarkoitus on maanomistus- ja -jakoolojen, verotuksen ja kaikellaisten maataloutta koskevain tarpeiden tyydyttäminen. Ainoastaan poikkeustapauksissa osottavat ne maanpinnan korkeussuhteita.

Topografiset kartat ovat keskikokoisissa mittakaavoissa (1 : 10,000—1 : 100,000). Alkujaan on niiden määränä ollut sotaisten tarkoitusten tyydyttäminen; siksipä onkin maanpinnan korkeussuhteiden esittäminen niiden päätehtävä. Tästä seuraa, että vallankin uusia teitä suunnitellessa ja osaksi myös maan kuivattamista koskevissa töissä ne ovat suuriarvoisia. Koska niille on merkitty mahdollisimman tarkkaan myös maanlaadut, tiet ja asumukset y. m., käytetään niitä paljon kai-

kellaisia taloudellisia tarkoituksia varten, vallankin maissa, missä niitä hallitusten toimesta julkaistaan yleisön saataviksi.

Maantieteelliset kartat ovat pienissä mittakaavoissa, 1: 100,000 alkaen. Niitä käytetään yleissilmäyskarttoina suuremmista alueista. Mittakaavan pienuuden takia näyttävät ne ainoastaan tärkeimmät seikat ja eri tarkoituksia varten on niille otettu milloin vesistöt, milloin tiet, maan pintamuodostus pääpiirteissään j. n. e.

Maanpinnan epätasaisuuksia: vuoria ja laaksoja, harjuja ja notkoja ja laajoillakin tasangoilla esiintyviä kaltevuuksia ei luonnollisesti voi tasapintaisella kartalla muuten kuin erilaisilla merkeillä osottaa. Kartta näyttää epätasaisen maanpinnan kaikki piirteet projisioituina samalle tasolle, vaakasuoralle pinnalle, siis sellaisina, kuin ne näyttäisivät meille katsottuina äärettömän kaukaa ylhäältäpäin. Tämä projisioiminen tapahtuu yksinkertaisesti siten, että me teemme kaikki pituusmittauksemme vaakasuorasti tai laskemalla muutamme kaikki kaltevalla pinnalla mitatut pituudet vaakasuoriksi. Tällöin tulevat luonnollisesti kaikki kaltevat pinnat ja pituudet kartalla pienemmiksi kuin mitä ne ovat luonnossa. Kutistuminen on sitä suurempi mitä kaltevampi pinta on. Jyrkkärinteisissä vuoriseuduissa voivat erot maan todellisen pinta-alan ja kartan osottaman välillä olla varsin huomattavia, nousten jo esim. 30° kaltevalla pinnalla n. 25 %.

Harvoin tulee karttaa käyttäessä ajatelleeksi, miten laajaperäisten ja suurien töiden tuloksia ne ovat. Jokainen piste ja viiva kartalla on saatu

oikealle asemalleen määrätyiks monasti suurien ja vaivaloisten mittausten ja laskujen kautta. Näiden mittaus- ja laskutöiden käytöllinen toimittaminen sekä niiden tulosten esittäminen kuuluu *maanmittausopin* eli *geodesian* alaan. Kun mittaukset ovat niin suuria, että niitä tehdessä täytyy ottaa huomioon maan pallonmuotoisuudesta johtuvat seikat, ovat mittaus- ja laskutöissä noudatetut menettelytavat tieteellistä tarkkuutta kysyviä ja kuuluvat *korkeamman geodesian* alaan, erotukseksi tasossa tapahtuvista *alemman geodesian* töistä, jotka koskevat pieniä alueita ja tapahtuvat etupäässä käytöllisten tarpeiden tyydyttämiseksi.

Juuri viimemainittuja, tavalliseen maanmittaukseen kuuluvia töitä varten tahtoo tämä kirjanen antaa käytöllisiä neuvoja ja opastusta, tehdä yksinkertaisempien mittaustöiden toimittamisen ja pinta-alain määräämisen mahdolliseksi niillekin, joilla ei ole perusteellisempia matemaattisia tietoja eikä kalliita konekaluja käytettävinään. Ammattimiehen apua ei ole aina saatavissa ja toivottavaahan on, että esim. maanviljelijä voi omin neuvoin tehdä ne mittaukset ja laskut, joita hän tilaansa hoitaessa tarvitsee, ja että yleensä jokainen, jolla on tarvetta ja harrastusta yhden- tai toisenlaatuisten mittaustöiden toimittamiseen, itse pystyy niihin.

Tärkeänä osana maanmittausopista on siinä käytettyjen koneiden ja aseiden oikea tunteminen ja käyttäminen. Tavallisen maanmittauksen tietopuolinen osa on verrattain yksinkertaista ja voi sen oppia itse työtä tehdessä, kunhan vain alkeisgeometrian tiedot on muistissa. (Syystä sanotaankin siis maanmittausoppia *käytölliseksi geometriaksi)*.

II. Koneista yleensä.

Kaikki maanmittauksessa kysymykseen tulevat työt koskevat ensi sijassa joko *pituuksien* tai *suuntien* (-kulmien) määräämistä. Siis ne koneet ja apukeinot, joita tarvitsemme, ovat joko *pituusmittauksissa* tai *kulmamittauksissa* käytettäviä. *Korkeusmittauksia* voimme tehdä pituus- ja kulmamittauskoneilla, joskin niitä varten on olemassa myöskin olemassa omat erikoiset koneensa.

Kartoittaminen käy päinsä kahdella eri tavalla. *Koordinatimittaustapaa* käyttäen tapahtuvat mittaus ja kartallepano kumpikin erikseen, *grafillisella* eli *taulumittaustavalla* syntyy kartta itse mittauksen yhteydessä.

Jälkimmäinen perustuu pääasiallisesti kulmien suoranaiseen piirtämiseen maanmittaustaululle tähtäysviivottimen eli diopterin avulla. *Maanmittaustaulu* tehdään keveästä ja kuivasta puusta liittämällä taulun vääntymisen estämiseksi ristittäin kaksi tai kolme hienompaa levyä yhteen. Soveliaimpia puulajeja tähän on lehmus. Taulun suuruus on meillä tavallisesti 35×40 cm. Sen kiinnittämistä varten jalustaansa on olemassa monenlaisia laitteita. Tavallisinta on kiinnittää taulun alapintaan metalliristi, jonka keskustassa oleva metallihylsä sopii tarkalleen jalustassa olevaan tappiin. Tappi on alaosastaan useimmiten pallomainen. Erityisellä ruuvilla voidaan se lujasti puristaa sitä ympäröivää ja jalustan kanssa kiinteässä yhteydessä olevaa metallikourua vastaan mihin asentoon tahansa, siis myöskin vaakasuoraan. Taulussa kiinniolevan hylsän puristusruuvilla voidaan taulun kiertyminen vaakasuorassa tasossa estää. — Viime aikoina on meillä ruvettu paljon käyttä-

mään Helsingissä asuvan mekanikeri Falck-Rasmussenin valmistamaa taululaitetta, joka isomman metallisen pallosegmentin puristamisen sekä erityisten taulun pienempiä liikkeitä aikaansaavien ruuvien takia tekee taulun vakavaksi ja sen asettamisen helpoksi.

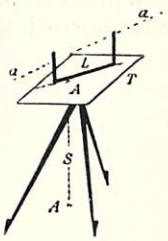
Taulun asettaminen oikeaan asentoonsa käy siis seuraavasti: kolmijalka asetetaan maahan tanakasti, taulussa oleva hylsä sovitetaan jalustan tappiin ja taulu asetetaan silmävaraisesti vaakasuoraan. Nyt painetaan jalat lujasti maahan ja jalkaruuvit kiinnitetään. Kun taulu on saatu vesivaa'an eli lipellin avulla tarkalleen vaakasuoraan, väännetään jalustan tappia puristava ruuvi lujasti kiinni. Taulua voidaan vielä kiertää vaakasuorassa asennossa, vaan kun olemme saaneet sen oikeaan suuntaan, puristamme ruuvilla hylsän tappiinsa kiinni, ja niin on taulu valmiiksi asetettu mittausta varten.

Paperin kiinnittäminen tauluun käy paraiten siten, että kun paperi on kostutettu, vastakkaiset reunat taitetaan paperia tasaisesti venyttämällä taulun syrjää vasten ja liimataan näihin kiinni. Tämän jälkeen menetellään samalla tavalla paperin toisten reunain kanssa. Paperia ei saa liiaksi kostuttaa eikä venyttää, koska muuten sen kutistuminen taulusta irtiotettuna voi tulla haitallisen suureksi.

Taululla yksistään emme voi mitään mittauksia tehdä. Vasta *tähtäysviivottimen* (diopteriviivottimen) tai muun samantapaisen tähtäyssuuntaa määrittelevän koneen kanssa voidaan sitä tarkoitukseensa käyttää.

Tähtäysviivottimen pääosana on metalliviivotin, jonka kumpaankin päähän on pystysuorasti kiinni-

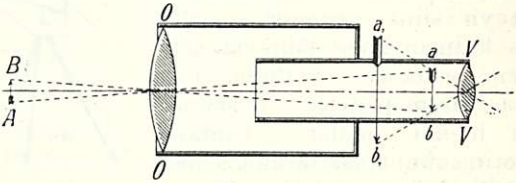
tetty metallilevy (diopteri). Kummassakin levyssä on vuorottain hienoja reikiä ja aukkoja sekä suurempiin aukkoihin keskelle sovitettuja hienoja metallikärkiä tai -rihmoja sillä tavalla, että kaikki nämä hienot reijät, kärjet ja rihmat ovat tarkalleen samassa viivottimen keskustan kautta kulkevassa tasossa. Tarkistetussa koneessa täytyy siis vaakasuoralla tasolla lepäävän viivottimen diopterien kautta kulkevan tähtäystason olla pystysuora ja yhtä kaukana viivottimen kummastakin reunasta.



Kuva 1.

Kun tahdomme taululla ja diopterilla määrätä jonkun kulman maan päällä, asetamme taulun pystyyn siinä pisteessä maalla, josta kulman sivut lähtevät, sekä siihen pisteeseen taululla, joka vastaa asemapistettä, pystysuoraan hienon neulan. Tähtäysviivotin suunnataan tarkkaan määrättävän kulman toista sivua pitkin, niin että se samalla sivuaa neulalla taululle merkittyä asemapistettä. Nyt vedämme hienon viivan taululle viivottimen neulaa sivuavaa reunaa pitkin. Kun viivotin on samalla tavalla suunnattu kulman toista sivua pitkin ja sitä vastaava viiva taululle vedetty, on meillä määrättävä kulma kuvattuna. Mitkä muut suunnat tahansa asemapisteestä käsin voimme määrätä samalla tavalla; valikoimalla uusia asemapisteitä, ja asettamalla taulun entisiin asemapisteisiin näiden oikeaan suuntaan, saamme samoihin pisteisiin tehtyjen tähtäysten leikkauspisteinä taululla määrätyksi edelleen uusia pisteitä.

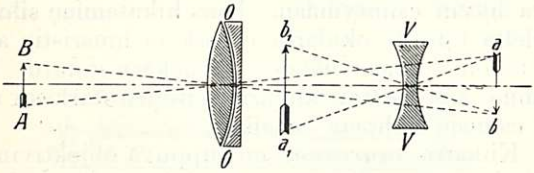
Tähtäysviivottimella ei voi saada tähtäyksiä tarkemmin kuin että epävarmuus taululla määrätyssä suunnassa on kilometrin etäisyydellä noin 0,5 metriä (siis n. 2′). Monin verroin tarkempia tuloksia antavat *kaukoputkitähystimet* eli *kiikarit*. Mittaustöissä käytetään kiikaria, jotka rakenteeltaan ovat n. k. *Keplerin* mallia. Näissä on pääosana kaksi kuperaa linssiä, joista esineen puoleista kutsutaan *objektiviksi* ja silmän puoleista *okulariksi*. Objektivi on kooltaan suurempi ja sen polttoväli, s. o. itse linssin keskipisteen ja sen pisteen välinen etäisyys, johon se taittaa yhdensuuntaisesti siihen sattuvat valonsäteet, niinikään



Kuva 2.

melkoista suurempi kuin pienikokoisen okularilinssin polttoväli. Valonsäteiden taittuminen näiden kuperain linssien läpi selviää paraiten vieressä olevasta kuvasta 2. Esineestä AB objektiiviin OO tulevat valonsäteet taittuvat okularin VV polttovälille, mihin syntyy esineestä ylösalaisin käännetty kuva ab; kun tätä kuvaa tarkastamme okularin läpi, näemme sen suurennettnna ja ylösalaisena, a_1 b_1. Objektivi ja okulari ovat asetetut kumpikin oman tarkasti sisäkkäin toisiinsa menevän metalliputken päähän. Erityisen ruuvilaitteen avulla voidaan putkia lykätä enemmän tai vähemmän sisäkkäin, jolloin tietysti objektivin ja oku-

larin keskinäinen välimatka muuttuu. Tämä on välttämätöntä sen takia, että tarkastettaessa kiikarilla likempänä olevaa esinettä selvän kuvan saamiseksi tulee okulariputkea ruuvata uloskäsin, ja päinvastoin. Näitä kiikareita käytetään etupäässä tähtitieteellisissä mittauksissa, koska tällöin ei ylösalaisin näkyvä kuva haittaa. Maan päällä oleviin esineisiin tähdätessä on kohta alussa totuttauduttuva siihen, että kiikarissa näkyvät kuvat ylösalaisin. Milloin erityisiä numeroituja merkkitankoja käytetään tähtäysesineinä, on nu-



Kuva 3.

merot näissä tehty ylösalaisiksi, joten ne kiikarissa näkyvät oikeinpäin.

Jos tahdomme saada kiikarin, joka näyttää esineet oikeassa asemassaan, on valikoitava n. s. *Galilein* kiikari. Tässä on objektivi isoaukkoinen ja sen polttoväli pieni. Okulari on kaksinkertaisesti kovero linssi ja niin asetettu objektiviin nähden, että tämän muodostama kuva lankeaa okularin ja silmän väliin. Kun tätä silmin tarkastamme näkyy oikeassa asemassa oleva suurennettu kuva esineestä okularin ja objektivin välissä (kuva 3). Tällaisen systeemin mukaan ovat esim. tavalliset teatterikiikarit rakennetut.

Jotta kiikarilla voisi tehdä tarkkoja tähtäyksiä, on niissä erityinen laite sitä varten. Tämän muo-

dostaa metallirengas, johon on kiinnitetty pysty- ja vaakasuoraan joko metallilanka tai hämähäkin siimasta erikoisesti valmistettu rihma, tai hieno lasilevy viivoineen. Rengas on asetettu kiikariin siihen paikkaan, jossa tähdättävän esineen kuva näkyy. Renkaan ja okularin välistä etäisyyttä voidaan jonkun verran erityisten ruuvien avulla muuttaa, jotta esineen kuva ja tähtäysviivat eli n. s. *hiusristi* saadaan näkymään tarkalleen samassa tasossa. Kiikaria käytettäessä on ensi työksi asetettava hiusristi niin, että se selvästi näkyy ja sitte vasta okularia siirtämällä saatava esineen kuva hyvin esiintymään. Kun liikutamme silmää puolelta toiselle okularin edessä, ei hiusristin asema tällöin kuvaan nähden vähääkään muutu. Me voimme siis asettaa kiikarin suunnan tarkasti mihin esineen kohtaan tahansa.

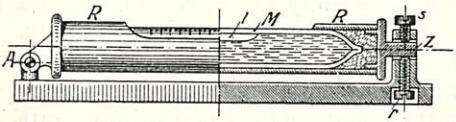
Kiikarin *suurennus* on riippuva objektivin ja okularin polttovälistä, se on suhde näiden molempain välillä. Jota suurempi polttoväli siis on objektivilla, ja kuta pienempi okularilla, sitä isompi on suurennus. — Yksinkertainen tapa on määrätä suurennus seuraavasti: me tarkastamme toisella silmällä kiikarin läpi jotain pystysuorassa olevaa esinettä, paraiten jaettua asteikkoa tai mittatankoa, sekä samalla kertaa toisella silmällä suorastaan samaa tankoa, huomioon ottaen miten monta paljain silmin nähtyä tangon jako-osaa kiikarissa nähty yksi jako-osa peittää (siis miten monta kertaa kiikarissa nähty esineen kuva on paljain silmin nähtyä esinettä suurempi) saamme suurennuksen heti tietoomme. Maanmittauksessa käytetyissä kiikareissa vaihtelee suurennus 10—40 välillä, tavallisissa käsikiikareissa on se 4—10.

Se ala, jonka kiikarilla samalla kertaa näkee,

on sitä suurempi, jota pienempi on kiikarin suurennus. 20 kertaa suurentavassa kiikarissa on se tavallisesti noin 2,5⁰.

Olemme ennemmin maininneet, että mittaukset on tehtävä vaakasuorassa tasossa, voidaksemme esittää ne semmoisenaan kartalla. Meillä täytyy siis olla keinoja, joiden avulla saamme koneemme ja muut mittauksessa käytetyt apuvälineet vaakasuoraan asentoon. Yleisimmin käytetty ja paras näistä on *vesivaaka* eli *lipelli*.

Lipellejä on pääasiallisesti kahden laatuisia. *Putkilipellin* (kuva 4) muodostaa kaareva lasiputki, joka on sulettu metalliseen ylhäältä avo-



Kuva 4.

naiseen metalliputkeen. Lasiputki on täytetty jollain nesteellä, niin että sen kaarevassa yläosassa on vain pienoinen ilma- tai kaasukupla jälellä. Kiinteässä yhteydessä metalliputken kanssa on tasainen alusta, joka on tarkistusruuveilla niin asetettu, että sen ollessa vaakasuorassa lasiputken kupla on putken keskessä sen korkeimmalla kohdalla. Erityiset jakoviivat lasiputkessa osottavat tämän kuplan asennon. Lipellin akseliksi sanotaan lasiputken suunnassa sen korkeinta osaa sivuavaa viivaa, jonka siis tulee olla yhdensuuntainen lipellin aluspinnan kanssa.

Lipellin oikeutta voidaan helposti tarkastaa. Se asetetaan jollekin tasapinnalle ja kuplan asento

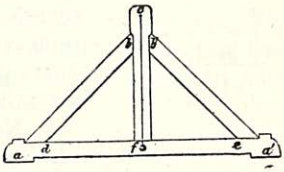
lipellin jakoviivoihin nähden merkitään; nyt käännetään lipelli niin, että sen oikealla oleva pää tulee vasemmalle ja kuplan asento määrätään uudestaan. Lipellin kuplan korkein kohta eli lipellin 0-asento on oleva molempain merkittyjen kuplan kohtain keskivälissä. Tarkistusruuvilla voidaan mahdollinen vika korjata. — Putkilipellin tarkkuus vaihtelee suuresti. Tarkimmissa lipelleissä vastaa lipellin yksi jako-osa 2″—3″ kaltevuutta. Käytännössä ovat näin tarkat lipellit epämukavia, sillä kuplan asettaminen paikalleen vie paljon aikaa. Useimmissa tapauksissa on täysin tyydyttävä tarkkuus saavutettu jo 10″—20″ herkillä lipelleillä.

Tällaisella putkilipellillä voimme saada koneen paraiten vaakasuoraan asettamalla ensin kahta jalkaruuvia yhdistävän viivan suunnassa olevan putkilipellin näyttämään vaakasuoraa suuntaa ja sitte kääntämällä lipellin niin, että se on äskeistä suuntaansa vastaan kohtisuorassa, jolloin kolmatta jalkaruuvia liikuttamalla saadaan lipelli ja koko kone lopullisesti vaakasuoraksi.

Nopeammin kuin putkilipellillä, vaan ei läheskään niin tarkasti, käy tason asettaminen vaakasuoraksi *rasialipellillä*. Tässä on lasiputken asemasta pyöreä yläosastaan kaareva umpinainen lasirasia. Metallinen lasiosaa ympäröivä kehys on tasa-alustainen ja niin sovitettu, että rasialipellin vaakasuoralla tasolla ollessa lipellin kupla on sen lasiosan keskisillä ympyräviivoilla merkityllä kohdalla. Rasialipellin oikeutta voi tutkia samalla tavalla kuin putkilipellinkin. Erittäin grafillisesssa mittauksessa taulun asettamisessa sekä yleensä pienempää tarkkuutta vaativissa tapauk-

sissa ja koneissa on rasialipellillä siltä laaja käytäntö.

Itsekin voi helposti tehdä luotilangasta ja puisesta kolmiosta kojeen, jolla voi määrätä vaakasuoran asennon. Vieressä oleva kuva 5 paraiten selvittää tällaisen *luotivaa'an*. Kolmion kärjestä riippuva luotilanka ef on erityisellä merkillä osotetussa O-asennossa silloin kuin kolmion jalusta de on vaakasuorassa. Tämän O-merkin voimme määrätä seuraavasti: luotivaaka asetetaan tasapinnalle ja luodin asema merkitään; käännettyämme vaa'an niin, että oikea kolmion sivu tulee vasemmalle, merkitsemme taasen luodin paikan. Molemmissa asennoissa saatujen merkkikohtain keskivälissä on luotivaa'an O-merkki. — Pystysuora suunta saadaan tietenkin mukavasti yksinkertaisella luotilangalla määrätyksi.

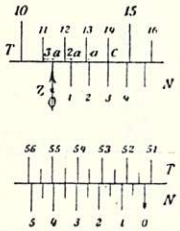


Kuva 5.

Sekä tarkemmissa pituusmittauksissa että varsinkin kulmamittauksessa tulee alati kysymykseen pituus- tai kulmajaoituksen yksikköä pienempäin osain mittaaminen. Mittatangossa on jaoitusyksikkö esim. 1 cm ja kulmamittauskoneissa asteikko jaettu kokonaisiin asteisiin, mutta me tahdomme saada pituudet ja kulmat mitatuiksi vielä tarkemmin. Tällöin on turvauduttava *nonion* tai *ruuvimikroskopin* apuun.

