

LEO VASSILJEV

**GEODEESIA  
PRAKTILISED TÖÖD**

---



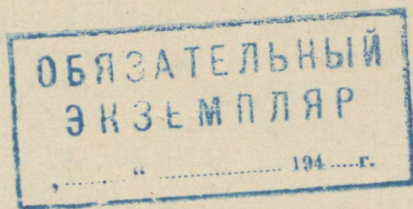
---

**RK „TEADUSLIK KIRJANDUS”**



LEO VASSILJEV

# GEODEESIA PRAKTILISED TÖÖD



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“  
TARTU, 1948

TARTU ÜLIKOOLI  
RAAMATUKOGU

---

## Sissejuhatus.

Meie rahvamajanduse taastamise ja arendamise ajajärgul on eriti oluline põllumajanduse toodanguvõime tõstmine. Maa-reformi tulemuste fikseerimine, uute majandite organiseerimine ja majandamine ning maaparandustööde teostamine nõuab vastavate nõuete kohaselt valmistatud plaane. Seepärast peab nõukogude agronoom või insener omandama küllaldase vilumuse plaanide valmistamise ja käsitlemise alal.

Käesolev geodeesia praktiliste tööde kirjeldus on ette nähtud õppevahendiks eeskätt Tartu Riikliku Ülikooli Põllumajandusteaduskonna, kuid ühtlasi ka Metsandus- ja Bioloogia-geograafia teaduskonna I kursuse üliõpilastele. Ta on koostatud geodeesia kameraalsete praktiliste harjutuste õppekava kohaselt ja hõlmab joonestustööde osa, kuna maamõõduaparaatide tundmist ja suvist (välist) õppepraktikat ei ole siin puudutatud.

Geodeesia alal on olemas eestikeelsed õpperaamatud kolmelt autorilt; nende teostes pole aga plaanide joonestamise osa ülikooli programmiks küllaldane. Arvestades olemasolevaid teoseid, on käesolevas raamatus esitatud ainult kaheksa näitlikku joonestustööd ja püütud võimalikult lühidalt ja peamiselt jooniste varal näidata praktilistel harjutustel esinevate ülesannete lahendamist.

Geodeesia praktilised tööd on rea ülikooli erialade üliõpilastele esimesteks harjutusteks joonestamise alal, seepärast osutus vajalikuks käsitleda õige lühidalt joonestusvahendeid, jooniste formaate, standardkirja jt. tehnilise joonestamise alale kuuluvaid küsimusi.



# I. Jooniste valmistamine.

## 1. Praktilisteks töödeks vajalikud abinõud.

Iga üliõpilane, kes võtab osa geodeesia praktilistest töödest, peab soetama endale lihtsamad joonestusvahendid:

- 1) rööpjoonlaud ca 60 cm pikkusega;
- 2) kaks kolmnurka, milledest üks peab olema 45° nurkadega, teine 30/60° nurkadega. Paremad on tselluloidist kolmnurgad;
- 3) mall, mis on seda täpsem, mida suurem on ta läbimõõt;
- 4) sirklikarp või vähemalt mõõtesirkel ja joonsulg;
- 5) kõvema miiniga (grafiitotsaga) pliiats;
- 6) pehme kustutuskummi;
- 7) rõhknaelad;
- 8) tušisuled;
- 9) redissuled laiusega  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ , 1,  $1\frac{1}{2}$  ja 2 mm ning
- 10) joonestuspaber ja tušš.

Joonestuslaudu kasutatakse praktiliste tööde ajal joonestus-saalis.

Kogu üliõpilaste praktikumi-grupp (normaalselt 12 kuni 15 inimest) alustab sama tööd peale seletuste andmist õppejõu poolt, mis tuginevad näitetöödele ja joonistele tahvlil. Iga joonestustöö tuleb valmistada joonestusruumis selleks ettenähtud aja (ca 6 tundi) jooksul. Poolikud tööd jäetakse joonestustundide vaheajal kateedri laborandi kätte hoiule. Tööde kaasavõtmine koju on lubatud vaid õppejõu nõusolekul. Tööd tehakse esialgu pliiatsijoonisena valmis ja kaetakse tuššiga vaid peale ettenäitamist õppejõule. Valminud joonestustöö esitamisel loetakse töö vastuvõetavaks vaid siis, kui üliõpilane on andnud õiged vastused töösse puutuvaile küsimustele.

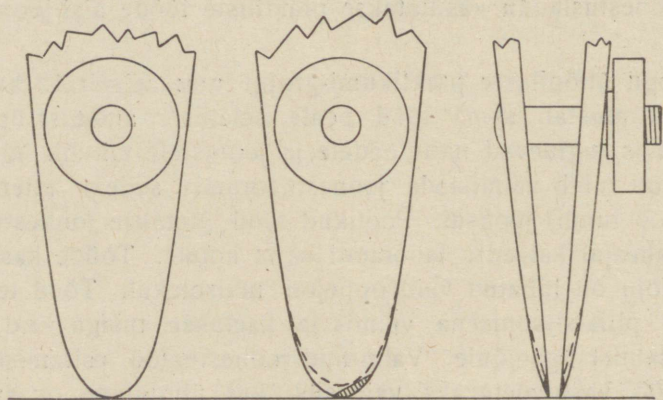
## 2. Joonestusvahendite korrashoid.

Joonis peab olema valmistatud võimalikult hoolikalt ja puhtalt. Halvasti joonestatud plaaniga võib täiesti rikkuda eeskujulikult täpsed välismõõtmise andmed, sest maamöödutöö kvaliteeti hinnatakse enamasti plaani välisilme järgi. Plaan on seda ilusam, mida peenemad on jooned, mida rohkem viimistletud on leppemärgid ja hoolikamalt on tehtud pealkirjad.

Head joonestustööd saab teha vaid korrastatud riistadega. Selleks tuleb alati puhastada sulgi. Kui sulg on joosnud tušist tühjaks, pühitakse see pehme linase lapiga (mitte paberiga!) tušijäänetest puhtaks ja täidetakse alles siis uuesti tušiga. Kui ühe sulega on töö tehtud, tuleb sulg tingimata ära pühkida ja alles siis jätkata tööd teise sulega.

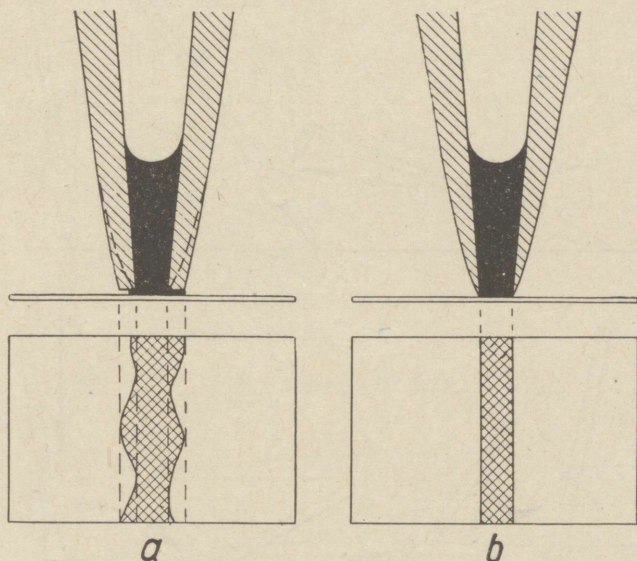
Peab hoolitsema ka selle eest, et joonestusvahendid, eriti joonsulg ja sirkel, oleksid teravad. Niisama nagu saage ja kirvest, nii tuleb ka joonsulge perioodiliselt teritada; pideva töötamise korral vähemalt kord nädalas. Asjatundjad teritavad joonsulgi peeneteralise tahu abil, kuid selleks sobib hästi ka peeneteraline smirgelpaber nr. 5 või 6.

Et joonsulge veetakse alati samas asendis ühe küljega joonlaua serva mööda, siis kuluvad joonsule harud vaid ühelt poolt, nagu näidatud joonisel 1. Vaadates otsi vastu valgust näeme,



Joonis 1.

et nad läigivad, s. t. et joonestamisel libiseb paberi pinda mööda mitte teravik, vaid laiem pinnaosa ja tušijoon ei ole küllalt peen ning ühtlane, sest tušš valgub kord kaugemale suleharu otsa alla (joonis 2a parempoolne haru), kord lähemale (joonis 2a vasakpoolne haru). Teritatud sule puhul on joon võrratult peenem ja ühtlasem (joonis 2b).

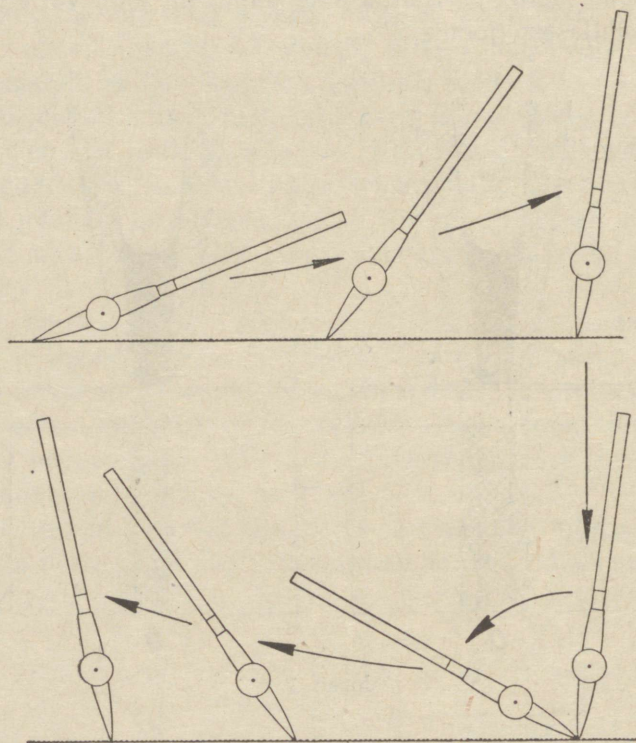


Joonis 2.

Joonsule otste tasandamiseks veetakse joonsulge vertikaal-pinnas smirgelpaberit mööda edasi-tagasi, kuni suletoste profiil muutub paraboolikujuliseks (joonis 3). Edasi on tarvis kumbagi suleharu teritada. Selleks hoitakse suleotsa väliskülge lapiti vastu smirgelpaberit ja hõõrutakse selle serv võimalikult libamisi teravaks (joonis 4). Kui peale mõlema suleharu lihvimist suleotsad ei läigi vastu valgust vaadates, on suleotsad küllalt teravad. Nüüd tuleb veel kõrvaldada viilimiskärsad suletoste sisekülgedelt (joonis 5). Selleks asetatakse smirgelpaber suletoste vahele ja tõmmatakse suletoste sisekülgi mõned korrad külgsuunas.

edasi-tagasi mööda smirgelpaberi pinda. Peale nende kolme võtte korralikku teostamist on joonsulg teritatud.

Alaväärtusliku joonise valmistamise põhjuseks ei saa olla „halb“ joonsulg. Joonsulgede jaotamine „headeks“ ja „halba-



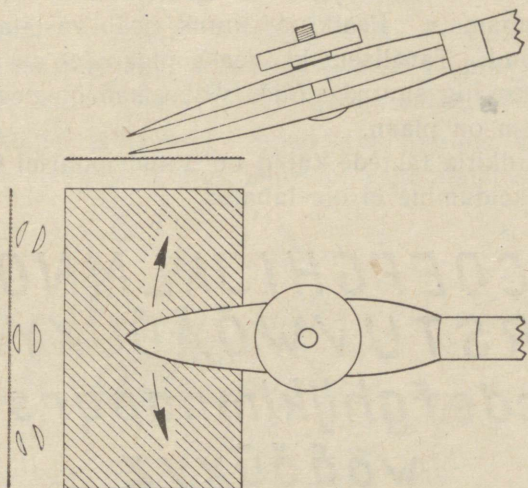
Joonis 3.

deks“ on täiesti väär. Küll võib aga joonsule materjaliks olla kõvem või pehmem teras; pehmet materjalist joonsulg vajab sagedamini teritamist.

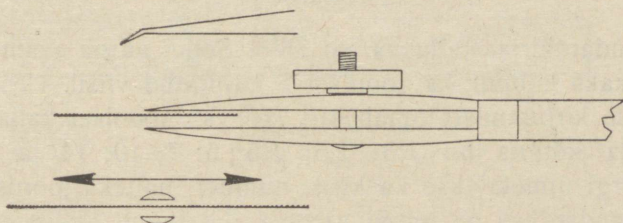
Nürinenud või murdunud sirkliteravikke võib samuti teritada smirgelpaberiga.

Tušši tuleb võtta tušipotist korgi küljes asuva sulerootsu abil ja täita sellega joon- või tušisulg; lubamatu on kirjutusabi-

nõu kastmine tušipotti. Et tušš kuivab kiiresti, tuleb sulētäitmise vaheajal sulgeda tušipott korgiga. Kokkukuivanud



Joonis 4.



Joonis 5.

(paksuks läinud) tušši saab lahjendada destilleeritud või vihma-veega. Joonte tõmbamiseks sobib lahjem, pealkirjade valmistamiseks paksem tušš.

### 3. Standardkiri (OCT 7535).

Kõik pealkirjad joonistel ja plaanidel peab tegema ühtses standardkirjas. Ainult topograafilistel kaartidel kasutatakse

mitut erinevat kirjastiili korraga. Erandjuhtumitel võib lubada joonistel stiilipuhast kalligraafia-, kursiiv-, rondoo-, plokk-, fraktuur- või unitsiaalkirja, kuna igasugune isikupärane kirjakuju on lubamatu. Pealkirja suurus peab vastama selle tähtsusele plaanil. Tavalisemaks veaks plaanidel on see, et pealkirjad tehakse liig suured. Mida väiksemad on pealkirjad, seda dekoratiivsem on plaan.

Standardkirja tähtede kujud on antud joonisel 6. Kirjastiilist kõrvalekaldumine ei ole lubatud.

*A B C D E F G H I J K L M N O P Q*  
*R S T U V W Õ Ä Ö Ü X Y Z*  
*a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v*  
*w õ ä ö ü x y z*  
*1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 . , ! ?*

Joonis 6.

Standardkirja kallakus on  $75^\circ$ . Selle nurga saame kokku seades kaks kolmnurka joonisel 7 kujutatud viisil. Veekogude nimetuste kirjutamisel omab kiri  $75^\circ$  vasakpoolset kallakut.

Kirja kõrgus on 1,5; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14 ja 20 mm, mille järgi nimetatakse ka kirja number, näiteks joonisel kujutatud standardkiri on nr. 5.

Väiketähtede kõrgus on  $\frac{2}{3}$  suurtähtede kõrgusest; reast allapoole ulatuva osa (f, g, j, p, q, y) kõrgus on  $\frac{1}{3}$  suurtähe kõrgusest.

Normaaltähe laius on  $\frac{2}{3}$  tähe kõrgusest, välja arvatud tähed M ja W, mille laius on võrdne kõrgusega.

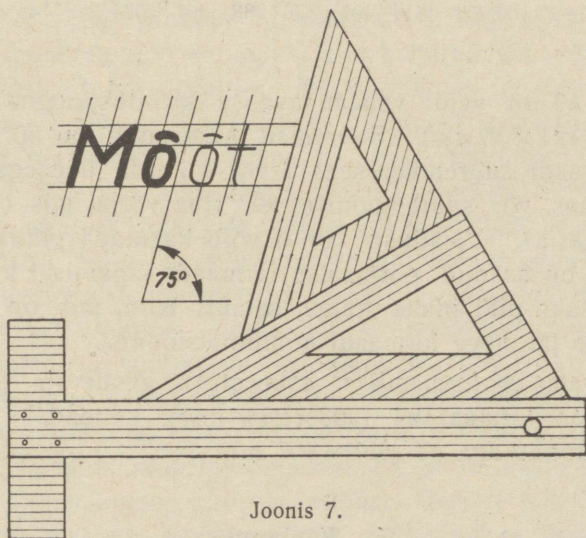
Tähtede jämedus on  $\frac{1}{8}$  suurtähe kõrgusest; vajaliku redissule läbimõõdu määrab seega kirja kõrgus.

Ridade vahe on mitte vähem kui  $\frac{1}{4}$  suurtähe kõrgusest. Sõnade vahe on ühe tähe laiune.

Tähtede vahe peab olema valitud nii, et tähtedevahelised pinnad oleksid võrdsed, kuid vahe mitte väiksem kui kirja jämedus.

Kui pealkiri koosneb mitmest reast, tõstetakse tähtsam osa esile suurema kirjaga; seejuures peavad reapikkused olema sümmeetrilised kirja vertikaalse keskjoone suhtes.

Ainult kõige tähtsamad sõnad pealkirjades koostatakse suurtähtedest; tavaliselt esineb suurtäht vaid algtähenä.



Joonis 7.

