

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL
Füüsilise geograafia kateeder

L.-P. Kullus

HÜDROLOOGIA KONTROLLTÖÖ
METOODILINE JUHEND

Tartu 1970

S i s s e j u h a t u s .

Õppeplaani kohaselt tuleb geograafia kaugõppeosakonnas II kursuse üliõpilastel kirjutada 4. semestril kontrolltöö üldises hüdroloogias. Kontrolltöö eesmärgiks on anda üliõpilastele kogemusi lihtsamate hüdrooloogiliste arvutuste teostamiseks mingi jõe hüdroomeetrilise profiili andmete põhjal ning arvutuste tulemuste lahtimõtestamiseks. Arvutused teostatakse ühtse meetodika põhjal, kusjuures lähteandmed on igal üliõpilasel erinevad. Käesolevas juhendis esitatakse kontrolltöö meetodika koos vajalike selgitustega.

Kontrolltöö hõlmab neli ülesannet:

- 1) ööpäeva keskmiste veeseisude korduvus ja kestused antud aastal;
- 2) igapäevaste vooluhulkade arvutamine veeseisu- ja mõõdetud vooluhulkade andmete põhjal;
- 3) antud jõe toitumistüübi määramine hüdrograafi analüüsi põhjal;
- 4) äravoolu karakteristikute arvutamine.

Ülesannete jaoks vajalikud lähteandmed on võetud "Hüdroloogia Aastaraamatutest" (ilmuvad vene keeles). Et aega õppe-eksamisessioonil kokku hoida, on vajalikud andmed trükitud eri lehtedele, mis antakse igale üliõpilasele 3. semestri sessiooni ajal. Kontrolltöö lähteandmed kuuluvad tagastamisele füüsilise geograafia kateedrisse.

Kontrolltöökseks vajalikud lähteandmed on järgmised: 1) igapäevaste veeseisude tabel; 2) vooluhulkade standardkõvera

koordinaadid; 3) mõõdetud vooluhulkade tabel; 4) valgla pindala (F) suurus ja 5) sademete aastasumma (S).

Käesolevas metoodilises juhendis pole antud mitmete hüdroloogia-alaste mõistete (näit. "veeseis", "vooluhulk" jt.) selgitusi, kuna need leiduvad üliõpilastele vajalikus L.-P. Kulluse "Hüdroloogia õppepraktika juhendis (TRÜ rotaprint, 1968).

Ü l e s a n n e n r. 1.

Ööpäeva keskmiste veeseisude korduvus ja kestused antud aastal.

Lähteandmed. Igapäevaste veeseisude tabel.

Veeseisu andmete põgusalgi silmitsemisel märkame, et veeseis jões muutub pidevalt. Antud ülesandes määratakse lihtsa statistilise loendamise abil veeseisude korduvus ja kestused antud aastal.

Loendamise jaoks tuleb joonestada tabel alljärgneva näidise järgi.

Veeseisude korduvuste ja kestuste tabel.

Veeseisude intervallid	Päevade loendus	Korduvus	Kestus
210 - 196	:	2	2
195 - 181	☒ ! :	15	17
180 - 166	☒ ☒ ☒	29	46
:	:	:	:
:	:	:	:
60 - 46	☒ ☒ ☒ :.	33	359
45 - 31	└	6	365

On selliste lahtritega tabel joonestatud, tuleb veeseisude tabelist leida aasta kõrgeim ja madalaim veeseis. Nende vahe annab veeseisude aastase kõikumise amplituudi. Viimase põhjal määratakse kindlaks veeseisude loendamise intervallid, s. t. astmestik, mis hõlmaks kogu aasta veeseisude vahemiku. Intervalle eraldame tabelis 12 - 15.

Näide. Olgu aasta kõrgeim veeseis 209 cm ja madalaim 31 cm. Kõikumise amplituud on $209 - 31 = 178$ cm. Järelikult võime intervallide väärtuseks antud juhul võtta 15 cm (vt. näidist). Täheandab, ala-

tes kõrgematest veeseisudest saame astmestiku 210, 195, 180, 165 jne. Iga intervall peab olema konkreetsetelt piiritletud. Seepärast märgime tabeli 1. lahtrisse veeseisude intervallide väärtused "veeseisust veeseisuni" nii, et naaberintervallides poleks sama arvuga piirväärtusi. Antud näite puhul: 210 - 196, 195 - 181, 180 - 166 jne.