Nonio on pitkin luettavan jaoituksen reunaa liikkuva apuasteikko, jonka jaoitusyksikkö on jotain määrättyä osaa pienempi kuin pääasteikon jaoitusyksikkö. Jos esim. nonion jaoitus on $^1/_5$

osaa pienempi kuin pääasteikon jaoitus, on nonion 5 jako-osaa yhtä pitkä kuin pääasteikon 4 jako-osaa. Usein käytetään sellaista noniota, jossa 10 jako-osaa on yhtä pitkä kuin pääasteikon 9 osaa. — Vieressä olevassa kuvassa 6 on ylempänä olevan pääjaoituksen yhden jako-osan T ja nonion yhden jako-osan N ero T—N=a ja koska nonion ja pääasteikon jakoviivat sattuvat pisteessä c yhteen, on nonion O-pisteen väli lähinnä vasemmalla olevasta pääasteikon jakoviivasta 3 a, siis mitattava välimatka on 11+3 a.



Kuva 6.

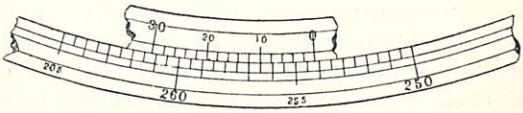
Nonion n jako-osaa vastaa siis yleensä asteikon n—1 osaa. Tällöin on siis

$$n\,(T-N) = na = T \text{ ja}$$

$$\frac{T}{n} = a.$$

Luku a osottaa sen pienimmän suuruuden, jonka noniolla voi mitata, siis nonion tarkkuuden.

Alempana on kuvassamme asteikon 9 jako-osaa yhtä suuri kuin nonion 10 jako-osaa, siis



Kuva 7.

$a = {}^1/_{10}$. Jos pääasteikon jako-osa on $0{,}5^0 = 30'$, on $a = 3'$ ja nonion O-piste osottaa siis tässä $51^0{,}35 = 51^0 21'$. — Kuvassa 7 on nonion O-piste, siis mitattava suunta, $254^0 11'$ kohdalla.

Etenkin kulmamittauskoneissa on jaoitus niin hieno, että noniota lukiessa on aina käytettävä

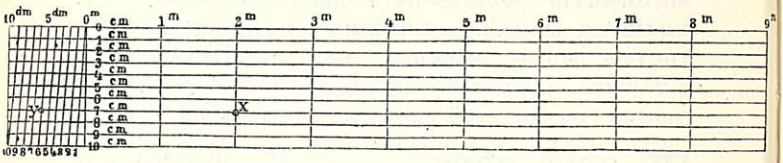
suurennuslasia apuna. Nonion käyttäminen vaatii jonkun verran harjoitusta.

Vielä tarkempi ja siis paremmissa koneissa yleiseen pienien pituuksien ja kulmanosien lukemiseen käytetty on *ruuvimikroskopi*. Tämä on pieni kiikari, mikroskopi, jonka hiusristin voi erityisen asteikolla varustetun ruuvilaitteen avulla siirtää. Hiusristin muodostaa tavallisesti kaksi lähekkäistä yhdensuuntaista viivaa, joiden väliin mitattavan jakoviivan kuva asetetaan; sen tulee olla tarkkaan siinä tasossa, jossa luettavan asteikon kuva mikroskopissa näkyy; viivain ollessa erityisellä merkillä osotetussa O-asennossa tulee siirtoruuvin jaoituksenkin olla O-asennossa. Jos luettavan jaoituksen tarkkuus on esim. 2′ ja siirtoruuvin jaoitus sellainen, että hiusristin viivain siirtyessä jako-osan kohdalta toiselle, ruuvin jaoitus osottaa 120 jako-osan siirtymistä, vastaa yksi ruuvin jakoosa $\frac{2'}{120} = 1''$. Kulmia mitatessa on siis vaan ruuvia kierrettävä siksi, että ristikon viivat sattuvat O-pistettä lähinnä edelliselle jakoviivalle ja ruuvin jaoituksesta suoraan luettava tämän jakoviivan osotukseen lisättävät kulmaosat. — Ruuvimikroskopin tulee olla kohtisuorassa luettavaa jaoitusta vastaan.

Grafillisen mittauksen yhteydessä ja yleensä mittauksien kartallepanossa tulee mitat panna kartalle mittakaavan mukaisesti pienennettyinä. Tätä varten tarvitsemme sellaisen laitteen, josta voimme helposti saada minkä pituuden tahansa valitsemassamme mittakaavassa. Tavallinen millimetrimitta kelpaa tällaiseksi mittakaavaa 1: 1000 käyttäessämme, sillä tässähän joka millimerti vastaa 1 metriä maan päällä mitatusta pituudesta.

Mittakaavassa 1: 100 vastaisi 1 cm. 10 metriä maalla, 1: 10,000 taasen 1 mm 10 metriä maalla Mitä mittakaavaa varten tahansa voimme paperille piirtää vastaavan jaoituksen, josta tarvittavat pituudet voidaan kartalle ottaa. Kaupoissa on tällaisia erilaisia mittakaavoja varten sovitettuja joko paperille tai puuviiivaimille piirrettyjä jaoituksia huokealla hinnalla saatavissa.

Paperille tai puulle tehdyt jaoitukset eivät kuitenkaan ole tarpeeksi kestäviä ja ihan tarkkaan on niistä mittoja vaikea saada. Käytännöllisin on metallista tehty *transversaliasteikko*. Vieressä olevasta



Kuva 8.

kuvasta 8 näkee miten se on jaoitettu. Poikittaisten viivain välimatka on tässä mittakaavaa 1:100 varten tehdyssä asteikossa 1 cm, vastaten siis 1 metriä 100 kertaa pienennettynä. Vasemman puolisessa päässä oleva cm on vinoilla yhdensuuntaisilla poikkiviivoilla jaettu 10 pienempään osaan kuten kuva näyttää. Asteikon pituussuunnassa kulkee niinikään päästä päähän 11 yhtä etäällä toisistaan olevaa viivaa. Näistä viimemainituista viivoista leikkaavat oikeanpuolisin vino viiva ja sen viereinen kohtisuora poikkiviiva väliinsä osia, jotka ovat niin monta kymmenesosaa vinoviivain välimatkasta (= 1 mm) kuin viiva on järjestyksessä

alaspäin ylimmästä viivasta luettuna. Kuvassa olevain pisteiden x ja y välimatka vastaa näin ollen 2,57 metriä mittakaavassa 1:100. Tätä samaa asteikkoa voimme käyttää, kuten edellä huomautimme, myöskin 1:1000, 1:10000 j. n. e. mittakaavoja varten. Meillä Suomessa tavallisesti käytettyjä mittakaavoja 1:2000, 1:4000 ja 1:8000 varten on luonnollisesti omat erityiset asteikkonsa.

III. Pituusmittaukset.

Harvoin on kysymyksessä niin pienen alan kartoitus, että tarvittavat pituudet voidaan päästä päähän yhdellä mittanauhan vedolla mitata. Tavallisesti on mitattavat linjat niin pitkiä, että mittauksen helpottamiseksi linjan suunta on ensin pitkin pituuttaan maan päällä merkittävä.

Linjojen merkitsemiseen eli *viitoittamiseen* käytetään suoria n. 2 metrin pituisia seipäitä. Tarkempia mittauksia varten otetaan usein erikoisesti valmistettuja, päästä päähän vuorotellen punaiseksi ja valkoiseksi tai mustaksi ja valkoiseksi maalattuja keppiä; tavallisissa oloissa tehdään linjaseipäät tarpeen mukaan metsässä nuorista puista. Alapää veistetään teräväksi, yläpää tasasen valkeaksi, jotta se paremmin näkyisi. Erikoisissa tapauksissa täytyy käyttää suurempia tankoja tai viittoja, joiden päähän usein sovitetaan puuristikko tai muu kauas näkyvä merkki.

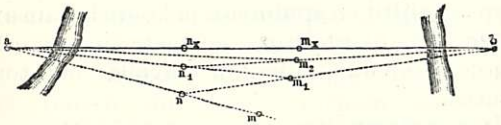
Jos linja on viitoitettava määrättyyn suuntaan, pystytetään lähtöpisteeseen tavallisesti suurempi tanko tai viitta kohtisuoraan, apumies menee jonkun matkan päähän linjan suunnassa, pi-

tää koholla kahden sormen välissä vapaasti riippuvaa linjaseivästä ja siirtää tätä puolelta toiselle, lähtöpisteessä olevan linjanajajan viittausten mukaan, siksi kunnes seiväs tulee oikealle paikalleen linjalla, jolloin se lyödään lujasti maahan. Nyt on linjan suunta määrätty. Linjanajaja siirtyy linjaa pitkin ja asettaa edelleen sille seipäitä, tarkastaen että ne kaikki tulevat suoralle viivalle. Tämän näkee paraiten tähtäämällä vuorotellen pitkin seipäitten kumpiakin sivuja ja tarkastamalla, sivuaako viimeisestä näkyvästä seipäästä lähtevä valonsäde kaikkia lähempiä. Siirtämällä päätä hiukan sivulle päin näkee kaikki linjaseipäät etempänä tasaisesti toisiaan likenevän, jos seipäät on asetettu jotakuinkin yhtä kauas toisistaan. Epätasaisella maalla sattuu linja tuontuostakin menemään korkeamman paikan yli, josta voimme nähdä pitkät matkat taaksepäin linjaa pitkin ja niin ollen tarkastaa, onko se kaikin paikoin pysynyt suorassa. Vallankin sivultapäin tulevan auringonvalon takia pyrkii linja muuttumaan kaarevaksi, koska auringon valaisema puoli seipäistä näkyy paljoa selvemmin kuin varjossa oleva. Yleensä on linjanajo työtä, joka täysin onnistuakseen vaatii koko lailla harjoitusta, niin yksinkertaiselta kuin se tuntuneekin. Hyvänä apuna linjanajossa on kiikari, koska sillä voimme nähdä linjaseipäät selvemmin kauempaakin.

Kun linja on viitoitettava korkeamman kukkulan yli, täytyy seipäitä panna linjalle tiheämmin kuin tavallisesti sekä tehdä ne hienommiksi ja pitemmiksi. Seipäitten välimatka on tasasesti lyhennettävä ja vältettävä kovin eripaksuisten seipäiden sattumista lähekkäin. Itsestään selvää on myöskin, että tällöin, tähdättäessä milloin seipäitten

latva- milloin tyvipuolta myöten, linjan suorana pysyminen suuresti riippuu siitä, ovatko seipäät suoria ja tarkkaan pystysuorassa asennossa. Sääntönä on pidettävä, että vähintäin kolme linjaseivästä näkyy samalla aikaa.

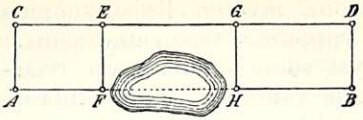
Jos linjan molemmat päätepisteet näkyvät toisillensa, on niiden välille linjalle päätepisteistä käsin helppo asettaa seipäät. Mutkikkaampi on saada linjalle asetetuksi seipäitä keskeltä käsin, mikä käy välttämättömäksikin silloin, kun linjan päätepisteisiin ei voi päästä, kuten esim. kuvan 9 osottamassa tapauksessa. Tällöin asetetaan sei-



Kuva 9.

väs aluksi pisteeseen m, apumies panee toisen seipään saamainsa viittausten mukaan pisteeseen n. Koska suunta nm ei käy pisteen b kautta, muutetaan seiväs m apumiehen viittausten mukaan pisteeseen m_1. Apumies taas vuorostaan siirtää seipäänsä pisteeseen n_1, jonka johdosta toinen seiväs on muutettava pisteeseen m_2. Näin edelleen menetellen saadaan lopuksi molemmat seipäät asetetuiksi pisteisiin m ja n, jotka molemmat ovat pisteitä a ja b yhdistävällä linjalla.

Usein sattuu linjalle sellaisia esteitä, rakennuksia, suuria kiviä j. n. e., joiden ylitse emme voi nähdä. Tällöin voidaan menetellä seuraavasti. Pitennettävän linjan AF (kuv. 10) pisteistä A ja F asetetaan yhtä pitkät kohtisuorat viivat AC ja FE, pisteiden C ja E kautta jatketaan apulinja



Kuva 10.

pisteisiin G ja D. Viimemainituista pisteistä asetetaan nyt apulinjaa vastaan kohtisuorat GH ja DB, joiden pituus otetaan tarkalleen yhtä suureksi kuin toisella puolella estettä olevain kohtisuorain AC ja FE. Täten saatut pisteet H ja B ovat linjan AF pitennyksellä ja linjanajo voi taas jatkua näiden kautta.

Käytöllisessä mittaustyössä sattuu linjanajossa monenlaisia muitakin työtä haittaavia tapauksia. Sopivasti valittujen apulinjain ja kohtisuorain avulla voimme yksinkertaisiin geometrian sääntöihin nojautuen niistä kuitenkin tavalla tai toisella suoriutua.

Itse *pituusmittaus* toimitetaan mittatangolla, -vitjoilla tai -nauhoilla, grafillisessa mittauksessa ja milloin syystä tai toisesta edellämainittuja ei voida tai tahdota mittaukseen käyttää, myös kaukomittarilla.

Mittatangot ovat rauta- tai messinkipäisiä 2—5 metrin pituisia puutankoja, joiden läpileikkauspinta tavallisesti on joko neliömäinen tai soikea, n. 35—40 mm ristiinsä. Tangot tehdään paraiten kuivasta hongasta. Joka toinen metri tangossa on maalattu punaiseksi, joka toinen valkeaksi, tai myöskin vuorotellen mustaksi ja valkeaksi. Pienimmät jaoitukset, tavallisesti vain desimetrit, on tankoihin merkitty metallinastoilla. Mittaukseen tarvitaan 2 tai 3 tankoa. Kahdella tangolla voi mittauksen tehdä mukavasti yksi mies, kolmea tankoa käytettäessä on edullista tehdä mittaus kahden miehen. Tangot asetetaan

peräkkäin linjaa pitkin niin, että ne päistään kepeästi koskevat toisiinsa, perimmäinen tanko muutetaan edellimäisen eteen j. n. e. yhä edelleen. Kolmella tangolla mitattaessa käy mittaus joutuisammin, koska molemmat mittamiehet voivat yhä olla siirtämistoimessa. Kun perimmäistä tankoa muutetaan edellimmäiseksi, on toinen mies jo siirtämässä jälkimmäiseksi joutunutta tankoa. Tarkkaan on varottava, että tangot päittäin asetettaessa eivät sysää toisiaan takasin, koska tästä helposti aiheutuu virheitä. Tämän välttämiseksi käytetään sitäkin tapaa, että tankoja ei aseteta aivan toisiinsa kiinni ja tämä pieni välimatka mitataan erikseen pienellä millimetrimitalla. Tankomittain lukua muistiin merkitessä on erehdysten välttäminen helpompaa, jos tangot ovat eriväriset, koska tällöin aina samanvärinen tanko antaa joko parillisen tai parittoman tankoluvun. Epätasaisella maalla tulee tangot asettaa vaakasuoraan, mikä käy päinsä paraiten luotivaa'alla, ja niiden pääpisteiden kohdat joko ylös- tai alaspäin osottaa luotilangalla.

Mittavitjat on tehty n. 4 mm paksusta rauta- tai teräslangasta, meillä tavallisesti 2 dm pituisilla, renkailla toisiinsa yhdistetyillä jatkoksilla. Täysiä metriä osottaa messinkirenkaat ja jokaista viittä metriä erityinen renkaassa riippuva rautapuikko. Vitjain päässä on messinkiset kädensijat sekä mitan alku- ja loppupistettä osottavat merkkiviivat. Vitjain pituus on tavallisesti 20 m, harvemmin 10 m.

Mittanauhoja on joko vaatteesta tai teräksestä tehtyjä. Ensinmainitut kelpaavat ainoastaan pienemmissä töissä, ne kuluvat pian ja kastuessa muuttuu niiden pituus, vaikkakin ne on öljy-

värillä suojattu. Teräsnauhat ovat sitävastoin tarkoitukseensa vallan sopivia, keveitä ja antavat tarkkoja tuloksia. Siksipä onkin ne viime aikoina myöskin meillä tulleet yleisesti käytäntöön.

Teräsnauhat tehdään karaistusta teräksestä, ne ovat vieterin tapaisia 10—20 mm leveitä. Täydet metrit on osotettu nauhan keskeen lyödyillä numeroiduilla messinki- tai kuparilevyillä, desimetrit pienillä reijillä. Kädensijat nauhan päissä sekä mitan alku- ja loppumerkit ovat yleensä samallaisia kuin vitjoissakin. Teräsnauhain pituus on 5—25 metriä, käytetäänpä pitkiä matkoja mitatessa, vallankin jäällä, aina 50 m mittaisia hyvin kapeita nauhoja. Tavallisimmat ovat 20 m pituiset nauhat, lyhempiä käytetään paljon pienemmissä mittauksissa sen vuoksi, että ne koteloissa ollen ovat mukavat taskussa kuljettaa.

Vitjoilla ja nauhoilla mittaaminen käy samalla tavalla. Kummankin mitan päässä on mittamies, jälkimmäinen asettaa mitan alkupisteen lähtöpisteeseen ja antaa edelläkulkevalle miehelle jonkin sovitun merkin, tämä pistää nyt merkkipuikon („tikun") maahan mitan toisen päätepisteen kohdalle ja ilmoittaa tästä perimmäiselle miehelle. (Tavallisesti käytetään huutoja: merkki, „pois" eli „valmis"). Nyt muutetaan mitta yhtä pituuttaan etemmäksi, perimmäinen mies asettaa nauhan O-pisteen maahan pistetyn tikun kohdalle ja edellinen mittamies pistää maahan toisen tikun. Ja niin jatkuu mittaus, perimmäinen mies kokoo huostaansa tikut sitä mukaa kun edellinen on saanut maahan uuden pistetyksi. Kun viimeinen tikku on maahan pistetty, lyödään sen kohdalle paalu, johon numeroilla merki-

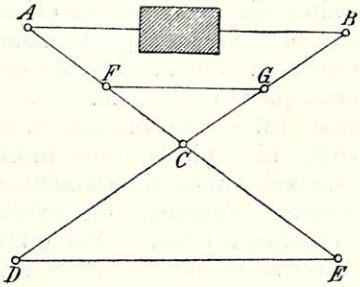
tään miten mones se on mittauksen lähtökohdasta. Koska tikkuja on tavallisesti 10 ja mitan pituus 20 m, on yksi tällainen „paalunväli“ aina 200 m.

Kaikissa pituusmittauksissa on huoli pidettävä siitä, että mittaus tapahtuu tarkkaan pitkin linjaa, sillä poikkeukset sivullepäin aiheuttavat virheitä tulokseen. Niinikään on vitjoilla ja nauhoilla mitatessa nämä jännitettävä suoraksi ja aina yhtä suurella voimalla. Jos maa on kalteva, on ainakin silmämitalla ja luotilangan tai vapaasti riippuvan suoran tangon avulla mittaukset tehtävä vaakasuorassa ja paraiten sitä lyhemmissä osissa kuta jyrkempi maa on, ellei tahdota mitata kaltevuuskulmaa ja jälestäpäin laskemalla määrätä ero kaltevan ja vaakasuoran pituuden välillä.

Kaikki pituusmitat tulee olla oikeita, s. o. niiden tulee olla todella niin pitkiä, kuin miksi niitä oletamme. Ne on siis ennen käyttämistään tarkistettava, toisten taatusti tarkkain mittain avulla on määrättävä niiden todellinen pituus. Vallankin mittavitjat venyvät käyttäessä paljon, joten niiden tarkistus on tuon tuostakin toimitettava. Teräsnauha on luotettava, vaikka senkin pituus muuttuu hitusen lämmön vaikutuksesta. (20 m pitkä teräsnauha venyy 10° korkeammassa lämmössä n. 25 mm). Jos tarkistaessa huomaamme että 20 metrin vitjat esim. ovat 2 cm liian pitkät, on tästä seurauksena, että 1000 metriä saamme 1 metriä pitemmäksi näitä vitjoja käytettäessä.

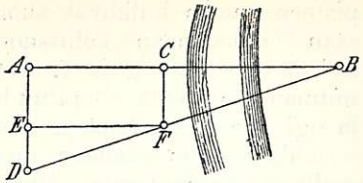
Samallaisia vaikeuksia kuin linjoja viitoittaessa sattuu meille usein niiden pituuksia mitatessa. Milloin linja kulkee järven tai joen yli, rakennusten läpi ja milloin kokonaan luoksepääsemättömien linjojen pituus on määrättävä,

täytyy luonnollisesti käyttää muita keinoja niiden pituuden selville saamiseksi. Edellä olemme (kuv. 10) osottaneet miten linjaa AF viitoittaessa voimme pitentää sen yli esteen FH. Linjan mennessä lammen tai rakennuksen yli tarvitsee meidän siis pituuden FH selvillesaamiseksi mitata sen kanssa yhdensuuntainen ja yhtä pitkä apulinjamme osa EG. — Jos taas olisi mitattava, kuten kuv. 11 osottaa, vain päätepisteittensä kautta osotettu rakennuksen yli menevä linja AB, voimme menetellä seuraavasti: pisteistä A ja B asetetaan mielivaltaiset toisiaan pisteessä C leikkaavat linjat AC ja BC. Nämä pitennetään pisteisiin E ja D saakka mittaamalla AC = CE ja CB = CD. Koska yhteellisissä kolmioissa ACB ja CED sivut AB ja DE ovat yhtä pitkät, voimme mittaamalla DE saada tietää samalla AB pituuden. — Jos mittaamme linjain AC ja BC keskipisteiden välimatkan FG, saamme AB = 2 FG. — Vielä voisimme ottaa linjan CB kohtisuoraksi AC vastaan ja saisimme tällöin suorakulmaisesta kolmiosta ACB mitattujen katetien AC ja CB neliöin summan yhtä suureksi kuin linjan AB neliön. — Ellemme voi edellämainittuja tapoja käyttää mitatessa joen yli menevää linjaa, menetellään kuten kuv. 12 näyttää. Linjalla AB otetaan joku piste C, josta asetetaan kohtisuora AB vastaan. Pisteeseen A asetetaan kohtisuora AD.