Kirja tuleb hoolikalt konstrueerida pliiatsiga: tõmmata kirjakõrgusele vastavad suur- ja väiketähtede ülemised jooned, alusjoon ja pikktähtede alusjoon, kaldjooned  $75^\circ$  all vahe-  
dega  $\frac{2}{3}$  väiketähtede kõrgusest, ja saadud võrku joonistada pliiatsiga üksikud tähed. Alles siis, kui tähed ja tähevahed on osutunud vastuvõetavaiks, võib tähed tušiga üle tõmmata (joonis 7). Väikesenumbrilist kirja kaetakse tušisulega, kirja nr. 3,5 ja suuremat — redissulega. Redissulge hoitakse selliselt, et ümmargune osa toetuks paberile kogu pinnaga, siis tuleb kiri ühesuguse jämedusega.

#### 4. Jooniste formaat.

Jooniste ja plaanide säilitamise, kopeerimise ja paberisäästmise mõttes valmistatakse joonised kindlates formaatides.

Peale ärte lõikamist on jooniste formaadid Üleliidulise Standardi (OCT 7532—39) kohaselt järgmised:

Formaadi tähistus	a0	a1	a2	a3	a4	a5	a6
Formaat mm	814×1152	576×814	407×576	288×407	203×288	144×203	101×144

Formaat a4 on veidi vähem tavalise kirjutuspogna lehekülje suuruselt (21×30 cm). Suuremad formaadid kui a0 saadakse selle formaadi suurendamisega 2 või 4 korda üheaegselt mõlemas suunas, või suurendamise teel riba võrra, mis on kordne formaadiga a4. Vajaduse korral võib kasutada pikliku kujuga lehti, mis on saadud normaalse formaadi jagamisel kaheks või neljaks osaks piki pikka külge, samuti lehti, mis on moodustatud kahe järgneva formaadi kombinatsioonist.

Sobivamaks formaadiks esimesteks geodeesia joonestustöödeks on formaat a4 (203×288 mm), kuuendaks ja seitsmendaks tööks aga a3 (288×407 mm).

#### 5. Kirjanurk.

Joonise alumisse paremasse nurka joonestatakse tabelikujuline kirjanurk, kuhu märgitakse: 1) valmistamise kuupäev, 2) joonise number, 3) valmistaja ees- ja perekonnanimi, 4) valmistaja allkiri, 5) õppeasutis, 6) teaduskond, 7) osakond ja 8) grupp.

#### 6. Joonestamise järjekord.

Plaani joonestamisel tuleb toimida järgmises järjekorras: 1) joonestatava kontuuri kuju määramine; 2) formaadi ja mõõdusuhte valik;

- 3) kirjanurga, mõõtkava, mõõtmisandmete, eksplikatsiooni ja pealkirja paiga reserveerimine;
- 4) mõõtkava joonestamine;
- 5) kontuuri plaanile kandmine, kujundamine ja mõõtmine;
- 6) tabelite täitmine ja pealkirjade valmistamine;
- 7) joonise kontrollimine;
- 8) tušiga katmine.

## 7. Plaanide leppemärgid.

Et meil seni puudub üliõpilastele kättesaadav väljaanne plaanide leppemärkide kohta, on siin esitatud väljavõtte Siseasjade Ministeeriumi Riikliku Mõõdistamise ja Kaardistamise Peavalitsuse 1936. a. väljaandest: „Ajutised leppemärgid topograafiliste planšettide ja plaanide jaoks mõõttudes 1:10 000, 1:5000, 1:2000, 1:1000 ja 1:500“<sup>1)</sup>. Sellest leppemärkide kogust on valitud välja vaid kõige tarvitavamad leppemärgid, mis esinevad põllu- ja metsamaade mõõdistamisel (vt. lk. 64).

Meil esineb leppemärkide kohaselt plaanidel neli värvi: kontuurid ja sisemine situatsioon joonestatakse musta värviga, kraavid ja veekogude kaldajooned rohelisega, kuna pind värvitakse helesiniseks, samakõrgusjooned pruuni värviga (põletatud siena) ja valduste piirid punase (tsinnoober) värviga. Leppemärkide joonestamisel tuleb hoolega jälgida märkide dimensioone, kuju ja asetust. Nende katmine tušiga toimub vaid peale pealekandmist pliitsiga ja kontrollimist. Hoonetel varjutatakse jämedama joonega parempoolne ja alumine (*O* ja *S*) serv, veekogudel ülemine ja vasakpoolne (*N* ja *W*) kallas. Kõrgusjoontel kirjutatakse nende kõrgused kas joonte väljumise kohta kujutatud maa-alast või katkestatakse joon ja kirjutatakse kõrgus sellesse vahesse nii, et arvude alumine äär on suunatud madalamasse külge.

Täielikum leppemärkide valik leidub J. Steinmann'i teoses „Topograafi käsiraamat“ (Tartu, 1948).

<sup>1)</sup> ГУГСК НКВД: Временные условные знаки для топографических планшетов и планов в масштабе 1:10 000, 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. Москва, 1936.

## II. Joonestusülesanded.

### 1. töö: Mõõtkavad.

**Ülesanne:** Põikjooneliste mõõtkavade joonestamine vähemalt kolmele arvulisele mõõtkavale. Tarvilikud arvutused, eriti üleminekud vanadelt mõõtudelt meetermõõtudele. Mõõtkavade käsitlemine.

Mõõt on suhe plaanidel-kaartidel kujutatud ja vastavate looduses esinevate pikkuste vahel. Mõõt näitab, mitu korda on mõõdistatud maa-ala vähendatud plaanile kandmiseks. Arvuline mõõtkava on arvuline suhe plaani ja maastiku suuruste vahel, mis väljendatakse murdarvuna või jagatisena. Põllu- ja metsamaade plaanistamiseks tarvitavad mõõdud 1:10000, 1:5000, 1:4000, ja 1:2000 tähendavad, et mõõdus

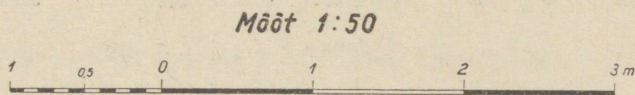
1:10000	1 cm	paberil	vastab	100	meetrile	looduses
1:5000	1 cm	"	"	50	m	"
1:4000	1 cm	"	"	40	m	"
1:2000	1 cm	"	"	20	m	"

Revolutsioonieelsel Venemaal tarvitati mõõte 1:8400 (ühele tollile paberil vastab 100 sülda, kuna 1 süld=84 tolli), 1:4200 (1" paberil vastab 50 süllale) ja 1:2100 (1" paberil vastab 25 süllale looduses). Tarvitavamad topograafiliste kaartide mõõtkavad olid 1:42000 (1" vastab ühele verstale), 1:84000 (1" vastab kahele verstale), 1:126000 (1" vastab kolmele verstale) ja 1:420000 (1" vastab kümnele verstale).

Samaaegselt tarvitati Eesti- ja Liivimaal mõõtkavu 1:5200 (6" paberil vastab 1300-le maamõõdu-küünrale looduses ehk 1" vst. 61  $\frac{8}{21}$  sülda), edasi 1:2600 (12" ehk 1' vastab 1300-le küünrale), kuna harvemini tarvitati mõõtu 1:2000 (ühes sotkas kakskümmend sülda; sotka= üks sajandik sülda).

Pikkuste plaanile kandmiseks või nende mõõtmiseks plaanil kasutatakse graafilist ehitist — joonmõõtkava, mis annab vastavalt suhtele joone pikkuse plaanil väliühikutes, mitte aga absoluutse pikkuse paberil, s. o. plaanil.

Lihtjooneline mõõtkava (joonis 8) on moodustatud ühest või kahest paralleeljoonest ja jaotatud võrdseteks osadeks, mis vastavad teatavale pikkusele väljal. Mõõtkava osadele on juurde kirjutatud nende väärtus plaanimõõdus. Nullist vasakul pool asuv osa on jaotatud alaosadesse. Teatava pikkuse, näiteks 2,75 m mõõtmiseks plaanil asetatakse üks sirkliharu 2 m joonele ja teisele valitakse asukoht seitsmenda ja kaheksanda pügala vahel vasakul pool nulli. Lihtjoonelist mõõtkava kasutatakse ehituste plaanide ja projektide ning geograafiliste kaartide puhul, kuna maamõõduplaanidel kasutatakse põikjoonelist mõõtkava.

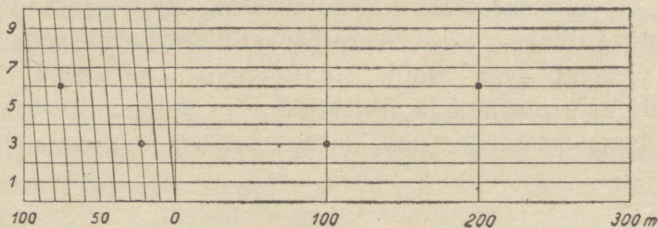


Joonis 8.

Põikjooneline mõõtkava (kaldjooneline ehk trans-versaalmõõtkava, joonis 9) on konstruktsioon üheteistkümnest paralleelsest horisontaaljoonest, mis on jagatud perpendikulaarjoontega võrdseteks osadeks. Mõõtkava null asetseb vasakult poolt lugedes esimese perpendikulaari kohal. Esimene vasakpoolne mõõtkava järk on jagatud kümne põikjoonega 9-ks parallelogrammiks ja kaheks kolmnurgaks. Põikjooned ühendavad servmiste joonte kümnendiklõike: 0-punkti alumisel joonel esimese kümnendikuga ülemisel, esimest kümnendikku alumisel teise kümnendikuga ülemisel joonel jne. Mõõtkava osa pikkust nullist kuni vasakpoolse servani nimetatakse mõõtkava aluseks. Aluse pikkuseks valitakse väliühikute tervele arvule, näiteks 100 m-le või 10 m-le vastav pikkus sentimeetrites (varemalt 100 ja 50 süllale vastav pikkus tollides).

Mõõtkava kasutamise aluseks on sarnastel kolmnurkadel põhinev suhe. 0 kohal asuva vertikaal- ja kaldjoone vahel tekib 10 täisnurkset kolmnurka, mis on omavahel sarnased, sest neil on ühine nurk 0-punkti kohal. Et horisontaaljoonte vahed on võrdsed, suhtuvad nende lõigud üksteisesse nagu nende horisontaaljoonte kaugused 0-punktist. Kõige väiksema kolmnurga horisontaalne kaatet on seega kümme korda lühem

### Mõõt 1:5000



Joonis 9.

kõige suurema kolmnurga ülemisest kaatetist, mis on omakorda  $\frac{1}{10}$  mõõtkava alusest, s. t. 10 m. Esimese horisontaallõigu pikkus nullpunkti kohal on seega 1 m, teise pikkus 2 m jne. Teise kaldjoone ja nulljoone vahe alusjoonel on 10 m, esimesel horisontaaljoonel 11 m, teisel 12 m jne.

Mõõtkava kasutamisel valitakse: 1) sadadele meetritele vastav vertikaaljoon mõõtkava parempoolses osas, 2) kümnetele meetritele vastav põikjoon ja 3) üksikutele meetritele vastav horisontaaljoon, näiteks joonisel 9 ruutudega tähistatud pikkus 276 m ja ringikestega märgitud pikkus 123 m. Põikjoonelisel mõõtkaval saab mõõta pikkusi ka meetriosa täpsusega, asetades mõlemad sirkliharud mitte horisontaaljoone kohale, vaid võrdeliselt meetriosale horisontaaljoonte vahele.

Põikjoonelised mõõtkavad graveeritakse plaanide valmistamise hõlbustamiseks mehhaanikatööstustes metallplaatidele suurusega  $30 \times 150 \times 2$  mm.

Praktikumiülesandeks on joonestada vabal valikul kolm mõõtkava suhetest:

1:10000	1:8400	1:5200
1:8000	1:4200	1:2600
1:5000	1:2100	
1:4000		
1:2500		
1:2000		

Üks valitud mõõtkavadest peab kuuluma väiksemate mõõtkavade 1:10000, 1:8400 ja 1:8000 hulka.

Mõõtkava aluse pikkus leitakse vastavast suhtest, näit. mõõdu 1:2500 korral:

1 cm	2500 cm	ehk	25 m	looduses
x cm			100 m	„

$$x = \frac{100}{25} = 4 \text{ cm.}$$

Mõõtkava 1:4200 korral: 1 cm 4200 cm = 42 m

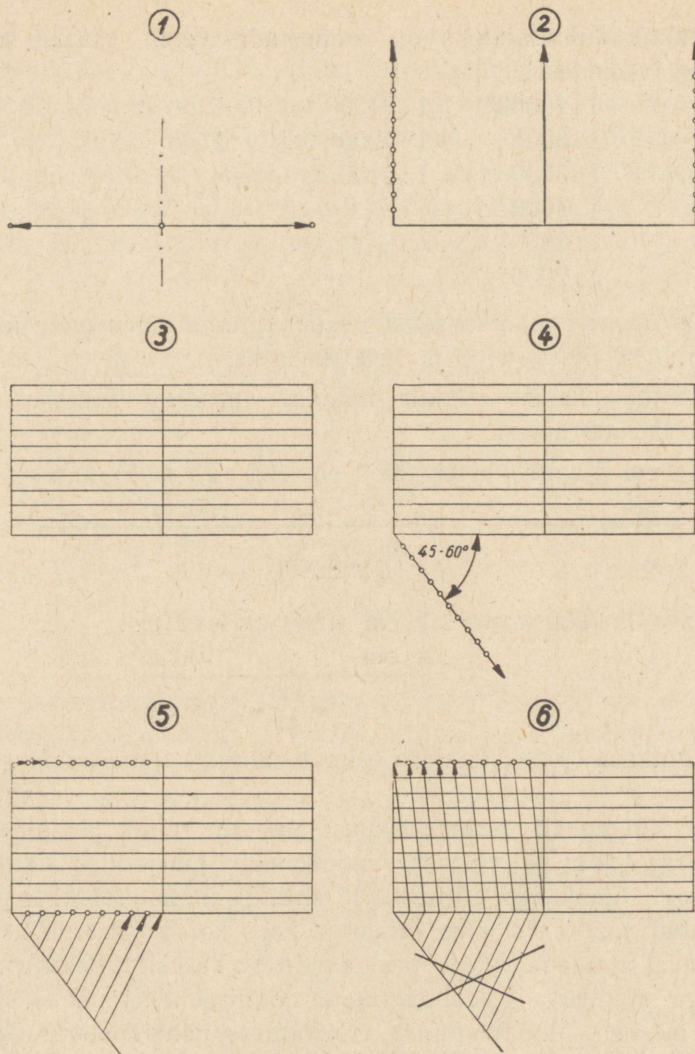
x cm	100 m

$$x = \frac{100}{42} = 2,38 \text{ cm.}$$

Mõõtkava joonestamine toimub kindlas järjekorras (joonis 10):

1) Kõigepealt reserveeritakse paberil ruum pealkirja ja kirjanurga jaoks ja veetakse mõõtkavade alusjooned võrdsete vahedega. Alusjoonel tähistatakse sirkliga metallmõõtkava pealt mõõdetud mõõtkava alus vähemalt kaks korda. Paarisalustega mõõtkaval alustame aluste pealekandmist keskelt. Paaritu arvu alustega mõõtkava tuleb paigutada joonisel teisiti, et ta asuks paberi keskel. Mõõtmispunkt tähistatakse paberil sirkliteraviku torkega ja tõmmatakse punktile taasleidmise hõlbustamiseks ringjoon ümber.

2) Joonele kantud aluste punktidest ehitatakse kolmnurga abil perpendikulaarid. Alusjoone otsas asuvale perpendikulaarile kantakse sirkli abil horisontaalide vahe — mis on tavaliselt 2 (kuni 5) mm lai — kümme korda.

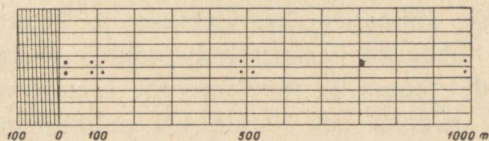


Joonis 10

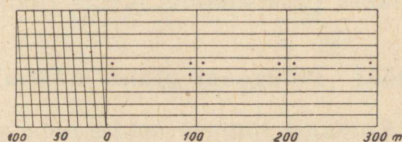
3) Saadud punktide kaudu tõmmatakse kas ristjoonlauda nihutades, kolmnurga rõõplükke abil või mõõtmispunkte teisele mõõtkava servale üle kandes ja ühendades horisontaalsed (meetrite) jooned.

# Mõõtkavad

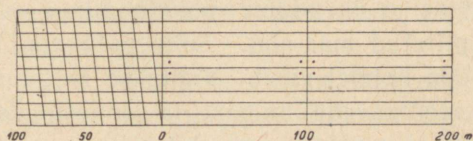
Mõõt 1:10 000



Mõõt 1:4200



Mõõt 1:2600



Kuupäev	Töö nr	TRÜ
Nimi, eesnimi	Teaduskond	
Allkiri	Osakond	Rühm

Joonis 11. (Vähendatud 2 korda.)

