

A-15986

5. xi 46

EESTI NSV TARTU RIIKLIKU ÜLIKOOLI GEOLOOGILISED TÖÖD
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ТРУДЫ ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ACTA GEOLOGICA UNIVERSITATIS TARTUENSIS

3

K. ORVIKU

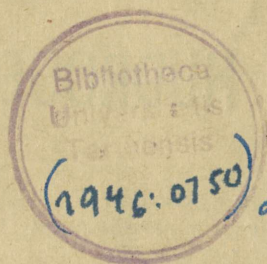
TARTU LINNA HÜDROGEOLOOGIA

С Р Е З Ю М Е :
ГИДРОГЕОЛОГИЯ ГОРОДА ТАРТУ



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“

Äratrükk „Eesti NSV Tartu Riikliku Ülikooli Toimetistest“ (Geologia ja
Geograafia nr. 1).



2-61914

A-15986

Lühike ajalooline ülevaade Tartu linna hüdroteoloogist.

Esimesena katsus Tartu linna maa-alaga seotud põhjaveesid siduda linna maa-ala geoloogilise ehitusega C. Schmidt (1864, 1879). Ta luges kõik Tartu põhjaveed seotuks devoni kihtidega (1864, lk. 207, 380). Vastavalt sellele toonitas ta, et Tartus olevates kaevudes esineb vaid üks, ühtlase keemilise koosseisuga, devoni kihtidest pärinev põhjavesi (1864, lk. 208, 347), kuid puhtana saadavat seda põhjavett kätte vaid väheste sügavamate kaevude kaudu. Enamail juhtudel aga on see normaal-põhjavesi kaevudes suuremal või vähemal määral reostunud. Ning vastavalt reostumisastmele jagas C. Schmidt Tartu kaevuveed viide gruppi.

Tutvudes C. Schmidt'i kasustada olnud kaevuandmetega selgub, et C. Schmidt'i poolt keemiliselt analüüsitud Tartu kaevuvestest on paljud, eriti Emajõe oru pervealadel asuvatest sügavamatest kaevudest võetud veed seotud devoni kihtidega ning, arvestades kaevude väikest sügavust (mitte üle 26,3 m sügavad), just Tartu kihtidega. Kuid suurem osa C. Schmidt'i poolt analüüsitud Tartu kaevuvestest oli seotud Emajõe oru lammil asuvate alluviaalsete ja osalt ka diluviaalsete kihtidega. Samuti tuleb märkida, et C. Schmidt'i poolt devonise normaal-põhjavee iseloomustamiseks valitud kaevud on seotud diluviaalsete kihtidega, mitte aga devoniaegsetega. Nii tuleb C. Schmidt'i katsele — selgitada Tartu põhjavete geoloogilist iseloomu — vaadata praegu kui ajalooliselt huvitavale materjalile.

Järgmine katse, liigitada Tartu põhjaveesid seoses linna aluspõhja ehitusega, leidub C. Grewingk'il (1886). Tema eraldab kvaternaarsed, karbonaatidevaesemad põhjaveed devoniseist, karbonaatiderikka- maist põhjavetest (1886, lk. 321). Pealegi suurenevad devonsete põhjavete karbonaatidesisaldus sedamööda, mida sügavamale kaevud ulatuvad devoni kihtidesse, ja C. Grewingk eraldab devoni kihtides mitut põhjaveetaset (1886, lk. 324). Seega tõstab C. Grewingk esimesena esile Tartu põhjavete geoloogilise kaksikliigestuse.

Lähtudes sellest kaksikliigestusest rühmitab ta Tartu kaevud nelja rühma, vastavalt sellele, kas nad oma vee saavad ainult kvaternaarseist või ainult devonseist või aga nii kvaternaarseist kui devonseist kihtidest:

A: kaevud täiesti kvaternaarseis setteis (1886, lk. 321);

C: kaevud Emajõe oru lammil nii kvaternaarseis kui ka devonseis setteis (1886, lk. 323);

D: kaevud nii kvaternaarseis, kuid peamiselt devonseis setteis (1886, lk. 324);

B: kaevud pea täielikult devonseis setteis (1886, lk. 323).

C. Grewing k viitab ka sellele, et kvaternaarseid põhjaveesid Tartus võib jagada veel alluviaalseiks ja diluviaalseiks (1886, lk. 325), kuid ei too mingisuguseid andmeid, mis iseloomustaksid kumbagi põhjavett ja võimaldaksid neid teineteisest eraldada.

Iga ülalnimetatud (A—D) kaevurühma iseloomustamiseks kirjeldab C. Grewing k 1—4 kaevu ja viimaste vett. Kui võtta esitatud andmed lähemale vaatlusele, siis selgub, et ta on kvaternaarse põhjavee iseloomustamiseks valinud Raadi auruveski (1) ja Jaama abimajandi kaevu (10) veed (1886, lk. 321), mis moodustavad Tartu kvaternaarseite põhjavete hulgas, nagu selgub hiljemini, omapärase, senini hüdrogeoloogiliselt väheselgitatud põhjavee. Seega ei too C. Grewing k Tartu kvaternaarse põhjavee näitena mitte iseloomulikku Tartu kvaternaarseite põhjavett, milleks tuleb lugeda diluviaalset põhjavett linna kirdest edelasse läbivas vanas vagumuses. Et aga viimatinimetatud põhjavesi on karbonaatiderikas, siis ei saa C. Grewing k'i poolt nimetatud alus — erinev karbonaatidesisaldus — ainumääravaks olla kvaternaarseite ja devonseite põhjavete teineteisest eraldamiseks.

C. Grewing k juhib tähelepanu sellele, et tema C-rühma kaevudes kõiguvad tugevasti vee hulk ja temperatuur vastavalt aasta-aegadele ning et nimetatud kaevude vee suur karbonaatidesisaldus on seotud blekega, millest on kaevud läbi kaevatud (1886, lk. 324). Sellest võib järeldada, et kõnealuse rühma kaevude vesi on pärit alluviaalseist kihtidest. Niipalju kui seda võimaldab andmete võrdlus, näivad C. Grewing k'i poolt B- ja D-rühma arvatud kaevud toituvat devonseist põhjavetest.

Nii selgub, et nüüdsete geoloogiliste teadmiste järgi on ka C. Grewing k'i antud geoloogiline Tartu põhjavete liigestus juba tublisti vananenud, kuid tema antud põhjavete vastav rühmitamine on esimene, mis tugineb geoloogilistele andmetele.

Tartu põhjavete järgmise geoloogilise liigestuse annab R. Guleke (1889). Vastavalt sellele, missugustest kihtidest valgub vesi linnas olevaisse kaevudesse, jagas R. Guleke kõik Tartu omaaegsed kaevud järgmistesse kolme rühma (1889, lk. 49—50):

1. kaevud, mis oma vee saavad Emajõe lammil olevaist nooremaist (= alluviaalseist) setteist;
2. kaevud, mis oma vee saavad diluviaalseist liivadest ja kruusadest;
3. kaevud, mis oma vee saavad devoni liivakihtidest.

Esimest ja viimast põhjaveterühma iseloomustab R. Guleke oma töös vaid üldsõnaliselt, sellevastu aga on üksikasjaliselt käsitletud diluviaalse põhjavee hüdrogeoloogiat. Nii juhib juba R. Guleke tähelepanu sellele, et diluviaalsed põhjaveed, mis voolavad kruusades, on Tartu kohal suurehulgalised, kuna sellevastu diluviaalsed põhjaveed, mis voolavad peeneteralistes liivades, ja devoni setetes leiduvad põhjaveed on väikesehulgalised (1889, lk. 5). R. Guleke eraldab esimest korda alad, kus kaevud toituvad devoni põhjavetest; tööle juurdelisatud Tartu linna plaanil (Blatt I) R. Guleke poolt antud Tartu põhjavete liigitus, võrreldes C. Grewingk'i omaga, on mitmeti täielikum ja viimasest enam täpsustatud.

Veelgi täielikum Tartu linna põhjavete geoloogiline liigitus leidub B. Doss'i töös (1906). Tema poolt antud hüdrogeoloogiline Tartu linna liigestus on järgmine:

kvaternaar (1906, lk. 5): alluviaalsed (pealejääaegsed) setted Tartu kohal Emajõe orus — turvas, bleke, liiv — üle 10 m paksuses (1906, lk. 5);

diluviaalsed setted: põhimoreen ja linna põhjaveega varustamise seisukohalt suure tähendusega glatsifluviaalsed sorditud setted (1906, lk. 5);

devon (1906, lk. 4): pude liivakivi vaheldumisi kiiresti suiduvate savi-, mergli- ja savidolomiidi-kihtidega mitmes tasemes (1906, lk. 5); põhjavee hulk devoni kihtides suhteliselt väike (1906, lk. 37);

silur (1906, lk. 4): lubjakivid ja merglid rikkaliku arteesia veega (1906, lk. 37).

Võrreldes eelkäijatega on B. Doss andnud eelnevast täielikuma geoloogilise Tartu põhjavete liigestuse. Kuid sedagi on tulnud hiljemini korrigeerida: nii on B. Doss'i poolt silurseks põhjaveeks arvatud põhjavesi tõeliselt devonse vanusega Narvajõe kihtides voolav põhjavesi; ka on B. Doss'il diluviaalsed põhjaveed liigestamata. B. Doss käsitleb oma töös üksikasjalisemalt silurset ja diluviaalset põhjavett. Tööle juurdelisatud ülevaatekaardil on juba märgitud linna kirdest edelasse läbiv vana vagumus, samuti ka linna idaserval asuva Raadi—Jaama vagumuse võimalik kulg.