Kuva 11.

Kun linjan DB ja kohtisuoran CF leikkauspisteestä F asetetaan AB:n kanssa yhdensuuntainen linja EF, muodostuu yhdenmukaisista kolmioista DAB ja DEF verranto



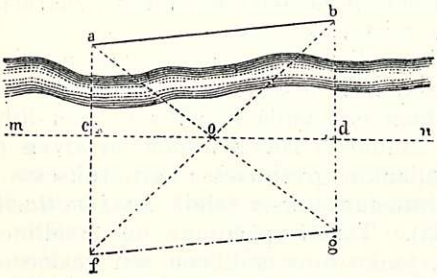
Kuva 12.

$$AB : AD = EF : ED.$$

Jos mitatessa saisimme pituudet AD = 60 m, EF = 120 m ja ED = 30 m olisi

$$AB = \frac{60 \times 120}{30} = 240 \text{ m.}$$

Joskus täytyy määrätä linjan pituus ilman, että voimme päästä sen ainoaankaan pisteeseen, kuten kuvassa 13 osotetussa tapauksessa. Tällöin



Kuva 13.

viitoitamme joen tällä rannalla mielivaltaisen linjan mn, jonka pisteistä c ja d asetamme kohtisuorat linjan ab päätepisteisiin. Kun cd:n keski-

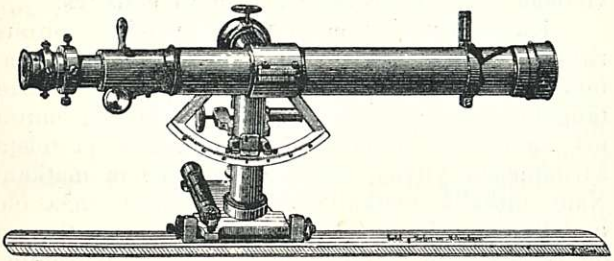
pisteen kautta kulkevat suorat ao ja bo pitennetään leikkaamaan kohtisuorain ca ja db pitennyksiä pisteissä g ja f, saamme välimatkan gf mittaamalla tietää ab pituuden, sillä kolmiot aob ja ogf ovat yhteelliset ja siis ab = gf.

Tarkimmin saadaan pituudet mitatuksi tangoilla, epävarmimmin vitjoilla. Mittausten tarkkuutta voimme lisätä, jos sama matka mitataan useamman kerran päinvastaisessa suunnassa ja eri tuloksista otetaan keskiarvo. Kaksi pituusmittausta on tavallisesti tarkemmissakin käytöllistä tarvetta varten tehdyissä mittauksissa täysin riittävä. Jos eri tulokset poikkeevat paljon toisistaan, on mittauksessa tehty n. s. törkeitä virheitä, joku mitta on jäänyt kokonaan lukematta („tikun virhe") j. n. e. Silloin on linja vielä kerran mitattava. Epätasaisellakaan maalla eivät erot eri mittausten välillä saisi tavallisissa tapauksissa nousta ainakaan yli 3 metrin kilometrin matkalla. Useimmissa maissa on virallisia mittauksia varten säädetty määrätyt virherajat, meillä ei niitä toistaiseksi ole.

Tieteellisiä tarkoituksia varten tehdään pituusmittaukset useaan kertaan suurinta tarkkuutta noudattaen erityisillä koneilla tai metallilangoilla, joiden lämmössä laajeneminen on aivan pieni.

Vallankin grafillisessa kartoituksessa on edullista pituusmittauksia tehdä *kaukomittarilla* (kipregelillä). Tämän pääosana on tavallinen tähtikiikari, jonka hiusristikkoon sen vaakasuoran viivan kahdenpuolen ja yhtä kaukana siitä on asetettu yhdensuuntaiset viivat. Kun tarkastamme eri välimatkoilla olevaa pystysuoraa mittatankoa tällaisella ristikolla varustetulla kiikarilla, huomaamme heti, että kuta kauempana tanko on, sitä

isompi osa siitä sattuu näiden vaakasuorain viivain väliin. Jos kussakin tapauksessa tangon etäisyys kiikarista sekä hiusristin viivain väliin sattuvain tangonosain pituus mitataan, huomaamme, että nämä ovat aina jossain määrätyssä suhteessa toisiinsa. Kun tangon etäisyys kasvaa kaksinkertaiseksi, näkyy viivain välissä tangosta myöskin kaksi kertaa pitempi osa. Lähes aina on hiusristin viivat niin asetettu, että äärimmäisten vaakasuorain viivain välissä näkyvä osa tankoa



Kuva 14.

on 100 kertaa pienempi kuin tangon etäisyys kiikarista. Jos tanko on jaettu metriin ja sen osiin, vastaa jokainen kiikarin viivain välissä näkyvä cm näin ollen yhtä metriä tangon etäisyydestä, s. o. me voimme heti kiikarista lukea tangon etäisyyden. — Kaukomittarin rakenne muuten selviää paraiten yllä olevasta kuvasta 14. Kiikari liikkuu pystysuorassa tasossa vaakasuoran akselin ympäri. Tämä taas on yhdistetty kiikaria kannattavaan pystysuoraan akseliin, mikä koko laitteen alustana olevan viivottimen kanssa on kiinteässä yhteydessä. Koska kaukomittarin täh-

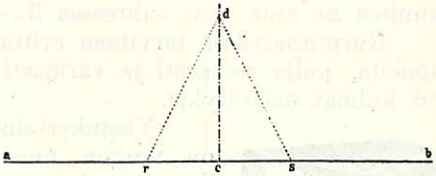
täyssuunta määrätään taululle pitkin viivottimen syrjää vedetyllä viivalla, tulee viivottimen syrjän olla yhdensuuntainen kiikarin tähtäyssuunnan kanssa. Ehtona oikeain tulosten saavuttamiseksi ei tämä välttämättä ole, kunhan koko kartoituksen aikana käytetään samaa konetta, sillä syntyvä virhe on joka tähtäyksessä sama ja samanne päin siirtyvä. Kaltevasti mitattujen pituuksien korjaamista varten vaakasuoriksi on kaukomittarissa asteisiin jaettu ympyräosa, josta voimme lukea kaltevuuskulman. Tästä ja vinosta etäisyydestä voidaan helposti laskea vaakasuora etäisyys.

Kaukomittarilla mitattavain matkain pituus riippuu luonnollisesti siitä, miten pitkiä mittatankoja meillä on käytettävänä. Kolmen metrin tangolla voimme mitata 300 metrin matkoja, mutta jos käytämme hiusristin keskimmäistä ja toista äärimmäistä viivaa, saamme 600 metrin matkan. Näin pitkällä matkalla eivät tulokset enää ole luotettavia, sillä jo 300 á 400 metrin matkoissa on tarkkaankin mitatessa n. 1 metrin epävarmuus.

IV. Kulmamittaukset.

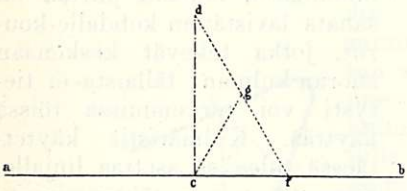
Kulmia voimme mitata edellä selitetyillä pituusmittauskoneillakin. Tämä on kuitenkin vaivaloista ja antaa epävarmoja tuloksia; siksi käytetäänkin kulmien mittauksessa yleiseen erityisiä koneita. Koska kuitenkin voi olla hyvä tietää, miten ainakin suoran kulman saamme pituusmittauksilla määrätyksi, selitettäköön tässä pari sellaista tapaa.

Linjan ab (kuva 15) pisteestä c on asetettava kohtisuora. Me mittaamme välit cr ja cs yhtä pitkiksi, esim. 5 metrin pituisiksi. Kun mittavitjain päät kiinnitetään pisteisiin r ja s ja vitjain keskustasta kiinniottaen kumpikin osa rd ja sd jännitetään suoraksi, on piste d pisteen c kautta kulkevalla kohtisuoralla, sillä dc jakaa tasakylkisen kolmion rds aseman rs kahtia ja on siis kolmion korkeusviiva.



Kuva 15.

Toinen tapa on esitetty kuvassa 16. Vitjain toinen pää pidetään kiinni pisteessä c, toinen pisteessä f ja vitjain keskusta jännitetään pisteeseen g. Nyt merkitään piste f maalle linjaseipäällä tai muuten ja vitjain toinen osa jännitetään suoraan gf suunnassa pisteeseen d. Koska gf, gc ja gd ovat kaikki yhtä pitkät, ovat pisteet f, c ja d sen ympyrän kehällä, jonka halkaisija on df, ja niin ollen on kehäkulma fcd suora = 90°.

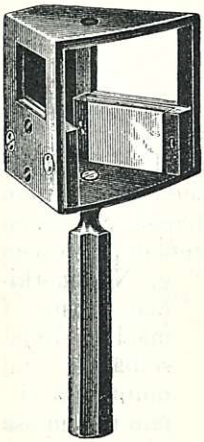


Kuva 16.

Yksinkertainen tapa on asettaa suora kulma jostain pisteestä c (kts. kuv. 16) seuraavasti: cf mitataan 3 metriä pitkäksi, pisteestä f mitataan 5 metrin kaari fd ja pisteestä c edellistä

pisteessä d leikkaava 4 metrin kaari cd. Koska katetien neliöin summa 3^2+4^2 on yhtä suuri kuin hypotenusan neliö 5^2, on kulma fcd suora. Luonnollisesti voidaan pituudet ottaa suuremmiksikin, kunhan ne aina ovat suhteessa 3 : 4 : 5.

Kartoitustyössä tarvitaan erittäinkin sellaisia koneita, joilla nopeasti ja varmasti saadaan suorat kulmat määrätyksi.



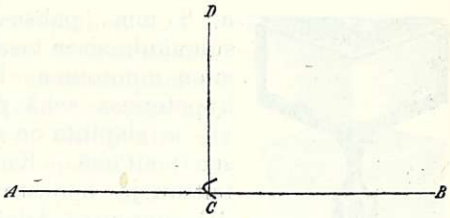
Kuva 17.

Yksinkertainen *kulmaristi* on tangon nenään asetettava puuristi tai -levy, jolle on lyöty hienoja metallipiikkejä niin, että vastakkaisten kärkien kautta kulkevat tähtäykset ovat suorassa kulmassa keskenään; jos piikkien asemasta on ristissä diopterit, saadaan tarkemmat arvot. Myös voidaan tarkkaan neliönmuotoiseen lautaan piirtää tai sahata lävistäjien kohdalle kourut, jotka tekevät keskenään suoran kulman; tällaista ei tietysti voi tarkemmissa töissä käyttää. Kulmaristiä käytettäessä tulee se asettaa linjalle, niin että toinen tähtäyssuunta sattuu tarkkaan linjaa pitkin.

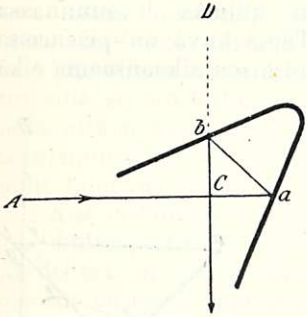
Mukavimmat käyttää ovat kulmapeilit ja kulmaprismat.

Kulmapeilin muodostaa kaksi samaa tasoa vastaan kohtisuorassa olevaa peiliä, joiden välinen kulma on 45^0. Peilit on asetettu metallikehykseen, kuten kuva 17 näyttää, niin että niiden yläpuolella on aukot suoranaista näkemistä varten. Kulmapeilin käyttäjä asettuu linjalle ja pi-

tää kulmapeiliä pisteessä C (kuva 18) asetetun linjakepin päässä, niin että sen aukko on suunnattu linjalle käsin. Aukon puoleisesta linjakepistä tuleva valo heijastuu molemmissa peileissä suuntaan CD, jossa me näemme sen kuvan. Kulmapeilin aukkojen kautta voimme nähdä mihin paikkaan maalla kuva sattuu ja apumiehen kautta siis saada pisteeseen D asetetuksi linjakepin kuvan kohdalle. Kuvassa 19 on tarkemmin osotettu valon heijastuminen molemmissa peileissä. Jos valonsäde tulee suunnasta A, heijastuu se peileistä suunnissa ab ja bc, niin että kulma ACb on suora. Sillä peilin sivujen ja ab muodostamassa kolmiossa on, kun muistamme, että tulokulma on yhtä suuri kuin heijastuskulma, kulmain summa



Kuva 18.



Kuva 19.

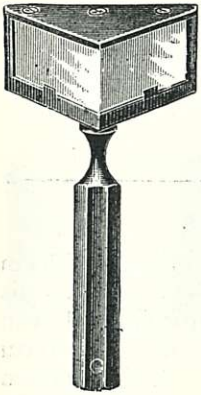
$$45^0 + (90 - {}^1/_2\,\mathrm{Cab}) + (90 - {}^1/_2\,\mathrm{Cba}) = 180^0$$

$45^0 = {}^1/_2\,\mathrm{Cab} + {}^1/_2\,\mathrm{Cba}$. Toisaalta on taasen $\mathrm{ACb} = \mathrm{Cab} + \mathrm{Cba}$, siis

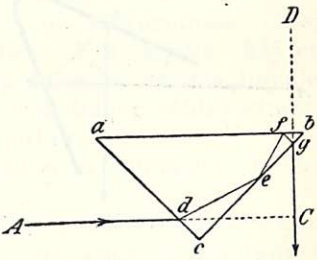
$$\mathrm{ACD} = 2 \times 45^0 = 90^0.$$

Kulmapeilin tarkkuus riippuu siis siitä, miten täsmälleen peilien välinen kulma on 45°.

Kulmaprismaa (kuva 20) käytetään samalla tavalla kuin kulmapeiliä. Se on n. 8 mm. paksusta lasista ja suorakulmaisen tasakylkisen kolmion muotoinen. Peiliksi tehty hypotenusa sekä prisman koko yli- ja alapinta on metallikehyksen peittämä. Kulmaprismassa taittuu ja heijastuu valo (kuva 21) suunnissa AdefgC niin, että kulma ACD on suora. Prismaa käytettäessä asetetaan silmä siis pisteen C kohdalle ja prisman sivu ab yhdensuuntaisesti linjan AC kanssa. Tällöin näkyy pisteestä A tuleva kuva aivan likellä prisman kulmaa b suunnassa CD. Tämä kuva on prismassa tapahtuvan kaksoisheijastumisen aikaansaama eikä muuta asemaansa, vaikka prismaa pyöritetään samassa pisteessä. Ne kuvat, jotka prismassa näkyvät reunan c seutuvilla, ovat yksinkertaisen heijastumisen tuloksia ja muuttavat asemaansa prismaa vähänkin liikutettaessa. Luonnollisesti kulkee valo prisman läpi myös päinvastaisessa suunnassa, joten me voimme aivan likellä prisman kärkeä c nähdä todellisen



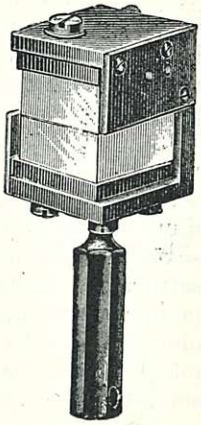
Kuva 20.



Kuva 21.

90⁰ kulmassa olevan kuvan pisteestä C, jos pidämme prismaa niin, että sen sivu ab on jotakuinkin yhdensuuntainen asetettavan kohtisuoran CD kanssa.

Sekä kulmapeilien että -prismain tarkkuutta voimme tutkia tarkastamalla, sattuvatko linjan oikean- ja vasemmanpuolisen suunnan mukaan asetetut kohtisuorat yhteen. Ellei niin ole asianlaita, vaan molemmat kohtisuorat menevät joko ristiin toistensa yli tai niiden väliin jää joku pieni kulma, on peilin tai prisman antama virhe kulmassa puolet molempain kohtisuorain välisestä kulmasta. Kulmapeilin voimme muuttamalla erityisten ruuvien avulla peilien välistä kulmaa saada oikeaksi. Prismaa emme itse voi korjata, jos se on virheellinen, vaan niinpä onkin sillä se etu kulmapeilin rinnalla, että se käytettäessä ei koskaan muutu, kuten ajanpitkään peilit tahtovat tehdä.



Kuva 22.

Kaksoiskulmapeilit ja *prismaristit* ovat kahden kulmapeilin ja kulmaprisman yhdistelmiä. Edellisissä on, paitsi tavallista kulmapeiliä, kaksi toisiaan vastaan kohtisuorassa päällekkäin olevaa peiliä, jotka tekevät mahdolliseksi tarkkaan löytää linjan suunnan, vaikkakin ainoastaan sen pääpisteet on merkitty. Sillä kummaltakin puolelta linjaa tulevat valonsäteet yhtyvät peilistä heijastuttuaan ainoastaan silloin, kun linjan suuntaa etsiessämme satumme juuri linjan kohdalle. Ylä-

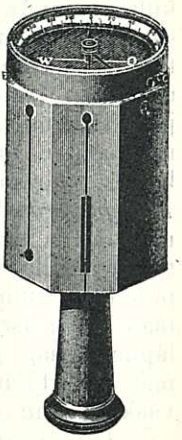
puolella peiliristiä olevalla kulmapeilillä voimme sittemmin asettaa kohtisuoran. — Prismaristissä (kuva 22) on molemmat prismat asetetut päällekkäin, niin että prismain pitkät sivut ovat kohtisuorassa keskenään. Tässä asemassa ollen taittuvat eri puolilta linjaa tulevat valonsäteet kumpikin prismansa läpi. Kulkiessamme linjan poikki yhtyvät prismain taittamat kuvat linjan oikean ja vasemmanpuolisista seipäistä juuri silloin, kun linjalle satumme. Joko prismain välisestä raosta tai prismaristin ylitse näemme, mille kohdalle maalla kuvain osottama kohtisuora sattuu.

Sekä kaksoiskulmapeiliä että prismaristiä voimme käyttää apuna linjoja viitoittaessamme sellaisissa tapauksissa, missä linjan jatkaminen muuten on vaikeata, kuten esim. jyrkillä mäillä sekä korkeitten kivien ja rakennustenkin eteen sattuessa. Asetutaan vain linjalle esteen kohdalla ja katsotaan, mistä paikasta linjan viitoittamatta olevalla puolella kuva sattuu prismaristissä yhtymään linjan näkyvän osan kuvaan. Pari linjaseivästä näin saatuamme toiselle puolelle on linjaa taas helppo jatkaa. Tämä menettelytapa, niin yksinkertaiselta ja hyvältä kuin se tuntuukin, ei ole tarkka, sillä täysin oikeita arvoja antavat peilit ja prismat yleensä vain tasaisella maalla. Sekä peilejä että prismoja löytyy monta eri rakennetta, ja monen suuruisten kulmain asettamista varten.

Edellä selitetyillä koneilla voimme asettaa maan päälle määrättyjä kulmia, vaan emme mitata maan päällä olevien kulmien suuruutta.

Kaikellaisten kulmien asettamiseen ja mittaamiseen soveltuvista koneista on yksinkertaisin *kulmarumpu*. Tämä on tehty kahdesta yhtä suuresta samaakselisesta metallisylinteristä, joista

ylimmäistä voi hammaslaitteeseen yhdistetyn ruuvin avulla liikuttaa akselinsa ympäri. Alemman sylinterin yläreuna on jaettu asteisiin, ylimmäisessä on kulmain tarkempaa lukemista varten kaksi vastakkaisilla puolilla olevaa noniota sekä usein kumpaisessakin 2 paria tähtäysaukkoja eli diopteereja, asetettuina ristittäin, niin että niiden tähtäyssuunnat muodostavat suoran kulman. Kulmarumpu kiinnitetään mittauksia tehtäessä sen alaosassa olevan hylsän avulla pystysuorasti maahan lyötyyn tankoon. Kun on tähdätty yhteen suuntaan, merkitään rummun asteikon osottama suunta kummastakin noniosta, sitte kierretään rummun yläsylinteri toiseen suuntaan ja astemäärät taasen merkitään. Molempien suuntain ero keskiarvona kummastakin noniosta saaduista arvoista antaa kulman suuruuden. Kulmarummun tähtäyssuuntain epävarmuus vaihtelee 2′—4′; sillä voidaan kulmat määrätä tavallisesti 2′ tarkkuudella. — Ilman asteikkoakin saattaa edellä selitettyä rumpulaitetta käyttää suorien kulmien asettamiseen. — Monasti on kulmarummussa useita diopteripareja, joten niillä saadaan asetetuiksi 30⁰, 45⁰, 60⁰ j. n. e. kulmia. Tällainen on myöskin kuvassa 23 esitetty rumpu. Siinä on vain yksi 8-tahoinen metallisylinteri varustettuna 4:llä diopteriparilla. Kulmien mittaaminen tapahtuu sylinterin yläpäässä olevan kompassineulan avulla. Eri suuntiin tähdättäessä tulee tällaista rumpua aina kiertää jalustatangon



Kuva 23.

kärjessä, mikä tekee tähtäykset hankaliksi ja yhdessä sen seikan kanssa, että kompassineulan suunnan muuttumista asteikkoonsa nähden tuskin voidaan määrätä 10′—20′ tarkemmin, konelaitteen vähemmän käytölliseksi kulmain mittaukseen.