4) Järgmiseks ülesandeks on jagada mõõtkava alus kümneks võrdseks osaks. Selleks veetakse alusele selle ühest otsa-

punktist kaldjoon  $45-60^\circ$  all ja kantakse sellele peale meelevaldne ühik kümme korda. Sobiv on võtta veidi pikem lõik kui  $\frac{1}{10}$  alusest.

5) Kaldjoone otsa aluse otsapunktiga ühendades ja tõmmates sellele rööpjooned leiame aluslõigud. Need kümnendiklõigud kantakse üle mõõtkava pealmisele joonele.

6) Lõppeks ühendatakse aluse kümnendiklõigud kaldjoonte abil: nullpunkt alumisel esimese kümnendikuga ülemisel joonel, esimene kümnendik alumisel teise kümnendikuga ülemisel jne. Aluse jagamise abijooned kustutatakse ja kirjutatakse alusjoonele aluste pikkused ja horisontaaljoontele vastavad meetrite pikkused juurde (joonis 9). Meeterarvude asemel võib tähistada viienda joone asukoha kas ristide või punktidega (joonis 11 ja 16).

Lõppeks täidetakse kirjanurk, valmistatakse pealkiri ja peale kontrollimist kaetakse pliiatsijoonis tušiga (joonis 11).

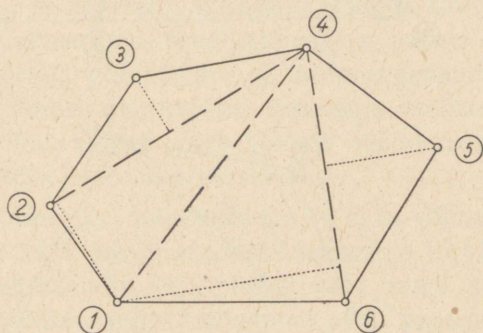
## 2. töö: Polügooni pinna mõõtmine.

*Ülesanne:* Kontuuri suuruse määramine geomeetriliselt ja planimeetriliselt. Planimeetriga töötamine, koefitsiendi leidmine.

Valime paberil meelevaldselt vähemalt 6 punkti, märgime need piirikividena ja ühendame polügooniks (= hulknurk, sirgete joontega piiratud maa-ala). Selle polügooni pind mõõdetakse kordamööda kolmel viisil. Valitakse mõõdusuhe eelmises töös loetletud mõõtkavade hulgast ja joonestatakse polügooni alla vastav mõõtkava. Mõõtkava abil toimub polügooni joonte mõõtmine meetrites (mõõdetakse pikkus, mida joon omaks looduses, mitte plaanil). Geomeetriliseks pinnamõõtmiseks tuleb:

1) jagada polügoon kolmnurkadeks (joonis 12). Iga kolmnurga pind määratakse aluse ja poole kõrguse korrutamise teel. Kõrgusteks valitakse pikemad jooned, et mõõtmise viga pikkuses annaks end vähem tunda. Aluste ja kõrguste korrutamisel saadakse pinna suurus ruutmeetrites, mis avaldatakse ha-des. Polügooni pinna suurus võrdub kõigi kolmnurkade pindade summaga. Pinnamõõtmiseks tehtavate mõõtmiste tulemused kirjutatakse

vastavale lisalehele ja esitatakse arvutamise käik ja tulemused; arvutusleht tuleb esitada ühes joonisega. Plaanil märgitakse kõik abijooned peente katkendjoontega (joonis 12). Mõõdetavate joonte otsapunktid vajutatakse paberisse augukestena sirkliotste abil. Tuleb jälgida, et need augud oleksid vertikaalsed paberi suhtes; selleks tuleb neid vajutada ükshaaval, tõstes teist sirkliharu paberist kõrgemale.

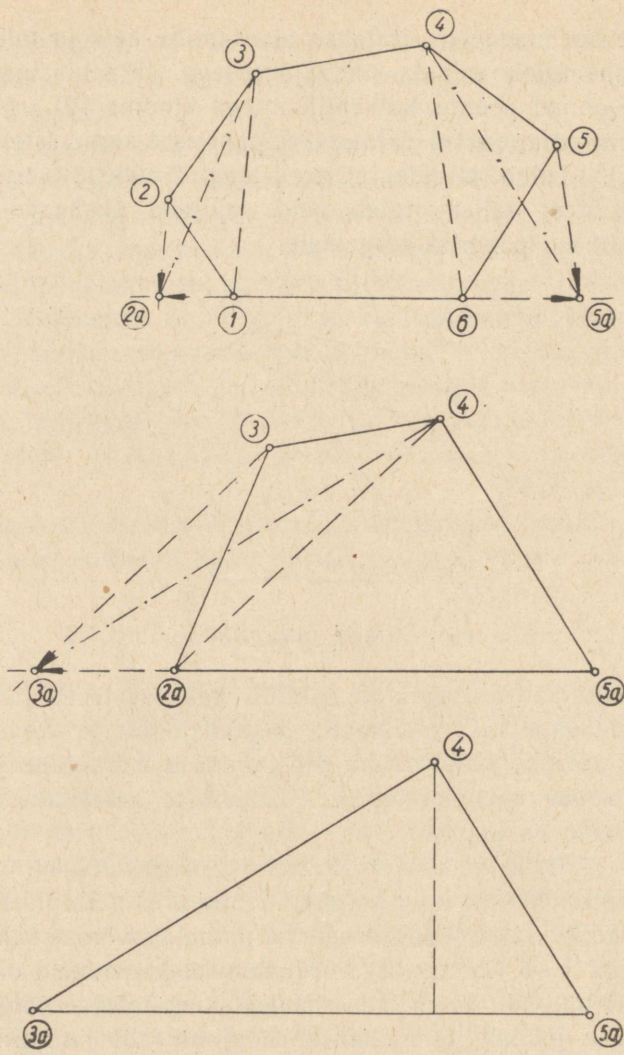


Joonis 12.

Kolmnurkadeks jagamine toimub kahe süsteemi järgi, kusjuures saadakse kaks resultaati. Jagamisjoonte ja kolmnurkade kõrguste äravahetamist väldib piiripunktide märkimine piirikividenä ja nende nummerdamine. Tulemuste märkimine toimub kolmnurkade kaupa, näit.

$\triangle 1, 2, 5$ : alus 1—5 269 m, kõrgus 205 m.

2) Teisendamine kolmnurgaks. Hulknurka graafiliselt ümber moodustades saame lõppeks sellega pindalalt võrdse kolmnurga. Kuusnurga 1—6 (joonis 13) teisendamisel kaotatakse ükshaaval ülearused nurgad. Nurk 2 kaotamisel ühendatakse nurgad 1 ja 3 ja sellele joonele tõmmatakse rööpjoon läbi punkti 2. Kus see rööpjoon lõikub naaberkülgedega 3—4 või 1—6, või nende pikendustega, nagu käesoleval juhul 1—6 pikendusega, saadakse uus punkt 2a punkt 2 asemele, millega kuusnurk on teisendatud viisnurgaks 2a—3—4—5—6. Kolmnurgad 1—2—3 ja 1—2a—3 on pindalalt võrdsed, sest neil on ühine alus ja võrdne kõrgus. Seepärast viisnurga 2a—3—4—5—6 pind on võrdne algkuusnurga



Joonis 13.

pinnaga. Nüüd kaotatakse punkt 5 ja saadakse nelinurk 2a—3—4—5a. Edasi kaotatakse punkt 3 (keskmine joonis) ja tulemuseks on kolmnurk 3a—4—5a, mille pind leitakse aluse 3a—5a korrutamise teel poole kõrgusega (alumine joonis).

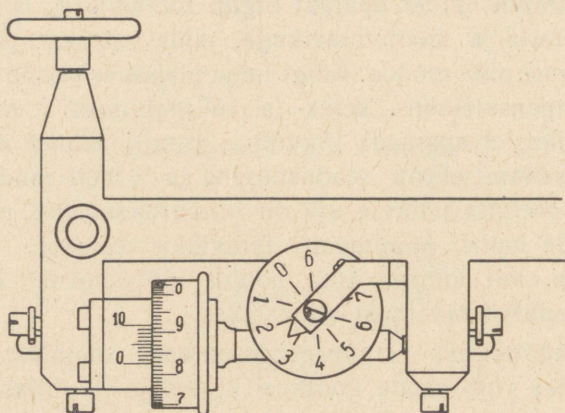
3) Kõige lihtsamaks ja täpsemaks pinnamõõtmise vahendiks on planimeeter. Planimeeter koosneb kahest omavahel liikuvalt kinnitatud vardast: poolusvardast, mis on varustatud nõela ja raskusega (mille ümber aparaat liigub töötamisel), ja mõõtevardast mõõteratta ja mõõteteteravikuga, mida veetakse pinnamõõtmisel kontuuri piire mööda. Kõigi nelja planimeetritüübi (Amsleri, Coradi kompensatsioon-, ketas- ja rullplanimeetri) kasutamine põhineb sellel, et aparaadi liikumine tsentri suhtes mõõteteteraviku edasivedamisel on seaduspärane ja paberi pinda mööda veereva mõõteratta pöörete arv on proportsionaalne pinna suurusena, mille ümber planimeetri teravikku veetakse. Seejuures pole oluline, kui kaugel asub poolus mõõdetavast pinnast ja millisest punktist mõõtmist alustatakse.

Pinnamõõtmiseks planimeetriga on kaks võimalust: 1) planimeetri poolus võib asuda kontuuri keskel ja 2) väljaspool kontuuri. Esimest asendit kasutatakse vaid harva suurte pindade puhul, kui pooluse asudes väljaspool piiri planimeeter ei ulatu hõlmama kõiki piirjooni. Pinnaarvutus toimub siis valemi järgi  $P = kn + c$ , kus  $P$  on otsitav pind,  $k$  planimeetri koefitsient,  $n$  lugemite vahe ja  $c$  planimeetri konstant. Planimeetri lugemite vahe on mõõteratta alg- ja lõppseisu vahe. Kuna pinnamääramine pooluse kontuuri keskel asudes on tülikas, kasutatakse teist viisi, kus poolus on väljaspool kontuuri. Siis langeb ära konstandi  $c$  arvutamine ja pind määratakse valemiga

$$P = k \cdot n.$$

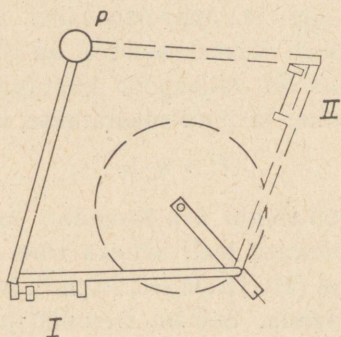
Planimeetri koefitsiendi  $k$  määramine toimub tuntud suurusena pinna ülemõõtmise teel. Selleks võib moodustada ruudu küljepikkusega 10 cm ( $10 \cdot 10 \text{ cm} = 100 \text{ cm}^2$ ), kuid tavaliselt kasutatakse kontrolljoonlauda. See on metallist joonlaud, mille alumises pinnas on teravik, teise otsa ülemises pinnas aga auk planimeetri mõõteteteraviku jaoks ja joonlaua otsas indeksjoonjoonlaua seisu tähistamiseks. Vajutades teraviku paberisse ja keerates kontrolljoonlauda teraviku ümber, kujutame ringi. Ringi pinna suurus, mis moodustub augu liikumisjoonega, on graveeritud joonlaua pealispinda. See võrdub tavaliselt  $100 \text{ cm}^2$ -ga.

Planimetri mõõteratas on ühendatud tiguvindilise ülekande abil horisontaalrattaga, mis näitab täispöörete arvu (joonis 14). Mõõteratas on jaotatud sajaks osaks, kusjuures iga kümnes



Joonis 14.

joon on varustatud oma numbriga. Tuhandikke pöördest on võimalik määrata nooniusu abil. Noonius on skaala, kus üheksa



Joonis 15.

mõõteratta pügala pikkus on jagatud kümneks võrdseks osaks. Seega jääb iga mõõteratta jaotusega nooniusu skaala  $\frac{1}{10}$  mõõteratta jaotuse võrra mõõterattast maha. Tähelepanek skaala jaotust,

mis langeb mõõteratta jaotusega kokku, leiame nooniusse nulli ja nullieelse mõõteratta pügala vahe  $\frac{1}{10}$  mõõteratta pügala täpsusega. Joonisel kujutatud seisus oleks planimeetri lugem 2,826 mõõteratta täispööret ehk 2826 jaotust.

Planimeeter seatakse üles joonisel 15 kujutatud I seisus. Selles asendis märgitakse pliiatsiga (joonlaua abil) peen algjoon ja seatakse kontrolljoonlaua indeks sellega kohastikku. Kirjutatakse üles planimeetri alglugem ja veetakse planimeetri mõõteteravik ühes kontrolljoonlauaga aeglaselt ja ühtlaselt ümber joonlaua teraviku kuni algseisuni. Saadakse uus lugem, näit. 3865 ja peale teistkordset ümbervedamist seis 4904. Planimeetri lugemid on seega

$$\begin{array}{r} 3865 \\ - 2826 \\ \hline 1039 \end{array} \quad \begin{array}{r} 4904 \\ - 3865, \text{ ja vahed} \\ \hline 1039 \end{array} \text{ on võrdsed.}$$

Lubata vahe koefitsiendi määramisel oleks 1 pügal; sel juhul tuleks arvutada keskmine lugemite vahe.

Koefitsient võrdub:

$$P = k \cdot n,$$

$$k = \frac{P}{n} = \frac{100}{1039} = 0,0963, \text{ s. t. et igale}$$

planimeetri jaotusele vastab 0,0963 cm<sup>2</sup>.

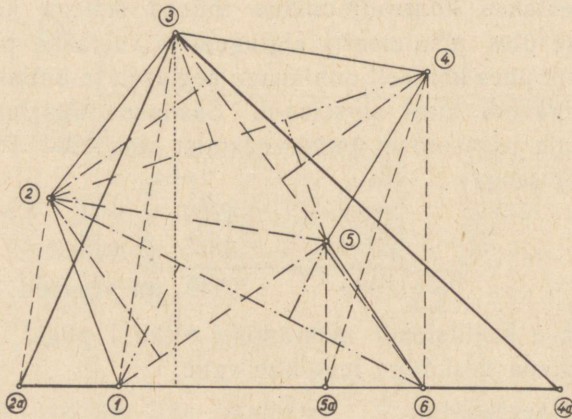
Nüüd asume näitepolügooni mõõtmisele (joonis 16). Et plaani mõõtkava on 1:4000, ei huvita meid pinnasuurus ruutsentimeetrites, vaid ha-des, seepärast tuleb leida relatiivse koefitsiendi väärtus ha-des.

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ cm} & \text{ plaanil vastab } 4000 \text{ cm ehk } 40 \text{ m looduses;} \\ 1 \text{ cm}^2 & \text{ " " } 40 \times 40 \text{ m} = 1600 \text{ m}^2 \text{ ehk } 0,16 \text{ ha;} \\ 0,0963 \text{ cm}^2 & \text{ " " } 0,0963 \cdot 0,16 = 0,0154 \text{ ha.} \end{array}$$

Ühele planimeetri jaotusele vastab mõõdus 1:4000 0,0154 ha.

Kuna murdarvulise koefitsiendiga korrutamine on tülikas, muudetakse mõõteharu pikkust, et koefitsient võrduks ühe kümnendiku, sajandiku või tuhandiku ha-ga, millega korrutamine muutub lihtsalt koma ümbertõstmiseks.

## Polügooni pinna määramine



Mõõt 1:4000



### Mõõtmistulemused

Mõõtmisviis	Pind ha	% %
I $\Delta\Delta$ süsteem	10,747	99,83
II $\Delta\Delta$ - " -	10,746	99,82
Üldkolmnurk	10,755	99,91
Planimeeter	10,765	100,00


Joonis 16. (Vähendatud 2 korda.)

Polügooni pinna mõõtmiseks seame planimeetri üles selliselt, et teravik ulatuks liikuma polügooni ümber (katseks ringi

vedada!), kuid mõõteratas liiguks kas joonestuslaua või paberi pinda mööda, sest paberiserva ületamisel võib tekkida viga. Algpunktiks valitakse üks polügooni nurk, kirjutatakse planimeetri lugem vastavale arvutuslehele, ja veetakse planimeetri mõõteteravikku aeglaselt ning ühtlaselt vaba käega (mitte joonlauda mööda!) ümber polügooni. Teravikku käega vedades saab tasandada nõela kõrvalekaldumist piirjoonelt. Vedamisel hoitakse mõõteharu otsas asuvast käepidemest kinni; vigade vältimiseks ei tohi enne peatuda ega käepidet lahti lasta, kui on jõutud uuesti algpunkti tagasi. Nüüd kirjutatakse üles uus planimeetri lugem, veetakse kontrolliks teravikku teist korda kontuuri ümber ja saadakse kolmas lugem. Teise ja esimese ning kolmanda ja teise lugemi vahe ei tohi erineda rohkem kui kahe nooniuse ühiku võrra, vastasel korral tuleb liikuda kolmas kord ümber kontuuri, et saada rahuldavaid tulemusi. Kahest lugemite vahest võetakse aritmeetiline keskmine.