Mõnevõrra veelgi täielikuma ülevaate Tartu põhjavetest saame L. v. zur Mühlen'i tööst (1912, 1913). Tema poolt esitatud andmed Tartu hüdrokeoloogia kohta võib kokku võtta järgmiselt:

kvaternaar: alluviaalsed põhjaveed Emajõe oru lammi katvates uhtsetetes ja turvastes (1912, lk. 67);

diluviaalsed põhjaveed, eeskätt vanu vagumusi täitvates setetes (1912, lk. 44 jj.);

devon: väikeschulgalised põhjaveed seoses liivakivides leiduvate suuremate või vähemate saviläätsetega (1912, lk. 20, 21);

suurechulgalised põhjaveed devoni alumistes kihtides (1912, lk. 21);

silur: põhjaveed mitmes tasemes ning väga rikkalikud (1912, lk. 19, 20).

L. v. zur Mühlen eraldab seega kahte devonset põhjavett. Põhjavete iseloomustus on antud väga üldiselt. Ta ei ole päris kindel, kas silurne põhjavesi on tõesti seotud sellevanuste kihtidega, ning avaldab arvamist, et silurseks loetud põhjavesi on vahest siiski põhjavesi, mis on seotud devoni alumiste kihtidega. Tööle juurdelitatud linnaplaanil on L. v. zur Mühlen märkinud linna kirdest edelasse läbiva vana vagumuse üksikasjalisema kulu.

Tartu linna põhjavete küsimust käsitleb ka A. Mieler'i töö (1927), kuid see ei too midagi oluliselt uut. Põhjavete osas tugineb see töö peamiselt vanematele autoritele, eriti C. Schmidt'i 1864. a. ja L. v. zur Mühlen'i (1912. a.) töödele. Ka on põhjavett käsitlev aines töös laialipaisatult esitatud (1927, lk. 182, 184, 189) ja ei ole varemast vastavat aineküllaldase kriitikaga kasustatud.

Sellega oleks loendatud olulisemad tööd, mis on senini püüdnud selgust tuua Tartu linna hüdrokeoloogia olemusse. Üldiselt võib öelda, et käsikäes Tartu linna ning selle lähema tagamaa geoloogia tundmise süvenemisega on ühtlasi süvenenud teadmised Tartu põhjavetegi kohta; samuti on Tartu põhjavete tundmise arengus jälgitav see, et aegade jooksul aset leidev ikka sügavamate kaevude rajamine on avastanud aiva uusi põhjavee tasemeid ning sellega avanenud nende põhjavete tundmaõppimine.

Eriti on soodustanud Tartu põhjavete tundmaõppimist see asjalu, et Tartu kaevude vesi on osutunud üldiselt halvaks, nagu seda eriti ilmekalt näitavad arvukad keemilised analüüsid, mis on teostatud eriti C. Schmidt'i poolt (1864, 1879). Tartu kaevude halb vesi andis varakult tõuke mõttele, rajada Tartu linnas veevärk, mis varustaks kogu linna tehniliselt ning hügieeniliselt laitmatu veega

ja seda küllaldasel määral. Vastavalt sellele on teostatud rida rakenduslikku laadi eriuurimisi, milledest on mitmed ka trükis avaldatud, nagu R. Guleke 1889, 1892, C. Kalt 1909, 1907, 1908, 1909, B. Doss 1906 jt. Kõige selle tulemusel on Tartu linna maaala põhjavete kohta avaldatud rohkem materjale kui ühegi teise Eesti ala põhjavete kohta.

Ent vaatamata sellele ei ole Tartu linna hüdrogeoloogiline pilt, mis on küll pidevalt täienenud, saavutanud täielikkust ja nii mõnigi küsimus nõuab veel lähemat ning üksikasjalisemat selgitamist. Alljärgnevas ongi püütud senini avaldatud, aga ka uuesti kogunenud materjalide najal Tartu hüdrogeoloogias mõnevõrra edasi jõuda võrreldes seniniavaldatuga.

Tartu linna maa-ala geoloogiline ehitus.

Tartu linna maa-ala geoloogiat on ulatuslikumalt käsitle-
nud juba S. Kutorga (1835); üheks viimaseks ja geoloogiliselt
täielikumaks on L. v. zur Mühlen'i töö (1912, 1913), mida
geomorfoloogiliselt mitmeti täiendab A. Mieler'i uurimus
(1927). Vastavalt sellele on ka Tartu linna maa-ala geoloogia võrdle-
misi hästi tuntud. Allpool olgu toodud lühike ülevaade Tartu linna
maa-ala geoloogilisest ehitusest, et siis selle najal hiljemini ülevaade
anda linna põhjavee oludest.

Eelkvaternaarne reljeef.

Tartu linna maa-alal esinevaid setteid on sama vanusega, mis on
iseloomulikud üldse Lõuna-Eestile: vanemad setted on paleozoi-
lised — keskdevonsed, suuremas sügavuses on jõutud ka silursete-
teni, kuna nooremad on kvaternaarsed. Setteid, mis oleksid tek-
kinud ajavahemikus devonist kvaternaarini, Tartu aluspõhjas ei leidu;
tõenäoselt puudus tol pikal ajal Tartu alal, nagu mujalgi Eestis,
settimine ning esines varemini kuhjunud kivimite kulutus. Viimase
ulatuslikkusest kõneleb selgesti eelkvaternaarne pinnarel-
jeef, mille iseloomu aitab selgitada devoni setete pealispinna kind-
laksmääramine. Võiks arvata, et Tartus, kus paljude ehituste puhul
on kaevetöödel jõutud devonini ja rohkearvulistest kaevudest —
1927. a. andmeil 2229 (A. Rammul 1933, lk. 317) — õige paljud ula-
tuvad devonsetesse kivimitesse, on devoni pealispind hästi tuntud. Seda
aga kahjuks ei ole, sest ülalnimetatud rohkeid võimalusi ei ole geo-
loogiliselt ära kasustatud ning nii saab devoni setete pealispinnast anda
ka vaid väga üldistatud pildi.

Devoni pealispinna suurim kõrgus Tartus on linna ¹⁹⁰⁰ ede-
laosas: nii leidub Tähtvere ja Muuli vahel, edela pool raudteed devoni
setteid umbes 55 m-l ümp. (= üle merepinna). Sellevastu linna ida-
osast on teada seniseid väiksemaid devoni pealispinna kõrgusi —

nii on Pärna tn. 28 oleva villatööstuse puurkaevus (9) devoni pealispinna kõrgus umbes -30 m-l amp. (= allpool merepinda). Jaama abimajandis, vesivärava juures (abs. kõrgus ca 38 m) on puuritud kvaternaari ca 80 m sügavuseni, seda läbimata (P. Wilde 1891, lk. 38); seega asub devoni pealispind sellel kohal koguni veelgi sügavamal — -42 m-l amp. Niisiis küünib praegu teada olev devoni pealispinna kõrguste vahe Tartus 85 m-le resp. 97 m-le, kui arvestada P. Wilde andmeid. Praeguse reljeefi äärmuslike kõrguste vahe linna piirides küünib vaid 55 m-le; seda sel juhul, kui madalaimaks kohaks lugeda Emajõe sāngi sügavaimat kohta allpool raudbetoonsilda — umbes 21 m ümp. (A. Mieler 1927, lk. 179), suurimaks kõrguseks aga võtta 76 m ümp. — Riia maanteel linna piiril. Sellest võrdlusest nähtub, et eelkvaternaarne pinnareljeef Tartu kohal oli märgatavalt suuremate kõrgussuhetega kui praegune. Selle vahe põhjusi on see, et kvaternaaris aset leidnud settimine on tasandanud eelkvaternaarseid reljeefivaheid: suuremas paksuses leidub kvaternaarseid setteid seal, kus eelkvaternaarne reljeef oli madalaim: Jaama abimajandi puurkaevus, mille suue asub umbes 38,5 m-l ümp., on kvaternaarseid setteid läbitud umbes 77,5 m, ilma et oleks jõutud devoni seteteni (C. Grewing 1886, lk. 321); aga Jaama abimajandi vesivärava kohal tehtud puurimisel, mille suue asub umbes 38 m-l ümp., on kvaternaarseid setteid läbitud 80 m, ilma et oleks jõutud devoni seteteni (P. Wilde 1891, lk. 38). Veel suuremas paksuses — umbes 98 m — on läbitud kvaternaarseid setteid Raadi auruveski puurkaevus (suue umbes 64 m ümp.), ilma et oleks jõutud devonini (C. Grewing 1886, lk. 321). Esitatud andmete järgi küünib kvaternaari kuhjatiste paksus Tartu linna maa-alal kohati tõenäoselt ligemale 100 m-ni. Linna loodeosas, kus devoni pealispind saavutab oma suurima absoluutse kõrguse, on kvaternaari kuhjatiste paksus üldiselt väike — 4 m ümber, kohati isegi vähem.