Käytöllisimmät kulmamittauskoneet kartoitustyössä ovat kieltämättä sellaiset, joilla voidaan kulmat mitata vapaalla kädellä. Kulmapeilillä ja prismalla saamme mukavasti suorat kulmat asetetuksi, niihin liitettyin erityisten laitteiden kautta on saatu koneita, joilla voidaan asettaa maalle ja mitata millaiset kulmat tahansa. Kulmapeilistä muistamme, että sen avulla saatu kulma on kaksi kertaa suurempi kuin sen peilien välinen kulma. *Peiliympyrässä* voidaan peilien välistä kulmaa muuttaa ja tämän muutoksen suuruus mitata, jotenka meillä siinä on näppärä vapaalla kädellä pidettävä kulmanmittauskone. Vaikka se on kooltaan pieni (sen asteisiin jaettu puoliympyrä on läpimitaltaan 65 mm.) voidaan sillä mitata kulmat 1′ tarkkuudella. Se sopii kaikellaisten, sekä vaakasuorain että korkeuskulmain mittaamiseen.

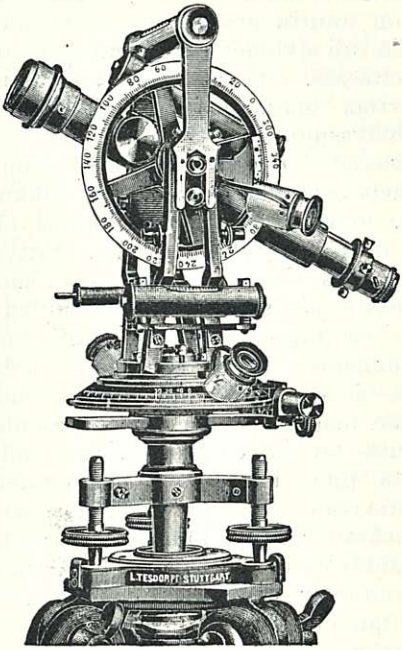
Prismarumpu on ulkonäöltään ja rakenteeltaankin prismaristin tapainen. Sen molempia prismoja voidaan liikuttaa niiden hypotenusain keskustain kautta kulkevan akselin ympäri. Valonheijastus- ja taittumislakien perusteella tulee mitattavan kulman molemmista sivuista valonsäteet prismojen läpi kulettuaan yhtymään yhteen silloin, kun kulman suuruus on kaksi kertaa niin suuri kuin prismain hypotenusain välinen kulma. Me kierrämme siis vain prismoja siksi kuin molemmista suunnista tulevat kuvat sattuvat päällekkäin ja luemme heti prismarummun asteikosta mitattavan kulman arvon.

Sekä peiliympyrän että prismarummun rakenteen ja teorian tarkempi selvittely täytyy tässä jättää. Molempia käytetään meillä toistaiseksi niiden tarkkuuteen ja käytännöllisyyteen nähden liian vähäisen, nähtävästi sen takia, että meillä yleiseen on totuttu grafilliseen mittaustapaan.

Edellä tuli sivumennen mainituksi, kulmarumpua selitettäessä, että suuntain määräämiseen voidaan käyttää magnetineulaa. Sellaisia koneita, joissa tähtäyssuunta täten määrätään, kutsutaan yleensä *bussoleiksi*. Pääosana näissä on lasikantisessa metallisuojuksessa herkästi liikkuva magnetineula, jonka kärjet vaakasuorassa ollen ovat ympäröivän astejaoituksen tasalla. Erityinen tähtäysase, joskus diopteri, tavallisesti kaukoputki, on kiinteästi yhdistetty magnetineulan suojukseen. Astejaoituksen 0^0—180^0 suunta on tähtäyslinjan suunnassa. Koko kone lepää kolmijalalla, eikä siinä tai sen lähellä mittauksia tehdessä saa olla mitään magnetineulan vapaata asentoa häiritseviä rauta- tai nikkeliosia. Ennen mittauksiin ryhtymistä pitää kone, s. o. magnetineulan liikkeitä mittaavan asteikon pinta asettaa lipellin avulla vaakasuoraan, tällöin tulee samalla kaukoputken tähtäystaso kohtisuoraksi. Kaukoputki on usein kiinnitetty sivultapäin magnetineulan suojukseen (tangenttibussoli), siinä on etäisyyksien mittaamiseen soveltuva hiusristi ja erityinen asteikko korkeuskulmien lukemista varten. Tällainen monipuolinen kone kelpaa siis kaikellaisiin mittaustöihin, vallankin teitten, jokien ja kaikellaisten polygonien kartoittamiseen. Mittauksessa täytyy merkitä magnetineulan suunta ja mitattavan pisteen etäisyys; näiden avulla saadaan pisteestä pisteeseen mittauksen tulokset kartalle pan-

nuksi. Magnetineulan herkkyyden säilyttämiseksi on se joka mittauksen välillä nostettava n. s. arreterauslaitteen avulla ylös paikaltaan.

Magnetineulan suunta on vaihteleva. Vuonna



Kuva 24.

1910 on Helsingissä sen poikkeaminen meridianin suunnasta, n. s. deklinationi, n. 1°15′ länteen. (Valtiokalenterissa olevan tiedon mukaan).

Tarkin kulmamittauskone on *teodoliti* (kuva 24). Siinä on kolmella jalustaruuvilla pystysuoraan asetettava akseli, joka kannattaa vaakasuo-

ran akselin ympäri liikkuvaa kiikaria. Pystysuoran akselin sisempään ympäri-kiertyvään osaan on kiinteästi yhdistetty nonioilla tai muilla lukemalaitteilla varustettu ympyrä (alhidadiympyrä), joka pyörii akselinsa mukana jalustan kanssa yhdistetyn asteisiin jaetun ympyrän (limbusympyrä) sisäreunaa myöten. Kiikarin vaakasuoran akselin kannattajat ovat haarukan muotoiset, joten kiikarin tähtäyssuunta voidaan pyöräyttämällä sitä 180^0 ympärinsä muuttaa päinvastaiseksi tarvitsematta sitä akseleineen kääntää. Kiikarin vaakasuoraan akseliin on yhdistetty asteisiin jaettu ympyrän kaari pystysuorain kulmain mittaamista varten. Teodoliteja on monenlaatuisia ja -kokoisia, aina sen tarpeen ja tarkkuuden mukaan, mitä niiltä vaaditaan. Paraimmilla, tieteellisiä tarkoituksia ja kokonaisia maita käsittäviä mittauksia varten rakennetuilla teodoliteilla voidaan kulmat määrätä jopa sekunnin osain tarkkuudella, vaikkakin tähtäysmatkat ovat peninkulmia pitkät. Vähänkin suurempia ja tarkempia kartoitustöitä varten tarpeellisten perusmittausten toimittamisessa tulisi käyttää teodolitia, sillä jos se on tarkistettu ja sitä oikein käytetään, saadaan sillä parempia tuloksia, kuin muilla koneilla. Teodolitin tarkistus on vaikea ja monimutkainen tehtävä ja sen oikea käyttäminen vaatii harjaantumista.

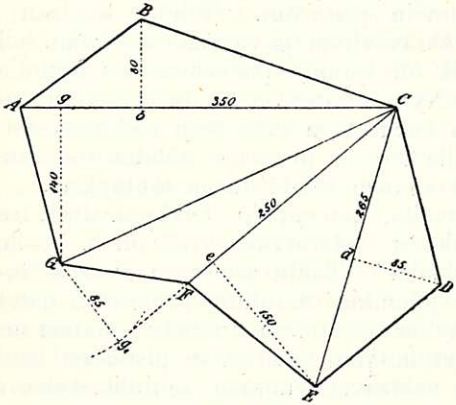
Luonnollisesti voidaan mittaustaululla ja tähtäysviivottimella tai muulla samantapaisella tähtäysaseella taululle mitata grafillisesti millaisia kulmia tahansa, sekä samoin taululle piirrettyjä kulmia asettaa maalle, ilman että tarvitsee tietää kulmain astemäärää. Jos meillä on taulun ja tähtäysviivottimen asemasta esim. prismarumpu käytettävänämme, tulee kulmia kartalta maalle

asetettaessa ensin kartalta mitata niiden astemäärä. Tätä varten on olemassa erityisiä astekaaria tai kulmamittoja. Nämä ovat kuitenkin niin pieniä, että kulmia ei saada kartalta tarpeeksi tarkkaan mitatuksi, tai taas liian kalliita ja epämukavia ulkona työmaalla käytettäväksi. Parhaiten saadaan kulman suuruus kartalta mitatuksi n. s. jännetaulujen avulla, joissa on valmiiksi laskettu vastaavain jänteiden pituudet eri suuruisille kulmille, ympyrän säteen ollessa 1. Tällainen yksinkertainen jännetaulu on liitetty kirjan loppuun.

V. Kartoitus.

Edellä on selitetty, miten kartoituksessa esiintyvät työt, pituuksien ja kulmain mittaukset, erikseen toimitetaan. Nyt on saatava selville, miten nämä erilaiset mittaukset ovat paraiten järjestettävät ja toimitettavat, jotta niiden avulla saadaan täydellinen ja luotettava kartta kokoonpannuksi. Käytännössä olevat kartoitustavat jakaantuvat, kuten edellä siv. 9 jo on kerrottu, *grafilliseen* eli *taulumittaustapaan* sekä *koordinatimittaustapaan*. Edellinen on meillä ollut käytännössä vanhoista ajoista saakka, ja koska se on helppo ja yksinkertainen, ei siitä tultane vastaisuudessakaan täysin luopumaan toisen tarkemman mittaustavan hyväksi. Ja siihen on tuskin syytäkään. Sillä luonnonsuhteet ovat niin moninaiset, että jyrkkää vaatimusta noudattaa yksinomaan toista tai toista kartoitustapaa on monasti mahdoton toteuttaa.

Grafillista kartoitustapaa voimme paraiten käyttää avoimella kentällä; metsissä ja yleensä kaikkialla, missä on esteitä vapaalle näkemiselle, käy se vaikeammaksi. Pienempiä aukeita alueita, joilla kaikki mitattavat pisteet näkyvät ainakin yhteen pisteeseen, kuten kuvassa 25, voidaan yksinkertaisesti kartoittaa siten, että mittaustaulu pannaan pystyyn pisteeseen C, tämä merkitään taululle ja sen kautta piirretään tähtäyssuunnat



Kuva 25.

jokaiseen mitattavaan pisteeseen. Kun kaikki välimatkat CD, CE, CF, j. n. e. mitataan, joko mittanauhalla tai kaukomittarilla, jos sellaista käytetään, saadaan alue taululle panemalla saadut pituudet pisteestä C käsin mittakaavan mukaisina omalle tähtäyssuunnalleen ja piirtämällä piste pisteeltä alueen ääriviivat. Näin yksinkertainen menettely on harvoin mahdollinen. Jos alue on suurempi ja määrättäviä pisteitä paljo, käy kaikkien

välimatkain mittaaminen liian suuritöiseksi. Siinä tapauksessa on paras määrätä pisteestä C käsin kaikki tähtäyssuunnat sekä suorastaan mitata esim. ainoastaan välimatka CF. Piste F saadaan täten taululle ilman muuta määrätyksi. Nyt muutetaan taulu pisteeseen F, asetetaan siinä pystyyn niin, että taululla oleva piste on tarkkaan asemapisteensä yläpuolella ja että suunta FC taululla käy tarkasti pisteen C kautta. Kun tämä on tehty, tähdätään asemapisteestä kaikkiin ympärillä oleviin pisteisiin. Tällöin saadaan näihin toiset tähtäysviivat ja vastaavien viivain leikkauspisteissä on kunkin pisteen asema taululla määrätty. Nyt muutetaan taulu johonkin muuhun taululla määrätyksi tulleeseen paikkaan, asetetaan ympärillä oleviin pisteisiin nähden oikeaan suuntaan ja aletaan tehdä uusia tähtäyksiä. — Paitsi tällä tavalla, „eteenpäin leikkauksilla“, saadaan asemapisteet määrätyksi myös n. s. „taaksepäin leikkauksilla“. Taulu asetetaan pisteeseen, jonka suunta johonkin muuhun pisteeseen nähden on määrätty ja orienterataan tämän suunnan mukaan. Kun nyt muiden määrättyin pisteiden kautta vedetään vastaavat suunnat taululle, tulee asemapiste leikkausten kautta taululla määrätyksi. — Voidaanpa asemapiste määrätä, ilman että siihen ennen on vedetty yhtään tähtäystä. Taululle kiinnitettyyn läpinäkyvään paperiin vedetään mielivaltaisen asemapisteen kautta tähtäyssuunnat ympärillä oleviin pisteisiin. Kun paperi irroitetaan ja sovitetaan taululla olevien pisteiden mukaan, niin että vastaavat suunnat käyvät pisteittensä kautta, lankee asemapiste oikealle paikalleen taululla, johon se paperista merkitään. Taulua suunnattaessa eli orienterattaessa on edullisinta tehdä se kauimmais-

ten tai niiden pisteiden mukaan, joista mittaus ensiksi alkoi.

Sitä mukaa kuin työ edistyy ja pisteiden luku lisääntyy, kertyy taululle ristiin rastiin vedettyjä tähtäysviivoja, joista on vaikea tietää, mihin pisteeseen ne kohdistuvat. Tämän välttämiseksi pitää kaikki pisteet maalla merkitä omalla numerollaan, joka kirjoitetaan taululle vastaavan tähtäysviivan kohdalle. Ennen mittaukseen ryhtymistä on siis mitattava alue tarkastettava ja kaikki tarpeelliset pisteet merkittävä samalla kertaa tehtävään piirrokseen omalla numerollaan, mikä kirjoitetaan myöskin pisteen kohdalle jätettävään puutikkuun tai muuhun sellaiseen. Kun apumies kulkee tankoa näyttäen pisteestä toiseen, huutaa hän samalla mittaajalle pisteen numeron.

Asemapisteet on valittava aina niin, että niistä käsin saadaan selvät tähtäykset ja hyvät leikkaukset taululle, terävillä kulmilla toisiaan leikkaavia tähtäysviivoja on siis vältettävä ja ainakin tärkeimmät pisteet määrättävä kolmella leikkauksella. Kun asemapisteet määrätään leikkauksilla toinen toisistaan, lisääntyvät ja kasvavat mahdolliset virheet ja epävarmuudet piste pisteeltä. Taulua orienteratessa voidaan virheiden karttumista tosin estää, jos taulu aina orienteratan saman kaikkialle mitattavalla alueella näkyvän taululle tarkkaan merkityn pisteen mukaan. — Miten virheet kasvavat näemme parhaiten, jos taulua muutamme piste pisteeltä niin, että lopuksi tulemme mittauksen alkupisteeseen. Tarkalleen sulettua asemapisteitä yhdistävää polygonia emme useinkaan saa, sillä lähtöpiste uudelleen määrättynä viimeisestä asemapisteesta ei tavallisesti satu ihan entiselle paikalleen. Tällaisessa tapauksessa täytyy mittausta

tarkastaa ja tehdä se uudestaan, jos on syytä epäillä siinä olevan pahempia virheitä, tai myöskin tasoittaa virhe suhteellisesti eri pisteisiin nähden.

Taloudellista tarvetta varten tehdyissä kartoituksissa mitataan tavallisesti alueen läpi juokseva linja ja tällä olevat pisteet otetaan mittauksen asema- ja lähtöpisteiksi. Tällöin eivät virheet pääse piste pisteeltä lisääntymään. Vielä parempi on, jos alueen läpi viitoitetaan ja mitataan useampia linjoja, sekä yhdensuuntaisia että toisiaan vastaan kohtisuoria, ja nämä linjat asetetaan mittainsa ja kulmainsa mukaan taululle. Näin ollen ei taulumittausta tarvitse ulottaa etäälle jo määrätyistä asemapisteistä. Linjan lähistöllä olevat yksityisseikat voidaan jo linjoja mitattaessa saada kartalle ilman muuta.

Pienemmässä mittakaavassa ja maantieteellisiä tarkoituksia varten tehdyissä mittauksissa tulee ensiksi määrätä yli mitattavan alueen harvemmassa olevia pääpisteitä ja sitte vasta tehdä näiden pisteiden nojassa ja niistä lähtien yksityiskohtaisemmat mittaukset. Monissa maissa on tällaisia pääpisteitä jo ennakolta kartoitustarkoituksia varten määrätty yli maan; nämä pisteet on mittainsa mukaan pantava taululle seikkaperäisen kartoituksen lähtökohdiksi.

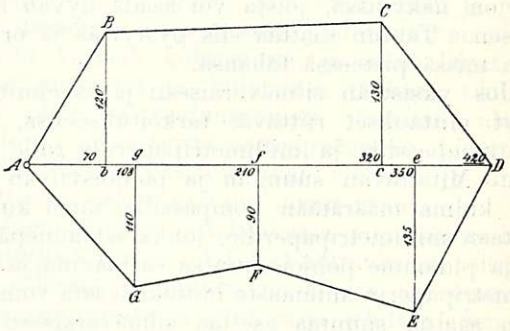
Taulu voidaan orienterata myöskin kompassin avulla. Taulun reunaan piirretty pohjoisviivan suunta asetetaan jokaisessa asemapisteessä niin, että kompassineula on yhdensuuntainen sen kanssa. Tällainen orienteraminen ei kylläkään ole niin tarkka kuin tähtäyssuuntain mukainen, mutta se käy nopeaan ja on aina mahdollinen, eikä orienterausvirheet pääse mittauksen kuluessa kas-

vamaan. Tarkemmissa mittauksissa ei yksinkertaista kompassiorienterausta voi käyttää. Mutta maantieteellisiä tarkoituksia varten tehdyissä kartoituksissa on se yksinkertaisuutensa ja nopeutensa takia suositeltava, vallankin pitkiä vesijaksoja, teitä y. m. s. mitattaessa. Paitsi eteen- ja taaksepäin leikkauksilla voidaan kompassiorienterausta käytettäessä määrätä asemapisteet myöskin silloin, kun vain kaksikin sellaista ennen määrättyä pistettä on näkyvissä, joista voi saada hyvän leikkauksen. Taulun saattaa siis pystyttää ja orienterata missä pisteessä tahansa.

Jos yksistään silmävaraisesti ja askelmitalla tehdyt mittaukset riittävät tarkoitukseensa, voidaan kompassilla ja millimetripaperilla tulla toimeen. Mitattavan suunnan ja pohjoisviivan välinen kulma määrätään kompassilla, tämä kulma asetetaan millimetripaperille, jonka samannepäisiä viivoja pidämme pohjoissuuntaa vastaavina, ja itse millimetripaperin antamasta mittakaavasta voimme pitkin saatua suuntaa asettaa silmävaraisesti tai askelmitalla (askelmittarilla) saadut pituudet. — Tällä tavalla matkoilla tehdyt karttaluonnokset antavat tietenkin ainoastaan yleiskuvan seudusta.

Jos grafillisessa kartoituksessa pitäisi kaikki vähemmän tärkeätkin ja likellä toisiaan olevat pisteet määrätä leikkauksilla, kävisi koko kartoitus hitaasti ja vaivaloisesti. Tarkemmissakin töissä voidaan samalla, kun mitattava alue tarkastetaan ja valikoidaan ne paikat, jotka ovat leikkauksilla määrättävät, alueesta tehdä sellainen silmävarainen karttaluonnos, että siitä näkyy kartoitettavain kuvioiden pienimmät yksityiskohdat mittoineen. Kun joltain asemapisteeltä käsin on tehty kaikki tarpeelliset tähtäykset, yhdistetään

taululla vastaavat pisteet huomioonottamalla ne yksityiskohtaiset muistiinpanot ja mittaukset, mitä ennen tehty piirros antaa. Kaikki tämä tehdään hienolla ja kovalla lyijykynällä. Vasta sitte, kun koko kartoitus on yksityiskohtia myöten valmiiksi saatu, piirretään kartta tussilla. Jos alue on niin suuri, että se ei ole mahtunut yhdelle tauluarkille, pitää eri tauluarkit ennen puhtaaksi piirtä-



Kuva 26.

mistä huolellisesti ja tarkkaan peruslinjain ja yhteisten pisteiden mukaan liittää yhdeksi kartaksi.

Grafillinen mittaustapa antaa meille suoranaisia numerotietoja ainoastaan poikkeustapauksissa harvoista asemapisteistä. Jos muita numerotietoja tarvitaan, täytyy ne mitata taululta tai valmiilta kartalta.

Koordinatimittaustapa antaa meille tarkat ja täydelliset numerotiedot kaikista mitatuista suuruuksista; kartta piirretään näiden numerotietojen perusteella, joten se on niin tarkka kuva alueesta kuin piirustus yleensä voi olla.

Nimensä on koordinatimittaus saanut siitä, että mitattaessa jokainen piste määrätään *koordinateillaan*, s. o. pisteen kohtisuoralla etäisyydellä, *ordinatalla*, peruslinjasta sekä tämän kohtisuoran kantapisteen ja peruslinjan alku- tai pääpisteen välimatkalla, *abskissalla*.

Vertailun vuoksi otamme tarkastaaksemme, miten koordinatimittaus toimitetaan samallaisissa tapauksissa kuin edellä grafillista mittaustapaa selitettäessä oletimme. Jos siis on kartoitettava monikulmio ABCDEFG (kuva 25), voidaan menetellä joko niin, että mitataan kaikki monikulmion sivut ja lävistäjät CE, CF j. n. e., tai myöskin kuten kuva 26 osottaa. Edellisessä tapauksessa on meillä monikulmio jaettu 5 eri kolmioon, ja koska niissä kaikissa sivut tunnetaan, voidaan kartallepano kolmio kolmiolta toimittaa yksinkertaisesti harpin ja transversalimittakaavan avulla. Paljoa helppotöisempi on kuitenkin jälkimäinen tapa. Kun pisteiden A ja D välille on viitoitettu linja, aletaan pituusmittaus pisteestä A pitkin linjaa. Kulmaprismalla määrätään pisteesen B, G, F j. n. e. meneväin kohtisuorain kantapisteet linjalle, näiden etäisyys pisteestä A (abskissat) sekä kohtisuorain bB, gG j. n. e. pituudet (ordinatat) mitataan. Kaikkien näiden pituuksien perusteella voimme paperille piirtää monikulmion kuvan niin tarkkaan kuin haluamme.