#### Arvutusleht

polügooni pindala arvutamiseks planimeetriga Coradi nr. 23674, mõõtkavas 1 : 4000.

Nr.	Kontuurid	Lugemid	Vahed	Kesk- vahed	Pind- alad	Paran- dused	Parand. pindalad
1.	Pöid	2758					
		3456	698				
		4156	700	699	10,765		

Jaotuse väärtus: 0,0154 ha. Arvutanud: . . . . .

Otsitav pind leitakse valemi abil:

$$P = k_r \cdot n = 0,0154 \cdot 699 = 10,765 \text{ ha.}$$

Eriti täpse töö korral tuleb Coradi planimeeter seada teise kompensatsioonseisu (joonis 15 asend, II), kuid et sel juhul tuleb teha kaks korda rohkem lugemeid, toimub mõõtmine tavaliselt ühes asendis.

Teised mõõtmisviisid annavad joonisel 16 kujutatud polügooni mõõtmisel järgmised tulemused:

### I kolmnurkade süsteem:

△ 1, 2, 5; alus 1—5 269 m, kõrgus 205 m;

△ 1, 5, 6; „ 1—5 269 m, „ 187 m;

△ 2, 3, 5; „ 3—5 271 m, „ 210 m;

△ 3, 4, 5; „ 3—5 271 m, „ 194 m;

$$\frac{271(194+205)}{2} + \frac{269(205+187)}{2} = 10,747 \text{ ha.}$$

### II kolmnurkade süsteem:

△ 1, 2, 6; alus 2—6 444 m, kõrgus 145 m;

△ 2, 5, 6; „ 2—6 444 m, „ 91 m;

△ 2, 4, 5; „ 2—4 422 m, „ 137 m;

△ 2, 3, 4; „ 2—4 422 m, „ 124 m;

$$\frac{444(145+91)}{2} + \frac{422(137+124)}{2} = 10,746 \text{ ha.}$$

### III. Teisenduskolmnurk:

alus 574,5 m, kõrgus 375 m;

$$\frac{574,5 \cdot 375}{2} = 10,755 \text{ ha.}$$

Mõõtmisandmed on mõõtmistulemuste tabelis võrreldud protsentides planimeetreerimise andmetega.

Planimeetriga töötamisel tuleb silmas pidada järgmisi nõudeid:

1) plaan peab asuma alusel siledalt, peab olema puhas kummiraasudest ja kinnitatud joonestuslaua külge.

2) Mõõtmise algpunktiks tuleb valida koht, mille läheduses mõõteteraviku vedamisel mõõteratas libiseb paberil pöördumata.

3) Poolus tuleb asetada väljapoole mõõdetavat kontuuri.

4) Enne tegelikku mõõtmist tuleb proovida planimeetri asetust, vedades teravikku ümber kontuuri; vajaduse korral paigutada poolus ümber. Kõige mugavam on asetada mõõteharu enda ette mõõteteravikuga paremale ja rattaga vasemale poole, kuna pooluseharu tuleks paigutada endast eemale täisnurkselt mõõteharule. Seejuures tuleb jälgida, et mõõteratas ei veereks üle paberiserva.

5) Mõõteratta korrosiooni vältimiseks tuleb hoiduda selle puudutamisest käega; samal põhjusel ei tohi seada mõõteratta ja nooniuse nulle kohastikku.

6) Amsleri planimeetri puhul peab vältima asendit, kus kõik kolm tugipunkti asuvad sirgjoonel, sest siis kaob aparadi tasakaal.

7) Planimeetri mõõteteravikku tuleb vedada ühtlaselt, et ei tekiks vigu rataste inertsitõttu, ja vedamise lõpetamine-alustamine peab toimuma aeglaselt.

8) Kahekordse mõõtmise vahe ei tohi ületada 1 (2) jaotust.

9) Kui horisontaalratta pügal asub kohastikku lugemisindeksiga, tuleb lugeda õige eelmine pügal juhul, kui mõõterattalt loeme suurt arvu (7—9), ja järgmine pügal, kui mõõteratas näitab väikest arvu (1—3).

10) Kui maa-ala üldpind on teada (arvutatud koordinaatide abil), tuleb planimeetriga määratud kõlvikute suurused tasandada, et summa annaks õige üldpinna. Vahe kahe pinnamõõtmisviisi tulemuste vahel ei tohi olla suurem kui  $\frac{1}{200}$  pindalast.

### 3. töö: Plaani joonestamine.

*Ülesanne:* Vabalt valitud plaani joonestamine maamõõduplaani nõuete kohaselt.

Kolmandaks tööks on majandi või talu plaani joonestamine. Kõigepealt reserveeritakse ruum pealkirja, eksplikatsiooni, mõõtkava ja kirjanurga jaoks. Edasi valitakse paberil meelevaldselt vähemalt 8 piiripunkti, kujutades need piirikividena, ja ühendatakse polügooniks. Selle maa-ala sisse joonestatakse vabal valikul sisemine situatsioon, kus esineks hoonestik, teed, veekogu ja vähemalt 6 liiki kõlvikuid. Nende esemete leppemärgid võetakse lk. 64—68 toodud leppemärkide valikust ja joonestatakse mõõtkavale vastavas suuruses ning vahekorras plaanile. Polügooni piiripunkte ühendav joon jääb talu välispiiriks vastava leppemärgiga (1 mm laiusega tsinnooberpunane varijoon). Polügooni piirjooned varustatakse polügoonist väljaspool naaberomandite nimetuste ja numbritega, teed ja veekogud nimetustega,

jõed veevoolusuundade ja -kiirustega ja kõlvikud vastavate leppemärkidega.

Plaan peab olema varustatud pealkirjaga. Pealkirjas tähen-datakse maakond ja vald, kus maa-ala asub, millest eraldatud, maa-ala nimetus ja katastri-number, möödistamise viis ja aeg ning plaanistaja nimi ja ametinimetus. Plaanile joonestatakse põik-jooneline möötkava.

Plaanil kujutatud kõlvikute pinnad tuleb mõõta eelmises töös kirjeldatud viisil. Kõigepealt määratakse kogu maa-ala üldpind ja siis asutakse üksikute kõlvikute planimeetreerimisele. Seejuures tuleb algpunktiks valida kolme kõlviku kokkupuute-koht, siis jääb eelmise kõlviku mõõtmise viimane lugem järg-mise esimeseks. Teede, kraavide ja veekogude pind määratakse nende laiuse ja pikkuse korrutamise teel vastavas möötkavas. Planimeetreerimise tulemused kantakse tabelisse nagu näidatud arvutuslehes.

#### Arvutusleht

Purde nr. 9 majandi pindala arvutamiseks planimeetriga Coradi nr. 22882. Möötkava 1 : 2000, jaotuse väärtus 0,00384 ha. Möötnud

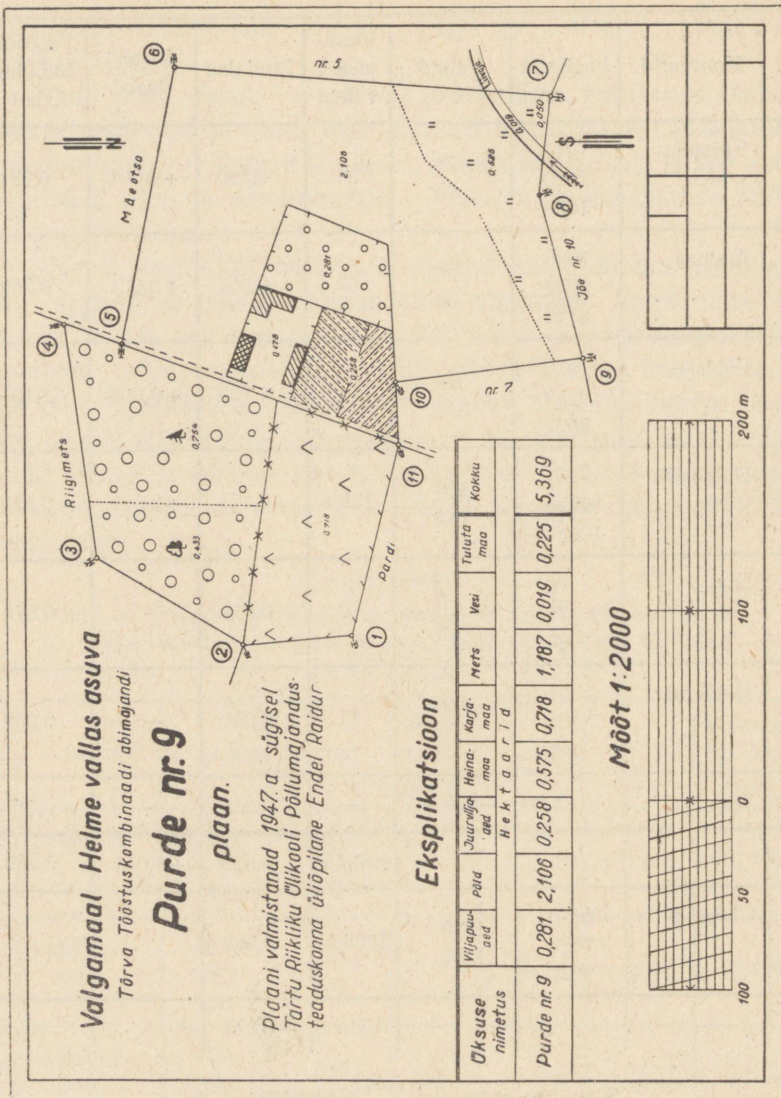
*Endel Raidur.*

Nr.	Kontuurid	Lugemid	Vahed	Kesk-mised vahed	Pindalad	Paran-dused	Paranda-tud pind-alad
1.	Karjamaa	6480 6667 6854	187 187	187	0,717	+0,001	0,718
2.	Lehtpuu-mets	6970 7082 7195	112 113	112,5	0,432	+0,001	0,433
3.	Okaspuu-mets	7195 7390 7587	195 197	196	0,752	+0,002	0,754
4.	Õuema	7754 7800 7847	46 47	46,5	0,178	—	0,178

Nr.	Kontuurid	Lugemid	Vahed	Kesk- mised vahed	Pindalad	Paran- dused	Paranda- tud pind- alad
5.	Viljapuuaed	7847 7920 7993	73 73	73	0,280	+0,001	0,281
6.	Aiamaa	7993 8059 8127	66 68	67	0,257	+0,001	0,258
7.	Põld	7910 8459 9007	549 548	548,5	2,102	+0,004	2,106
8.	Heinamaa	9784 9920 10057	136 137	136,5	0,524	+0,001	0,525
9.	Jõgi	70 76 80	6 4	5	0,019	—	0,019
10.	Heinamaa	91 105 117	14 12	13	0,050	—	0,050
11.	Tee	155 · 3 m	-465 m <sup>2</sup>	-	0,047	—	0,047
				Kokku:	5,358	+0,011	5,369
	Üldpind	6230 7628 9027	1398 1399	1398,5	5,369		
				Vahe:	-0,011		

Suhteline vahe on:  $\frac{0,011}{5,369} = 0,00205 = \frac{1}{500}$

Lubatav vahe:  $\frac{1}{200}$ .



Joonis 17.

Kokkuvõtte arvutuslehest kantakse plaanil vastavasse tabe-  
lisse, mis kannab eksplikatsiooni nimetust. Eksplikatsioonis on

üksikute kõlvikuliikide suurused esitatud eri lahtrites ühes kogusumma-lahtriga; kui valdus koosneb mitmest lahusolevast tükist, kantakse nende suurused tabelisse eri ridadena. Normaalselt moodustab üks talu üherealise eksplikatsiooni. Parandatud pindalade suurused kirjutatakse punase tušiga vastavate kõlvikute keskpaika (joonis 17).

#### 4. töö: Horisontaalide joonestamine.

*Ütesanne: Kõrgusjoonte (horisontaalide) joonestamine plaanil, kus on antud üksikute punktide loodimisandmed.*

Käesolev harjutustöö seisneb reljeefi kujutamises välistöö andmetel. Maapinna kõrgussuhete iseloomustamiseks kasutatakse kolme mõistet: 1) ekspositsiooni all mõeldakse maapinna üldkallet maailmakaarte suhtes; 2) reljeefi mõistega tähistatakse maapinna vahelduvate tõusude ja languste näol esinevat keerulist pinnavormi ja 3) mikroreljeefi all maapinna vähemaid ebataasusi, mille mõõdud piirduvad meetrite ja meetriosadega.

Igasuguste tehniliste tööde puhul, nagu teedehitus, kraavitamine jne., on oluline teada maapinna reljeefi, millest oleneb eespoolnimetatud ehituste kuju ja asend. Suurematelt plaanidelt nähtub ühes reljeefiga ka ekspositsioon, kuna mikroreljeefi kujutamine plaanidel toimub vaid harukordselt (väljakute planeerimine, soode uurimine jne.).

Reljeefi kujutamiseks on mitu võimalust: teatavat võrdlusalust pakub maapinna kõrgemate kohtade ja orupõhjade kõrguste märkimine arvuliselt meetrites; geograafilistel kaartidel värvitakse pind eri värvidega olenevalt keskmisest kõrgusest merepinnast; plaani varjutatakse olenevalt maapinna langusest: mida suurem langus, seda tumedam värv; topograafilistel kaartidel võidakse kujutada maapinna langust viirutamise teel: mida suurem langus, seda väiksem on viirude vahe ja seda tugevamad on viirud. Kõige täpsem ja tarvitavam reljeefi kujutamise viis on samakõrgusjoonte ehk horisontaalide ehk isohüpside joonestamine.

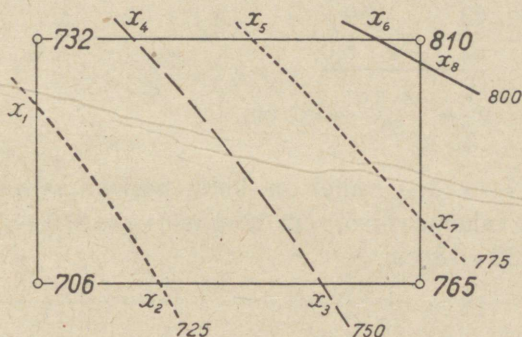
Samakõrgusjoonteks nimetatakse jooni plaanidel, mis ühendavad kõiki mere- või relatiivtasapinnast ühel kõrgusel asuvaid punkte maastikul. Piltlikult võime kujutleda horisontaalidena lõikejoont maapinna ja mõeldava tasapinna vahel, mis on paralleelne merepinnaga (resp. horisontaaltasapinnaga) ja asub sellest kindlal kõrgusel. Samuti võime kujutleda horisontaali kaldajoonena, mis tekiks maastikul, kui mere või muu veekogu pinda tõstetaks teatava kindla kõrguse võrra.

Praktiliselt leitakse horisontaalide asukohad loodimisel saadud kõrguspunktide vahede interpolatsiooni teel. Leides horisontaalide asukohad kõigi kõrguspunktide vahel, ühendatakse kõik sama kõrgusega punktid sujuvate peente joontega, mis annavad ülevaatliku pildi maapinna reljeefist. Horisontaale kujutatakse 4, 2, 1,  $\frac{1}{2}$  või  $\frac{1}{4}$  m vahedega, erijuhtudel (kõrgsoode loodimine) isegi 0,10 m vahedega. Horisontaalid joonestatakse pruuni värviga (põletatud siena).

Horisontaalide joonestamiseks saab iga praktikumist osavõtja vahariidele joonestatud alusplaani, millel on kujutatud talu loodimisandmetega. Plaanidel on tähistatud värvidega kolm kõlvikuliiki: põld kollase, heinamaa helerohelise ja karjamaa sinakashalli värviga. Looditud punktide juurde on kirjutatud maapinna kõrgus sentimeetrites. Mõnikord seisab ühe punkti kõrval kaks arvu:  $\frac{773}{p\ 712}$ , kus ülemine arv tähendab maapinna, alumine (p 712) kraavipõhja kõrgust; või  $\oplus \frac{kv\ 804}{795}$ , kus kv 804 tähendab piirikivi kõrgema punkti ja 795 maapinna kõrgust kivi kohal. Plaanidel kujutatud maa-alade keskpaias on antud vastavate leppemärkidega punase värviga kirjutatud mullaproovide andmed, näit. Pm 30, 1S 70, S (= põllumulda 30 cm, liivakat savi 70 cm, aluspõhi — savi). Need andmed jäävad horisontaalide joonestamisel arvestamata. Sellest plaanist valmistab iga praktikumist osavõtja koopia pauspaberile, millel toimub horisontaalide joonestamine.