Tartu linna maa-ala praegune reljeef on meile kõigile kõigis oma üksikasjus hästi jälgitav ja tuntud. Suurtes joontes oleks praeguse reljeefi iseloomustus järgmine: loodest kakku linna läbiv Emajõe kõrglammorg, mille perveservadelt tõuseb maapind aeglaselt ja kergelt lainjalt kirdesse ja edelasse; kõrglammoru veerudesse on aegade jooksul uuristunud aga mitmeid suuremaid või vähemaid säik- ja moldorge.

Peab arvama, et ka eelkvaternaarne reljeef Tartu alal on olnud samuti vahelduvaimeline (L. v. zur. Mühlen 1912, lk. 25), Sellest eelkvaternaari reljeefist on üksikasjalisemalt tuntud vaid

lai ja sügav vagumus, mis läbib linna kirdest edelasse Raadi—Maarjamõisa joonel ja mis on devoni setetesse uuristunud vähemalt 50 m sügavuseni (C. Kalt 1909, lk. 11) ning mille põhi ulatub sügavamale kui praeguse Emajõe oru põhi (B. Doss 1906, lk. 9, L. v. zur Mühlen 1912, lk. 45): Emajõe ürgoru jalamil Meltsi allikate juures teostatud puurimistel selgus, et devoni pealispinna väikseim kõrgus vanas vagumuses on 2 m ümp., kohati vahest koguni vähem (C. Kalt 1909, lk. 11). Seda vana vagumust nimetab esmakordselt C. Grewingk 1879 ning tema poolt antud vagumuse iseloomustust täiendavad hiljemini R. Guleke 1889, B. Doss 1906 ja L. v. zur Mühlen 1912.

Tuginedes C. Grewingk'i kirjeldatud Raadi auruveski ja Jaama abimajandi puurkaevude profiilidele (1886, lk. 321), püüab B. Doss selgitada veel ühe teise, veelgi ulatuslikuma ja sügavama vagumuse olemasolu linna idaosas Raadi—Jaama joonel (1906, lk. 11). Aga selle vagumuse iseloom on tänaseni jäänud lähemalt selgitamata.

Ei Raadi—Maarjamõisa ega ka Raadi—Jaama vagumus ei nähtu vähemalgi määral praeguses reljeefis, sest nad on mõlemad ääretasa täidetud kvaternaarse setetega. Need kaks vana vagumust on kõik, mida senini mõningal määral tuntakse Tartu linna maa-ala eelkvaternaarsest reljeefist. Kuid nende senini selgunud iseloomu põhjal võib juba öelda, et Tartu linna kohal oli eelkvaternaarne reljeef tänapäevasest palju suurejoonelisem.

Tuleb veel märkida, et kõneldes eelkvaternaarsest reljeefist tuleb arvestada võimalust, et selle reljeefi kujundamisel on oma osa etendanud ka kvaternaarse mannerjääl kulutus. Seepärast oleks vahest õigem kõnelda vanast reljeefist, nagu see on säilinud kvaternaarse setetekatte all.

Keskdevoni ja siluri setted Tartu aluspõhja moodustajatena.

Keskdevoni settest on Tartus üldiselt hästi tuntud need, mis on Emajõe ürgoru veerudel ühes ja teises kohas suuremas või vähemas ulatuses paljandunud. Neid paljandunud keskdevoni setteid on mitmekülgselt kirjeldanud juba S. Kutorga 1835, C. Grewingk 1861, L. v. zur Mühlen 1912 jt.

Praegu paljandub keskdevoni setteid Tartus ulatuslikumalt Emajõe ürgoru veerudel ülalpool ujulat. Vasakul veerul, kalmistute kohal paljandub peamiselt tüüpilisim meie keskdevoni setteid: p u n a -

kaspruun, põimjaskihine, enam või vähem tsementeerunud liiv. Paremal veerul, Tähtvere sovhoosi ja Tartu õlletchase vahemikus paljanduvate kihtide iseloom aga on palju mitmekesisem: peale iseloomuliku punakaspruuni liiva esineb siin rohkesti savikate ja mergliste kihtide sarju. Viimaste paksus ja pinnaline ulatus on aga võrdlemisi piiratud; nad esinevad suurte lamedate läätsedena punakaspruunis liivas. Siin, ürgoru paremal veerul on devoni setted osalt tugevasti dislotseeritud mannerjää rõhust, nagu seda võis hästi jälgida aastate eest teostatud kaevetööde puhul.

Paljandid ürgoru veerudel ülalpool ujulat annavad hea pildi neist keskdevonseist setteist ja nende kihitusiseloomust, mida W. Gross oma biostratigraafiliste uurimiste põhjal nimetab alumisteks *Heterostius*'e kihtideks (1940, lk. 70—71). Neile kihtidele on iseloomulikkudeks juhtkivististeks *Heterostius*'e ning *Homostius*'e liigid ja eriti *Asterolepis estonica* Gross. Alumistes *Heterostius*'e kihitides leidub ka heledaid kuni valgeid liivasid, nagu seda võib jälgida Tartu lähedal olevates Aruküla koobastes. Viimastest on möödunud sajandil H. A smuss, vähemal määral ka C. Grew ingk välja kaevanud rohkeid *Heterostius*'e ja *Homostius*'e luid, mis moodustavad ühe väärtuslikuma kogu Tartu R. Ülikooli Geoloogiamuuseumi Eestit käsitlevatest paleontoloogilistest materjalidest. Et alumised *Heterostius*'e kihid on esijoones just Tartu ja Aruküla paljandite najal leidnud iseloomustuse, siis on neid hakatud nimetama ka Tartu lademe kihtideks.

Tartus on Tartu kihte läbistatud ka paljudes kaevudes kas kaevamistöodel või puurimistel. Sealjuures on selgunud, et valdavaks kivimiks on ikka punakaspruun liiv, milles siis mitmesuguseil tasemeil leidub saviseid-merglisi kihtidesarju. Tartu kihtide paksust linna kohal võib hinnata vähemalt 75 m-le: kihtidesarja kõrgemaid kihte leidub 55 m-l ümp. (vt. eespool), kuna kihtidesarja iseloomulikke kivimeid ulatub vähemalt -20 m-ni amp. Kihtidesarja alumine piir on senini lähemalt selgitamata mitte ainult Tartu kohal, vaid mujalgi Eestis (vt. allpool).

Keskdevoni vanimaid kihte Eestis on W. Gross oma biostratigraafiliste uurimiste põhjal nimetanud *Pterichthys*'i kihtideks (1933, 1940), vene uurijad aga (V. Obrutšev 1933 jt.) Narova kihtideks. Et Ida-Eestis on vastavaid kihte just Narva jõe ümbruses mitmes paljandis ja puurimistel hästi tundma õpitud, siis on neid otsarbekohane nimetada Narvajõe lademe kihtideks.

Lähtudes sellest, et Narvajõe kihte iseloomustab kivimiliselt peamiselt hallide kuni violetjate merglite ning dolomiitmerglite vahelduv kihitus ja õhemate või paksemate heledate liivakivi-kihtide esinemine (K. Orviku 1935, lk. 7), tuleb omaks võtta, et Narvajõe kihte leidub ka Tartu kohal Tartu kihtide all. Sest paljudes Tartu sügavamates puurkaevudes on läbistatud selliseid kihte suuremas või vähemas paksuses. Esimese profiilikirjelduse neist keskdevoni sügavamatest kihtidest Tartus toob I. Sintsov (1905) Kastani tänaval nr. 50 asuva Viinavabriku puurkaevust (16), kuid ta ei eralda neid teistest, kõrgematest devoni kihtidest. Arvates puurkaevu suudmest (ca 58 m ümp.) esinevad siin

80,75—89,50 m	vahemikus:	hall mergel,	
89,50—107,50 „	„	kõva hall mergel	vaheldumisi savi- ja liiva-
		kihtidega,	
107,50—112,50 „	„	hall liivakivi;	

vastavate kihtide absoluutne sügavus oleks nimetatud kohas umbes -23 kuni -54 m amp.

Hilisemast ajast puuduvad Tartu sügavamatest puurkaevudest niigi täielikud profiilikirjeldused, nagu seda on I. Sintsov'i poolt esitatud. Kasustada on olnud varemil autoreil (B. Doss, L. v. zur Mühlen) kui ka allakirjutanul ainult üldsõnalised profiilikirjeldused, mis on suuliselt saadud puurkaeve teinud kaevumeistreilt. Kuigi need andmed on väga napid, selgub neist siiski, et Tartu sügavamas aluspõhjas on korduvalt satunud Narvajõe kihtidele.