Suuremmissa kartoitustöissä viitoitetaan meillä yleisesti koko mitattavalle alueelle suorakulmainen linjaverkko ja pisteiden koordinatit mitataan läheisimmältä linjalta. Tavallista on kohtisuoraan mittauksen peruslinjaa, paasia vastaan, viitoittaa joka 400—600 metrin päästä vähän suurempia linjoja, joiden väliin yhdensuuntaisesti peruslinjan

kanssa viitoitetaan, paitsi harvemmassa olevia isompia linjoja, pieniä mittalinjoja joka 100 metrin etäisyydelle. Kartan laatiminen tällaiselta linjaverkolta tehdystä mittauksesta käy luonnollisesti siten, että linjaverkko ensin pannaan mittainsa mukaan tarkkaan paperille ja sitte vasta mitatut pisteet kukin linjaltaan. Mittauksia toimitettaessa merkitään silmämääräisesti tehdyn piirroksen mukaan kunkin pisteen koordinatit joko numeroilla erityiseen kirjaan, tai taasen piirretään koordinatien perusteella mittakaavan mukaisesti ruudutettuun paperiin heti kartta mitatusta seudusta. Karttaa lopullisesti kokoonpantaessa voidaan tällaiset ruutupaperille piirretyt kaistaleet sovittaa oman linjansa kohdalle ja sitte ilman muuta kopioida kartalle. Vallankin viime vuosina on ruudutetun paperin käyttö kartallepanossa paljon levinnyt maanmittarien kesken. Sen kautta ei saada suoranaisia mittauksiin perustuvia lukuja, eikä karttaa siis voida kokoonpanna missä mittakaavassa tahansa sillä tarkkuudella, kuin kulloinkin katsotaan tarpeelliseksi. Näin ollen ei se täytä niitä vaatimuksia, joita koordinatimittaustavalle yleensä asetetaan.

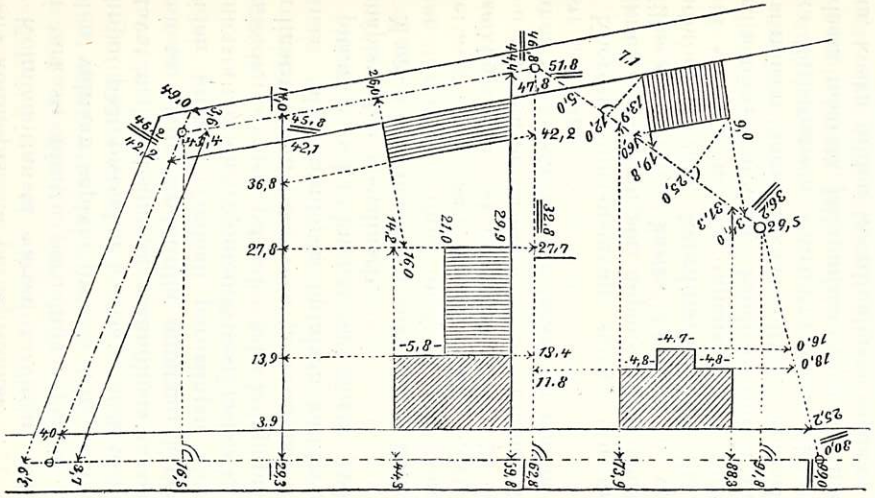
Niissä maissa, joissa on jo ennakolta tarkasti määrätty ja maan päälle merkitty tarpeeksi tiheään peruspisteitä mittauksia varten, toimitetaan koordinatimittaus aina siten, että entisistä pisteistä lähtien määrätään teodolitilla uusia pisteitä joko kolmiomitannollisesti tai monikulmiomittausten avulla. Täten saatujen peruspisteiden väliin viitoitetaan linjoja ja näiltä sekä monikulmion sivuina olevilta linjoilta tehdään yksityiskohtainen mittaus. Ennakolta määrätyt peruspisteet eivät ole välttämättömiä tällaisen trigonometrisen mit-

taustavan käyttämiseen, sillä voidaanhan aina jokaista kartoitusta varten mitata ja määrätä paikallisia kolmiopisteitä peruspisteiksi.

Kolmiomittausta varten tarvitaan vähintään yksi tarkasti mitattu peruslinja. Tämän kahden puolen valitaan sopivia pisteitä niin, että ne peruslinjan päätepisteiden kanssa ja keskenään muodostavat mahdollisimman säännöllisiä tasasivuisia kolmioita. Kun teodolitilla mitataan kaikki kolmioiden kulmat, voidaan peruslinjan viereisistä kolmioista lähtien trigonometrisesti laskea kaikkien kolmioiden sivujen pituudet sekä kolmiopisteiden koordinatit mihin pisteeseen ja suuntaan nähden tahansa. Monikulmioissa mitataan kaikkien sivujen pituudet sekä kulmat ja näistä lasketaan kulmapisteiden koordinatit.

Monikulmioiden sivut sekä muut kartoitusta varten tarvittavat linjat on työn helpottamiseksi asetettava kulkemaan läheltä maalla olevia yksityisseikkoja. Siv. 54 olevasta kuvasta 27 selviää, miten mittaukset järjestetään ja millainen karttaluonnos mittausta toimitettaessa jo maalla tavallisesti tehdään.

Koordinatimittaustavan suurin etu on sen tarkkuus, grafillisen sen nopeus ja huokeus. Jos grafillisesti mitattu kartta häviää, on vahinko mahdoton korvata, koordinatimittauksella saatu kartta voidaan milloin tahansa laatia uudestaan koordinateinsa mukaan. Edelliset tulevat paperin kutistumisen takia aikaa voittaen epätarkoiksi, koska kutistumisen suuruutta on mahdoton joka kohdassa määrätä, jälkimmäiset pysyvät aina tarkkoina, koska niiden koordinateista saadaan kutistuminen tarkkaan määrätyksi ja pinta-alat lasketuiksi. Kaupunkien kartoituksissa ja yleensä


0,0
3,9
9,7
19,5
28,3
44,3
59,8
62,8
73,9
88,3
91,8
90,0
30,0
25,2
18,0
16,0
29,5
36,2
23,0
21,3
25,0
19,8
13,9
12,0
6,0
7,1
51,8
47,8
42,2
32,8
27,7
29,9
21,0
19,0
14,2
5,0
-5,8-
13,4
11,8
-4,7-
-4,8-
-4,8-
3,9
13,9
27,8
36,8
42,1
35,8
19,0
26,0
49,0
46,8
44,4
46,8

Kuva 27.

kaikkialla, missä vaaditaan tarkkoja tietoja pituuksista ja pinta-aloista, on koordinatimittausta ehdottomasti käytettävä. Itsestään on selvää, että tärkeimmät kartalle otetut pisteet on maan päälle pysyvästi merkittävä, jotta aina tarvittaessa voidaan näistä pisteistä käsin kartalla olevien pituuksien perusteella määrätä rajain, rakennusten y. m. asema.

Karttaa tehdessä on sille ensin asetettava peruspisteet koordinatiensa mukaan sekä kaikki monikulmio- ja muut apulinjat. Vasta tämän jälkeen pannaan kartalle yksityiskohdat mittainsa ja koordinateinsa mukaan, jotka myöskin kirjoitetaan kartalle.

Jos valmis kartta on joko suurennettava tai pienennettävä toiseen mittakaavaan, jaetaan kartta viivoilla sopivan kokoisiin ruutuihin, jotka mittakaavan mukaisina piirretään myös sille paperille, jolle uusi kartta tahdotaan. Harpilla mittaillen ja osaksi silmävaraisesti piirretään uusi kartta ruutu ruudulta entisen mukaiseksi. Kun on kysymyksessä isomman kartan piirtäminen toiseen mittakaavaan, on paras käyttää n. s. pantografia, jolla kartan suurentaminen ja pienentäminen tapahtuu tarkkaan ja joutuisasti. Pantografilla voi myös kopioida karttoja samassa mittakaavassa. Tavallisesti kopioidaan kartat pistämällä kuvioiden reunapisteet kartan läpi hienolla neulalla alla olevalle paperille. Tussilla piirretään sitte näiden pisteiden mukaan kuvioiden ääriviivat. Karttain väritykseen on käytettävä läpinäkyvää pysyvää väriä, ja väritys tehtävä tasaisesti ja niin vähällä värillä ja vesimäärällä kuin mahdollista, jotta kartat eivät kovin kutistuisi.

VI. Pinta-alain laskeminen.

Grafillista mittausta käytettäessä täytyy pinta-alain laskeminen tehdä kartalta, koordinatimittaus antaa meille suoranaiset luvut, joista alat lasketaan. Suoraviivaisten kuvioiden alat saadaan paraiten lasketuksi, jos lävistäjillä ja'amme ne kolmioihin tai puolisuunnikkaisiin. Niinpä monikulmion ABCDEFG (kuva 25) ala on kolmioittain laskettuna.

$\triangle$ ABC $= \frac{1}{2}\, 350 \times 80 = 14000$ m²
$\triangle$ ACG $= \frac{1}{2}\, 350 \times 140 = 24500$ „
$\triangle$ CFG $= \frac{1}{2}\, 250 \times 85 = 10625$ „
$\triangle$ CEF $= \frac{1}{2}\, 250 \times 150 = 18750$ „
$\triangle$ CDE $= \frac{1}{2}\, 265 \times 85 = 11262{,}5$ „

Summa ABCDEFG $= 79137{,}5$ „

tai myös paraiten

2 × monik. ABCG $= 350\,(80 + 140) = 77000$ m²
2 × „ GCEF $= 250\,(85 + 150) = 58750$ „
2 × kolmio CDE $= 265 \times 85 = 22525$ „

Summa 2 × ABCDEFG $= 158275$ „

Siis monikulmio ABCDEFG $= 7{,}91375$ ha. Jos koordinatimittaustapaa olisi käytetty, kuten kuvan 26 osottamassa tapauksessa, saataisiin suorastaan mitatuista koordinateista ala

2 × ABb $= 70 \times 120 = 8400$ m²
2 × bBCc $= 250\,(120 + 130) = 62500$ „
2 × cCD $= 130 \times 100 = 13000$ „
2 × eDE $= 135 \times 70 = 9450$ „
2 × eEFf $= 140\,(135 + 90) = 31500$ „
2 × fFGg $= 102\,(90 + 110) = 20400$ „
2 × AGg $= 108 \times 110 = 11880$ „

2 × ABCDEFG $= 157130$ „
ABCDEFG $= 7{,}8565$ ha

Kartalta aloja laskiessa täytyy tarpeelliset mitat ottaa sillä. Tämä ei tietenkään anna yhtä tarkkoja tuloksia kuin suoranaisesti maalta saadut mitat.

Vääräviivaiset kuviot saattaa yhdensuuntaisilla viivoilla jakaa niin kapeisiin liuskoihin, että jokaisen liuskan ala voidaan laskea puolisuunnikkaana. Matalan kaaren ja sitä vastaavan jänteen rajoittama ala saadaan jotenkin tarkkaan jos $^2/_3$ jänteen pituutta kerrotaan kaaren ja jänteen välisellä suurimmalla etäisyydellä.

Vallankin sellaiselta kartalta, jossa on hyvin paljo ja pieniä kuvioita, tulisi alojen laskeminen sangen pitkälliseksi ja hankalaksi ilman erityisiä tarkoitukseensa sopivia apukeinoja. Tällaisia alanlaskukoneita onkin olemassa useanlaatuisia. Yksinkertaisimpia ja meillä yleisesti käytetty on n. s. *poletti*. Tämä on paksu lasilevy, jonka toinen puoli on jaettu hienoilla viivoilla neliömäisiin ruutuihin; näiden suuruus on tavallisesti sovitettu kartan mittakaavan mukaan. Niinpä on meillä 1 poletin neliö mittakaavassa 1 : 4000 1 aari, vastaten siis mittakaavassa 1 : 8000 4 aaria, j. n. e. Kun tällainen lasipoletti pannaan kartalle laskettavan kuvion päälle, voidaan suorastaan nähdä montako poletin ruutua ja sen osaa kuvion suuruus on. Ensin luetaan kokonaiset ruudut ja sitte tarkastetaan miten kuvion reunoilla olevat vaillinaiset ruudut ovat paraiten yhdistettävät, jotta ne muodostaisivat yhdessä kokonaisia ruutuja. Musteella tai tussilla merkitään lasille kaksinkertaisen laskemisen välttämiseksi ne ruudut ja ruudun osat, jotka jo on laskettu. Poletti on aina asetettava niin, että saadaan mahdollisimman paljon kokonaisia ruutuja.

Tavallista polettia käyttäessä täytyy itse laskea

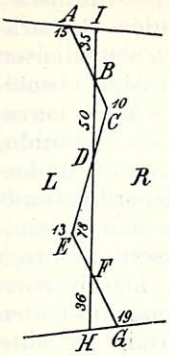
päässään ruutujen summa. Alanlaskuviivotin on siitä parempi, että se laskee ruutujen summan mekaanisesti. Jaoitettua viivotinta pitkin liukuvaan metallihylsään on liitetty kohtisuora ohut metallikärki, jota liikutetaan pitkin poletin vaakasuoria viivavälejä vasemmalta oikealle. Kun laskeminen alotetaan, asetetaan metallikärki viivottimen 0-pistettä vastaavalle kohdalle ja kuviolle sattuvan poletin alimman viivavälin vasempaan reunaan. Nyt siirretään metallikärkeä pitkin viivotinta kuvion oikealle reunalle samalla viivavälillä. Kun viivotinta sittemmin muutetaan niin, että metallikärki sattuu aina lähinnä ylemmän viivavälin vasempaan kuvioreunaan ja kärki taas siirretään oikeaan kuvionreunaan, tulee metallikärki yhteensä siirtyneeksi niin kauas viivottimen 0-pisteestä kuin viivavälien yhteenlaskettu pituus on. Viivottimen jaoituksesta näkee suoraan montako ha ja aaria kuvion ala on. Poletissa on pystysuorat viivat tarpeettomia viivottimella laskettaessa, ja tavallisesti käytetäänkin silloin polettia, joissa on vain vaakasuoria viivavälejä. — Tähän samaan ajatukseen perustuu monet muutkin alanlaskukoneet, m. m. meillä patentin saanut „Pinturi“.

Täydellisempiä ja joutuisampia käyttää ovat sellaiset alanlaskukoneet *(planimetrit)*, jotka voidaan eri mittakaavojen mukaan asettaa niin, että ne heti asteikosta näyttävät alan, kun erityistä piirrintä on kuljetettu ympäri kuvion piiriä. Tällaisista koneista on meillä ehkä enimmin tunnettuja kompensationiplanimetri sekä ratasplanimetri. Molemmat antavat hyviä ja luotettavia tuloksia, kunhan niitä oikein käytetään ja hyvin hoidetaan.

Isompien alojen suuruutta laskiessa voi helposti laskuihin pujahtaa virheitä. Tämän takia

on jonkunlainen tarkistus tehtävä. Grafillisesti mitattu kartta jaetaan ruutuihin, joiden ala tarkkaan tunnetaan. Elleivät eri kuvioiden alat tällaisen tarkistusruudun piirissä yhteensä vastaa täsmälleen koko ruudun alaa, on virhe, jos se on verraten pieni, tasoitettava suhteellisesti eri kuvioihin, tai taas lasku tehtävä kokonaan tai osaksi uudestaan, siksi kun virhe keksitään. Koordinatimittauksella kartallepantujen kuvioiden alanlaskemisessa käytetään tarkistuksessa tavallisesti mitattuja polygoneja, joiden ala suoranaisten koordinatien perusteella lasketaan, tai taasen lasketaan kuvioiden alat koordinateistaan ensin ryhmittäin ja sitte vasta yksitellen.

Maata jaettaessa omistusoikeudellisia tai viljelystarkoituksia varten tulee kunkin osan, paitsi suuruuteensa, myöskin asemaansa nähden tavallisesti täyttää määrätyt ehdot. Tällöin on alat laskemalla tarkistettava ensin niiden osain rajat, jotka jaettavan alueen rajalla tai muuten ovat asemalleen niin tarkkaan määrättyjä, että niiden lopullinen rajoitus ei vaikeuta muiden osain sijoitusta. Keskemmällä olevat osat on sitte ehdotellen kartalla määrättävä ja niiden alat laskettava. Sittemmin huomataan, että rajoja tulee siirtää puoleen tai toiseen. Mittain mukaan numeroilla laskemalla saamme tietää, paljoko rajaa tulee siirtää, aina tarpeen mukaan joko yhdensuuntaisesti pitkin pituuttaan tai muulla tavalla. Jos maa ei ole arvolleen yhtä hyvää koko rajalinjan pituudelta ja jos maan arvo tulee huomioon ottaa jakaessa, ovat laskut vaikeampia ja rajaa saa siirtää ja laskea ehkä useammankin kerran ennenkuin sen lopullinen määrätty paikka löydetään. Yksinkertaisempi on asia, jos maa on yhtä hyvää



Kuva 28.

kumminkin puolin. Vieressä olevassa kuvassa 28 on naapurusten L. ja R. välinen mutkikas raja ADEG oikaistava suoraksi päästä päähän. Vedetään ehdotellen suora raja HI, ja lasketaan vaihtoon meneväin osain alat kartalta saatujen pituuksien mukaan. L. saisi naapuriltaan.

$\triangle$ AIB $= {}^1/_2\, 35 \times 15 = 262{,}_5$ m^2
$\triangle$ DEF $= {}^1/_2\, 78 \times 13 = 507{,}_0$ „
$769{,}_5$ „

ja L. antaisi naapurilleen

$\triangle$ BCD $= {}^1/_2\, 50 + 10 = 250{,}_0$ m^2
$\triangle$ FGH $= {}^1/_2\, 36 + 19 = 342{,}_0$ „
$592{,}_0$ „

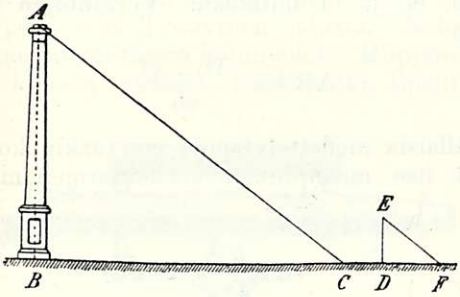
Raja ei ole paikallaan, koska L. saisi maata $769{,}_5 - 592{,}_0 = 177{,}_5$ m^2 enemmän kuin pitäisi. Jos tämä liika maa otetaan pois, tulee rajaa HI siirtää L:n maata kohti $177{,}_5 : (35 + 50 + 78 + 36) = 0{,}_{89}$ m yhdensuuntaisesti itsensä kanssa, tai $2 \times 0{,}_{89} = 1{,}_{78}$ jommastakummasta päästä.

VII. Korkeusmittaukset.

Tavallisessa maanmittauksessa ja kartoitustarkoituksia varten tulevat korkeusmittaukset meillä verraten harvoin kysymykseen Teitten rakentamista, maiden kuivattamista ja monia muita

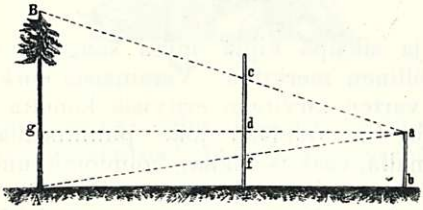
sekä taloudellisia että tieteellisiäkin tarpeita varten ovat ne usein välttämättömät.

Korkeuksia voidaan erikoisissa tapauksissa mitata sangen yksinkertaisilla apuneuvoilla. Kuva 29 näyttää miten tornin tai muun sellaisen kor-



Kuva 29.

keus määrätään. Seiväs ED lyödään maahan pystysuoraan ja sen antaman varjon pituus DF merkitään mahdollisimman yhtä aikaa kuin tornin



Kuva 10.

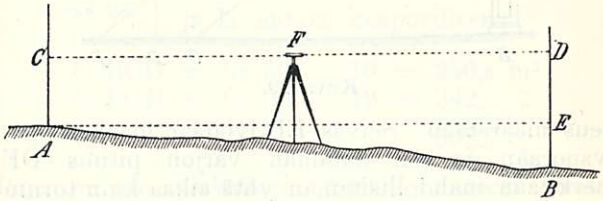
varjon pituus BC. Kun pituudet ED, DF ja BC mitataan, saadaan yhdenmukaisista kolmioista verrannon avulla

$$AB = \frac{BC \cdot ED}{FD}$$

Tämä tapa käy laatuun ainoastaan auringon paisteella. Pilvisellä säällä voidaan korkeus määrätä kahden seipään avulla, kuten kuvassa 30. Silmällä määrätään ne pisteet c ja f, missä tähtäysviivat aB ja aA leikkaavat seivästä ce ja välimatkat Ab, eb ja cf mitataan. Verrantojen avulla saadaan

$$AB = \frac{Ab \cdot cf}{eb}$$

Tällaisia menettelytapoja voi tuskin koskaan käyttää itse maanpinnan korkeuserojen määräämiseen ja siksipä niillä onkin sangen vähäinen käytännöllinen merkitys. Varsinaisia korkeusmittauksia varten tarvitaan erityisiä koneita ja mittaustapoja, ne tehdään joko punnitsemalla (nivelleraamalla, vaakitsemalla), kolmiomitannollisesti (trigonometrisesti) tai ilmapuntarilla.