Kõigi plaanil antud kõrguspunktide vahel leiame horisontaalide asukohad. Et käesolev plaan on tehtud maaparanduse

otstarbeks, joonestatakse siin horisontaalid vahedega 0,25 m. Vahetegemiseks kujutatakse täismetrijooned pidevate joontega, poolmetrijooned katkendjoontega ja veerandmetrijooned punktiirjoontega (joonis 18). Joonisel kujutatud punktide vahel, mille kõrgused on 706, 732, 810 ja 765 cm, toimub horisontaalide joonestamine interpolatsiooni teel. Punktide 706 ja 732



Joonis 18.

vahel asub üks horisontaal 725. See kulgeb alumisest punktist (706) 725 — 706 = 19 cm kõrgemal. Punktide kõrguste vahe on 732 — 706 = 26 cm; horisontaali kaugus alumisest punktist on  $\frac{19}{26}$  punktidevahelisest kaugusest. See kaugus plaanil on 3,2 cm; horisontaali kaugus alumisest punktist  $x_1$  on seega:

$$x_1) \quad \begin{array}{r} 19 \text{ suhtub } 26 \text{ nagu} \\ x_1 \quad - \quad 3,2 \\ \hline \end{array}$$

$$x_1 = \frac{19 \cdot 3,2}{26} = 2,3 \text{ cm, mis märgitakse plaanile.}$$

Punktide 706 ja 765 vahel asub kaks horisontaali: 725 ja 750; tähistades nende kaugused alumisest punktist  $x_2$  ja  $x_3$ -ga, leiame need järgmiselt:

punktidevaheline kaugus on plaanilt mõõtes 5,0 cm,  
 $x_2$ ) kõrguste vahe: 765 — 706 = 59 cm; 725 — 706 = 19 cm.

$$\begin{array}{r} 19 \text{ — } 59 \\ x_2 \text{ — } 5,0 \\ \hline \end{array}$$

$$x_2 = \frac{19 \cdot 5,0}{59} = 16 \text{ cm.}$$

$$x_3) \quad 750 - 706 = 43 \text{ cm.}$$

$$\begin{array}{r} 43 \text{ — } 59 \\ x_3 \text{ — } 5,0 \\ \hline \end{array}$$

$$x_3 = \frac{43 \cdot 5,0}{59} = 3,6 \text{ cm.}$$

Punktide 732 ja 810 vahel on kolm horisontaali: 750, 775 ja 800. Punktide vahemaa on 5,0 cm, kõrguste vahe  $810 - 732 = 78$  cm.

$$x_4) \quad 750 - 732 = 18 \text{ cm.}$$

$$\begin{array}{r} 18 \text{ — } 78 \\ x_4 \text{ — } 5,0 \\ \hline \end{array}$$

$$x_4 = \frac{18 \cdot 5,0}{78} = 1,2 \text{ cm.}$$

$$x_5) \quad 775 - 732 = 43 \text{ cm.}$$

$$\begin{array}{r} 43 \text{ — } 78 \\ x_5 \text{ — } 5,0 \\ \hline \end{array}$$

$$x_5 = \frac{43 \cdot 5,0}{78} = 2,8 \text{ cm.}$$

$$x_6) \quad 800 - 732 = 68 \text{ cm.}$$

$$\begin{array}{r} 68 \text{ — } 78 \\ x_6 \text{ — } 5,0 \\ \hline \end{array}$$

$$x_6 = \frac{68 \cdot 5,0}{78} = 4,4 \text{ cm.}$$

Punktide 765 ja 810 vahel on kaks horisontaali: 775 ja 800. Punktide vahemaa on 3,2 cm, kõrguste vahe  $810 - 765 = 45$  cm.

$$x_7) \quad 775 - 765 = 10 \text{ cm.}$$

$$10 - 45$$

$$\underline{x_7 - 3,2}$$

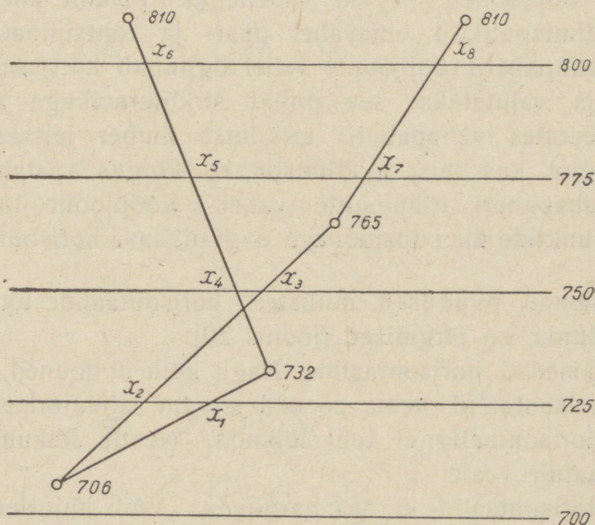
$$x_7 = \frac{10 \cdot 3,2}{45} = 0,7 \text{ cm};$$

$$x_8) \quad 800 - 765 = 35 \text{ cm.}$$

$$35 - 45$$

$$\underline{x_8 - 3,2}$$

$$x_8 = \frac{35 \cdot 3,2}{45} = 2,5 \text{ cm.}$$



Joonis 19.

Kahtluse korral võidakse määrata horisontaalide asukohad veel ühte diagonaali mööda. Saadud sama kõrgusega punktid ühendatakse omavahel sujuvate kaarjoontega.

Interpolatsiooni asemel on võimalik kasutada graafilist horisontaalide asukohtade leidmise viisi. Selleks märgitakse millimeeterpaberil rööpjooned võrdsete vahedega (tavaliselt 0,5 cm) horisontaalide väärtustega. Punktid, mille vahele on tarvis joonestada horisontaalid, paigutatakse rööpjoonte vahele

(joonis 19). Võttes sirkliga punktide vahe, asetatakse alumine punkt selle kõrgusele vastavasse kohta rööpjoonte vahele ja paigutatakse teise haru ots selle kõrgusele vastavasse punkti rööpjoonte vahele. Saadud punkte ühendades leiame profiili projektsiooni nende punktide vahel; alumisest punktist möödame sirkliga vahe kuni kaldjoone lõikumiseni rööpjoontega ja lõikepunktid kanname vastavasse kõrguspunktide vahesse plaanil, saades seega horisontaalide asukohad.

Teine graafiline horisontaalide asukohtade määramise viis toimub vahapaberi abil. Mõne cm laiusel vahapaberi ribal tõmmatakse rööpjooned ( $1/2$ -cm vahedega). Plaanil ühendatakse kõik loodimispunktid omavahel püst- ja rõhtsuunas. Nüüd leitakse vahapaberil rööpjoonte vahel algpunkti kõrgusele vastav asukoht ja vajutatakse see punkt sirkliteravikuga algpunkti kinni. Keerates vahapaberit sirkliotsa ümber leitakse vahapaberi asend, kus teise loodimispunkti kõrgus vastab ta asukohale vahapaberi rööpjoonte vahel. Rööpjoone lõikekohas loodimispunktide ühendusjoonega ongi otsitava horisontaali asukoht.

Tähtsamad puudused, millistest horisontaalide tõmbamisel peab hoiduma, on järgmised (joonis 20):

1) Jämedad horisontaalid. Nagu kõik abijooned, nii peavad ka horisontaalid olema peened ja vähe silmatorkavad.

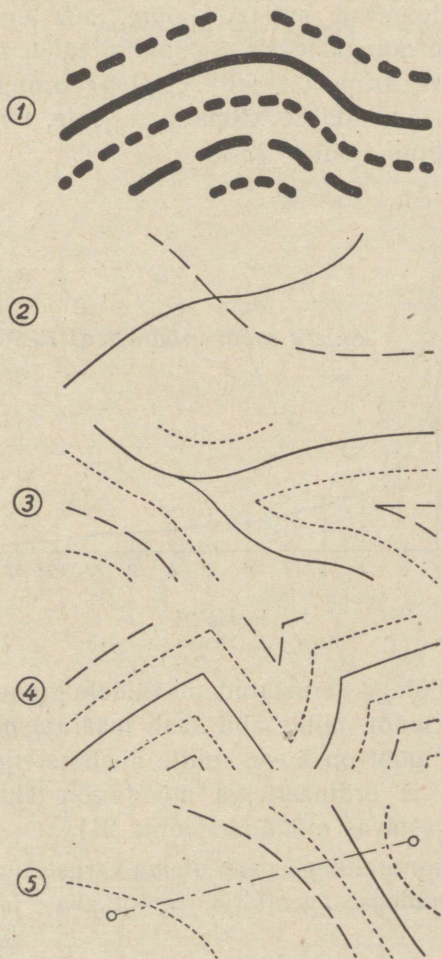
2) Horisontaalid ei tohi lõikuda. Nende lõikumine vihab lubamatule veale.

3) Horisontaalid ei saa hargneda. Võib kujutleda juhtu, kus org muutub ahendudes õige kitsaks püstpervedega kuristikuks, õigem maapinna lõheks, kuhu suundub horisontaal, või seljandik muutub kitsaks valliks, mille harja mööda kulgeb horisontaal, kuid see pole horistaali hargnemine, vaid sopistus.

4) Horisontaalid ei tohi olla nurgelised. Meie jäätegevusega silutud moreenmaastikus on reljeef sujuv ja tasane; nurgeliste murdjoontena võivad horisontaalid kulgeda vaid noores kaljumaastikus.

5) Kahe punkti vahel asuvate horisontaalide vahed peavad olema võrdsed. Kui horisontaalid asetuvad koomale, peä-

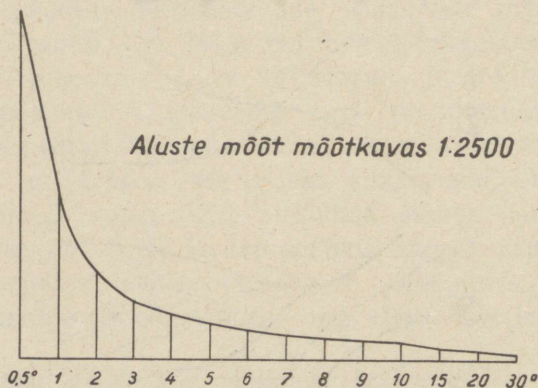
vad kõik nende vahed olema võrdsed. Osaline koondumine osutab mõõtmise või arvutamise vigadele.



Joonis 20.

Horisontaalid katkestatakse teede ja hoonete kohal, sest need on ümbruskonnast kõrgemad või madalamad.

Mida tihedamalt asuvad horisontaalid, seda järsem on langus või tõus. Looduslikud ojad ja jõed kulgevad maastikul suurema languse suunas, s. t. risti horisontaalidele. Kui horisontaalid moodustavad suletud sõõre, siis on tegemist kas loigukohtade või küngastega. Sel puhul tuleb märkida väikese langust tähistava kriipsuga, millise pinnavormiga on tegemist. Esimesel juhul tõmmatakse kriips sissepoole, teisel juhul väljapoole suletud ringi (joonis 22).

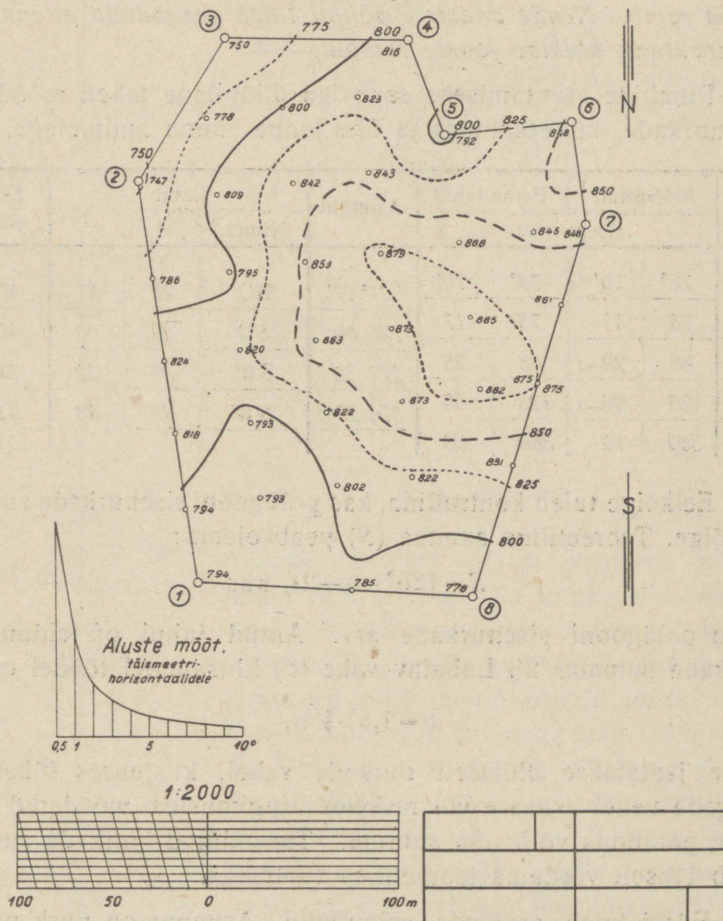


Joonis 21.

Horisontaalidega varustatud plaanidele joonestatakse tavaliselt ka aluste mõõt, mille abil saab määrata maapinna kaldenurka. Aluste mõõt on kõver, mille abstsissiteljel asuvad kraadide väärtused ja ordinaattelge mööda on tähistatud horisontaalide vahed vastavas mõõdus (joonis 21).

Plaan horisontaalidega peab olema varustatud horisontaalide kõrguste andmetega, pealkirja, mõõtkava ja kirjanurgaga (joonis 22).

# TRÜ Õppe- ja Katsemajandi põlluosa loodimisplaan



Joonis 22. (Vähendatud 2 korda.)

## 5. töö: Polügooni plaanistamine rumbide abil.

**Ülesanne:** Polügooni joonestamine rumbide ja küljepikkuste järgi malli abil. Vea tasandamine paralleeljoontega. Antud on polügooni mõõdetud sisenurgad, külgede pikkused ja ühe joone rumb. Nende andmete põhjal tuleb parandada sisenurgad ja arvutada kõikide joonte rumbid.

Rumbide arutamiseks saab iga üliõpilane tabeli mõõdetud sisenurkade, küljepikkuste ja ühe joone suuna andmetega.

Punkti nr.	Mõõdetud		Parandatud		Asimuut	Rumb			Küljepikkus
	sisenurgad					Nimet.	°	'	
1.	73°	10'*)	73°	10'	21° 17'	NO	21	17	495,0
2.	75	17	75	17					
3.	88	29-1	88	28	217 32	SW	37	32	314,1
4.	123	06-1	123	05	274 27	NW	85	33	315,4
	360	02	360	00					1527,6

Eelkõige tuleb kontrollida, kas polügooni sisenurkade summa on õige. Teoreetiline summa ( $S$ ) peab olema:

$$S = 180^\circ \cdot (n - 2), \text{ kus}$$

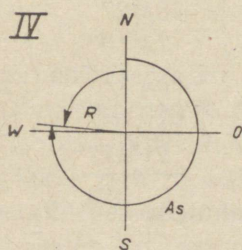
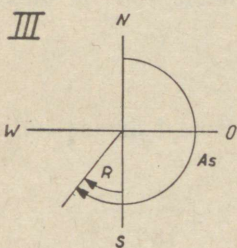
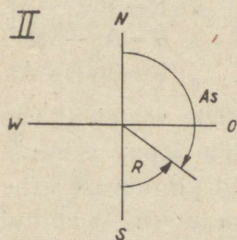
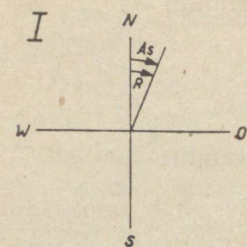
$n$  on polügooni sisenurkade arv. Antud juhul on sidumatus nurkade summas 2'. Lubatav vahe ( $v$ ) lihtsamatel töödel on:

$$v = 1,5' \cdot \sqrt{n}.$$

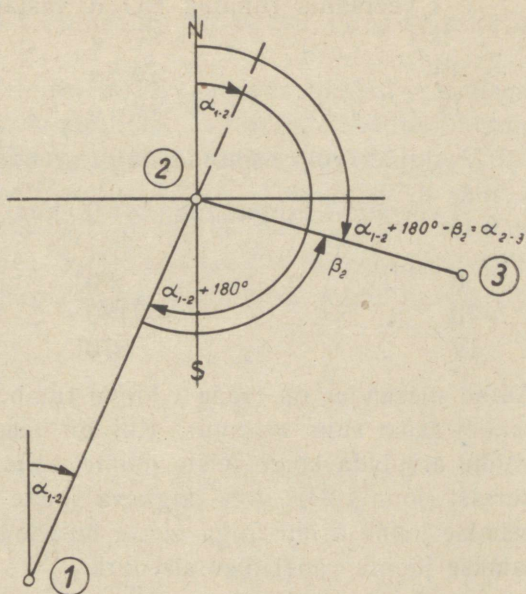
Vahe jaotatakse ühtlaselt nurkade vahel, kusjuures lühemate külgede vahel asuvate või rasketes tingimustes mõõdetud nurkade parandus võib olla suurem. Tasandatud nurkade summa peab täpselt võrduma teoreetilise summaga.

Edasi tuleb arvutada asimuudid. Asimuut on nurk põhja-suuna ja antud joone suuna vahel, mis on mõõdetud päripäeva ehk kellaosuti liikumise suunas. Selle järgi, kas põhjasuunaks

\*) Püstkirjaga on tähistatud antud, kursiiviga — arvutatud suurused.