Näib aga, et neid kihte on stratigraafiliselt kord keskdevonisse arvatud, kord jälle silurseiks peetud. Kastani tänaval asuva Viinavabriku puurkaevus läbistatud sügavamaid kihte (kirjeldused vt. eespool) on L. v. zur Mühlen'gi märkinud devonseiks (1912, lk. 12); ühtlasi märgib ta, et selles puurkaevus pole jõutud siluri kihtideni (1912, lk. 19). Esitades aga Emajõe tänaval nr. 1 asuva Emajõe sauna puurkaevu (5) (suue u. 32 m ümp.) profiili 71—85 m vahemikust alpool suuet resp. -39 ja -53 m vahemikust amp., loeb ta vastavad kihid silurseiks ja nimelt Jaani lademesse kuuluvaiks (1912, lk. 20). Ühtlasi lisab ta, et mitmes teiseski Tartu kaevus on suuremas sügavuses puurimistel läbistatud samanimelisi kihte, millede silurne vanus seisvat väljaspool kahtlust (1912, lk. 19). Emajõe sauna puurkaevust saadud proove 71—85 m vahemikust puurkaevu suudmest arvates on L. v. zur Mühlen võinud isiklikult tundma

õppida ja on andnud ka nende kihtide kirjelduse (1912, lk. 19), mis olgu esitatud alljärgnevas:

71—81 m vahemikus: peamiselt tumehall, peenkristalne, tihe, veidi savine, ainult ajuti kergelt urbne dolomiit, mis vaheldus peaaegu samasuguse valkjashalli dolomiidiga ja mitte väga paksude mustjashallide tükiliste merglikordadega;

81—85 m vahemikus: vett sisaldav kiht — puhas, väljapestud, valge peene- ja jämedateraline, arvatavasti kaugealasuvaist tasemeist väljauhetud liiv.

Kui nüüd võrrelda vastesitatud kihtide iseloomu Kastani tn. asuva Viinavabriku puurkaevu sügavamas osas läbistatud kihtide iseloomuga, siis torkab silma märgatav sarnasus: mõlemal juhul on lasuvaiks kihtideks merglised kihid, millede all esineb heledaid liivu. L. v. zur M ü h l e n' il on Emajõe sauna puurkaevu profiilis märgitud dolomiidikihtide esinemine, mis näib nagu olevat suureks erinevuseks võrreldes viinavabriku puurkaevu profiiliga. Peab aga märkima, et Narvajõe kihtidesarjas ei ole paksude mergeldolomiidikihtide esinemine mitte ainult võimalik, vaid koguni iseloomulik (vt. Narva puuraukude profiilid, K. O r v i k u 1930). Arvestades Narvajõe kihtide üldiseloomu, nagu see on senini Eesti ala kohta selgunud, tuleb küll omaks võtta, et ka Emajõe sauna puurkaevus on suudmest 71—81 m vahemikus läbistatud mitte silurseid, vaid keskdevonseid Narvajõe kihte.

Ei oleks põhjust sellel küsimusel nii palju peatuda, kui see poleks mitmel põhjusel küllalt oluline. Üks neist põhjustist puudutab otseselt põhjaveesid ja sellel tuleks peatuda järgmises osas. Teine aga on seotud siluri pealispinna kõrgusega Tartu kohal.

Juba B. D o s s mainib kolme Tartu sügavamalt kaevu, mis olevat osalt kuni 25 m sügavuselt puuritud kihtidesse, milliseid keskdevoni setteist senini ei tuntud, ja oletab, et tegemist on juba silursete kihtidega (1906, lk 37), millede pealispind asetseb umbes -30 m-l amp. (1906, lk. 4). Ka B. D o s s' i poolt silurseiks peetud kihte tuleb lugeda keskdevonseiks Narvajõe kihtideks, mis, esineb tüüpiliselt, teravalt erinevad tüüpilisest Tartu kihtide setteist. Vastavalt sellele langeb ära ka B. D o s s' i poolt nimetatud siluri kihtide pealispinna kõrgus Tartu kohal. L. v. zur M ü h l e n' i järgi asetseks siluri pealispind Emajõe sauna kohal -39 m-l amp., Tähtvere sohoosi puurkaevus (2) (koha ligikaudne absoluutne kõrgus 50 m ümp.) aga -85 m-l amp. (1912, lk. 12). Seega on L. v. zur M ü h l e n' i and-

mete järgi siluri pealispind Tartu kohal suurte kõrgusvahedega. Et eeldevonne reljeef ka meie alal võib õige vahelduv olla, seda on näidanud uurimised Narva jõe keskvoolul (K. Orviku 1930, lk. 80). Aga et Emajõe sauna kaevu profiili tõlgendus näib ilmselt erinevat tõlgendusest, mille toob L. v. zur Mühlen, siis ei saa selle kaevuprofiili andmeid kasustada ka eeldevonse reljeefi selgitamiseks Tartu kohal L. v. zur Mühlen'i mõttes: siluri pealispind asetub siin sügavamal kuni -39 m-l amp.

Siluri pealispinna kõrgus on umbkaudselt teada veel Kalda tänaval nr. 5/6 asunud end. „Livonia” õllevabriku kohalt: sealne puurkaev (8) (suue umbes 33 m ümp.) ulatub kuni 156 m sügavuseni ning selles on kaevumeistri Lukk'i andmeil läbistatud:

kuni 100 m-ni (-67 m amp.): tavalisi devonseid setteid, alumises osas isoleomulikke halle merglisi kihte vaheldumisi liivakihtidega.

100 ja 130 m vahemikus (-67 ja -97 m): ühtlaselt väga kõvu, üldiselt halle kihte (tõenäoselt lubjakive ja dolomiite);

130 ja 156 m vahemikus (-97 ja -123 m): sagedamalt savikaid, kuni 1 m paksusi kihte.

Vastavalt neile andmeile võib siin siluri pealispinna suurimaks kõrguseks märkida -67 m amp. See on niisiis kõrgem tase kui Tähtvere sovhoosi puurkaevus (-85 m), kuid madalam kui Emajõe sauna puurkaevus (-39 m). Üheski teises teada olevas Tartu puurkaevus ei ole enam siluri kihtideni jõutud — kõik nad lõpevad kihtides, mida tuleb arvata keskdevoni Narvajõe lademesse. Seega võib öelda, et eeldevonsest reljeefist Tartu kohal ei teata praegu kuigi palju.

Eeldusel, et L. v. zur Mühlen'i poolt antud Emajõe sauna kaevu profiili geoloogiline tõlgendus on paikapidav, tuleb omaks võtta ka liivakihtide esinemine silurses Jaani lademes Tartu kohal. Liivakihtide esinemist ülemsiluris on omal ajal Pärnu-Navesti jõe piirkonnast nimetanud ka C. Grewingk (1859, lk. 5, 1861, lk. 494–495) ning Fr. Schmidt (1859, lk. 468–469, 1873, lk. 149–151, 1881, lk. 46, 47), kuid hilisemad uurimised on näidanud, et seal varemalt silur-seks peetud liivad on siiski keskdevonsed (K. Orviku 1930, lk. 48, 49). See sugune ümberhinnang näib osutuvat paratamatuks ka Tartu juhul.

Narvajõe kihtide selget piiri vastu Tartu kihte ei ole senini kindlaks tehtud. Piiri asetamisel on võimalik kasustada kummagi lademe kivimilisi omapärasusi: üldiselt hallitoonilised — heledad kihid (eriti liivade suhtes) on arvatud veel Narvajõe lademesse, pruunpu-

nased liivakivid aga juba Tartu lademesse. Selline piiri asetamine ei ole alati kaugeltki sobiv, nagu on näidanud uurimised Narvajõe lademe paljandeil. Tartust loodesse jäävail Emajõe kärestikel Muuga kohal paljanduvad hallid kõvad liivakivid on kivimiliselt iseloomulikud Narvajõe lademe kivimid ja nii on neid ka märgitud (K. Orviku 1938, lk. 122) Biostratigraafiliselt samasugused kivimid aga ei näi hästi sobivat Narvajõe lademesse. Neist kihtidest ei ole senini leitud Narvajõe lademe juhtkivist *Pterichthys concatenatus*, on leitud aga alles Tartu lademes ilmuv *Asterolepis estonica* Gross ja sellepärast märgibki W. Gross Muugal paljanduvaid heledaid liivakive vähemalt üleminekukihtideks *Pterichthys*'i kihtidest *Heterostius*'e kihtidesse (1940, lk. 7). Kivimiliselt Narvajõe lademesse kuuluvaid kihte leidub ka Halliste jõel Vardja kosel, kuid neis sagedalt esineva *Pycnosteus*'e ja *Psammolepis gigantea* järgi tuleks neid kihte biostratigraafiliselt arvata alumiste *Heterostius*'e kihtide hulka (W. Gross'i kirjalik teade allakirjutanule).

Vastupidiselt, Narva jõe keskvoolul, Gorodenka ojal paljandub ulatuslikult pruunpunaseid põimjaskihiseid liivu, mis on kivimiliselt väga sarnased Tartu lademe tüüpilise pruunpunase liivaga ja vastavalt ka märkimist on leidnud (K. Orviku 1930, lk. 76). Samast kivimist kogutud kivistised olid aga kandvaks materjaliks *Pterichthys*'i kihtide biostratigraafilisel iseloomustamisel (W. Gross 1930).