On veeseisude intervallid kirjas, tuleb igapäevaste veeseisude tabelist (alates 1. jaanuari veeseisust) paigutada kõigi päevade veeseisuandmed sobivatesse intervallidesse tabeli 2. lahtris.

Loenduse hõlbustamiseks on soovitatav kasutada statistikute lihtsat loendusandmete märkimise süsteemi. Arvused 1 - 10 märgitakse järgmiste leppemärkidega: 1 - ·, 2 - ∴, 3 - ∶, 4 - ∷, 5 - ∸, 6 - ∹, 7 - ∺, 8 - ∻, 9 - ∼, 10 - ⊠.

Näide. 1. jaanuari veeseis 179 cm annab punkti intervalli "180 - 166", 2. jaanuari veeseis 182 cm aga kuulub intervalli "195 - 181", 3. jaanuari veeseis 176 cm annab teise punkti intervalli "180 - 166" jne.

Samal viisil paigutatakse sobivatesse intervallidesse 4., 5., 6. jaanuari jne. andmed kuni 31. detsembrini välja. Seejuures saame igasse intervalli (tabeli 2. lahtrisse) rea leppekujundeid, mis igaüks tähistavad arve 1 - 10.

Veeseisude korduvuse (tabeli 3. lahter) leidmiseks on vaja nimetatud leppemärgid dešifreerida. Saadud arvud näitavad seda, mitmel korral antud aastas esines ühe või teise intervalli veeseis.

Korduvuse andmete põhjal saame arvutada veeseisude kestused. Kuna tegemist on ööpäeva keskmiste veeseisude andmetega, vastab korduvuse igale juhule ühepäevane kestus. Järelikult kõige kõrgemat veeseisu hõlmava intervalli korduvus ja kestus on võrdsed. Sellest madalama intervalli

veeseis kordus antud näites 15 korral. Selle intervalli veeseisu kestuseks oli 15 pluss veel 2 päeva, mil veeseis püsis kõrgemas intervallis. Tähendab, intervalli "195-181" veeseisu kestus oli $15 + 2 = 17$ ööpäeva. Järelikult mingi intervalli veeseisu kestuse leidmiseks tuleb summeerida selle intervalli veeseisude korduvuse ja kõrgema intervalli kestuse päevad.

Ülesanne on täidetud õigesti, kui kõige madalama veeseisu intervalli kestus annab päevade arvu aastas, s. t. 365 või 366.

Kui mõne vahepealse intervalli veeseisude korduvus võrdub nulliga, siis selle intervalli veeseisude kestus on sama kõrgemalseisva intervalli kestusega.

Märkused.

1. Igapäevaste veeseisude tabelis on antud iga kuu kohta keskmise, kõrgeima ja madalaima veeseisu andmed. Kaks viimast ei lange sageli kokku antud kuu andmeist leitava kõrgeima ja madalaima veeseisuga. Selle põhjuseks on asjaolu, et tabelis on ööpäeva keskmiste veeseisude andmed, tabeli allosas on kõrgeima ja madalaima veeseisu andmed aga leitud üksikute vaatluste andmetest.

2. Veeseisude tabelis esinevate leppemärkide tähendused on järgmised:) - kaldajää, : - rasvjää, * - lobjakas, // - veevool jääl, // - jäänihe, o - harv jääminek, . - keskmine või tugev jääminek, | - jääkate.

Ü l e s a n n e n r. 2.

Igapäevaste vooluhulkade arvutamine.

Lähteandmed. Igapäevaste veeseisude tabel, mõõdetud vooluhulkade tabel, vooluhulkade standardkövera koordinaadid.

Vooluhulga instrumentaalne mõõdistamine jõel on küllalt aeganõudev töö (vt. "Hüdroloogia õppepraktika juhend"). Seepärast vooluhulka ei mõõdeta mitte iga päev, vaid periooditi. Vooluhulka on iga päeva kohta võimalik arvutada, kui antud hüdromeetrilise profiili kohta on kasutada usaldusväärne vooluhulkade standardkõver ja on olemas igapäevaste veeseisude andmed ning antud aasta vooluhulkade mõõtmiste andmed.