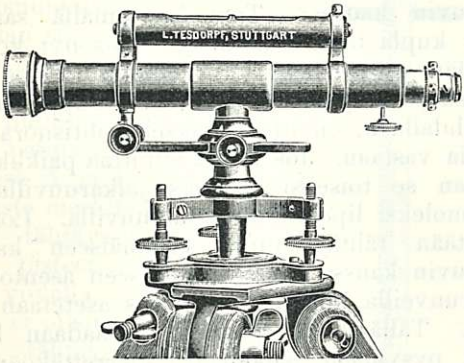


Kuva 31.

Punnitsemalla tulee pisteitten A ja B (kuva 31) välinen korkeusero määrätyksi, kun asetetaan kummankin pisteen yläpuolelle vaakasuora viiva CD, välit AC ja BD mitataan sekä näistä lasketaan DB — AC = DB — DE = EB. Vaakasuora viiva CD määrätään erityisellä koneella F, jota sanotaan punnituskoneeksi (nivellerauskone,

vaakituskone), niihin pisteisiin, joiden korkeuseroa haetaan, asetetaan pystysuoraan tankoja, joiden jaoituksesta heti voidaan lukea vaakasuoran tähtäysviivan korkeudet AC ja BD maasta.

Punnituskoneessa on kolme pääosaa: tavallinen kaukoputki tähtäyslaitteineen, vesivaaka eli putkilipelli sekä 3-ruuvinen jalusta. Koko kone asetetaan käytettäessä kolmijalalle. Riippuen siitä, miten koneen pääosat, kaukoputki, lipelli ja ja-



Kuva 32

lusta ovat toisiinsa nähden asetetut sekä millaisia koneen tarkistuslaitteet ovat, on olemassa monen laatuisia punnituskoneita, joista toisia voi käyttää myöskin etäisyyksien ja kulmien mittaamiseen. Tarkimmat koneet ovat siksi kalliita ja työ niillä aikaa vievää, että ne eivät voi tulla kysymykseen yksistään käytännöllisiä tarpeita varten tehtävissä töissä. Yksinkertaisimmissa koneissa (kuva 32) ovat kaukoputki, lipelli ja jalusta kiinteässä yhteydessä toistensa kanssa.

Ennen käyttämistä on kone tarkistettava, niin että se täyttää seuraavat ehdot:

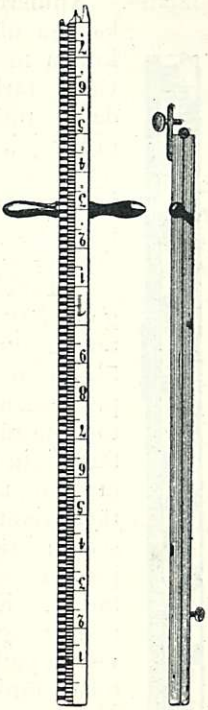
a) Lipellin akselin tulee olla kohtisuora koneen pystysuoraa akselia vastaan. Kun kolmijalalla on saatu kone jotakuinkin vaakasuoraan asentoon, kierretään sitä niin, että kaukoputki lipelleineen on yhdensuuntainen kahta jalkaruuvia yhdistävän viivan kanssa. Näiden avulla asetetaan lipellin kupla ylimpään asentoonsa, sitte kierretään konetta 90^0, joten tähtäyssuunta kulkee kolmannen jalkaruuvin kautta. Tätä kiertämällä saadaan lipellin kupla taas kohdalleen. Jos nyt konetta kierretään ympäriinsä, jotta objektivi tulee okularin äskeiselle puolelle, ja lipellin kupla yhä pysyy kohdallaan, on lipellin akseli kohtisuora kiertoakselia vastaan. Jos kupla muuttaa paikkkansa, korjataan se toiseksi puoleksi jalkaruuvilla, toiseksi puoleksi lipellin tarkistusruuvilla. Lopuksi käännetään tähtäyssuunta ensimäiseen kahden jalkaruuvin kanssa yhdensuuntaiseen asentoon ja näillä ruuveilla lipellin kupla taas asetetaan kohdalleen. Tällä lailla menetellen saadaan lipelli lopuksi pysymään paikallaan, kierrettäköön konetta mihin suuntaan tahansa, ja vaaditttu ehto on täydetty.

b) Kaukoputken hiusristin ja esineen kuvan tulee näkyä selvästi ja samalla kohtaa. Ensin muutetaan hiusristin ja okularin välimatkaa siksi, että hiusristi näkyy hyvin, sitte vedetään okulariputki joko ulos- tai sisäänpäin, kunnes esineen kuva esiintyy selvänä. Jos silmää liikutetaan okularin edessä eikä hiusristin asema kuvaan nähden vähääkään muutu, on kuva ristin tasossa.

c) Hiusristin vaakasuoran viivan tulee oikein asetetussa koneessa olla kohtisuora koneen kier-

toakselia vastaan. Tämä tutkitaan mukavimmin siten, että tähdätään jotain selvästi näkyvää pistettä ja kierretään konetta tutkimalla samalla, peittääkö hiusristin vaakasuora viiva pisteen koko ajan. Jos niin on, on hiusristi oikeassa asemassa, muuten tulee sitä tarkastusruuveilla muuttaa.

d) Koneen tähtäysakselin ja lipellin akselin pitää olla yhdensuuntaiset. Kentälle viitoitetaan suora linja AB, jonka pituus otetaan 50—100 metriksi. Linjan keskikohdalle pystytetään punnituskone. Lipellin kupla pannaan 0-asentoonsa ja pisteissä A ja B pystytetyistä tangoista merkitään ne kohdat, joihin tähtäyssuunta sattuu. Nämä pisteet ovat vaakasuoralla viivalla, vaikka lipellin akseli ei olisikaan yhdensuuntainen tähtäysakselin kanssa, kunhan vaan kone on tarkkaan linjan AB keskivälissä. Nyt muutetaan kone pisteen A viereen. Jos toiset tähtäykset tankoihin A ja B sattuvat yhtä etäälle äsken määrätyn vaakasuoran asennon merkkipisteistä, on tähtäysakseli yhdensuuntainen lipellin akselin kanssa. Muussa tapauksessa on hiusristin vaakasuoraa viivaa tarkistusruuveilla joko ylennettävä tai alennettava kunnes kysymyksessä olevain lukemain erot tangoilla A ja B tulevat yhtä suuriksi.



Kuva 33.

Punnitustangot (kuvat 33 ja 34) ovat 3—4 metriä pitkiä, niiden jaoitus on päästä päähän tehty cm tarkkuudella, joko mustalla tai punaisella valkealle pohjalle. Numerot ovat ylösalaisin, joten ne kiikarissa näkyvät oikeinpäin. Jaoitus merkitään monella tavalla, riippuen tarvittavasta tarkkuudesta. Jotta tankoja voidaan pitää pystysuorassa, kiinnitetään niihin joko luotilanka tai rasialipelli. Kuljetuksen helpottamiseksi ovat ne usein kokoonpantavia. Tarkemmissa töissä on tankojen jaoituksen tarkkuus ennen käyttämistä tutkittava.

Kuva 34.

Tarkistetulla koneella ja kahdella tangolla käy punnitus seuraavasti: kone asetetaan punnittavalle linjalle, niin että se on likipitäin yhtä kaukana sekä linjan lähtöpisteeseen A pystytetystä tangosta että toisesta tangosta BD (kuva 31). Välimatkat tankoihin otetaan 25—50 metriin aina sen mukaan, miten selvästi tangoista voi tähtäyspaikat lukea. Välimatkain mittaamiseen riittää askelmittakin, mukavinta on, jos konetta voi käyttää samalla kaukomittarina. Kun kone on oikein asetettu, luetaan tangosta AC „taaksepäin“ tähtäysviivan paikka, sen jälkeen käännetään kone toista tankoa kohti ja sillä tehdään „eteenpäin“ samallainen lukema. Ellei tankoon ole liitetty lipelliä tai luotilankaa, heilutaa tangon takana seisova kuljettaja tankoa edestakasin pystysuoran aseman molemmille puolille; tällöin saadaan monia eri lukemia, oikea pystysuoraa tangon asemaa vastaava lukema on pienin kaikista. Sekä tanko-

jen etäisyydet että tangoista tehdyt lukemat kirjoitetaan erityiseen muistikirjaan. Nyt muutetaan kone linjalla eteenpäin yhtä kauas pisteen B toiselle puolelle ja tanko AC siirretään koneesta eteenpäin samalle välimatkalle. Taas tehdään molemmista tangoista lukemat taakse ja eteenpäin. Tällä tavalla jatkuu työ koneen siirtyessä etummaisen tangon ohi ja perimmäisen tangon siirtyessä etummaiseksi. Luonnollisesti voidaan jokaisesta koneen asemapisteestä tehdä lukemia mihin linjan pisteeseen tai sivulla olevaan pisteesen tahansa, kunhan niissä vaan tankoa käytetään.

Punnitusta voidaan toimittaa myöskin yhtä tankoa käyttäen. Silloin on vaan tangon kuljettajan vietävä tanko takimmaisesta pisteestä etummaiseen heti, kun lukemat taaksepäin on tehty, ja pysyttävä paikallaan aina konetta muutettaessa.

Lukemat kirjoitetaan muistiin vastaisten laskutöiden helpottamiseksi erityisen kaavan mukaan. Korkeudet lasketaan tavallisesti lähtöpisteestä. Yksinkertainen ja selvä on seuraava yleisesti käytetty

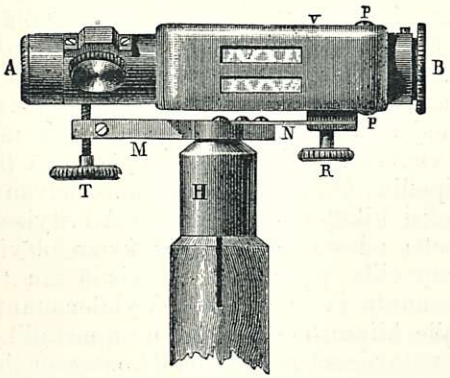
„Punnituspöytäkirja.“

Pisteen N:o	Etäisyys edellisestä pisteestä	Lukemat: Taakse-päin	Lukemat: Välipis-teisiin	Lukemat: Eteen-päin	Tähtäys-viivan korkeus	Pisteen korkeus	Muistutuksia
0	0	1,50			21,50	20,00	Lähtöpiste; rautapultti kalliossa.
1	25		2,12		„	19,38	
2	20		1,63		„	19,87	
3	25		2,15		„	19,35	
4	30			2,22	„	19,28	
		1,92			21,20		
5	22		2,41		„	18,79	
6	27		2,85		„	18,35	
7	45			3,01	„	18,19	
		1,16			19,35		
8			3,25		„	16,10	Pyhälammin pinta.
9	30		2,40		„	16,95	
10	45			2,85	„	16,50	Merkki sillan arkussa.
Summa		4,58		8,08			20,00 — 16,50
		Ero 3,50					Ero 3,50

Kun lähtöpisteen korkeuteen lisätään taakse-päin tehty lukema, saadaan tähtäyssuunnan korkeus; kun tästä vähennetään välipisteisiin ja eteen-päin tehdyt lukemat, saadaan näiden pisteiden korkeus. Laskua on helppo tarkastaa, sillä taakse- ja eteenpäin tehtyjen lukemain summain eron tulee olla yhtä suuri kuin alku- ja loppupisteen korkeusero.

Tavallisesti mitataan punnittava linja pituudelleen jo ennemmin ja määrämatkain esim. 100 metrin päähän lyödään paaluja, joista muiden pisteiden välimatkat on helppo määrätä.

Edellä selitetyn punnituskoneen asemesta ja samalla tavoin voidaan käyttää *punnitusdiopteria* ja *punnitusvaakaa*. Edellinen on pääajatukseltaan samallainen kuin punnituskone, kaukoputken asemesta on siinä vain diopterit, jotka antavat vaa-



Kuva 35.

kasuoran tähtäystason. Punnitusvaaka on n. 1 metrin pituinen, 5 cm laajuinen metalliputki, jonka ylöspäin taivutettuihin päihin on kiinnitetty lasisylinterit. Metalliputken keskustassa olevan hylsän avulla voidaan koko laite pystyttää kolmijalalle. Putki täytetään värjätyllä vedellä tai spriillä puoliväliin lasisylintereitä; nesteen pinnat ollen samassa vaakasuorassa tasossa määräävät tähtäyssuunnan.

Pienimmissä töissä näppärät käyttää ja mat-

koilla mukavat kuljettaa ovat sellaiset punnituskoneet, joita voidaan käyttää ilman jalustaa vapaalla kädellä. Näitä on monenlaisia. Toisissa saadaan vaakasuora tähtäyssuunta vapaasti riippuvan painon avulla, toisissa lipellillä. Edelliset ovat epätarkkoja ja tuulessa mahdottomat käyttää. Jälkimmäiset ovat tarkoituksenmukaisempia, niistä on ehkä enimmin tunnettu Wagnerin taskupunnituskone (kuva 35). Siinä on lyhyt kaukoputki, jonka okularin puoleisessa osassa B on laajennukset kummallekin sivulle, vasemmalla lipelliä ja oikealla vinosti okulariin päin asetettua peiliä vasten. Okulari on niin rakennettu, että kaukoputkella tähdättäessä nähdään samalla kertaa peilistä heijastuvan lipellin kuplan kuva tähystysristin vieressä. Lukemat tehdään sinä hetkenä, kun lipellin kupla on keskellä. Selvän kuvan saamiseksi liikutetaan objektivia A erityisellä ruuvilaitteella edestakaisin. Vastakkain olevilla tarkistusruuveilla p saadaan hiusristiä muuttamalla tähtäyssuunta ja lipellin akseli yhdensuuntaisiksi. Jalustalle kiinnittämistä varten on metallihylsä H. Tämän yhteydessä on ruuvilla R koneeseen liitettävä laite M, joka tekee mahdolliseksi ruuvin T ja vieterin N avulla nostaa tai laskea koneen objektivin puoleista päätä, mikäli lipellin oikea asettaminen vaatii.

Konetta voidaan käyttää siis vapaalla kädellä, kepin varassa tai kolmijalalla. Siihen voidaan yhdistää kaukomittauslaite sekä jaettu ympyrä vaakasuorain kulmain mittaamista varten.

Kolmiomitannollinen eli *trigonometrinen* korkeusmittaustapa perustuu yksinkertaisesti siihen, että tunnetun välimatkan päässä olevan pisteen tähtäyssuunnan ja vaakasuoran suunnan välinen

kulma (korkeuskulma) mitataan ja tästä sekä tietystä välimatkasta sitte lasketaan pisteiden korkeusero. Tavallisimmin käytetään maanmittauksessa korkeuskulmain mittaukseen erilaisia kaukomittaria ja teodolitia. Kun lipellin avulla kone on oikein asetettu, mitataan korkeuskulma ja lukema kirjoitetaan muistiin. Sitte pyöräytetään kone pystysuoran akselinsa ympäri, niin että tähtäyssuunta tulee päinvastaiseksi, kiikari käännetään vaakasuoran akselinsa ympäri jälleen esinettä kohti ja saatu uusi lukema kirjoitetaan muistiin. Jos ympyrän jaoitus on jatkuvasti 0—360°, on lukemain ero tähtäyssuunnan ja pystysuoran suunnan välisen kulman (zenitikulman) kaksinkertainen arvo. Vähemmän tarkoissa mittauksissa riittää lukema yhdessä asennossa, jos tunnetaan korkeusympyrän oikean 0-pisteen asema.

Asemapisteen ja tähtäyspisteen välinen korkeusero h lasketaan kaavasta

$$h = s \cot g\, z + i,$$

jossa s on vaakasuora välimatka, z tähtäyssuunnan zenitiväli ja i koneen korkeus asemapisteestä. Eri kulmille ja etäisyyksille voidaan laskea tauluja, joista korkeudet saadaan suorastaan. Topografisissa mittaustöissä käytettyihin kaukomittareihin on työn helpottamiseksi ja jouduttamiseksi sitä paitsi usein yhdistetty erityiset laitteet tähtäyssuunnan korkeuden määräämiseksi. Edellä oleva yhtälö on riittävä korkeuserojen laskua varten ainoastaan silloin, kun pisteiden välimatkat eivät ole kovin pitkiä eikä suurta tarkkuutta vaadita. Valon taittuminen ilmakerrosten läpi vaikuttaa, että mitatut zenitivälit ovat todellisuudessa liian pienet, joten laskettuihin korkeuksiin on lisättävä

tästä johtuva pieni virhe, jonka suuruus esim. 4 km. matkalla on runsaasti 1 m.

Koska ilmanpaine alenee määrätyssä suhteessa kuta korkeammalle tullaan, voidaan *ilmapuntaria* (barometriä) käyttää korkeusmittauksiin. Niillä voidaan määrätä suuriakin korkeuseroja yhdellä kertaa. — Elohopeailmapuntarit ovat tarkempia kuin aneroidi-ilmapuntarit, mutta koska edellisiä on hankala kuljettaa, ei niitä juuri koskaan korkeusmittauksiin käytetä.

Aneroidi-ilmapuntarit ovat nykyään siksi yleisiä, että niitä on jokainen nähnyt. Pääosana niissä on ilmaton metalliastia, jonka yläpinta on tehty ohuesta aallonmuotoisesti taivutetusta levystä. Kun ilmanpaine kasvaa, painuu yläpinta sisäänpäin, kun paine alenee, nousee se taas ylöspäin. Erityisen vipulaitteen kautta vaikuttavat nämä sisään- ja ylöspäin painumiset ilmapuntarin viisariin, joka asteikosta näyttää ilmanpaineen. Ilmapuntari on paineen suuruutta luettaessa pidettävä vaakasuorassa asemassa ja lukeminen kullakin paikalla tehtävä vasta sitte, kun n. 10 minuutin ajan on paikalla oltu. Lukiessa voi ilmapuntaria varovasti sormella naputtaa, jotta viisari asettuisi oikeaan paikkaansa; kovempaa ja pitkällistä naputusta on vältettävä, koska se voi helposti pilata koko koneen.

Koska ilmanpaine voi mittausten aikana muuttua, on paras käyttää kahta ilmapuntaria, joista toinen on aina samassa paikassa, ja toista kuljetetaan niissä paikoissa, joiden korkeus tahdotaan määrätä. Paikallaan olevan ilmapuntarin lukee joku toinen määräaikain kuluttua, joten lukemista voidaan määrätä, miten ilmanpaine on päivän kuluessa paikkakunnalla muuttunut. Vielä sopi-

vampi tähän tarkoitukseen on paikallaan oleva n. s. barografi, jonka piirtämästä viivasta ilmanpaineen muuttuminen saadaan minä hetkenä hyvänsä.

Yhdelläkin ilmapuntarilla saattaa silti tulla toimeen. Mittauksille lähdettäessä tehdään lukema jossain paikassa, järven pinnalla, talon pihamaalla j. n. e., sitte kuljetaan piste pisteeltä eteenpäin lukemia tehden kaikkialla, missä korkeuksia tahdotaan määrätä. Takaisin palattaessa tehdään lukemat taasen samoissa pisteissä ja lopuksi lähtöpisteessä. Näistä kaksinaisista lukemista voidaan nähdä, onko ja miten paljon ilmanpaine vuorokauden eri aikoina muuttunut. Piste pisteeltä lasketaan sitte lukemain erot eri paikoilla, huomioonottamalla ilmanpaineen vaihtelu.

Ilman lämpömäärä on mukana olevalla lämpömittarilla aina määrättävä, koska se vaikuttaa huomattavasti korkeuseroon, samoin on muistiin merkittävä se hetki, jolloin lukema tehtiin. Ilmapuntaria on suojeltava auringon paisteelta ja kuljetettaessa varottava heilahduksilta ja tärähdyksiltä. Tarkimmat tulokset saadaan aamusella klo 8—10 ja illalla klo 6—8 tehdyistä mittauksista.

Loppuun liitetyn taulun avulla saadaan pisteiden korkeuserot helposti lasketuksi. Olkoon lukema lähtöpisteessä ja ilman lämpömäärä

$$B_1 = 750{,}0 \text{ mm}; \; t_1 = 16{,}0^0 \text{ C}$$

sekä vastaavat lukemat toisessa pisteessä

$$B_2 = 740{,}0 \text{ mm}; \; t_2 = 22{,}0^0 \text{ C}$$

Keskimääräinen ilmanpaine on siis $\frac{750{,}0 + 740{,}0}{2}$ $= 745$ mm ja ilman lämpömäärää $\frac{16 + 22}{2} = 19^0$.

Taulusta nähdään, että 1 mm lukemain erossa vastaa $11{,}_{51}$ metriä, joten pisteiden korkeusero on $(750{,}_{00} - 740{,}_{00}) \times 11{,}_{51} = 115{,}_{1}$ m.

Ilmapuntarin oma lämpömäärä vaikuttaa myös jonkun verran lukemiin, mutta koska sen vaikutus on vähäinen ja useat ilmapuntarit ovat kompenserattuja, s. o. niiden rakenteessa on jo tämä lämmön vaikutus poistettu, voidaan se jättää huomioonottamatta. Pitemmillä matkoilla ja laajoilla aloilla mittauksia tehdessä saadaan ilmanpaineen vaihtelut useimmissa tapauksissa tietää lähimmältä meteorologiselta havaintoasemalta. Ennen mittausta ja jos mahdollista mittausten aikanakin on vertailu tehtävä toisen luotettavan ilmapuntarin kanssa, jotta saadaan tietää, miten suuri virhe kaikissa lukemissa on.

Jonkun paikan korkeudella käsitetään sen korkeutta merenpinnasta. Ellei lähtöpisteen korkeutta tunneta, otetaan se mielivaltaisesti, esim. 0 tai 100 metriksi. Varsinkin ilmapuntarilla tehtyjen korkeusmittausten lähtökohdaksi on sopiva ottaa suuremman järven pinta, jolla usein ollaan tilaisuudessa tekemään lukemia, sillä mittaukset tulevat sitä tarkemmiksi, jota suoranaisemmin ja kiinteämmin ne yhdistyvät varmaan lähtöpisteeseen.