Need näited on küllalt selged veendumiseks selles, et Narvajõe lademe ülemise piiri selgitamisel kivimiliste iseloomujoonte järgi on ees teatud raskusi. Juhul, nagu Tartus, tuleb esialgu piiri siiski määrata kivimite järgi, sest siin on piir biostratigraafiliselt selgitamata. Näib aga nii, et Narvajõe lademe biostratigraafiliselt määratav lasuv piir ei lange tõenäoselt kokku iseloomuliku kivimitefaatsiese muutumisega. Idas resp. kirdes ei küüni Narvajõe lademele iseloomulik fatsiaalne pilt — merglid ja mergeldolomiidid vaheldumisi heledate liivakividega ja liivadega — lademe biostratigraafiliselt selgitatud lasuva piirini: vastavad settimistingimused andsid ruumi uutele, millede mõjul hakkas settima pruunpunane liiv, ja seda enne *Pterichthys*-fauna taandumist järgneva, *Asterolepis estonica* fauna ees. Läänes resp. edelas aga esinevad Narvajõe lademele iseloomulikud settimistingimused kauemini, ulatudes biostratigraafiliselt alumise *Heterostius*-fauna aega. Seega näib, et pruunpunase liiva settimiseks sobivad

tingimused ei ole kehtima pääsenud üheaegselt, vaid idas resp. kirdes varemini, juba tüüpilise *Pterichthys*-fauna esinemise ajal; mida rohkem aga läände resp. edelasse, seda hiljemini, nii Vardja ümbruses alles vanema *Heterostius*-fauna esinemise ajal: Narvajõe lademele iseloomuliku faatsiese nihkumine idast resp. kirdest läände resp. edelasse esineb *Pterichthys*-fauna perioodi lõpul ja *Heterostius*-fauna perioodi algul.

Kui jääda selle juurde, et hallid liivakivid ja mergliirikkad kihid lugeda veel Narvajõe lademe hulka (sedimentpetrograafiline ühtekuuluvus), siis näib, et Tartu kohal ei asetse Narvajõe lademe ülemine piir ühel tasemel: Kastani tn. asuva Viinavabriku puurkaevus satuti vastavaile kivimeile umbes -23 m-l, Meltsiveski tn. nr. 40/42 asuva saeveski puurkaevus (4) aga algasid vastavad kivimid alles umbes -40 m-l amp. (kaevumeister Lukk'i andmeil), seega võimalik kõikumine ligemale 20 m. Vastavalt sellele on raske ka mingeid rahuldavaid andmeid anda Narvajõe lademe paksuse kohta Tartu kohal. Kui arvestada Narvajõe lademe lasuva piiri maksimaalseks kõrguseks -23 m amp. ja siluri lasuvat piiri mitte kõrgemal -85 m-l amp., saaksime Narvajõe lademe paksuseks Tartu kohal umbes 62 m. Kui aga võtta teised äärmused — siluri lasuva piiri kõrgus end. „Livonia“ õllevabriku puurkaevu profiilis u. -70 m-l amp. ja Narvajõe lademe lasuva piiri kõrgus Meltsiveski tn. asuva saeveski puurkaevu (4) profiilis -40 m-l amp., kujuneks Narvajõe lademe paksus poole väiksemaks — u. 30-meetriseks.

Seoses Narvajõe lademe iseloomustamisega on juba viidatud siluri esinemisiseloomule Tartu kohal. Siluri kihte on tõenäoselt ulatuslikumalt läbi puuritud ainult Emajõe vasakul kaldal end. „Livonia“ õllevabriku 156 m sügavuses puurkaevus, peale selle on silurini jõutud Tähtvere sovhoosi puurkaevus u. -85 m-l amp. Siluri kihtide lähem iseloom ei ole teada. B. Doss'i ja L. v. zur Mühlen'i andmeid siluri kihtide kindlakstegemisest mitmes Tartu sügavamas puuraugus tuleb võtta reservatsiooniga, nagu selgus eespool.

Paleozoiliste kihtide iseloomustus, nagu see on selgunud Tartu aluspõhja kohta, on kokkuvõetult esitatud hüdrogeoloogilisel tabelil (vt. töö lõpul).

Kvaternaarsed setted Tartu linna maa-alal.

Kvaternaarseist setteist on Tartu linna maa-alal suurima levikuga diluviaalsed setted, mis on üldiselt täitnud eelkvaternaarses

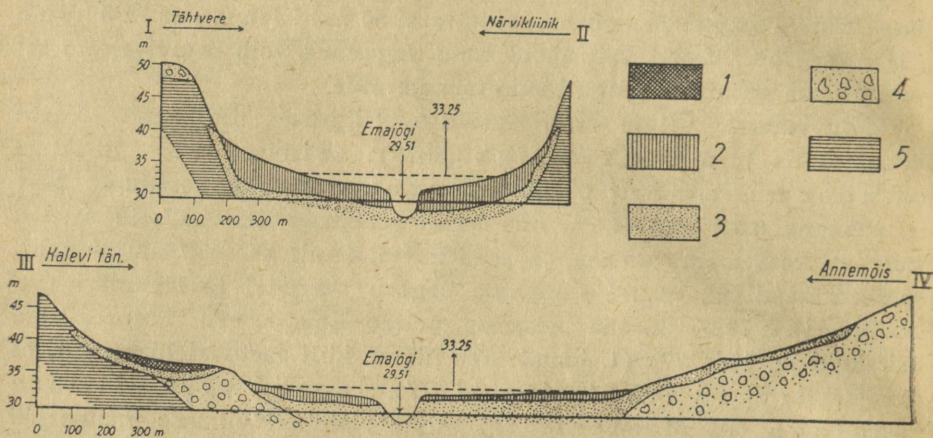
reljeefis esinevad lohkvormid, eeskätt suured vanad vagumused. Viimaste kohal ongi kindlaks tehtud diluviaalsete setete suurimad paksused Tartus: peavagumuse kohal asuva Raadi auruveski puurkaev läbib 98,7 m diluviaalseid setteid, neid ometi lõpuni läbimata (C. Grewing 1886, lk. 323); ka Jaama abimajandi u. 77,3 m sügavuses puurkaevus läbistati ainult diluviaalseid setteid (C. Grewing 1886, lk. 323). Diluviaalsete kihtide paksust linna kirdest edelasse läbivas vagumuses on hinnatud kuni 50 m-ni (L. v. zur Mühlen 1912, lk. 476). Aladel väljaspool vanu vagumusi võib diluviaalsete setete paksus kahaneda paiguti vaid mõnele m-le.

Diluviaalsete setete stratigraafilise liigituse üldjooned Tartu kohal andis juba C. Grewing (1879): laialdasima levikuga on noorem, tavaliselt punakaspruun savikas, harilikult 3—4 m paksune põhimoreen, mis katab vanemaid diluviaalseid setteid peaaegu katkematu vaibana, ja seda mitte ainult kergelt lainjal põhimoreentasandikul, vaid ka Emajõe ürgoru veerudel ja lammilgi (vt. A. Mieler 1927, lk. 182 ja samas toodud Emajõe oru ristiprofiilide eritahvlil lk. 176/177) (1. joon.). See näitab küll vastuvaieldamatult, et Emajõe ürgoru tekkimine ei ole seotud vaid viimase jääajaga (A. Mieler'i järgi väljauristunud viimase mannerjää serva all; 1927, lk. 189), vaid et ta väljakujunemine pidi toimuma varemalt — tõenäoselt eelviimasel jääajal. Nooremal põhimoreenil võib kohati leida viimase mannerjää taganemisel settinud glatsifluviaalseid liivasid ja kruusasid, kuid need esinevad ikka piiratud ulatuses.

Raadi—Maarjamõisa vagumuse peamiseks täitematerjaliks on, nagu seda on selgitanud rohked kaevuprofiilid, mitmesuguse terasuurusega glatsifluviaalne kihitatud liiv ja kruus, mille tekkimine on seotud tõenäoselt vanema mannerjää toimega. Vastavate setetega võib parimalt tutvuda Raadi kruusaukudes, kus küll paljandub vaid vagumust täitvate setete ülemine, väiksem osa kuni 10 m ulatuses (B. Doss 1906, lk. 11). Ent ka sügavamal esineb peamiselt mitmesuguse terasuurusega liivasid ja kruusasid, nagu selgus Meltsi allikate juures oruveeru jalamil teostatud puurimistel (C. Kalt 1907, lk. 12). Ühtlasi selgus, et osa liivasid ja kruusasid on siin tiheidalt liitunud — tsementeerunud (C. Kalt 1909, lk. 11, 1907, lk. 12).

Ka Raadi—Jaama vagumus näib täidetud olevat peamiselt glatsifluviaalsete setetega. Andmeid selle vagumuse täitematerjali kohta on aga väga vähe. C. Grewing'k'i poolt kirjeldatud Raadi auruveski ja Jaama abimajandi puurkaevude profiilid olid pikemat

aega peaaegu ainsaiks selle vagumuse täitematerjali iseloomustavaiks andmeiks. Aga C. Grewing'k'i poolt antud kivimilised iseloomustused on väga üldsõnalised. Nii ei ole päris selge, kas Raadi auruveski puurkaevus esineb suuremas sügavuses ainult glatsifluviaalseid kihte või ka põhimoreeni (1886, lk. 323). Samuti ei selgu Jaama abimajandi puurkaevu profiili kirjeldusest, missuguse sügavuseni selles



Joon. 1. Emajõe oru ristiprofiilid (A. Mieler'i 1927 järgi).

Profiilide I—II ja III—IV kulg on märgitud linna geoloogilisel kaardil (vt. 2. joon.): I — Tähtveres, II — Närvikliiniku kohal, III — piki Rebase tänavat ja IV — Annemõisa kohal. Joonisel on üksiprofiilid liidetud tervikuks, et oru morfoloogiat reljeefsemalt esile tõsta. Profiilidel on märgitud Emajõe nullpunkt — 29,51 m ümp. ja Emajõe kõrgeim veeseis — 33,25 m ümp.; viimane osutab lammi osadele, mis kannatavad kõrgvee all.