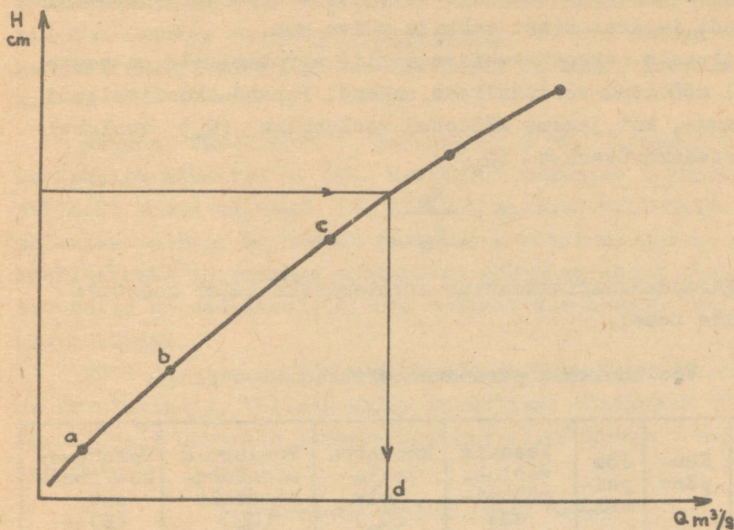
Meetodeid igapäevaste vooluhulkade arvutamiseks on mitu. Alljärgnevalt tutvustatakse vooluhulkade arvutamist nn. paranduskoefitsientide meetodil, mis õppeülesande lahendamise hõlbustamiseks on mitmes osas tublisti lihtsustatud.

Ei ole raske mõista tõsiasi, et jõe vooluhulkade ja veeseisude vahel valitseb seos: vooluhulga suurenemisega kaasneb veeseisu tõus, vähenemisega aga langus. Täisnurkse korrapärase ristlõikega voolusängi korral on see seos lineaarne, s. t. teatud vooluhulga suurenemisele vastab kindel veeseisu tõus ja vastupidi. Looduslike jõgede voolusängi ristlõige pole aga kunagi korrapärane. Järelikult teatud vooluhulga suurenemisele (vähenemisele) vastav veeseisu muutumine pole mitte alati ühesugune, vaid oleneb suuresti veerohkusest jões. Paljude mõõtmiste andmete põhjal koostatakse jõeprofiilide jaoks nn. vooluhulkade standardkõverad, s. o. graafikud, mis väljendavad vooluhulkade ja veeseisude omavahelist seost.

Käesoleva ülesande lahendamisel ongi esimeseks sammuks vooluhulkade standardkõvera konstrueerimine vastavate andmete põhjal, mis antakse lähteandmete hulgas. Vooluhulkade standardkõver joonestatakse millimeetripaberile kantud koordinaatteljestikule. Püstiteljele kantakse veeseisude, horisontaalteljele vooluhulkade andmed (joon. 1).

Enam-vähem sobiva suurusega standardkõvera saame, kui telgede pikkuseks on 25 - 30 cm. Olenevalt veeseisude ja vooluhulkade väärtustest standardkõvera koordinaatide tabelis tuleb valida kummagi telje jaoks sobiv mõõtkava. On see tehtud,

kantakse paberile koordinaatpunktid (joon. 1, punktid a, b, c), mis ühendatakse omavahel sujuva joonega.



Joon. 1. Jõe vooluhulkade standardkõver.

Mingi vooluhulga leidmiseks standardkõveralt tuleb vastava veeseisu kõrguselt püstteljel tõmmata horisontaaljoon kuni lõikumiseni graafiku kõveraga. Lõikumispunkti tõmmatakse vertikaaljoon alla kuni lõikumiseni horisontaalteljega. Lõikumispunkt viimasel annabki vooluhulga väärtuse (joon.1, punkt d).

Pärast seda kui vooluhulkade standardkõver on konstrueeritud, näib, nagu olekski võimalik veeseisuandmete põhjal leida igapäevaseid vooluhulki. Tegelikult aga nii ei ole. Nimelt esineb jõgede voolusängides rida nähtusi, mis moonutavad veeseisude ja nendele vastavate vooluhulkade omavahelist seost. Näiteks jääkatte esinemine, veetaimede kasvamine voolusängis, kallaste ja põhja ärauhumise jms. muudavad jõe elavpinna suurst kui ka voolukiirusi ja nende kaudu ka vooluhulkade väär-

tusi. Järelikult vooluhulk sama veeseisu juures on erinev vaba, rohtunud või jääkattega voolusängis. Sellest tuleb vajadus igapäevaste vooluhulkade arvutamisel sisse viia teatud paranduskoefitsient, mis tasandaks voolusängi seisundi iseärasustest tekkida võiva vea.