Eri korkeusmittaustavoilla ja koneilla voidaan korkeudet määrätä niin tarkkaan, että keskimääräinen virhe on

Paraimmilla punnituskoneilla	n.	0,8	mm	kilometriä	kohti
Pienillä punnituskoneilla	n.	1	cm	„	„
Punnitusdiopterilla	n.	15	„	„	„
Punnitusputkella	n.	50	„	„	„
Wagnerin lasku-punnituskoneella, jalustalla	n.	50	„	„	„
Wagnerin lasku-punnituskoneella, vapaalla kädellä	n.	150	„	„	„

Kaukomittarilla, trigonometrisesti	n. 150 cm	kilometriä kohti
Teodolitilla, trigonometrisesti	n. 2—20 „	„ „

Aneroidi-ilmapuntarilla saavutettu tarkkuus on riippuva monesta seikasta. Suotuisissa olosuhteissa saadaan sillä lyhyellä väliajalla mitatut 200 m pienemmät korkeuserot 1—2 m tarkkuudella. Pitkän aikaa kestävissä mittauksissa ja suurilla korkeuksilla tulee virhe paljoa suuremmaksi. Rajuilmoilla, ukkossään lähestyessä j. n. e., jolloin ilmanpaine äkisti vaihtelee, ei aneroidia ole syytä käyttää korkeusmittauksiin ollenkaan.

Korkeusmittausten tulokset kuvataan paperille joko *profileina* eli *poikkileikkauksina* taikka erityisinä *korkeuskarttoina*.

Profileilla esitetään maanpinnan korkeussuhteet pitkin maanpinnan ja sen kohtisuoran tason leikkausviivaa, jota myöten punnitus on tapahtunut. Rakennettavista teistä, vesijaksoista y. m. s. tehdään joko pituussuunnan mukaisia *pituusprofileja* tai näitä vastaan kohtisuoria *poikkiprofileja*. Profilit piirustetaan paraiten millimetripaperille. Vaakasuoraan vedetylle mielivaltaista horisonttia vastaavalle viivalle merkitään kaikki punnitut pisteet valitun mittakaavan mukaisilla etäisyyksillä toisistaan. Pisteiden numerot kirjoitetaan viivan alapuolelle punnituspöytäkirjassa olevassa järjestyksessä; ja jokaisen pisteen kohdalle piirretään kohtisuora, jota pitkin pisteiden korkeudet kantaviivasta mitataan, tavallisesti 10 tai 20 kertaa suuremmassa mittakaavassa kuin pituudet kantaviivalla. Kun kaikki korkeuspisteet kohtisuorien päissä yhdistetään viereisten pisteiden kanssa, saadaan punnitun linjan korkeussuhteet selvästi paperilla näkyviin. Profilissa

kuvataan tavallisesti eri väreillä tai muuten maanlaadut y. m. pitkin linjaa; sen perusteella voidaan mukavasti suunnitella leikkaukset ja täytteet tiellä, vedenjuoksun järjestelyt j. n. e. Missä tarpeelliseksi nähdään, otetaan pituusprofilia vastaan kohtisuoria poikkiprofileja, jotka piirretään samalla tavalla kuin pituusprofilitkin, paitsi että niissä pituuksilla ja korkeuksilla on sama mittakaava, useimmiten pituusprofilin korkeusmittakaava.

Vaikka punnitus olisikin tehty murtoviivaa pitkin, piirretään profili suoralle viivalle; taittopisteet, samoinkuin viivalle sattuvat purot, sillat, tiet y. m. s. merkitään erityisillä selityksillä tai nimillään pitkin profilin pystysuoria korkeusviivoja. Horisonttia kuvaava viiva eli kantaviiva on aina otettava niin alas, että kaikki korkeudet tulevat sen yläpuolelle.

Kun on kysymyksessä jonkun maa-alan kuivattamisen tai kastelun suunnittelu, soveliaimman tiesuunnan määrääminen ja yleensä maan pintamuodon esittäminen, käy se paraiten *korkeuskartoilla.* Hyvän korkeuskartan tulee näyttää kunkin pisteen korkeus jostain määrätystä tasosta, tavallisesti merenpinnasta, sekä samalla antaa havainnollinen kuva maanpinnan epätasaisuuksista.

Korkeuskarttaa varten täytyy maan pintamuodosta ja kartan mittakaavasta riippuen määrätä soveliailla paikoilla ja niin tiheässä korkeuspisteitä, että niiden välillä voidaan korkeudet arvostelemalla määrätä. Tavallisesti merkitään mitatut korkeuspisteet valmiille kartalle, grafillisessa kartoituksessa tehdään korkeusmittaukset usein samalla kertaa. Milloin tahdotaan saada tarkka

kartta suuremmassa mittakaavassa, toimitetaan punnitus maan kaltevuussuunnassa viitoitettuja yhdensuuntaisia linjoja pitkin. Kun kaikki korkeudelleen määrätyt pisteet on sijoitettu kartalle, määrätään sillä esim. ne pisteet, joiden korkeus on täysi metrimäärä; jos kahden läheisen pisteen a ja b korkeudet ovat esim. 9,4 ja 10,2 metriä, on 10,0 metrin korkeudella oleva piste lähempänä pistettä b, josta sen etäisyys on vain 1/4 osa viivan ab pituudesta. Tällä tavalla saadut samalla korkeudella olevat pisteet yhdistetään keskenään viivoilla (korkeusviivat, isohypsit), jotka kaarevina kulkien ovat joka pisteessään kohtisuorat maan kaltevuussuuntaa vastaan. Viivoista ja niiden välimatkoista voidaan sittemmin kartalta määrätä minkä muun pisteen korkeus tahansa. Jyrkemmillä kohdilla ovat korkeusviivat tiheämmässä, loivemmilla harvassa. Korkeuskartat varjostetaan usein korkeusviivoja vastaan kohtisuorilla hienoilla viivoilla tai tummalla värillä, sitä tummemmin, kuta jyrkempi maa on. Sinne tänne kartalle, korkeimmille kohdille, tasangoille ja vesien pinnalle, merkitään numeroilla korkeusluvut, sopiviin näkyviin paikkoihin kirjoitetaan sitä paitsi korkeusviivain viereen niiden korkeus.

Korkeuskartan avulla voidaan piirtää profili maanpinnasta mitä kartalle vedettyä viivaa myöten tahansa, samoinkuin pisteiden etäisyydestä ja korkeuserosta laskea maan kaltevuuden suuruus joka kohdassa.

Pienemmissä mittakaavoissa olevia korkeuskarttoja (topografikarttoja) varten tehdään korkeusmittaukset joko kolmiomitannollisesti tai ilmapuntarilla. Sopivasti maan pintamuodon mukaan valittuja pisteitä määrätään korkeudelleen tasaisesti

yli kartoitettavan alueen, kuitenkin mahdollisimman lähellä niitä korkeuksia, joita kartan korkeusviivat tulevat esittämään, jotta nämä sitä helpommin ja varmemmin saataisiin kartalle. Paremman yleiskuvan antamista varten väritetään joskus pienimittakaavaisissa kartoissa kukin korkeusviivain väli omalla värillään (useimmin ruskealla), tavallisesti noudattaen sääntöä: kuta korkeammalla, sitä tummempi.

Samoinkuin korkeudet voi paraiten esittää korkeusviivoilla, voidaan *syvyydet* esittää syvyysviivoilla. Luotilangalla (paraiten hienosta kuparilangasta) mitataan syvyydet määrätyissä pisteissä, nämä merkitään kartalle ja samaa syvyyttä osottavat pisteet yhdistetään viivoilla. Väritys tehdään tavallisesti sinisellä: kuta syvempi sitä tummempi.

Tämän yhteydessä mainittakoon vielä n. s. *korkokartat* (relifikartat), jotka ovat luonnonmukaisia plastillisia kuvia maanpinnasta. Korkeusmittakaava on tavallisesti suurempi kuin pituusmittakaava. Ne tehdään korkeuskarttain mukaan tavallisesti niin, että pahvi- tai puulevystä, jonka paksuus on korkokarttaa varten valitun mittakaavan mukainen, leikataan kunkin korkeusviivavälin muotoiset liuskat, nämä liimataan päällekkäin oikeaan asentoonsa ja porrasmaiset reunat täytetään vahalla tai kitillä. Lopuksi merkitään korkokartalle eri väreillä vesistöt, tiet, kylät j. n. e. — Korkokartoilla on suurin merkityksensä opetusvälineinä.

VIII. Maantieteellisistä paikanmääräyksistä.

Jonkun paikan asema maapallolla on määrätty, kun tiedetään, miten paljon se on pohjoiseen tai etelään päiväntasaajasta ja miten paljon itään tai länteen jonkun sovitun ja tunnetun paikan meridianista (maan napojen ja paikan kautta kulkevasta ympyräviivasta).

Etäisyyttä päiväntasaajasta (paikan *leveyttä*) ei mitata pituusmitoissa, vaan asteissa ja sen osissa. Paikan leveyden määrää se kulma, minkä maan keskipisteeseen vedetty viiva (maan säde) tekee päiväntasaajan tason kanssa. Jos siis esim. Helsinki sanotaan olevan 60° 9′ 42″ pohjoisella leveysasteella, merkitsee se, että Helsingin ja maan keskipisteen välinen suora viiva tekee mainitun kulman päiväntasaajan tason kanssa, tai toisin sanoen, että meridianin pituus päiväntasaajalta Helsinkiin on 60° 9′ 42″. Kaikki ne pisteet, jotka ovat samalla leveysasteella, lankeevat samalle maanpinnalla olevalle ympyräviivalle, joka on yhdensuuntainen päiväntasaajan kanssa ja säteelleen sitä pienempi kuta suurempi leveys on. Kun otetaan joku paikka tällaisella pienellä leveydelleen tunnetulla *paralelli*ympyrällä ja siitä käsin itää ja länttä kohden luetaan asteissa muitten samalla ympyrällä olevain paikkain etäisyys *(pituus)*, ovat nämäkin asemalleen määrätyt. Tarvitaan siis vain mainita paikan leveys (latitudi) ja sen pituus (longitudi), ja me tiedämme tarkalleen, missä se maapallon pinnalla on.

Sellaisia paikkoja, joiden meridianista pituudet tavallisesti lasketaan, on Greenwich Englannissa ja Ferron saari, jota paitsi kussakin maassa on oma, tavallisesti jonkun tähtitornin kautta

kulkeva päämeridianinsa, kuten meillä Helsingin, Venäjällä Pulkovan, Ruotsissa Tukholman j. n. e.

Koska luotilangan suunta käy maapallon keskipisteen kautta, voidaan paikan leveys laskea, kun määrätään, miten suuren kulman luotilanka tekee maan akselin kanssa. Maan akselin suunta on määrätty taivaankappalten näennäisen liikkeen kautta. Maan pyöriessä akselinsa ympäri näyttävät kaikki pisteet taivaalla liikkuvan ympyränmuotoisia ratoja yhden liikkumattoman pisteen ympäri, joka juuri on maan akselin pitennyksellä. Jos joku tähti sattuisi taivaalla olemaan tämän kiinteän pisteen kohdalla, olisivat leveysmääräykset hyvin helppoja tehdä. Me mittaisimme vain tämän tähden korkeuskulman, ja siinä samassa olisi paikan leveys määrätty.

Koska eri kiintotähtien etäisyys taivaan napapisteestä on tunnettu, voidaan, mittaamalla minkä tähden korkeus tahansa sinä hetkenä, kun se kulkee paikan meridianin yli, laskea paikan leveys; samoin mittaamalla tähden korkeus sen radan kahdessa vastakkaisessa pisteessä (12 tunnin väliajalla) saadaan korkeuksien keskiarvona heti paikan leveys. Kuta kauempana tähdet ovat navasta, sitä nopeammin ne näyttävät liikkuvan ja sitä vaikeampia ovat mittaukset. Sopivin kaikista on leveysmääräysten tekemiseen pohjoisella pallonpuoliskolla lähellä napaa oleva Pohjantähti.

Leveysmääräysten tekemiseen tarvitaan siis teodoliti tai muu kulmamittauskone. Pohjantähden korkeuskulma mitataan sinä hetkenä, jolloin se on pienin, tai silloin, kun se on suurin. Edellisessä tapauksessa lisätään kulmaan Pohjantähden tunnettu etäisyys navasta, jälkimmäisessä vähennetään, ja niin saadaan paikan leveys. Jos tiedetään

tarkkaan, mitä kello silloin näytti, kun korkeusmääräys tehtiin, voidaan siitä aina laskea paikan leveys. Leveysmääräystapoja on monia muitakin, ne ovat vaikeampia ja laskutyöt niissä edellyttävät koko paljo matematisia tietoja. Jos tyydytään likimääräisiin arvoihin, voidaan Pohjantähden korkeus minä hetkenä hyvänsä ottaa leveyden arvoksi; suurin mahdollinen virhe on tällöin $1{,}2^0$.

Päivällä ja kesäiseen aikaan, kun tähtiä ei näy, on leveysmääräykset tehtävä auringosta. Auringon korkeus mitataan sen ylimmillään ollessa, siitä saa erityisten tähtitieteellisten taulujen (Astronomisches Jahrbuch, y. m.) antamain numerotietojen perusteella paikan leveyden lasketuksi.

Kun puhutaan jonkun paikan ajasta, ymmärretään sillä, että auringon kulkiessa paikan meridianin ohi, kello siellä on 12 päivällä. Maan pyöriessä lännestä itään, tulee aurinko sitä pikemmin paikan meridianiin, kuta idempänä se on. Jos voimme määrätä sen aikaeron, mikä auringon meridianiin tulon välillä on eri paikoilla, voimme samalla määrätä, miten paljo idempänä tai lännempänä paikat ovat toisistaan. *Pituus*määräykset ovat siis oikeastaan aikamääräyksiä. Luonnollisesti voidaan aikamääräykset tehdä minkä taivaankappaleen liikkeestä tahansa, kunhan tiedetään, mihin aikaan se on jonkun toisen paikan meridianissa; ja koska taivaankappalten korkeus muuttuu ajan mukana, voidaan korkeusmääräyksistä milloin hyvänsä laskea aika, tosin kyllä pitkillä ja eri tapauksissa vaikeilla laskuilla.

Jos kellomme käy esim. tarkkaan Helsingin ajan mukaan ja tahdomme määrätä jonkun paikan pituuden, suuntaamme teodolitimme vähää ennen puoltapäivää aurinkoa kohden ja merkitsemme sen

hetken, milloin auringon reuna oli teodolitin hiusristin tasalla. (Tähtäyssuunta limbusympyrällä myös merkitään muistiin.) Tähtäyssuunta pidetään tarkalleen samalla korkeudella ja teodolitissa seurataan vähä jälkeen puolenpäivän aurinkoa siksi, kunnes sama reuna taas sivuaa hiusristiä. Aika ja limbusympyrän lukema kirjoitetaan taasen muistiin. Nyt lasketaan merkittyjen aikain keskiväli, tämä osottaa sitä hetkeä, jolloin aurinko meni paikan meridianin yli, siis paikan omaa aikaa. Riippuen siitä, miten paljo kellomme on paikan ajasta jälessä tai edellä, on paikka idempänä tai lännempänä Helsinkiä. Yksi pituusaste vastaa 4 minuutin aikaeroa. Meridianin suunta on limbusympyrältä merkittyjen kohtain keskivälissä. Samasta tavasta ja vielä tarkemmin voidaan meridianin suunta määrätä muista taivaankappaleista; Pohjantähdestä saadaan se jo yhdellä tähtäyksellä vähintään $1{,}2^0$ tarkkuudella.

Ilman mitään koneita voidaan meridianin suunta määrätä auringosta seuraavasti: vaakasuoraan lautaan piirretään eri suuria ympyrän kaaria samasta keskipisteestä, johon sitte asetetaan pystysuoraan metalli- tai puupuikko. Ennen ja jälkeen puolenpäivän merkitään ne pisteet, joissa puikon yläpään varjo leikkaa ympyränkaaria. Meridianin suunta käy merkittyjä pisteitä yhdistäväin jänteiden keskipisteiden kautta; kun puikon varjo lankee sitä pitkin, on aurinko korkeimmillaan ja paikan aika 12 päivällä. — Tähän perustuivat vanhat aurinkokellot.

Etupäässä niistä syistä, että maa ei ole täysin pallonmuotoinen ja että sen rata auringon ympäri on soikea, ovat tarkemmat leveys- ja aikamääräykset sangen vaikeita ja niiden laskut isotöisiä.

IX. Liitteitä.

1. *Kotimaiset kartat.*

Useimmissa maissa saa huokealla hinnalla ostaa karttoja mistä seudusta tahansa, joko pienemmissä tai suuremmissa mittakaavoissa, topografisia karttoja tai omistusoikeudellisia ja veroitustarkoituksia varten tehtyjä n. s. katasterikarttoja. Meillä on karttalaitoksemme vielä sangen puutteellinen, jos malliksi otetaan Europan vanhat sivistysmaat. Karttoja meillä alkaa nyttemmin kyllä olla koko maasta, suurissakin mittakaavoissa, vaan toisista paikoin on olemassa yksinomaan 150 vuoden ikäisiä ja vanhempiakin karttoja. Luonnollista on, että ne eivät voi olla niin tarkkoja kuin nykyiset paremmilla koneilla ja kartoitustavoilla mitatut, puhumattakaan siitä, että ne eivät likipitäinkään anna oikeaa kuvaa nykyisistä oloista. Ja kaikkia suuremmissa mittakaavoissa olevia karttoja on meillä vain yksi tai kaksi, säilössä arkistoissa, joista niitä saa vain kalliina käsinpiirrettyinä jäljennöksinä.

Varsinaiset tarkemmat kartoitukset alettiin Suomessa maanjako- ja veroitustarkoituksia varten v. 1750, aluksi länsi- ja eteläosissa maata. Sitä mukaa kuin „isotjaot“ valmistuivat, siirtyivät maanmittarit niitä toimittamaan maan sisä- ja itäosiin. Vielä viime vuosina on Pohjois-Suomessa kartoituksia toimitettu isojakoja varten, ja osa kruununmetsiä on siellä yhä vielä kartoittamatta. Vanhojen isojakojen järjestelyjä ja korjauksia varten sekä maatilain yhä uudistuvia jakoja ja muita tarpeita varten ovat maanmittarit kartoittaneet jälestäpäin ison osan maata uudestaan ja

useampaankin kertaan, joten meillä siis on olemassa maanjakokartoissa eri-ikäinen kirjava aineisto, enimmäkseen pienissä palasissa. Nämä aikain kuluessa kertyneet kartat, jotka ovat mittakaavoissa 1 : 4000, 1 : 8000 (harvemmin 1 : 2000 ja 1 : 16000), säilytetään kunkin läänin hallintokaupungissa olevassa maanmittauskonttorissa sekä Maanmittaushallituksessa Helsingissä.

Vuoden 1840 jälkeen ruvettiin maanjakokarttoja pienentämään mittakaavaan 1 : 20000 ja piirtämään yhteen pitäjittäin. Näistä „pitäjänkartoista" kokoonpantiin sittemmin „kihlakunnankartat" mittakaavassa 1 : 100,000, sekä 1860- ja 1870-luvulla painosta julkaistu n. s. Suomen yleiskartta mittakaavassa 1 : 400,000, joka yhä vieläkin on paras painosta ilmestynyt kartta koko maasta.

Maanjakokartoille sekä pitäjänkartoille merkitään kaikki vedet, tiet, maanlaadut, kuten pellot, niityt, suot, korvet, kankaat ja kalliot, talojen rajat, talot, torpat, tehtaat j. n. e., kihlakunnankartat ovat muuten samallaisia, paitsi että niissä on vain kyläin rajat. Yleiskartalla ei ole maanlaatuja ja rajoista vain pitäjäin rajat. Luonnollisesti täytyy aina kartoilta jättää selvyyden vuoksi pois vähempiarvoisia seikkoja kuta pienemmässä mittakaavassa ne ovat. Sitä mukaa kuin uudempia aineksia kertyy, piirretään uudestaan tai täydennetään ja korjataan pitäjän- ja kihlakunnankarttoja. Yleiskartan lehdistä otetaan jonkun vuoden kuluttua joko täysin uusia tai osaksi korjattuja painoksia. Kaikista maanjakokartoista saa tilata käsinpiirrettyjä jäljennöksiä, samoinkuin pitäjän- ja kihlakunnankartoista. Ikävää vain on, että ne tulevat verrattain kalliiksi. Pohjakarttoina erilaisissa luonnontieteellisissä, kotiseutu- y. m. tutki-

muksissa, korkeus- ja syvyyskarttain laatimisessa j. n. e. ovat ne, huolimatta osittaisesta vanhuudestaan, tyydyttäviä.

Viime vuosina on Maanmittaushallitus alkanut painosta julkaista myöskin kihlakunnankarttoja. Tähän saakka ovat ilmestyneet Helsingin, Lohjan, Halikon, Ulvilan, Loimaan ja Lapuan kihlakuntain kartat. Aikomus on julkaisemista jatkaa, ja useita muita karttoja onkin parhaillaan painettavina. Kihlakunnan kartat maksavat 4—6 mk lehti. — Suomen yleiskartta maksaa 3 mk lehti, yksinomaan rajamaita käsittävät 1 mk 50 p:iä.

Kaikista näistä niin sanoaksemme virallisista kartoista, puuttuu korkeussuhteet tykkänään. Etelä-Suomesta on kyllä venäläisiä topografikarttoja mittakaavoissa 1 : 21,000 ja 1 : 42,000, joille korkeudet 4,267 m toistaan ylempänä olevilla korkeusviivoilla on merkitty, vaan nämä eivät ole enää yleisön saatavissa.