Märkide seletus: 1 — huumus, 2 — pärastjääaegsed turbad ja järvesetted, 3 — hilisjääaegsed liivad ja möll, 4 — viimase (Würm-) jääaja põhimoreen, 5 — Tartu keskdevonse lademe setted (liiv mergliste vahekihtidega).

esineb põhimoreeni (1886, lk. 323): näib nii, et viimatinimetatud kohas puurimisel läbistatud kivimid on peamiselt põhimoreenid, kuna glatsifluviaalseid setteid on tabatud vaid väiksemas paksuses puurkaevu põhjas. [A. Mieler (1927, lk. 182) märgib ekslikult, et Raadi ja Jaama puurkaevudes on satunud ainult glatsifluviaalseile settele. Selle kasuks räägib ka see, et mõnes Raadi—Jaama vagumusel leiduvas uues puurkaevus on läbistatud suure paksuses peaaegu ainult põhimoreenset materjali — nii Pärna tn. nr. 28 asuva villatööstuse puur-

kaevus (9) 66,5 m paksuses (kaevumeister Torn'i andmeil). Seega tuleb omaks võtta, et Raadi—Jaama peavagumuse täitematerjalina esineb glatsifluviaalsete setete kõrval vähemalt kohati suure osatähtsuses põhimoreenset ainest.

Peavagumust täitvate vanemate diluviaalsete setete iseloomustuse kohta leidub üldsõnalisi andmeid veel C. Kalt'il. Tema teostatud puurimised Raadi maadel, peavagumuse lääneosas ei ulatunud enamikus küll sügavamale kui u. 30 m-ni ümp., läbistasid niisiis ainult peavagumust täitvate setete ülemist osa. Ainult paaril juhul puuriti sügavamale — nii teises puuraugus kuni u. 18 m-ni ümp. (1907, lk. 5). Peaegu kõigis 28 teostatud puuraugus läbistati peamiselt vett raskelt läbilaskvaid kihte (1907, lk. 5, 6, 7), milledeks olid mergline rühkliiv ja savikas kruus (lk. 6) või siis savine peen liiv, pruun vilku sisaldav liiv, rühksavi ja savi (lk. 5). Need andmed näitavad selgeimalt, et vähemalt peavagumuse ülemises osas ei esine kaugeltki ainult glatsifluviaalsed liivad ja kruusad.

Kuivõrd vahelduv näib olevat peavagumuse täitematerjali iseloom, seda näitab ka järgnev võrdlus: samal ajal, kui C. Grewingk märgeb, et Jaama abimajandi puurkaev läbib peamiselt põhimoreenset ainest, toob P. Wilde Jaama abimajandi teise kaevu (vesivärava juurest) profiili, mille järgi algas selles, alates juba u. 41 m-st puurkaevu suudmest (38 m ümp.) arvates, uhtliiv ja ulatus umbes 80 m sügavuseni, ilma et sealt sügavamale oleks kaevatud (1891, lk. 38—39).

Ka väljaspool vanu vagumusi leidub Tartus noorema põhimoreeni all võrdlemisi laialdaselt glatsifluviaalseid setteid, kuid harilikult mitte suures paksuses.

Vähe on selgitatud ka vanema põhimoreeni esinemisiseloom Tartu linna maa-alal. Vanema, üldiselt hallivärvuselise põhimoreeni laigulisele esinemisele Raadi—Maarjamõisa vagumuses juhtis tähelepanu juba C. Grewingk (1879, lk. 82, 95, 101). Alumist põhimoreeni mainib C. Grewingk ka Jaama abimajandi puurkaevust (1886, lk. 323), kus selle värvus olevat punakaspruun. Ka Kaarlilinna saetööstuse juures Emajõe lammil, kus ta muide on ehitatud põhimoreenile, olevat satunud kaevupuurimisel hallikaspruunile vanemale põhimoreenile u. -20 m-l amp. (A. Mielier 1927, lk. 189). Vanema põhimoreeni iseloomustamise seisukohalt on huvitav Teguri tn. nr. 30 asuva metallitööstuse „Tehnik” puurkaevu [suue u. 37 m ümp., põhi -43 m amp.] profiil (kaevumeister Lukk'i andmete järgi):

10 m alluviaalseid setteid ja nooremat	}	25 m kvaternaarseid setteid,
põhimoreeni,		
8 „ glatsifluviaalseid kruusasid,		
7 „ vanemat põhimoreeni,	}	55 m paleozoilisi setteid.
45 „ Tartu lademe kihte,		
10 „ Narvajõe lademe kihte		

Selles profiilis on mõlemad põhimoreenid teineteisest eraldatud glatsifluviaalsete setetega. Sageli aga on eri-ilmelised põhimoreenid omavahel otseses puutes, nagu C. Grewing'k'i kirjelduse järgi Jaama abimajandi suurkaevus. Ka Maarjamõisa väljadel Maarjamõisa kliinikute taga oli võimalik ühes proovkaevamiskohas (suudme abs. kõrgus 68 m) jälgida kaht eri-ilmelist põhimoreeni otseses seoses: peal 4,80 m paksuselt Lõuna-Eestile tüüpilist punakaspruuni ülemist savimoreeni ning selle all 5,20 m violetjashalli alumist põhimoreeni. Ka Veeriku linnaosas esinevat kohati põhimoreen suures paksuses (L. v. zur Mühlen 1912, lk. 52), kuid küsimus on lahtine, kas seal tegemist on erivanuseliste põhimoreenidega. Neist näiteist nähtub, et Tartu diluviaalsete setete uurimisel tuleb eriti silmas pidada ka vanema mannerjää poolt mahajäetud põhimoreeni, mille levik näib olevat õige laialdane just vanade vagumuste piirides, kuid ulatub neist ka väljapoole.

Seoses vanema põhimoreeniiga tuleb tähelepanu juhtida ka glatsifluviaalseile setteile, mida on kindlaks tehtud mõnes suurkaevus suures paksuses esineva põhimoreense ainese all; nii Maarjamõisa abimajandi karjakaevus (suue u. 65 m ümbr.) 25 m paksuse põhimoreense ainese all, kus aga selgusetuks jääb, kas on olemas kaks eri-ilmelist resp. erivanuselist põhimoreeni. Kuid arvestades eespoolnimetatud proovkaevamit Maarjamõisa väljadel, mis ei ole kuigi kaugel viimatinimetatud kaevust, on viimases kohas kahe põhimoreeni esinemine tõenäone. Ka Jaama abimajandi suurkaevus kindlakstehtud glatsifluviaalsed liivad (C. Grewing'k 1886, lk. 323) näivad asetsevat kahe erineva — ülemise punase ja alumise punakaspruuni põhimoreeni all. Edaspidiste uurimiste ülesandeks jääb selgitada nende glatsifluviaalsete setete suhe otse noorema põhimoreeni all olevate glatsifluviaalsete setetega: on mõeldav, et esimesed on tekkelooliselt vanemad ja seotud kõige vanema jääajaga.

Tartu linna maa-alal esineb hilis- ja pärastjääaegseid setteid peamiselt Emajõe oru lammil.

Linna piirides leidub orulammil peaaegu kõikjal vanemal setteil kollast kuni halli uhtliivava, mille paksus ulatub mitmele m-le. Uhtliiv ulatub oru veerudel 2—3 m paksuselt kuni 43 m-ni ümbr. kagus

kuni 13 m, loodes 11—11,5 m üle Emajõe 0-punkti (A. Mieler 1927, lk. 183). Uhtliiv on settinud hilisglatsiaalsel ajal, millal Emajõe orus esines Peipsist Võrtsjärve voolav jää-sulavete vool (H. Hausen 1913, A. Mieler 1927, lk. 190). Kohati leidub uhtliiva all ka viirsavi.

Uhtliivadel leidub Emajõe lammil linna piirides kuni 4 m paksuselt lakustriinseid ja terrestrilisi setteid, mis ulatuvad veerude suunas parempoolsel orulammil kuni 6 m, vasakpoolsel orulammil aga 9—11 m üle Emajõe 0-punkti (A. Mieler 1927, lk. 188). Nende setete iseloom, järjestus ja vanus on P. W. Thomson'i (1929, lk. 51—52) ja G. Mehmershausen'i (1931) järgi Emajõe vasakul lammipoolmikul Kalmistu kohal oleva profiili (abs. kõrgus u. 33 m) põhjal järgmine (pärajääaegsed perioodid L. v. Post'i järgi):

setted	tekkimisaeg	Emajõe oru geoloogiline areng
1,60 m tarnaturvas, ülemine osa tugevasti kõdunenud, kohati ka alliksooturvast	V, VI varaatlantilise aja algusest kuni osaliselt tänapäevani	lamm soostunud
0,50 m pillirooturvas	VII boreaalse aja lõpul	lammil laialdased pilliroostikud
0,20 m detriitjütja	VIII vara- ja kesk-boreaalsel ajal	praeguse Emajõe algaeg, lammil oleva järve taandumine
0,70 m bleke ja lubijütja subfossiilidega, kalda lähedal litoraaljütja		lammil järv, mis tekkis subarktilise aja lõpul katkenud läänesuunalise väljavoolu tõttu
0,30 m pruunsamblaturvas Carex-raditsellidega, osalt väga liivane ja tugevasti kõdunenud	IX subarktilisel ajal	lammil lodumetsad ja soo; keskel vahest juba jõgi, mis voolas aga praegusele vastupidises suunas
0,35 m liivane jütja (ainult kohati)		lammil üksikuid kinnikasvanud lompe
— uhtliiv — viirsavi	hilisglatsiaalis	suur jääveevool Peipsi jääpaisjärvest Vana-Võrtsjärve suunas