Joonis 23.



Joonis 24.

on magnetiline või geograafiline meridiaan, võib asimuut (ja rumb) olla magnetiline või geograafiline. Asimuudi suurus võib olla  $0^\circ$  kuni  $360^\circ$ . Rumb seevastu on nurk meridiaani ja antud suuna vahel, mõõdetud nii meridiaani põhjakuika lõunapoolsest otsast, nii paremale kui ka vasakule poole. Rumbi suurus võib olla  $0^\circ$  kuni  $90^\circ$ -ni. Rumbil peab olema antud nimetus, mis näitab, missuguses kvadrantis (veerandis maailmakaarte suhtes) ta asub. Asimuudi ja rumbi vahetõrge on järgmine (joonis 23):

I	veerandis	rumbile	NO:	$\alpha$	vastab	asimuut	$\alpha$ ;
II	"	"	SO:	$\alpha$	"	"	$180^\circ - \alpha$ ;
III	"	"	SW:	$\alpha$	"	"	$180^\circ + \alpha$ ;
IV	"	"	NW:	$\alpha$	"	"	$360^\circ - \alpha$ .

Vastupidi võib asimuudi järgi arvutada rumbi:

I veerandis asimuudile (As)  $0^\circ$  kuni  $90^\circ$  vastab sama suur rumb (R),  $R = As$ ;

II	"	"	$90^\circ$	"	$180^\circ$	"	$R = 180^\circ - As$ ;
III	"	"	$180^\circ$	"	$270^\circ$	"	$R = As - 180^\circ$ ;
IV	"	"	$270^\circ$	"	$360^\circ$	"	$R = 360^\circ - As$ .

Antud ülesandes on teada I joone rumb; sellele vastab (I veerand!) sama suur asimuut. Kui on teada ühe joone asimuut, võime arvutada kõigi teiste joonte asimuudid järgnevast vahekorrast (joonis 24): iga järgneva joone asimuut ( $\alpha_{2-3}$ ) võrdub eelmise joone asimuudiga ( $\alpha_{1-2}$ ), millele liidetakse  $180^\circ$  ja lahutatakse joonte vahel olev sisnurk  $\beta_2$ .

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2.$$

Teostades arvutuse kõigi külgede kohta, saame esimese külje asimuudi:

$+ 21^\circ 17'$	$+ 126^\circ 00'$	$+ 217^\circ 32'$	$+ 274^\circ 27'$
$+ 180^\circ$	$+ 180^\circ$	$+ 180^\circ$	$+ 180^\circ$
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
$201^\circ 17'$	$306^\circ 00'$	$397^\circ 32'$	$454^\circ 27'$
$- 75^\circ 17'$	$- 88^\circ 28'$	$- 123^\circ 05'$	$- 73^\circ 10'$
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
$126^\circ 00'$	$217^\circ 32'$	$274^\circ 27'$	$381^\circ 17'$
			$- 360^\circ$
			<hr/>
			$21^\circ 17'$

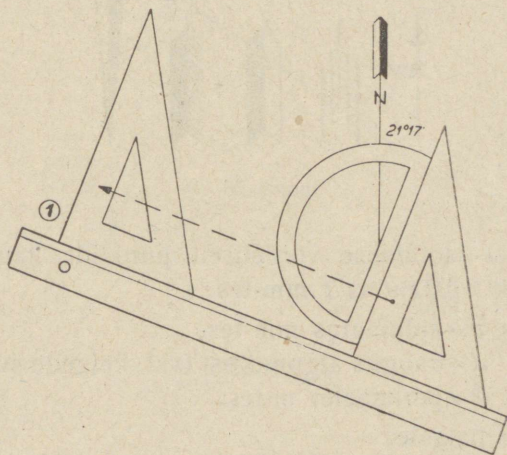
Arvutuskäigus võib vajaduse järgi liita või lahutada  $360^\circ$ , kuna sellega suund ei muutu.

Peale asimuutide arvutamist määratakse nendest rumbid.

Teise külje rumb on  $180^\circ - 126^\circ 00' = SO : 54^\circ 00'$ ;  
kolmanda " " "  $217^\circ 32' - 180^\circ = SW : 37^\circ 32'$  ja  
neljanda " " "  $360^\circ - 274^\circ 27' = NW : 85^\circ 33'$ .

Lõppeks arvutatakse polügooni perimeeter, liites kõik küljepikkused.

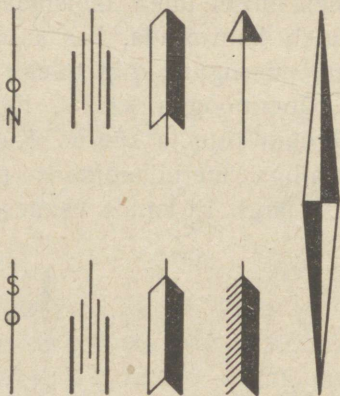
Polügooni joonestamisel tuleb tähistada paberil meridiaani suund. Seejärel tuleb kontrollida, kas antud mõõdus kontuur mahub paberile, ning missugune koht tuleks valida algpunktiks, et polügoon asuks paberipoogna keskel. Esialgu tuleb skitseerida mustandis polügooni kuju ja suurus. Kui algpunkt on valitud, määratakse malliga meridiaanjoone peal esimese külje suund vastava rumbi järgi. Et kanda esimese joone suund alg-



Joonis 25.

punkti; asetatakse kolmnurga külg malli alusjoone vastu ja nihutatakse kolmnurk rööplükkega joonlauda mööda algpunkti kohale (joonis 25). Sirkli abil mõõdetakse mõõtkava pealt võetud joone pikkus ja saadakse teise nurga tipu asukoht. Teisest punktist väljudes leitakse rumbi ja küljepikkuse abil kolmas punkt jne. Jätkates pealekandmist kuni viimase (4.) punktini, peab selle kaudu pealekantav 1. punkt kokku langema algpunktiga; tavaliselt esineb aga väike viga, mis on põhjustatud välismõõtmiste ja pealekandmise ebatäpsusest (joonis 27). Äärmine lubatav sidumisviga on  $\frac{1}{200}$  perimeetrist. Vea tasandamiseks ühendatakse algpunkt ja pealekandmise käigus saadud esimene punkt ning

joonestatakse sellele ühendusjoonele paralleeljooned kõigisse nurkadesse.



Joonis 26.

Sidumatust jaotatakse võrdeliselt punktide kaugusele algpunktist. Punkti parandus  $t$  mm-tes:

$$t = \frac{v \cdot d}{P},$$

kus  $v$  = sidumatus mm-tes,  
 $d$  = kaugus algpunktist (vst. külgede summa) ja  
 $P$  = perimeeter m-tes.

Algpunkt jääb paigale.

$$\text{Teise punkti parandus } t_2 = \frac{3,3 \cdot 495,0}{1527,6} = 1,1 \text{ mm};$$

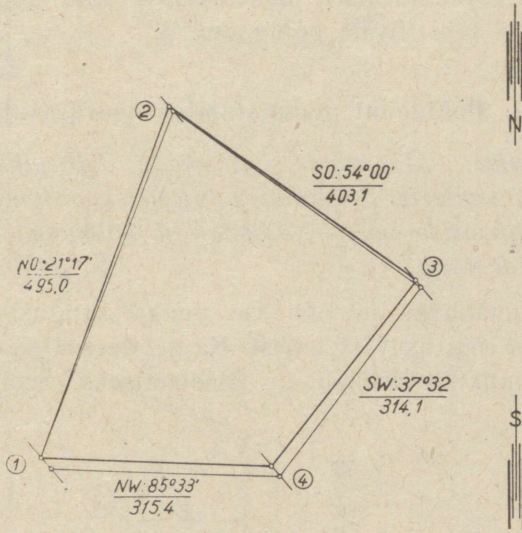
$$\text{kolmanda punkti parandus } t_3 = \frac{3,3 \cdot (495,0 + 403,1)}{1527,6} = 1,9 \text{ mm ja}$$

$$\text{neljanda punkti parandus } t_4 = \frac{3,3 \cdot (495,0 + 403,1 + 314,1)}{1527,6} = 2,7 \text{ mm.}$$

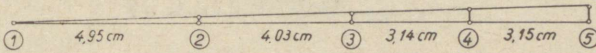
Parandust võib määrata ka graafiliselt. Selleks laotatakse perimeeter sirgjoonele, s. t. kantakse kõik küljepikkused alustades algpunktist järjestikku ühele sirgjoonele. See võib ruumi säästmise mõttes toimuda ka teistsuguses mõõdus. Lõpp-punkti ehitatud perpendikulaarile märgitakse sidumatuse suurus ja ühendatakse see punkt algpunktiga. Küljepikkuste otsapunktidest tõmmatud ristjooned kuni kaldjooneni ongi otsitavad parandused (joonis 27).

# Polügooni joonestamine

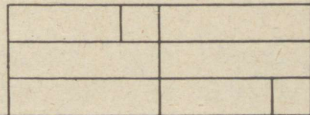
rumbide ja küljepikkuste abil



## Sidumatuse graafiline tasandamine



Mõõt 1:5000



Joonis 27. (Vähendatud 2 korda.)

Uute tippude ühendusjoon annab kontuuri õiged piirjooned. Polügooni nurgad tähistatakse piirikividena; nurkade numb-

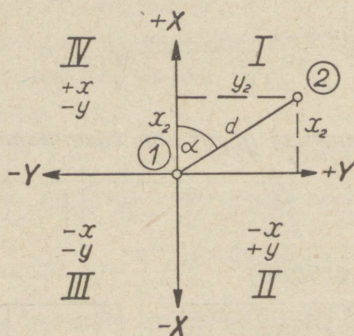
rid on ümbritsetud ringiga. Külgede rumbid ja pikkused tähistatakse vastavate joonte juures: küljejoone keskpaiga piirkonda tõmmatakse horisontaaljoon, mille peale kirjutatakse rumb, joone alla — pikkus meetrites.

Meridiaani suund varustatakse põhjaotsa (noole teraviku) ja lõunaotsaga (noole saba), mis võivad olla mitmeti kujundatud (joonis 26). Tavaliselt joonestatakse vaid nooleotsad, sest suunajoon ei tohi riivata polügooni.

## 6. töö: Polügooni plaanistamine koordinaatide abil.

**Ülesanne:** Mõõdetud sisenurkade, küljepikkuste ja ühe külje suuna andmetel arvutada polügooni koordinaadid ja pindala. Koordinaatide võrgu ehitamine ja polügooni joonestamine koordinaatide järgi.

Koordinaatideks nimetatakse punkti kaugusi kahest teineteise suhtes risti asuvast teljest. Ka geodeesias kasutatakse koordinaate punktide asukohtade tähistamiseks. Seejuures on tel-

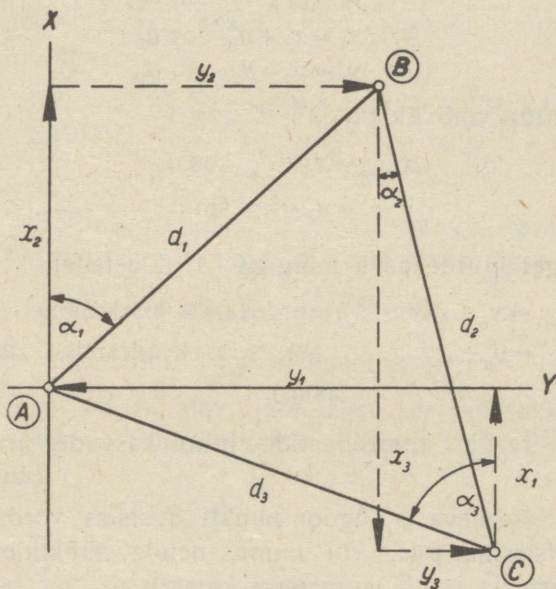


Joonis 28.

gede nimetused geodeesias (Descartes'i ristkoordinaadid) vastu-pidised matemaatikas tarvitatavaile. Meridiaani suunas asuv telg on  $x$ -, õhtu-hommiku suunas asuv telg —  $y$ -telg (joonis 28). I kvadrantis on  $x$  ja  $y$  positiivsed, II kvadrantis  $x$  nega-

tiivne ja  $y$  positiivne, III kvadrantis  $x$  ja  $y$  negatiivsed ja IV kvadrantis  $x$  positiivne ning  $y$  negatiivne.

Suletud polügoonis on võimalik arvutada, väljudes ühest punktist, kõigi teiste punktide koordinaadid, kui on teada kõik küljepikkused ja kõigi joonte rumbid.



Joonis 29.

Võttes esimese punkti koordinaatideks  $x_1=0$  ja  $y_1=0$ , saame arvutada teise punkti koordinaadid sin- ja cos-funktsioonide abil:

$$x_2 = d \cdot \cos a \quad (\cos = \text{lähiskaateti suhe hüpoteenuusi})$$

$$y_2 = d \cdot \sin a \quad (\sin = \text{vastaskaateti suhe hüpoteenuusi}).$$

Teise punkti koordinaatidest kolmanda punkti asukohta määrates leiame kolmanda punkti ja teise punkti koordinaatide vahe jne. Saadud vahesid nimetatakse koordinaatide juurdekasvudeks. Nende määramine selgub skeemist (joonis 29):

$$A: x_1 = 0$$

$$y_1 = 0$$

$$B: x_2 = d_1 \cdot \cos a_1$$

$$y_2 = d_1 \cdot \sin a_1$$

$$C: x_3 = x_2 - d_2 \cdot \cos a_2$$

$$y_3 = y_2 + d_2 \cdot \sin a_2$$

$$A: x_1 = x_3 + d_3 \cdot \cos a_3$$

$$y_1 = y_3 - d_3 \cdot \sin a_3$$

Vahekorda võib üldistada:

$$x_{n+1} = x_n \pm d_n \cdot \cos a_n$$

$$y_{n+1} = y_n \pm d_n \cdot \sin a_n$$

Viimast liiget juurdekasvu märgiga ( $\Delta$ ) tähistades:

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= x_n \pm \Delta x && (\text{juurdekasvu märk oleneb joone suu-} \\ y_{n+1} &= y_n \pm \Delta y && \text{nast, s. t. kvadrantist, milles joon} \\ &&& \text{asub).} \end{aligned}$$

Üldine reegel koordinaatide juurdekasvude arvutamiseks oleks:

1) Iga järgneva polügoonipunkti abstsiss võrdub eelmise punkti abstsissiga pluss või miinus nende punktide ühendusjoone pikkuse ja rumbi koosinuse korrutis.

2) Iga järgneva punkti ordinaat võrdub eelmise punkti ordinaadiga pluss või miinus punktide ühendusjoone pikkuse ja rumbi siinuse korrutis.

I kvadrantis on abstsissi ja ordinaadi juurdekasvud positiivsed. II kvadrant (SO) on abstsiss negatiivne ja ordinaat positiivne. III kvadrant (SW) on abstsiss ja ordinaat negatiivsed. IV kvadrant (NW) on abstsiss positiivne ja ordinaat negatiivne.

$\Delta x$ on positiivne,	kui rumbi nimetuses esineb N- täht,	
negatiivne,	" " " " " "	S " ;
$\Delta y$ on positiivne,	" " " " " "	O " ,
negatiivne,	" " " " " "	W " .

Arvutustöö hõlbustamiseks leitakse juurdekasvude suurused logaritmimise teel:

$$\log \Delta x = \log d + \log \cos a,$$

$$\log \Delta y = \log d + \log \sin a.$$

Juurdekasvude logaritmidest leitakse nende naturaalsuurused.

Arvestades märke, peavad juurdekasvude summad kumbki võrduma nulliga:

$$\Sigma \Delta x = 0 \quad \text{See selgub joonisest 29, kus}$$

$$\Sigma \Delta y = 0. \quad x_1 + x_3 = x_2 \text{ ja}$$

$$y_1 + y_2 = y_3.$$

Olenedes mõõtmise vigadest ei ole see summa tavaliselt võrdne nulliga. Absoluutne sidumatus  $d$ , mis arvutatakse valemi abil

$$d = \sqrt{(\Sigma \Delta x)^2 + (\Sigma \Delta y)^2},$$

peab olema vähem kui  $1/1000$  perimeetrist\*).

Kui viga on lubatav, jaotatakse see juurdekasvude vahel proportsionaalselt küljepikkustele. Kõigepealt leitakse parandus 100 m kohta

$$\frac{\Sigma \Delta x \cdot 100}{P}, \text{ resp. } \frac{\Sigma \Delta y \cdot 100}{P} \quad (P = \text{perimeeter})$$

ja korrutatakse see iga küljepikkuse sadade meetrite arvuga. Juurdekasvude paranduste märgid võetakse vastupidised sidumatusse märgile.

Peale juurdekasvude tasandamist arvutatakse koordinaadid. Selleks antakse ühele punktile (tavaliselt esimesele) koordinaatide väärtus  $x=0$  ja  $y=0$  ja summeerides sellele vahepealse joone juurdekasvud, leitakse teise punkti koordinaadid. Siinjuures tuleb arvestada juurdekasvude märke. Viimase punkti koordinaatidele järgmise külje juurdekasve liites saadakse  $x=0$  ja  $y=0$  (esimese punkti koordinaadid).