Aluseks paranduskoefitsientide arvutamisele on aasta kestel mõõdetud vooluhulkade andmed. Paranduskoefitsiendi (K) saame, kui jagame mõõdetud vooluhulga (Q_m) vooluhulga standardkõveralt (Q_s):

$$K = \frac{Q_m}{Q_s} .$$

Paranduskoefitsientide arvutamiseks tuleb koostada järgmine tabel.

Vooluhulkade paranduskoefitsientide tabel.

Jrk. nr.	Kuu-päev	Jõe seisund	Veeseis vooluh. mõõtmisel (H)	Mõõdetud vooluhulk (Q_m)	Vooluhulk standardkõveralt (Q_s)	Paranduskoefitsient (K)
1	2	3	4	5	6	7

Nagu näha, on tabeli viis esimest lahtrit antud lähteandmetena "Mõõdetud vooluhulkade tabeli" näol.

Andmed tabeli 6. lahtrisse kandmiseks saab vooluhulkade standardkõveralt, kusjuures aluseks on tabeli 4. lahtris olevad veeseisuandmed.

Paranduskoefitsiendid arvutame täpsusega 0,01.

Paranduskoefitsiente saame nii palju, kuimitu vooluhulga mõõtmist antud aastal on tehtud. Kuna meie ülesandeks on vooluhulkade arvutamine iga päeva kohta, siis on vaja teada ka paranduskoefitsientide väärtusi kõigi päevade kohta. See on võimalik, kui koostame paranduskoefitsientide ajalise jao-tuse graafiku. Viimane joonestatakse millimeetripaberile,

kusjuures püstteljele märgitakse paranduskoefitsientide skaala, horisontaalteljele aga päevad.

Vastavate kuupäevade kohal märgitakse graafikule paranduskoefitsientide väärtused. Viimaseid märkivad punktid ühendatakse omavahel sirgjoontega. On see tehtud, või-me graafikult leida paranduskoefitsiente kõigi päevade kohta.

Märkus. Tavaliselt 1. jaanuaril ja 31. detsembril vooluhulka mõõdetud ei ole. Seepärast kasutame kokkuleppeliselt aasta algusest (1. I) kuni esimese vooluhulga mõõtmise päevani ühesugust (esimest arvatud) paranduskoefitsienti ja viimase vooluhulga mõõtmise päeva kohta arvatud paranduskoefitsienti sellest kuupäevast kuni aasta lõpuni.

Nüüd on olemas kõik abianndmed igapäevaste vooluhulkade arvutamiseks. Selleks tuleb ruudulisse vihikusse või ruudulisele paberile lineerida tabel alljärgneva vormi kohaselt.

Igapäevaste vooluhulkade tabel.

Kuu- päev	J a a n u a r				V e e b r u a r			
	H	Q_s	K	Q_t	H	Q_s	K	Q_t

Veeseisuanndmed (H) kantakse tabelisse igapäevaste veeseisude tabelist. Veeseisuanndmete põhjal leitakse vooluhulgad standardkõveralt (Q_s). Paranduskoefitsiendid leitakse vastavalt graafikult. Tegeliku vooluhulga (Q_t) saamiseks tuleb standardkõveralt leitud vooluhulk korrutada vastava paranduskoefitsiendiga:

$$Q_t = Q_s \cdot K .$$

Vooluhulkade arvutamise täpsus oleneb vooluhulga suurusest. Nimelt kui arvatud vooluhulk on

vahemikus	999	-	100	m ³ /s,	siis	täpsuseks	on	täisarv,
"-	99	-	10	"-,	"-	"-	"	0,1,
"-	9	-	1	"-,	"-	"-	"	0,01,
	alla	0,1		"-,	"-	"-	"	0,001.

Ü l e s a n n e nr. 3.

Jõe toitumistüübi määramine hüdrograafi analüüsi põhjal.