Neid järve- ja soosetteid leidub linna kohal orulammil peaaegu kõikjal, kuigi mitte alati ühesuguses paksuses. Harilikult ei ole neid nii üksikasjaliselt kirjeldatud. On piirdutud vaid bleke eraldamisega katvaist ja lamavaist organogeenseist setteist, mida on üldiselt märgitud üldmõisteliselt turbana. A. Mieler on valmistanud Emajõe oru ristiprofiilid (vt. 1. joon.) ja neil märkinud järve- ja soosetteid koguni ainult ühe leppemärgiga — esinevat ainult turvas (1927, lk. 176/177). Seega ei ole neid setteid kuigi palju tundma õpitud ning nende najal lahendatav Emajõe ürgoru pärestjääaegne geoloogiline areng on alles kõige suuremates joontes selgitatud. On veel rida küsimusi, nagu *Ancylus*-ajal orus asunud järve iseloom ning ulatus. G. M e c h m e r s h a u s e n (1931, lk. 9) märgib küll, et see olnud arvatavasti ühenduses *Ancylus*-aegse transgredeeruva Suur-Võrtsjärvega. P. W. T h o m s o n (1929, lk. 52) lisab, et Tartu kohal olnud kahe suurema järveala vahel vaid kitsas ühendus. Lähemalt on aga selgitamata nii üks kui teine küsimus. Lahendamist ootavad ka mitmed teised küsimused, nagu omaaegse järve veepinna kõrgus, Raadi—Maarjamõisa vagumust täitvate glatsifluviaalsete setete resp. viimastes voolavate põhjavete osa bleke ja nõrglubja settimisel jt.

Emajõe oru lammil esinevaist nooremaist setteist tuleks nimetada veel saviliiva, mis on suurveega kuhjunud jõe kallastele 5—30 m laiuste ja kuni kõrgvee tasemeni ulatuvate kaldavallidena (A. Mieler 1927, lk. 188). Ürgorgu suubuvate lisaorgude suudmealade ette aga on lammile kuhjunud mitmesuguse terasuurusega kivimaterjalist rusukuhikuid.

Omapärase kuhjumisega on tegemist peamiselt linna vanemates osades, eriti vanalinnas. Paljudes sealsetes kohtades katab looduslikke setteid aegade jooksul sõja hävingute ja tulikahjude tagajärjel tekkinud ehitusteprügi ja madalamate kohtade täitmiseks ning kaldavallide ehitamiseks kohale veetud materjal. Tegemist on kultuurkihiga, mille paksus ulatub kohati 8 m-ni (A. Mieler 1927, lk. 184).

Kvaternaarse setete iseloomustus on kokkuvõtlikult esitatud hüdrogeoloogilisel tabelil (vt. töö lõpul).

Tartu linna põhjaveed.

Eelmisest peatükist nähtus, et Tartu linna maa-ala geoloogiline ehitus on küllalt mitmekesine. Et põhjaveed on tihedalt seotud maa-ala geoloogilise iseloomuga, siis võib juba ette arvata, et vastavalt mitmekesine on ka põhjavete iseloom ning et põhjavete liigitamise aluseks on maa-ala geoloogiline liigestus: Tartu põhjaveesid on võimalik liigitada hilis- ja pärastjääaegseiks, diluviaalseiks, keskdevonseiks ja silurseiks, vastavalt sellele, mis suguse vanusega kihtides nad esinevad ja missugustest kihtidest neid tarvitamiseks ammutatakse. Nende nelja põhjaveerühma piirides on omakorda võimalikud alaliigitused.

Põhjaveed hilis- ja pärastjääaegseis setteis.

Pinnalähedasimateks põhjaveteks Tartus on Emajõe lammil esinevais hilis- ja pärastjääaegseis setteis leiduvad põhjaveed. Nende põhjavete oluliseks aluskihiks näib olevat viimase jääaja põhimoreen, mis on küllalt savikas, et moodustada praktiliselt vettpidavat kihti. Seal, kus põhimoreen puudub, võib hilis- ja pärastjääaegseisse vettläbilaskvaise setteisse valguv pinnavesi valguda sügavamal asuvaise keskdevonseisse liivadesse ning seal, kus Raadi—Maarjamõisa vagumus lõikab Emajõe orgu, ka vagumust täitvaise glatsifluviaalseisse kruusadesse ja liivadesse.

Hilis- ja pärastjääaegseist setteist sisaldavad peaaegu kõik põhjavett, alates maapinnani ulatava turbaga ja lõpetades hilisglatsifluviaalsete uhtliivadega, milliste setete kogupaksus tõuseb kuni 10 m-ni. Põjavete toiteala piirdub üldiselt oru lammiga, veerudega ja pervelava orulähedaste osadega. Põhjaveed toituvad peamiselt kohapealseist ja pinnavetest. Ainult seal, kus hilis- ja pärastjääaegseid setteid on katmas kultuurkiht või siis lisaorgudest kantud savikad kihid, on vihmavee ja lume sulavete otsene sattumine põhjaveesid kandvaise kihtidesse mõnevõrra takistatud. Põjavete toitumist mõjustab ka Ema-

jõgi oma veega, eriti suurveega, kui jõgi lammi madalamad osad üle ujutab. Lammikihtides olevaid põhjaveesid mõjustavad teatud määral ka vanemais kihtides voolavad põhjaveed, mis oru veerudele välja jõudes kas vahetult või siis allikate kaudu lammikihtidesse valguvad ja sealsete põhjavetega segunevad. Eriti tuleb seda võimalust arvestada lammil Raadi—Maarjamõisa vagumuse piirides. Mis määral aga vanemaist kihtidest välja voolavad põhjaveed lammisetteis leiduvaid põhjaveesid mõjustavad, selle kohta puuduvad lähemad andmed.

Lammisetteis leiduvate põhjavete voolusuundadest puuduvad lähemad andmed, küll aga võib üldiselt märkida nende põhjavete valgumist oru veerude suunast jõe suunas.

Lammisetteis leiduvate põhjavete pind ei asu kuigi sügaval — lammi madalamates osades umbes 0,5 m sügavusel, lammi kõrgematel, veerulähedasematel osadel umbes 2 m sügavusel maapinnast (A. M i e l e r 1927, lk. 184). Põhjavee pinda mõjustavad suurel määral sademed ja Emajõe veepind; nii võib suurte sadude järel ka suurveega põhjavete pind ulatuda maapinnani või kõrgemalegi (P. P ö d d e r 1927, lk. 562). Põhavete pind asub maapinnast sügavamal seal, kus hilis- ja pärastjääaegseid setteid katab suuremas paksuses kultuurkiht — näiteks Ülikooli uue instituutidehoone kohal Gustav Adolphi tänaval on vastavate põhjavete pind 4 m sügavusel maapinnast.

Hilis- ja pärastjääaegseis setteis leiduvate põhjavete hulga kohta puuduvad lähemad andmed. Üldiselt on nende põhjavete hulk otsestelt sõltuv sademete hulgast ning jaotusest lähemas ümbruses aasta vältel. Seal, kus neisse põhjavetesse valgub vanemaist kihtidest tulevaid põhjaveesid, on põhjavete hulga otsene sõltuvus sademest vastavalt väiksem.

Hilis- ja pärastjääaegseis setteis leiduvad põhjaveed ei ole oma keemiliselt iseloomult mitte ühtlased, sest nad asuvad erinevais setteis: mitmesuguse kõdunemisastmega turvastes leiduv põhjavesi on üldiselt pehme ja sarnaneb jõeveega, kuna sügavamal asuvas blekes resp. nõrglubjas ja selle all olevais uhtliivades on põhjaveed üldiselt karedamad, ent ühtlasi ka puhtamad, sest katvad kihid on juba loodusliku filtrina oma osa täitnud. Seal, kus hilis- ja pärastjääaegsetesse põhjavetesse vanemaid põhjaveesid valgub, mõjustavad viimased esimesi ka keemiliselt iseloomult (vt. ka R. G u l e k e 1889, lk. 11).

Juba looduslikult mitmekesised tingimused ei võimalda Tartus esinevate hilis- ja pärastjääaegsete põhjavete jaoks kindlat keemilist iseloomustust anda. See muutub veel raskemaks selle tõttu, et n e n d e

põhjavete reostumist linna piirides miski ei takista, sest põhjaveesid sisaldavaid kihte ei ole suures ulatuses katmas vettpidavad kihid. Et aga linnas on reostumisvõimalusi väga palju — korratult ehitatud käimlad, puudulik mustaveetorustik, aiamaade väetamine, tänavamustuse sattumine koos vihmaveega pinnasesse jne., siis on ka linna piirides hilis- ja pärastjääaegsed põhjaveed suuremal või vähemal määral reostunud ja on osutunud halvaks joogiveeks.