\* ) Rasketes mõõtmistingimustes  $d \leq \frac{P}{1000}$ ,

keskmistes  $d \leq \frac{P}{2000}$  ja heades  $d \leq \frac{P}{3000}$ .

Koordinaatide arvutus toimub sellekohasel tabelil, mille esimese osa moodustab eelmises töös kirjeldatud asimuutide ja rumbide arvutus.

Koordinaatide järgi saab arvutada polügooni pinda õige suure täpsusega. Polügooni pinda saab väljendada nagu vahet kahe trapetsite süsteemi vahel (joonis 30). Kolmnurga 1—2—3 pindala võrdub trapetsite 1—2—B—A ja 2—3—C—B pindade summaga miinus trapetsi 1—3—C—A pind:

$$F = \frac{(x_1 + x_2)}{2} (y_2 - y_1) + \frac{x_2 + x_3}{2} (y_3 - y_2) - \frac{x_3 + x_1}{2} (y_3 - y_1),$$

$$2F = x_1 y_2 + x_2 y_2 - x_1 y_1 - x_2 y_1 + x_2 y_3 + x_3 y_3 - x_2 y_2 - x_3 y_2 - x_3 y_3 - x_1 y_3 + x_3 y_1 + x_1 y_1,$$

$$2F = x_1 (y_2 - y_3) + x_2 (y_3 - y_1) + x_3 (y_1 - y_2) \quad \text{ja}$$

$$2F = y_1 (x_3 - x_2) + y_2 (x_1 - x_3) + y_3 (x_2 - x_1).$$

Valemi osade arv vastab nurkade arvule; üksikud osad on sarnased:

$$x_n (y_{n+1} - y_{n-1}) \quad \text{ja} \quad y_n (x_{n-1} - x_{n+1}).$$

Kui polügoonis oleks  $n$  nurka, siis oleksid valemid:

$$2F = x_1 (y_2 - y_n) + x_2 (y_3 - y_1) + x_3 (y_4 - y_2) + \dots$$

$$\dots + x_{n-1} (y_n - y_{n-2}) + x_n (y_1 - y_{n-1}) \quad \text{ja}$$

$$2F = y_1 (x_n - x_2) + y_2 (x_1 - x_3) + y_3 (x_2 - x_4) + \dots$$

$$\dots + y_{n-1} (x_{n-2} - x_n) + y_n (x_{n-1} - x_1).$$

Lühemal kujul:  $2F = \sum x_n (y_{n+1} - y_{n-1})$  ja

$$2F = \sum y_n (x_{n-1} - x_{n+1}).$$

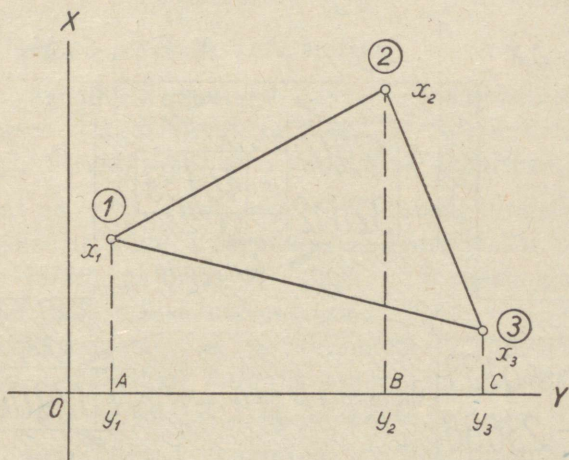
Pindala arvutatakse mõlema valemi järgi; korrutiste summad peavad olema võrdsed (kontrollivõimalus).

Pinnaarvutusel määratakse kõigepealt vahed  $y_{n+1} - y_{n-1}$  ja  $x_{n-1} - x_{n+1}$  ja kirjutatakse need tabeli vastavaisse lahtreisse. Edasi korrutatakse koordinaatide andmed samas reas asuvate vahedega ja kirjutatakse tulemused tabeli kahte viimasesse lahtreisse. Summeerimisel saame kummagi valemi järgi leitud kahekordsed pindalad eri tulpades. Pindala saadakse  $1 \text{ cm}^2$



täpsusega; see jagatakse kahega ja väljendatakse pinnasuurus ha-des. Kaheksa kohta peale koma ümmardatakse kolmeks (0,001 ha). Korrutamise lihtsustamiseks kasutatakse arvemasinat.

Arvemasina abil toimub pinna arvutamine hõlpsamini teisiti. Kuna vahe  $y_{n+1} - y_{n-1} = \Delta y_{n-1} + \Delta y_n$ , võib koordinaatide



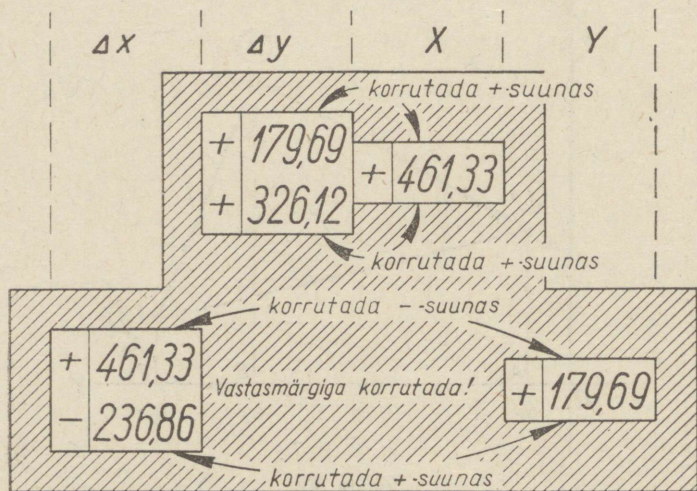
Joonis 30.

vahede asemel kasutada vastavate juurdekasvude summat. Et mitte eraldi arvutada juurdekasvude summat, võib summa korrutise asemel kasutada korrutiste summat:

$$x_n (\Delta y_{n-1} + \Delta y_n) = x \cdot \Delta y_{n-1} + x \cdot \Delta y_n.$$

Arvude äravahetamise vältimiseks valmistatakse joonisel 31 kujutatud šabloon, kus ülemisest aknast paistavad kaks  $\Delta y$  juurdekasvu ühes nende vahel asuva  $x$ -koordinaadiga, ja alumisest aknapaarist kaks  $\Delta x$  juurdekasvu ja nende vaheline  $y$ -koordinaat. Asetades ülemise akna esimese koordinaadi kohale ( $x=0$ ) jääb ka korrutis nulliks. Šablooni teise koordinaadi kohale nihutades võtame selle väärtuse 461,33 arvemasina trumlile, korrutame selle esiteks 179,69 ja siis 326,12-ga, lastes masinal

liita mõlemad korrutised (jätta esimene korrutis tulemuselugejalt kustutamata). Tulemus võidakse kirjutada korrutiste lahtrisse, kuid võib ka jätta tulemuselugejale, et liita sellele järgmised korrutised ja saada viimase koordinaadi kohal tulemuselugejalt polügooni pind. Sel korral jäävad üksikud korrutised kirjutamata. Kui esinevad negatiivsed arvud, tuleb korrutused teha nega-



Joonis 31.

tiivses (jagamise) suunas (NB!  $-\cdot- = +$ ). Teise aknapaari abil korrutades tuleb  $y$  korrutamisel  $\Delta x$  summaga korrutada vastupidise märgiga ( $+\cdot+ = -$ ;  $-\cdot- = -$ ;  $+\cdot- = +$ ), sest  $x_{n-1} - x_{n+1} = -(\Delta x_n + \Delta x_{n-1})$ .

Koordinaatide juurdekasvude arvutamine võib toimuda ka logaritmimeiseta, nurgafunktsioonide naturaalsuuruste korrutamise teel küljepikkustega. Selle töö hõlbustamiseks kasutatakse tabelleid või arvemasinat.

Gauss'i polügonomeetrilistes tabelites on antud sin- ja cos-funktsioonide naturaalsuurused kõrvuti asuvatel lehekülgedel, vasakul sin, paremal cos, ja nimelt 10, 20, 30, ... 70, 80 ja

90-ga korrutatud kujul. Arvutades juurdekasve küljele

NO: 21° 17' <hr style="width: 100%;"/> 495,0	liidame vastavalt:	$\Delta y$	$\Delta x$
	400	145,2	372,7
	90	32,67	83,86
	5	1,815	4,659
	495,0	179,68	461,22

Liitmist hõlbustab arvelaua kasutamine.

Orlov'i tabelid\*) erinevad Gauss'i tabelleist sellega, et  $\Delta y$  ja  $\Delta x$  asuvad siin kõrvuti tulpades, korrutatuna 1, 2, 3, ... 7, 8 ja 9-ga. Arvutuskäik on analoogiline eelmisega.

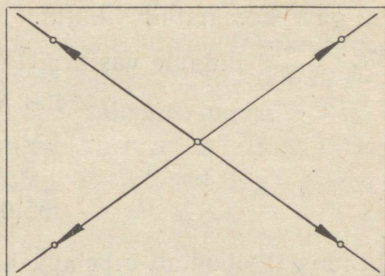
Arvemasina abil arvutamisel puuduvad liitmisvead. Sel puhul võetakse trumlile küljepikkus ja korrutatakse see kordamööda cos ja sin naturaalsuurustega. Arvemasinaga töötades on sobiv kasutada erilisi tabelleid (vt. E. Bach ja A. Lilienthal: „Maamõõte käsiraamat“ ja J. Steinmann: „Topograafi käsiraamat“), kust võetakse nurgafunktsioonide naturaalsuurused viie kohaga, mis korrutatakse küljepikkusega.

Plaani joonestamiseks koordinaatide abil kontrollitakse, kas polügoon mahub antud mõõdus paberile. Selleks summeeritakse abstsisside, samuti ordinaatide, positiivsete ja negatiivsete äärmuste absoluutsed väärtused, arvutatakse need ümber cm-teks vastava mõõtkava alusel ja leitakse polügooni ulatus plaanil. Lisades polügooni mõõtmetele 10 cm paberi servadeks, leiame vajaliku paberiformaadi.

Edasi tuleb ehitada koordinaatide võrk (joonis 32). Selleks tõmmatakse paberile mõlemad diagonaalid (soovitav terasjoonlaua abil) ja kantakse diagonaalide ristumiskohast igasse diagonaalide suunda pikem lõik (mis peab ulatuma peaaegu paberi servani) varbsirkli abil. Saadud punktide ühendamisel tekib riskülik täpselt 90° suuruste sisnurkadega. Risküliku külgedele kantakse peale 10-cm-line pikkus; märgitud lõike

\*) П. М. Орлов, Таблицы приращений прямоугольных координат. Москва, 1926.

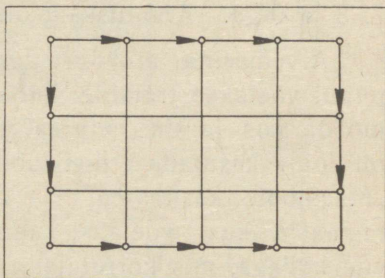
ühendades saadakse koordinaatide ruudustik 10·10 cm (joonis 33). Kontrollimiseks mõõdetakse diagonaalid, mille pikkus peab olema 14,14 cm.



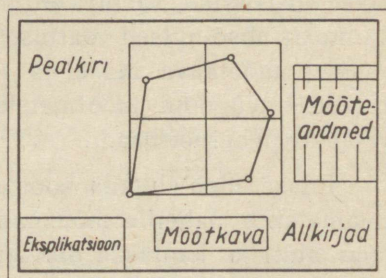
Joonis 32.

Väikestele plaanidele võib valmistada võrgustik väiksemate ruutudega 5·5 cm.

Teljestiku nullpunktiks valitakse selline ristumispunkt, et polügoon mahuks hästi paberile. Esimene punkt asetatakse koordinaatide nullpunkti (joonis 35). Mõõtkavas 1:4000 vastab ruudu külje pikkusele 200 m. Teise punkti pealekandmiseks märgitakse sirkliga nullpunkti kohal asetseva teise ruudu vertikaalkülgede pikendustele mõõtkava abil  $x$ -koordinaadi pikkus  $461,33 - 400 = 61,33$  m. Mõlemad punktid ühendatakse ja  $y=0$  joonest mõõdetakse sellele joonele pikkus 179,69 m, kus asetseb polügooni teine nurk. Kõik järgmised polügooni nurgapunktid kantakse ükshaaval plaanile, alustades mõõtmist lähemast koordinaatjoonest. Plaanile kantud polügoonipunktid ühendatakse ja mõõdetakse kontrollimiseks kõik küljepikkused.



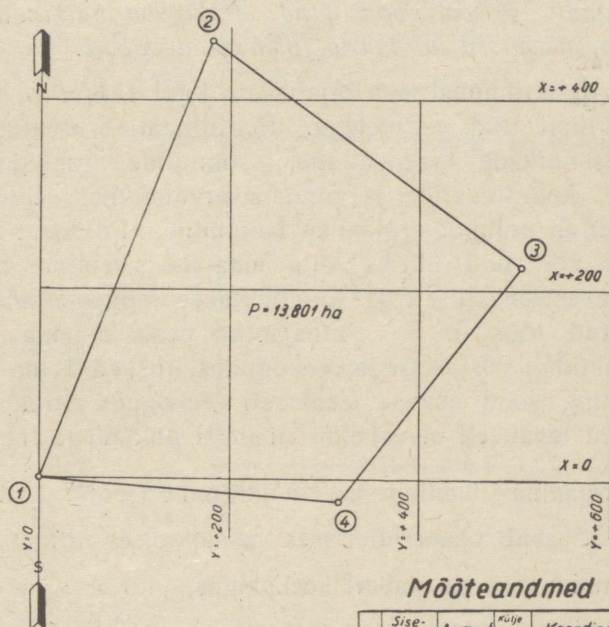
Joonis 33.



Joonis 34.

Tušiga katmisel püütakse tähistada terved koordinaatide ruudud; ruumi puudusel peavad koordinaatide jooned olema küllalt pikad, et saaks kontrollida punktide asukohti.

## Polügooni joonestamine koordinaatide järgi



### Mõõteandmed

Nr	Sise-nurgad		Asimaauf	Külje pikkus	Koordinaadid				
	o	'			±	m	±	m	
1.	73	10	21	17	4950	0	0		
2.	75	17	126	00	4031	+	461,33	+	179,69
3.	88	26	217	32	3101	+	224,47	+	505,81
4.	123	05	274	37	3150	-	24,53	+	314,45

Mõõt 1:4000



Joonis 35. (Vähendatud 2 korda.)

Joonis peab olema varustatud pealkirja, mõõtkava, mõõtsandmete tabeli ja kirjanurgaga (joonis 35).

## 7. töö: Plaani joonestamine koordinaatidega.

**Ülesanne:** Keerulisema polügooni joonestamine koordinaatide järgi, kusjuures on antud polügooni mõõdetud sisenurgad, külgede pikkused, ühe joone rumb ja plaani mõõt. Arvutada koordinaadid ja polügooni pind. Polügoon kujutada valduse plaanina, sisemised kontuurid joonestada vabalt.

Iga praktikumist osavõtja saab kuni 15-nurkse polügooni eespool nimetatud andmetega. Koordinaatide arvutuslehel toimub sisenurkade tasandamine, asimuutide rumõide, juurdekasvude, koordinaatide ja pindala arvutamine. Koordinaatide järgi toimub polügooni plaanile kandmine. Polügooni piir jääb majandi või talu piiriks ning maa-ala sisemine situatsioon valitakse meelevaldselt ja kujundatakse leppemärkidega, nagu kirjeldatud töös nr. 3. Pinnajaotus peab omama reaalsust: piiripunktid ei või asetseda veekogudes, niisked heina- ja karjamaad ning sood asuvad enamasti veekogude ääres; metsa- ja rabamaad tavaliselt ei vaheldu ribamisi põldudega jne.

Normaalne plaani jaotus on järgmine (joonis 34):

- 1) pealkiri asub plaani ülemises vasakpoolses nurgas,
- 2) kujutatav maa-ala paberi keskpaigas,
- 3) mõõtmisandmed paremas servas,
- 4) eksplikatsioon vasakul pool all,
- 5) mõõtkava all keskel ja
- 6) valmistaja kohta käivad andmed paremal all.

Kõlvikute suurused määratakse plaanil graafiliselt või planimeetriliselt ja tasandatakse, võttes aluseks koordinaatide abil arvutatud pindala.

Allpool on esitatud polügooni koordinaatide ja pindala arvutus ning kõlvikute planimeetreerimise ja tasandamise andmed.

Töö näide on esitatud joonisel 36.

Laane nr. 52 talu kordinaatide arvutamine.