Yksityisten toimesta on sieltä täältä eri osissa maata julkaistu karttoja pitäjistä ja suuremmistakin alueista keskikokoisissa mittakaavoissa (1 : 40,000 —1 : 200,000).

---

2. *Koneitten hintoja.*

Alempana mainitut hinnat ovat kotimaisten ja ulkomaisten hintaluettelojen mukaan. Hinnoista on mainittu ainoastaan alin hinta; ne vaihtelevat luonnollisesti suuresti koneitten laadun ja osaksi suuruudenkin mukaan.

Saksan markka on laskettu olevan 1 mk 25 penniä ja 1 kruunu 1 mk 40 penniä Suomen

rahassa. Rahtia ja tullia ei ole mukaan laskettu niihin hintoihin, jotka on merkitty *:llä.

	Smk.
Aneroidi-ilmapuntari	20: —
Bussolikone (diopterikompassi) . . .	17: —
„ kaukoputkitähtäys, pieni .	106: —*
„ „ , sopiva punnitukseen ja korkeuskulmain mittaamiseen . .	245: —*
Kaukomittari, Falck-Rasmussenin tekoa	290: —
„ saksalaista tekoa . . .	240: —*
„ ruotsalaista tekoa . . .	280: —*
„ „ „ yksinkertainen, pieni . . .	175: —*
Kaksoiskulmapeili	16: —
Kompensationiplanimetri, pienempi . .	60: —*
Kulmapeili, taskukokoa	4: —
„ isompi	7: 75
Kulmarumpu, 45° ja 90° kulmille . .	8: —
„ kaikille kulmille . . .	28: —
„ „ „ kompasseineen	33: —
Lasipoletti	15: —
Maanmittaustaulu, jalustoineen . . .	65: —
„ „ ja jalkoineen, Falck-Rasmussenin tekoa . .	95: —
„ mikrometriruuveineen	130: —
Mittanauha, teräksestä, 20 m pitkä ja 20 mm leveä	27: —
„ teräksestä 20 m pitkä ja 16 mm leveä	25: —
„ teräksestä, 20 m pitkä ja 13 mm leveä	18: —

	Smk.
Mittanauha, teräksestä, 10 m pitkä, nahkakotelossa	11: —
„ teräksestä, 20 m pitkä, nahkakotelossa	21: —
„ kankaasta, 10 m pitkä .	5: 75
„ „ 20 m pitkä .	9: —
Mittatanko, pari 3 m pitkät	12: 50*
Mittavitjat, 20 m	10: —
Pantografi, puusta, yksinkertainen . .	12: 50*
„ metallista, yksinkertainen, Coradin tekoa	135: —*
Peiliympyrä, mikrometriruuvilla varust.	94: —*
Prismaristi	30: —
Prismarumpu, ilman mikrometriruuvia	40: —
„ mikrometriruuvilla var.	94: —*
Punnitusdiopteri, jalustoineen. . . .	60: —
Punnituskone, pieni, kaukomittareineen, (Falck-Rasmussen). . .	125: —
„ isompi, kaukomittareineen, aluminiumisekotuksesta	160: —
„ kuten siv. 63 kuvattu, kaukomittareineen, kolmijalkoineen (Sartorius)	200: —*
„ Wagnerin taskupunnituskone	75: —*
„ Butenschönin taskupunnituskone	42: —
Punnitusnauha 4 m	18: —
Punnituspeili, (n. s. Elwingin peili). .	31: —*
Punnitustanko, 4 m, kokoonpantava .	35: —
„ paperiasteikkoineen. .	6: —
Punnitusvaaka, jalustoineen	23: —*
Putkilipelli	7: —

	Smk
Rasialipelli	6: 50
Ratasplanimetri	165: —*
Teodoliti, yksinkertainen, 1′lukema ilman korkeusympyrää, Fr. J. Bergin tekoa, N:o 310.	245: —*
„ sivulla 42 kuvattu, korkeusympyrällä, 1′ lukemat nonioilla varustettu (Sartorius) . . .	465: —*
„ 1′ lukemat, myös korkeusympyröinen, noniot, kolmijalka	
„ mukana (Max Hildebrand). .	470: —*
Transversaliasteikko (käsiskaala) . . .	6: —
Tähtäysviivotin (diopteriviivotin) . . .	28: —

Konetta ostettaessa tulee katsoa, että saa tosiaankin kunnollisen, vaikkakin se saattaa maksaa jonkun verran enemmän. Vähemmin huolellisesti tehty tuottaa tavallisesti enemmän hankaluutta kuin hyötyä, sen kautta että sillä suoritettu työ tulee epätarkkaa, joten se useinkin on tehtävä uudestaan. On senvuoksi hankittava luotettava kone, ja sitä ostamaan ryhdyttäessä on aina käännyttävä erikoisliikkeen puoleen. Hyviä geodeettisia koneita samoin kuin kaikkia muita maanmittarin tarpeita saadaan *Herman Lindell*'in liikkeestä, Helsinki, I. Heikinkadun 5.

Ulkomaisista liikkeistä mainittakoon:

Fr. J. Berg, Tukholma.
Max Hildebrand, Freiberg in Sachsen.
F. Sartorius, Göttingen.
G. Coradi, Zürich (planimetrejä ja pantografeja).

Kunnollisetkin koneet menevät pian pilalle ja antavat huonoja tuloksia, jos niitä huonosti hoi-

detaan. Ennen kaikkea tulee koneen käyttäjän hyvin tuntea koneensa, tietää sen pienimmänkin osan tarkoitus ja ennen mittauksiin ryhtymistä tarkastaa, että kaikki on oikeassa kunnossa. Mitään ruuvia ei ole väkivoimalla ruuvattava, koska siitä helposti koko ruuvi ja kone voi turmeltua. Kuljetettaessa on koneita varottava tärähdyksiltä, niiden laatikossa ei saa olla mitään liikkuvia irtonaisia osia. Kun työ on loppunut, pitää koneet kuivata pehmeällä liinarievulla, akselit voidella vaselinilla ja ruuvit öljyllä. Linssit puhdistetaan pehmeällä nahalla. Koneet säilytetään pystyssä, ei makaavassa asennossa, ilmapuntarit seinällä riippumassa, mittatangot pystysuorassa tai lamallaan pitkin pituuttaan tuettuina. — Koneiden tarkistuksesta on tarpeeksi usein huoli pidettävä.

Hyvällä hoidolla kestävät koneet kauvan ja niillä tekee aina hyvää työtä.

---

3. Mittayksiköitä.

Pituusyksikkönä on meillä metri (m).
1 m = 10 desimetriä (dm) = 100 sentimetriä (cm) = 1000 millimetriä (mm).
1 peninkulma = 10 kilometriä (km) = 10000 m.
Muita pituusmittoja:
1 vanha syli = 6 jalkaa = $1{,}_{78140}$ m.
1 vanha peninkulma = 10 virstaa = $10688{,}_{436}$ m.
1 venäl. sasheni = 3 arssinaa = $2{,}_{13358}$ m.
1 venäl. jalka = 1 engl. jalka = 12 tuumaa = $0{,}_{30479}$ m.
1 venäjän virsta = 500 sashenia = $1066{,}_{781}$ m.
1 engl. jalka = $^1/_3$ engl. yardia = $0{,}_{30479}$ m.
(Likipitäin 12 yardia = 11 m).

1 engl. peninkulma = 1760 yardia = 1609,315 m.
1 maantieteellinen peninkulma (= 4′ pituus ekvatorilla) = 7420,430 m.
1 meripeninkulma (= 1′ pituus meridianilla, keskimäärin 1 solmuväli) = 1852 m.
1 kaapelimitta = 185 m.
Pinta-alayksikkönä on neliömetri (m^2).
1 m^2 = 100 neliödesimetriä (dm^2) = 10000 neliösentimetriä (cm^2) = 1000000 neliömillimetriä (mm^2).
1 hehtaari (ha) = 100 aaria (a) = 10000 m^2.
1 neliöpeninkulma = 100 neliökilometriä (km^2) = 10000 ha.
Muita pinta-alamittoja:
1 tynnyrinala = 30 kapanalaa (= 32 vanhaa kapanalaa) = 56000 neliöjalkaa = 0,49364 ha (likipitäin 2 tynnyrinalaa = 1 ha).
1 venäl. desjätina = 2400 neliösashenia = 1,0925 ha.
1 engl. ekkeri (acre) = 0,4047 ha.
Kulmamittain yksikkönä on 1 aste (= 1^0), mikä vastaa $^1/_{360}$ osaa ympyrän kehästä.
1^0 = 60 minuuttia (′) = 3600 sekuntia (″).

Uudemman jaoitustavan mukaan on $^1/_{400}$ osa ympyrän kehästä = 1 aste = 100 minuuttia (′) = 10000 sekuntia (″).

Kulmain suuruutta mitataan myöskin vastaavan kaaren pituudella, yksikkönä ympyrän säde. Tällöin on sen kulman suuruus, jota vastaava kaari on = ympyrän säde, $57^0\ 17'\ 45'' = 206265''$. Oikokulman ($180^0$) suuruus on $\pi = 3,1416$.

---

4. Alanlaskukaavoja ja maantieteellisiä koordinateja.

Kolmion ala $= \frac{ah}{2}$ (asema kerrottuna puolella korkeudella)

$= \sqrt{s\,(s-b)\,(s-b)\,(s-c)}$ (sivujen summa $a + b + c = 2s$).

Suunnikkaan ala $= ah$ (asema kerrottuna korkeudella).

Puolisuunnikkaan alla $= \frac{a+b}{2} \cdot h$ (asemain summan keskiarvo kerrottuna korkeudella).

Ympyrän ala $= \pi r^2$ ($r =$ ympyrän säde).

Maantieteellisiä koordinateja:

Helsinki (tähtitorni):

„	60° 9′ 42,34″	pohj.	leveyttä
„	24° 57′ 17″	itään	Greenwichistä
„	42° 35′ —	„	Ferrosta
„	11° 33′ 35″	„	Berlinistä
„	14° 13′ 47″	„	Kristianiasta
„	6° 53′ 47″	„	Tukholmasta
„	5° 22′ 22″	länteen	Pulkovasta

Turku (tähtitorni);
60° 26′, 56,2″ leveys, 2° 40′ 41,7″ pituus länt. H:gistä

Tampere (kirkko):
61° 29′ 55,9″ leveys, 1° 11′ 31,9″ „ „ „

Viipuri (linnan torni):
60° 43′ 2,2″ leveys, 3° 46′ 32,4″ „ „ „

Mikkeli (kirkko):
61° 41′ 9,1″ leveys, 2° 18′ 5,3″ „ itään „

Kuopio (kirkko):
62° 53′ 28,7″ leveys, 2° 43′ 47,9″ „ „ „

Vaasa (kirkko):
63° 5′ 40,3″ leveys, 3° 20′ 27,1″ pituus länt. H:gistä
Oulu (kirkko):
65° 0′ 51,6″ leveys, 0° 31′ 9,0″ „ itään „
Rovaniemi (kirkko):
66° 29′ 35,3″ leveys, 0° 46′ 54,6″ „ „ „

Maapallon suuruusmitat (A. Petreliuksen mukaan):

Ekvatorin säde $a = 6378000$ m.
Akselin puolikas $b = 6376740$ m.
Litteys $\frac{a-b}{2} = \frac{1}{300}$.
Meridianin neljännes $= 10001848$ m.

---

5. Jänteen pituus säteen ollessa 1.

°	′	Jänteen pituus	°	′	Jänteen pituus	°	′	Jänteen pituus
0	0	0,0000	15	0	0,2611	30	0	0,5176
	30	0,0087		30	0,2697		30	0,5261
1	0	0,0175	16	0	0,2783	31	0	0,5345
	30	0,0262		30	0,2870		30	0,5429
2	0	0,0349	17	0	0,2956	32	0	0,5513
	30	0,0436		30	0,3042		30	0,5597
3	0	0,0524	18	0	0,3129	33	0	0,5680
	30	0,0611		30	0,3215		30	0,5764
4	0	0,0698	19	0	0,3301	34	0	0,5847
	30	0,0785		30	0,3387		30	0,5931
5	0	0,0872	20	0	0,3473	35	0	0,6014
	30	0,0960		30	0,3559		30	0,6097
6	0	0,1047	21	0	0,3645	36	0	0,6180
	30	0,1134		30	0,3730		30	0,6263
7	0	0,1221	22	0	0,3816	37	0	0,6346
	30	0,1308		30	0,3902		30	0,6429
8	0	0,1395	23	0	0,3987	38	0	0,6511
	30	0,1482		30	0,4073		30	0,6593
9	0	0,1569	24	0	0,4158	39	0	0,6676
	30	0,1656		30	0,4243		30	0,6758
10	0	0,1743	25	0	0,4329	40	0	0,6840
	30	0,1830		30	0,4414		30	0,6922
11	0	0,1917	26	0	0,4499	41	0	0,7004
	30	0,2004		30	0,4584		30	0,7086
12	0	0,2091	27	0	0,4669	42	0	0,7167
	30	0,2177		30	0,4753		30	0,7249
13	0	0,2264	28	0	0,4838	43	0	0,7330
	30	0,2351		30	0,4923		30	0,7411
14	0	0,2437	29	0	0,5008	44	0	0,7492
	30	0,2524		30	0,5092		30	0,7573
15	0	0,2611	30	0	0,5176	45	0	0,7654

Jänteen pituus säteen ollessa 1.

°	′	Jänteen pituus	°	′	Jänteen pituus	°	′	Jänteen pituus
45	0	0,7654	60	0	1,0000	75	0	1,2175
	30	0,7734		30	1,0075		30	1,2244
46	0	0,7815	61	0	1,0151	76	0	1,2313
	30	0,7895		30	1,0226		30	1,2382
47	0	0,7975	62	0	1,0301	77	0	1,2450
	30	0,8055		30	1,0375		30	1,2518
48	0	0,8135	63	0	1,0450	78	0	1,2586
	30	0,8214		30	1,0524		30	1,2654
49	0	0,8294	64	0	1,0598	79	0	1,2722
	30	0,8373		30	1,0672		30	1,2789
50	0	0,8452	65	0	1,0746	80	0	1,2856
	30	0,8531		39	1,0819		30	1,2922
51	0	0,8610	66	0	1,0893	81	0	1,2989
	30	0,8689		30	1,0966		30	1,3055
52	0	0,8767	67	0	1,1039	82	0	1,3121
	30	0,8846		30	1,1111		30	1,3187
53	0	0,8924	68	0	1,1184	83	0	1,3252
	30	0,9002		30	1,1256		30	1,3318
54	0	0,9080	69	0	1,1328	84	0	1,3383
	30	0,9157		30	1,1400		30	1,3447
55	0	0,9235	70	0	1,1472	85	0	1,3512
	30	0,9312		30	1,1543		30	1,3576
56	0	0,9389	71	0	1,1614	86	0	1,3640
	30	0,9466		30	1,1685		30	1,3704
57	0	0,9543	72	0	1,1756	87	0	1,3767
	30	0,9620		30	1,1826		30	1,3830
58	0	0,9696	73	0	1,1896	88	0	1,3893
	30	0,9772		30	1,1966		30	1,3956
59	0	0,9848	74	0	1,2036	89	0	1,4018
	30	0,9924		30	1,2106		30	1,4080
60	0	1,0000	75	0	1,2175	90	0	1,4142

6. Korkeusmittaus ilmapuntarilla.

(m = yhtä mm vastaava korkeus.)

t	Keskimääräinen ilmanpaine mm.												t
	760	755	750	745	740	735	730	725	720	715	710	700	
	m	*m*	*m*	*m*	*m*	*m*	*m*	*m*	*m*	*m*	*m*	*m*	
—5°	10,36	10,43	10,50	10,57	10,64	10,71	10,78	10,86	10,93	11,01	11,09	11,25	—5°
—4	10,40	10,47	10,54	10,61	10,68	10,75	10,82	10,90	10,97	11,05	11,13	11,29	—4
—3	10,43	10,50	10,57	10,64	10,72	10,79	10,86	10,94	11,01	11,09	11,17	11,33	—3
—2	10,47	10,54	10,61	10,68	10,76	10,83	10,90	10,98	11,06	11,13	11,21	11,37	—2
—1	10,51	10,58	10,65	10,72	10,80	10,87	10,94	11,02	11,10	11,17	11,25	11,42	—1
0	10,55	10,62	10,69	10,76	10,84	10,91	10,98	11,06	11,14	11,21	11,29	11,46	0
1	10,59	10,66	10,73	10,80	10,88	10,95	11,03	11,10	11,18	11,26	11,34	11,50	1
2	10,63	10,70	10,77	10,84	10,92	10,99	11,07	11,14	11,22	11,30	11,38	11,54	2
3	10,67	10,74	10,81	10,88	10,96	11,03	11,11	11,18	11,26	11,34	11,42	11,58	3
4	10,71	10,78	10,85	10,92	10,99	11,07	11,15	11,22	11,30	11,38	11,46	11,62	4
5	10,74	10,82	10,89	10,96	11,04	11,11	11,19	11,26	11,34	11,42	11,50	11,67	5
6	10,78	10,85	10,93	11,00	11,07	11,15	11,23	11,30	11,38	11,46	11,54	11,71	6
7	10,82	10,89	10,97	11,04	11,11	11,19	11,27	11,34	11,42	11,50	11,58	11,75	7
8	10,86	10,93	11,01	11,08	11,15	11,23	11,31	11,38	11,46	11,54	11,63	11,79	8
9	10,90	10,97	11,04	11,12	11,19	11,27	11,35	11,43	11,51	11,59	11,67	11,83	9
10	10,94	11,01	11,08	11,16	11,23	11,31	11,39	11,47	11,55	11,63	11,71	11'88	10
11	10,98	11,05	11,12	11,20	11,27	11,35	11,43	11,51	11,59	11,67	11,75	11,92	11
12	11,02	11,09	11,16	11,24	11,31	11,39	11,47	11,55	11,63	11,71	11,79	11,96	12
13	11,05	11,13	11,20	11,28	11,35	11,43	11,51	11,59	11,67	11,75	11,83	12,00	13
14	11,09	11,17	11,24	11,31	11,39	11,47	11,55	11,63	11,71	11,79	11,87	12,04	14
15	11,13	11,20	11,28	11,36	11,43	11,51	11,59	11,67	11,75	11,83	11,92	12,09	15
16	11,17	11,24	11,32	11,39	11,47	11,55	11,63	11,71	11,79	11,87	11,96	12,13	16
17	11,21	11,28	11,36	11,43	11,51	11,59	11,67	11,75	11,83	11,91	12,00	12,17	17
18	11,25	11,32	11,40	11,47	11,55	11,63	11,71	11,79	11,87	11,95	12,04	12,21	18
19	11,29	11,36	11,44	11,51	11,59	11,67	11,75	11,83	11,91	12,00	12,08	12,25	19
20	11,32	11,40	11,48	11,55	11,63	11,71	11,79	11,87	11,95	12,04	12,12	12,30	20
21	11,36	11,44	11,52	11,59	11,67	11,75	11,83	11,91	11,99	12,08	12,16	12,34	21
22	11,40	11,48	11,55	11,63	11,71	11,79	11,87	11,95	12,03	12,12	12,20	12,38	22
23	11,44	11,52	11,59	11,67	11,75	11,83	11,91	11,99	12,08	12,16	12,25	12,42	23
24	11,48	11,55	11,63	11,71	11,79	11,87	11,95	12,03	12,12	12,20	12,29	12,46	24
25	11,52	11,59	11,67	11,75	11,83	11,91	11,99	12,08	12,16	12,24	12,33	12,51	25
26	11,56	11,63	11,71	11,79	11,87	11,95	12,03	12,12	12,20	12,28	12,37	12,55	26
27	11,60	11,67	11,75	11,83	11,91	11,99	12,07	12,16	12,24	12,32	12,41	12,59	27
28	11,63	11,71	11,79	11,87	11,95	12,03	12,11	12,20	12,28	12,37	12,45	12,63	28
29	11,67	11,75	11,83	11,91	11,99	12,07	12,15	12,24	12,32	12,41	12,49	12,67	29

Sisällys.

Kääntäkää lehti!

A.-B. HERMAN LINDELL O.-Y.

HELSINKI

Maanmittaripöytiä
„ kaavoja
Mikrometrejä
Mittanauhoja
Mittavitjoja
M/m paperia
Niteitä m/m paperista
Nupeja
Piirustuslautojen jalustoja
Punnituskoneita
Planimetrejä
Pantograafeja
Perspektiiviviivottimia
Paralelliviivottimia
„ vetopiirtimiä
Pilkkupiirustuskoneita
Piirustuslautoja
„ paperia arkeissa
„ „ rullissa
Pyörökirjoituskyniä
„ mallivihkoja
Piirustusvihkoja
„ niteitä
„ salkkuja
Ruskeakopio-paperia
Rasialipellejä
Ruutukaavoja
„ paperia
Sinikopio-paperia
„ kehyksiä
Suurennuslaseja

Supistusmittoja
„ kaavoja
Suuliimaa
Soikkoja
Supistusharppeja
Syndetikonliimaa pulloissa
„ „ putkissa
Taskupunnituskoneita
Tushikummia
Tuumamittoja
Tushia pulloissa
„ tangoissa
Tushikuppeja
„ jalustoja
Tekstailukyniä
„ kynänvarsia
„ mallikirjoja
Urakka-kontrahtikaavoja
Uudistuspaperia
„ kaavoja
Vesivärejä
Vetopiirtimiä
Vesiväri-paperia
Väri-kyniä
„ kuppeja
Valkokopio-paperia
Vesilaseja
Vesivärisiveltimiä
Vesivaakoja
„ vaa'an laseja
Yksityisiä koneita

● ● ●