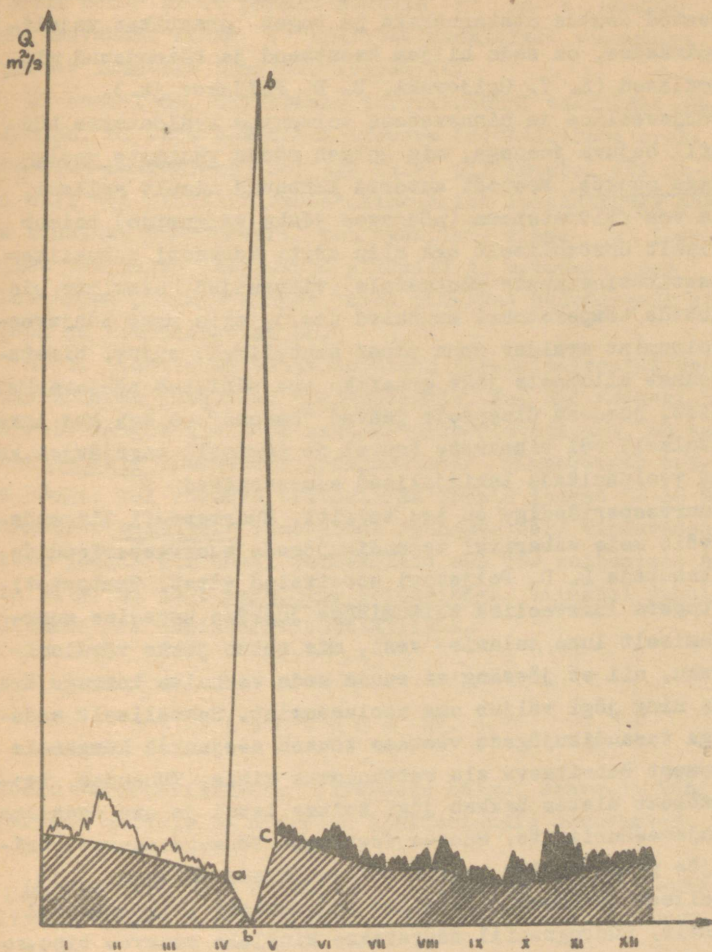
Lähteandmed. Igapäevased vooluhulgad.

Igapäevaste vooluhulkade põhjal on võimalik teatud tõenäosusega otsustada selle üle, missugust osa etendavad antud jõe toitumises lume-, vihma- ja põhjaveed, s. t. kindlaks määrata jõe toitumistüüp. Selleks tuleb konstrueerida hüdrograaf - jõe vooluhulkade jaotumise kronoloogiline graafik.

Millimeetripaberile joonestatud teljestikus kantakse püstteljele sobivas mõõtkavas vooluhulkade skaala, horisontaalteljele aga päevad (1 mm - 1 ööpäev) (joon. 2).

Igapäevaste vooluhulga andmete graafikule kandmine tõenäoliselt kellelegi raskusi ei tekita. Iga päeva vooluhulka tähistavad punktid ühendatakse omavahel järjestikku sirgjoonte abil. Nii saadakse sakiline kõver, kus kevadise suurveeperioodi teravik tõuseb tunduvalt kõrgemale graafiku üldisest tasemest. Talveperioodi "hambaid" võib graafikul tinglikult lugeda sulapäevade suurenenud veerohkusest põhjustatuks, kuid suvised-sügisesed vooluhulga lühiajalised suurenemised on vihmade tagajärjeks. Kuna meil on tegemist õppeülesandega, siis loeme lihtsuse mõttes talveks tinglikult perioodi aasta algusest kuni kevadise suurvee perioodini. Suurveeperiood tähistab tinglikult kevadet ja ülejäänud aeg kuni aasta lõpuni suve + sügist.

Kui hüdrograaf on valmis, tuleb sellel eraldada pindalad, mis tähistavad lumeveelise, põhjaveelise ja vihmaveelise toitumise osatähtsust, s. t. tuleb hüdrograaf liigendada.



Lumevesi
 Vihmavee
 Põhjavesi

Joon. 2. Hüdrograafi liigendamise näidis.

punkt b' sirgjoonega. Analoogiliselt toimitakse suurveeperioodi teise poole puhul: punktid b' ja c ühendatakse omavahel. Punkt c tähistab madalaimat vooluhulka pärast lumevete äravoolu lõppemist.

Et otsustada, millisesse toitumistüüpi vaadeldav jõgi kuulub, on vaja määrata erinevate toiteallikate protsentuaalne osatähtsus. Selleks tuleb planimeetri või pletti abil või lihtsalt ruutsentimeetrite loendamisega määrata kindlaks hüdrograafil põhjaveelist, vihma- ja lumeveelist toitumist tähistavad pindalad ja arvutada need protsentides pindala suhtes, mida piiravad hüdrograafi kõverjoon ja koordinaatteljed.