Punktide nr.	Sisemised nurgad				Asimuudid Direktsioon- nurgad		Rumbid			Joone pikkus (hor.-projekts.)	Juurdekasvud				Koordinaadid				Punktide nr-d	Vahed				Korrutised									
	Vasakpoolsed		nurgad								Välja arvatud		Parandatud		Koordinaadid		Vahed			Korrutised													
	Mööde- tud	Paran- datud	o	'	o	'	Nim.	o	'		+	$\Delta X$	+	$\Delta Y$	+	$X$	+	$Y$		+	$X_{k-1}$	-	$X_{k+1}$	+	$Y_{k+1}$	-	$Y_{k-1}$	+	$(X_{k-1} - X_{k+1})Y_k$	+	$(Y_{k+1} - Y_{k-1})X_k$		
1.	95	31	95	31	356	29	NW	3	31	495,04	+	494,11	-	30,37	+	494,25	-	30,41	+	0	-	0											
2.	133	45	133	46	42	43	NO	42	43	77,84	+	+0,14	+	-0,04	+	494,25	-	30,41	+	494,25	-	30,41											
3.	157	47	157	48	64	55	NO	64	55	97,95	+	+0,02	+	-0,01	+	57,21	+	52,79	+	551,46	+	22,38											
4.	120	08	120	09	124	46	SO	55	14	233,74	-	+0,03	-	-0,01	+	41,55	+	88,70	+	593,01	+	111,08											
5.	105	25	105	25	199	21	SW	19	21	492,67	-	464,84	-	163,24	-	464,70	-	163,28	+	459,78	+	303,07											
6.	107	21	107	21	272	00	NW	88	00	139,87	+	+0,14	-	-0,04	+	4,92	-	139,79	-	4,92	+	139,79											
	719	57	720	00	1537,11						+	597,70	+	333,52	+	597,93	+	333,48															
											-	598,13	-	333,39	-	597,93	-	333,48															
											-	0,43	+	0,13		0,00		0,00															

Polügooni pind on arvutatud arvemasina abil.

27.0230,7555  
13,512 ha

27.0230,7555  
13,512 ha

Täpsus:  $\frac{n}{\Sigma d} = \frac{\sqrt{0,43^2 + 0,13^2}}{1537,11} = \frac{0,449}{1537,11} = \frac{1}{3430}$

Parandus 100 m kohta:  $\frac{\Sigma \Delta x \cdot 100}{\Sigma d} = \frac{0,43 \cdot 100}{1537,11} = 0,0280$ ;  $\frac{\Sigma \Delta y \cdot 100}{\Sigma d} = \frac{0,13 \cdot 100}{1537,11} = 0,00846$ .

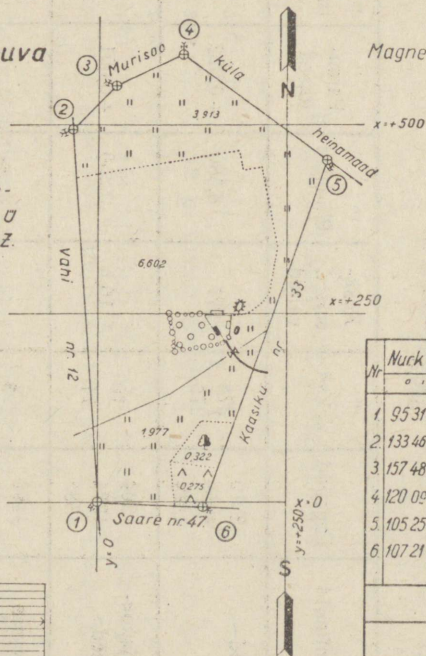
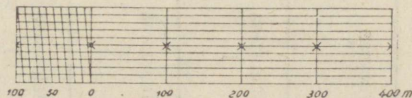
Tartumaal Tartu vallas asuva  
**Laane nr. 52**  
 talu plaan.

Plaani valmistanud 1947a kevad-se-  
 mestril magnetmeridiaani järgi T R O  
 Metsandusteaduskonna üliõpilane X.Z.

**Eksplikatsioon**

Üksuse nimetus	Vijapuud- aad	Põllu- maa	Heina- maa	Kaas- maa	Mets	Tuluta maa	Kokku
Laane 52	0,251	6,602	5,973	0,275	0,322	0,089	13,512

**Mõõt 1:5000**



Magnetiline deklinatsioon + 3,5°

**Mõõteandmed**

Nr	Nükk	Asimuut	Kõige- pikkus	Koordinaadid	
				x	y
1	95 31	356 29	495 04	0	0
2	133 40	42 43	77 84	+ 494,25	+ 30,41
3	157 48	64 55	97 95	+ 551,46	+ 22,38
4	120 09	124 46	233 74	+ 593,01	+ 111,08
5	105 25	199 21	492 67	+ 459,78	+ 303,07
6	107 21	272 00	139 87	- 4,92	+ 139,79

Joonis 36. (Vähendatud 2 korda.)

## Arvutusleht

Laane nr. 52 talu pindala arvutamiseks planimeetriga Coradi  
nr. 22882. Mõõtkava 1 : 5000. Koordinaatide järgi määratud pind-  
ala 13,512 ha. Planimeetreerimise tulemused :

$$\begin{array}{r} - 5735 \quad - 6305 \\ - 5166 \quad - 5735 \\ \hline 569 \quad 570 \end{array}$$

keskmine : 569,5

Jaotuse väärtus:

$$\frac{13,512}{569,5} = 0,0238 \text{ ha}$$

Nr.	Kontuurid	Lugemid	Vahed	Kesk- mised vahed	Pindalad	Paran- dused	Paranda- tud pind- alad
1.	Põld	3810 4088 4364	278 276	277	6,580	+0,022	6,602
2.	Viljapuu- aed	4364 4374 4385	10 11	10,5	0,250	+0,001	0,251
3.	Õuema	4496 4499 4502	3 3	3	0,071	—	0,071
4.	Heinamaa I	4502 4667 4830	165 163	164	3,900	+0,013	3,913
5.	Heinamaa II	4820 4823 4827	3 4	3,5	0,083	—	0,083
6.	Heinamaa III	5043 5127 5209	84 82	83	1,970	+0,007	1,977
7.	Mets	5209 5223 5236	14 13	13,5	0,321	+0,001	0,322

Nr.	Kontuurid	Lugemid	Vahed	Kesk- mised vahed	Pindalad	Paran- dused	Paranda- tud pind- alad
8.	Karjamaa	5236 5247 5259	11 12	11,5	0,274	+0,001	0,275
9.	Tee	60 · 3	= 180	ruutm. =	0,018	—	0,018

Kokku: — 13,467 +0,045 13,512 ha.  
— 13,512  
— 0,045.

### 8. töö: Pikiprofiili joonestamine.

*Ülesanne:* Joonestada loodimisandmete põhjal joone (kraavi või teesihi) pikiprofiil.

Kraavide, teede ja teiste ehituste trasseerimiseks ja projekteerimiseks toimub loodimine ning piki- ja põikprofiilide valmistamine. Kraavi profiili joonestamiseks saab iga üliõpilane andmed pikettide numbrite, maapinna ja kraavipõhja kõrguste kohta, näit.:

Ülikooli abimajandi kuivenduskraavi KN alumise osa loodimise andmed. Emajõe veepinna kõrgus : 30,934 m. Kraavipõhi kuiv.

Pikettide		Maapinna	Kraavipõhja	Märkmed
nr-d	vahed	kõrgused		
1.		32,43	31,22	Rumb: NO : 42° 00'
2.	40	32,36	31,43	
3.	40	32,39	31,47	
4.	40	32,55	31,56	
+ 12.	12	32,58	31,61	Parempoolne nurk 168° 24'
5.	28	32,81	31,66	
6.	40	32,74	31,71	
7.	40	32,78	31,74	Vasakpoolne nurk 141° 16'
+ 21.	21	32,85	31,78	
8.	19	32,85	31,78	
8.	40	33,40	31,81	
9.	40	33,46	31,89	

Profiili joonestamine toimub mm-paberil. Paberilehe keskpäika tõmmatakse horisontaaljoon, millest allapoole märgitakse arvulised andmed, joonest ülalpool kujutatakse vastavad kõrgused. Horisontaaljoont nimetatakse relatiivseks horisondiks, mis piirab profiili vertikaalset ulatust; selle väärtuseks võetakse kõige madalamast maapinna kõrgusest vähemalt 2 m madalam täismeetri kõrgus. Antud juhul on madalaima punkti kõrgus 32,36 m; relatiivne horisont on seega 30,00 m üle merepinna.

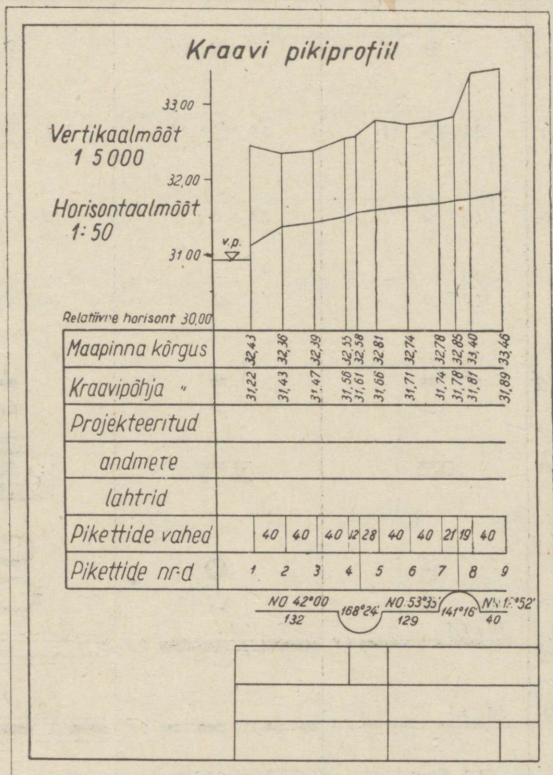
Relatiivse horisondi joone alla kirjutatakse järgmised arvulised andmed (profiilipea):

- 1) maapinna kõrgus,
- 2) kraavipõhja kõrgus,
- 3), 4) ja 5) kolm lahtrit projekteeritavate suuruste jaoks jäävad esialgu tühjaks ja täidetakse hiljem kultuurtehniku poolt punase tušiga;
- 6) pikettidevahelised kaugused,
- 7) pikettide numbrid ja
- 8) joonte suunad ning pikkused.

Mõnikord joonestatakse profiili alla ribakujuline joone asend plaanil ühes lähema ümbrusega.

Et harilikus plaanimõõdus kõrguste vahed oleksid vaevalt märgatavad, võetakse vertikaalmõõt horisontaalmõõdust suurem: järsema reljeefi korral 1:100, lausmaa korral 1:50. Jättes nimetuste eraldusjoonest 1 cm vahe, alustatakse punktide pealekandmist. Algpunkti joonestatakse vertikaaljoon, selle alla kirjutatakse maapinna ja kraavipõhja kõrgused ja piketinumbrid. Edasi kantakse horisontaalmõõdus horisondi-joonele pikettide vahe, tõmmatakse vertikaaljoon ühes pikendusega pikettide vahe lahtris, täidetakse andmete read ja märgitakse vastavad punktid mm-paberil. Ühendades pealekantud punktid saame maapinna ja põhjajoone kujutise, millel toimub projekteeritavate andmete (süvendatava kraavi uus sügavus, langus ja põhja laius) määramine.

Pikettidevahelised kaugused kantakse vastavasse lahtrisse ja eraldatakse vertikaalsete piketijoonte pikendustega. Piketi-



Joonis 37. (Vähendatud 2 korda.)

numbrid asuvad järgmises lahtris; pluss-pikettide nimetused jäävad märkimata.

Viimase reana on märgitud sirgete kraaviosade suunad ja pikkused ning kraavikäänakute (nurkade) suurus:

$$NO\ \frac{42^{\circ}00'}{132}; \quad NO\ \frac{53^{\circ}36'}{129}; \quad NO\ \frac{14^{\circ}52'}{40}.$$

Töö on esitatud joonisel 37.

# Leppemärke.

Märk	Mööd 1:10 000	1:5 000	1:2000; 1:1000; 1:500
Teodoliit- käigu punkt	⊕ 1,5	⊕ 2,0	⊕ 2,5
Sidekäigu punkt	3,5 ⊙ 1,5	4,0 ⊙ 2,0	4,5 ⊙ 2,5
Loodimis- punkt	1,0 <sup>2,0</sup> ⊙	1,0 <sup>2,0</sup> ⊙	1,0 <sup>2,0</sup> ⊙
Pikett	1,0 ○	1,0 ○	1,0 ○
Eluhooned kõrval- hooned	1,0 <sup>1,5</sup> ■ ■	■ ■	■ ■
Hoonestik	■	■	■ puust ■ kivist
Kunstlikud augud ja künkad	⊙ ⊙	⊙ ⊙	⊙ ⊙
Raudtee, üherõõpm.	3,6, 5,5 ——— 0,8	7,0, 5,0 ——— 1,0	15,0 ——— 10,0
kitsarõõp- meline	3,6, 5,5 ——— 0,6	——— 0,8	15,0 ——— 10,0
Rdt-jaam	Elva 0,6 0,3	Rõpka 0,8	Plaanistatakse määrimisandmete järgi
Rdt-vall	0,6	0,8	10
Rdt-kaeve	0,6	0,8	10
Magistraal- tee	0,8 ——— 10 ——— 0,6 0,4	1,2 ——— 10 ——— 0,6 0,4	0,4 ——— 7 ———
Sillutatud t.	0,8 ——— 5 ——— 0,4	1,2 ——— 5 ——— 0,4	0,4 ——— 5 ———

Märk	1:10 000	15000; 12000	1:1000; 1:5000
Kruusatee	0,8  0,2	1,2  0,2	0,2  4
Sillutamata tee	0,3	0,4	0,3
Välitee	0,3  3,0 1,0	0,4  3,0 1,0	0,3
Jalgrada	0,15	nagu moodsus 1:10000	
Talitee	0,8	nagu moodsus 1:10000	
Kaldajoon	0,15  10 32,5	0,15  10 25,8	0,15  10 24,3
Kaldajärsak			
Jõgi	0,8  31 25,1	Kraav laiusega kuni 5 m  0,3 15 34,2 ← 2 ← ← ← Amme j	
Teetruup	0,8	1,0	nagu m 1:2000
Raudbetoonisild	0,8	1,0	
Raudsild	0,8	1,0	
Kivisild	0,8	1,0	
Puusild	0,8	1,0	
Maavalduse piir	1,0		



Märk	1:10 000	1:5 000	1:2 000; 1:10 000; 1:500
Soo I läbipääsmatu II raskesti läbi- pääsetav III läbipääsetav			nagu 1:5000
Samblasoo			nagu 1:5000
Metsasoo			
Metsad Okaspuu, ühtlasi kuusk			
Mänd			
Tamm			
Lehtpuu (ühtlasi kask, haab, pappel ja lepp)			

Märk	1:10 000	1:5 000	1:2 000, 1:1 000, 1:500
Harvik			
Raieistik			
Põlendik			
Puukool			
Metsaserv			
Võsastik			
Metsasiht			
Liivaväli ja-künkad		Nagu moodsus 1:10 000	

# Sisukord.

	Lk.
Sissejuhatus . . . . .	3
I. Jooniste valmistamine . . . . .	5
1. Praktilisteks töödeks vajalikud abinõud . . . . .	5
2. Joonestusvahendite korrashoid . . . . .	6
3. Standardkiri (OCT 7535) . . . . .	9
4. Jooniste formaat . . . . .	12
5. Kirjanurk . . . . .	12
6. Joonestamise järjekord . . . . .	12
7. Plaanide leppemärgid . . . . .	13
II. Joonestusülesanded . . . . .	14
1. töö: Mõõtkavad . . . . .	14
2. töö: Polügooni pinna mõõtmine . . . . .	20
3. töö: Plaani joonestamine . . . . .	29
4. töö: Horisontaalide joonestamine . . . . .	33
5. töö: Polügooni plaanistamine rumbide abil . . . . .	42
6. töö: Polügooni plaanistamine koordinaatide abil . . . . .	48
7. töö: Plaani joonestamine koordinaatidega . . . . .	58
8. töö: Pikiprofiili joonestamine . . . . .	61
Lisa: Leppemärke . . . . .	64

*Vastutav toimetaja R. Tiiiso.*

*Tehniline toimetaja H. Kohu.*

Ladumisele antud 21. I 47. Trük-  
kimisele antud 28. I 48. Paberi  
kaust  $61 \times 86$ .  $\frac{1}{16}$ , Trükipoognaid  
 $4\frac{3}{8}$  + lisad  $\frac{3}{4}$ . Autoripoognaid 3,7.  
Arvestuspoognaid 3,72. MB 01016.  
Laotihedus trpg. 37 800. Tiraaz 2200.  
Trükikoja tellimus nr. 2333. Trüki-  
koda „Hans Heidemann“, Tartu,  
Vallikraavi 4.

*Hind rbl. 1.30*

Л. Васильев, Пособие для практи-  
ческих упражнений по геодезии.

На эстонском языке.

Эгосиздат „Научная Литература“,  
Тарту.



16922

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00960499 4