M. I. Lvovits on välja töötanud jõgede toitumistüüpi määramiseks järgmised gradatsioonid. Kui ühe toiteallika arvele langeb üle 80 % aastase äravoolu hulgast, on tegemist puhtalt lumevetest /põhjaveetest/ vihmavetest toituva jõega; kui valdava toiteallika arvele langeb 50-80 %, on tegemist peamiselt lumevetest /põhjaveetest/ vihmavetest toituva jõega. Kui ühegi toiteallika osa jõe toitumises ei ületa 50 %, on jõgi segatüüpi toitumisega. Viimasel juhul näidatakse ära domineeriv toiteallikas.

Ü l e s a n n e nr. 4.

Äravoolu karakteristikute (äravoolu hulga, äravoolu kihi, äravoolu mooduli ja äravoolu koefitsiendi) arvutamine.

Lähteandmed. Kuu keskmised vooluhulgad (\bar{Q}), jõeprofiili taha jääva valgla pindala (F), sademete aastasumma (S).

1. Äravoolu hulga (W) arvutame iga kuu kohta. Äravoolu hulk on karakteristik, mis näitab, kui palju vett (m^3 , km^3) on antud kuu jooksul läbi jõeprofiili voolanud. Äravoolu hulga arvutamiseks tuleb antud kuu keskmine voo-

luhulk (arvutada!) korrutada sekundite arvuga antud kuus.
Tähendab:

$$W = \bar{Q} \cdot T \quad (\text{m}^3).$$

Sekundite arv ühes ööpäevas on 86 400.

2. Äravoolu kihi (Y) arvutamise vajadus tuleneb sellest, et sageli on äravoolu suurust vaja võrrelda sademete ja aurumise suurusega. Viimaseid teatavasti mõõdetakse kihi paksusega millimeetrites.

Äravoolu kihi paksuse saame, kui jagame äravoolu hulga (W) valgla pindalaga (F). Äravoolu kiht näitab, kui pak-
su kihi moodustaks antud kuu äravoolu hulk, kui see ja-
tuks ühtlaselt valgla pindalal.

Valem äravoolu kihi arvutamiseks on järgmine:

$$Y = \frac{W \cdot 10^3}{F \cdot 10^6} = \frac{W}{F \cdot 10^3} \quad (\text{mm}).$$

10^6 tuleb nimetajasse km^2 -te avaldamisest m^2 -tes, 10^3 lugejasse aga meetrite avaldamisest millimeetrites.

Äravoolu kihi arvutame iga kuu kohta.

3. Äravoolu moodul (M) on karakteristik, mis näitab
vee hulka liitrites, mis sekundi jooksul valgla igalt km^2 -lt
jõe kaudu ära voolab. Valem äravoolu mooduli arvutamiseks on järgmine:

$$M = \frac{\bar{Q} \cdot 10^3}{F} \quad (1/\text{s} \cdot \text{km}^2).$$

10^3 tuleb lugejasse kuupmeetrite avaldamisest kuupdet-
simeetrites (liitrites).

Äravoolu mooduli arvutame iga kuu kohta.

4. Äravoolu koefitsient (n) on karakteristik, mis näitab, kui suur osa valgla
langenud sademetest voolab
jõe kaudu ära. Valem äravoolu koefitsiendi arvutamiseks on järgmine:

$$n = \frac{Y}{S}.$$

Äravoolu koefitsiendi arvutame aasta kohta. Järelikult tuleb valemis "Y" all mõista üksikute kuude kohta arvutatud äravoolu kihtide summat.

Äravoolu hulga ja äravoolu kihi arvutamise täpsuseks on täisarv, äravoolu mooduli ja äravoolu koefitsiendi täpsuseks aga üks sajandik (0,01).

Л.-П. Кулло
МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО
К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ГИДРОЛОГИИ

На эстонском языке

Тартуский государственный университет
ЭССР, г. Тарту, ул. Кликкоэли, 18

Vastutav toimetaja H. Mardiste
Korrektor V. Lang

=====

ТМУ rotaprint 1970. Paljundamisele antud
18.II 1970. Trükiplaanid 1,13. Tingtrükiplaanid
1,05. Arvestusplaanid 0,83. Trükiarv
300. Paber 30x42. 1/4. Tell. nr. 111.

Hind 10 kop.

A
75934

4197119

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00419711 9