Vaatamata sellele, et hilis- ja pärastjääaegsed põhjaveed on nende tugeva reostumise tõttu Tartus tarvitamiseks väheväärtuslikud või koguni tervislikult kahjulikud, oli ja on ka praegu nende kasutamise väga ulatuslik, osatähtsuselt seda suurem, mida rohkem ajas tagasi mõelda. Veel 1927. a. andmeil (vt. A. Rammul 1933, lk. 317) langes Tartu 2229 kaevust $\frac{1}{3}$ -st valdavalt Emajõe oru lammil asuvaile linnarajoonidele — 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, kusjuures $\frac{1}{3}$ kaevudest ükski ei olnud sügavam kui 8,5 m. Oru lammil asetsevais linnarajoonides olevate kaevude üldarvust on madalate (kuni 8,5 m) kaevude % väga suur, näiteks Meltsi (1) rajoonis 71,4%, Pärna (5) rajoonis 73,2%, Herne (6) rajoonis 81,9%, Aleksandri (8) rajoonis 78,4%, Karlovaluse (9) rajoonis koguni 92,5%. Kuigi kogutud andmeis ei leidu kaevude geoloogilisi profiile, peab arvama, et enamail juhtudel orulammil asetsevad kaevud sügavusega kuni 8,5 m-ni toituvad hilis- ja pärastjääaegseist põhjavetest. Ei ole siis ka midagi imestada, et veel 1927 võidi toonitada, et Tartu kaevud on üldiselt halvad (P. Põdder 1927, lk. 562).

Mitterahuldavaile joogiveeoludele Tartu linnas pööras tähelepanu juba C. Schmidt (1864, 1879), kes toob mõlemas töös kokku umbes 150 Tartu kaevu kohta nende vete keemilised analüüsid. Tema poolt vaatlusele võetud kaevudest asetsesid umbes pooled Emajõe oru lammil ja et nende sügavus, välja arvatud paar erandit, ei ületa 5,25 m-t, siis on tõenäone, et need kaevud toitsid hilis- ja pärastjääaegseist põhjavetest. Peaaegu kõigis neis kaevudes leidis C. Schmidt tugevasti reostunud vett. Ta märgib, et lammi madalamatel aladel ei olegi korralikke kaeve (1864, lk. 391). Lammil asetsevate linnarajoonide joogiveeolude parandamine on võimalik sügavamate põhjavete kasustamiselevõtmisega või veevärgi rajamisega (P. Põdder 1933).

Põhjaveed diluviaalseis setteis.

Diluviaalseis setteis leiduvaid põhjaveesid on keemiliselt analüüsinud juba C. Schmidt (1864), kuid ei ole neid kuidagi eraldanud teiste hulgast (vt. allpool.) Küll aga olid C. Schmidt'i analüüsid suureks tõukeks diluviaalsete põhjavete selgitamisele asumisel. Ta andis oma analüüsidega rikkaliku faktilise materjali selle kohta, et enamik Tartu kaevude vetest ei vasta tervishoidlikele tingimustele, ning näitas sellega, et on tarvis asuda otsima Tartu veega varustamiseks paremaid põhjaveesid. Hiljemini ilmubki mitmeid vastava-suunalisi töid, milledes käsitletakse peamiselt neid põhjaveesid, mis voolavad eelkvaternaarseid vagumusi täitvais glatsifluviaalseis setteis.

Nagu geoloogilisest ülevaatest selgus, täidavad vanemad glatsifluviaalsed setted suures paksuses linna kirdest edelasse läbivat Raadi—Maarjamõisa vagumust. Selles vagumuses on rohkete vaatluste ja uurimiste põhjal ka rikkalikud põhjaveed kindlaks tehtud. Need põhjaveed on kujunenud ka Tartu linna veega varustamisel kõige olulisemaiks, sest neile on rajatud linna veevärk.

Raadi—Maarjamõisa vagumust täitvates glatsifluviaalsetes liivades ning kruusades esinevad kaks põhjaveevoolu: vagumuse kirdeosas Meltsiveski põhjaveevool ja vagumuse edelapoolmikus Toomi põhjaveevool (R. Guleke 1889, lk. 6).

Meltsiveski põhjaveevool on ulatuslikum ja veerikkam. Linna piirides on see põhjaveevool võrdlemisi hästi kindlaks tehtud: hargnedes Raadi—Jaama peavagumuses voolavast põhjaveevoolust veidi põhja pool kalmistuid, suundub ta siit Meltsiveski tiigile ja siit edasi Emajõeni (B. Doss 1906, lk. 11). Osa põhjaveest voolab maapinnale ürgoru vasaku veeru jalamil Meltsiveski allikatena (allikate tase 34,27 m ümp.) (6). Põhjavee pind Meltsiveski allikate kohal on 35,4 m (C. Kalt 1906, lk. 11). Põhjaveevoolu iseloom on parimini selgitatud Meltsiveski allikate ümbruses teostatud puurimisega. Vettisaldavate glatsifluviaalsete kihtide lamami moodustab siin devon (C. Kalt 1909, lk. 10—11), C. Grewingki järgi (1879, lk. 437) esineb vagumuse veerudel ka eelviimase jääaja põhimoreeni; kas see aga vagumuse põhja nimetamisväärselt katab, pole teada.

Vagumuses läbipuuritud vettisaldavad glatsifluviaalsed kihid on vahelduva terasuurusega kruusad ning liivad, milledest on paljud sügavamad korrad väga tihedad — tsementeerunud (C. Kalt 1909, lk. 11, ka 1908, lk. 12). Vagumust täitvaist glatsifluviaalseist setteist

sisaldavad põhjavett Meltsiveski allikate kohal ainult alumised kihid vähemalt 33,4 m paksuses (C. Kalt 1908, lk. 12), kuna põhjavett sisaldava vagumuse laiust on hinnatud 300 m-le (C. Kalt 1908, lk. 12). Lähemad andmed puuduvad Meltsiveski põhjaveevoolu kohta Meltsiveski allikaist kirdesse — Raadi suunas. Maa-alal Raadilt põhjasse — Vasula suunas — juba eelkvaternaarse peavagumuse piirides teostatud puurimistel, mis küll ei ulatunud nimetamisväärselt sügavamale Meltsiveski põhjaveevoolu pinda Meltsiveski allikate juures — 35,4 m, ei selgunud kuskil suuremat põhjaveevoolu, mis oleks võrreldav oinud Meltsiveski põhjaveevooluga ja mida oleks võinud vaadelda viimase loomuliku jätkuna (C. Kalt 1907, lk. 4—8). Puurimistulemuste põhjal peab arvama, et uuritud alal on mitu vähemat põhjaveevoolu, mis valguvad Meltsiveski põhjaveevoolu suunas (C. Kalt 1909, lk. 10). Et aga nimetatud puurimistega ei mindud sügavamale, siis jääbki lahtiseks, missugune on Meltsiveski põhjaveevoolu iseloom väljaspool linna piire.

Lähemad andmed puuduvad Meltsiveski põhjaveevoolu toitealagi kohta. Vastavaid arvamusi leidub küll juba R. Guleke'l, kes vastava toitealana märgib 42 km² suurust maa-ala linnast kirdesse kuni Amme jõeni (1889, lk. 16—22 ja tahv., III). Meltsiveski põhjaveevoolu toiteala ulatust ja iseloomu on püüdnud selgitada ka B. Doss. Tema järgi on Meltsiveski põhjaveevoolu toitealaks peamiselt kitsam vööde Raadilt põhjaloodesse üle Vahi ja Vasula järve Amme jõeni, mis kujutab endast Raadi—Jaama peavagumuse jätku põhjasuunas ja mis samuti olevat täidetud põhjavett sisaldavate vanemate glatsi-fluviaalsete setetega, pealt aga kaetud viimase mannerjää põhimoreeniga (1906, lk. 9 ja kaart töö lõpus). Sellelt alalt kogunevat põhjavett nimetab ta ülemiseks (1906, lk. 20). Kuigi B. Doss hindas Meltsiveski vagumuse sügavust palju väiksemaks — devoni pealispind vagumuse põhjas 25,5 m ümp. (1906, lk. 11) — ja vastavalt ka põhjaveevoolu sügavust ainult 8 m-le (1906, lk. 15), oletab ta, et Meltsiveski põhjaveevool ei toitu ainult vetest, mis kogunevad ülalnimetatud võrdlemisi kitsal vöötmele lõuna pool Amme jõge, vaid et osa Meltsiveski põhjaveest olevat pärit kaugemalt ning suuremalt toitealalt põhja poolt Amme jõge — Põhja-Tartumaa suurvoorte alalt, kust lõunasse valgub sügavam, alumine põhjavesi, mis peamiselt valgub Raadi—Jaama peavagumusse, osalt aga valguvat Meltsiveski haruvagumusse (1906, lk. 20). Viimane oletus on täiesti põhjendatud sellega, et haruvagumuse sügav ja põhjavett sisaldavate kihtide paksus on suur, nagu on selgunud hilisematel uurimistel (vt. eespool).

Meltsiveski põhjavett ei mõjusta otseselt sademed, sest toiteala on suur ning ulatub linnast kaugemale; ka on katekihtide paksus küllalt suur, et sademeteveed otsest mõju saaksid avaldada põhjavee hulga või omadustele. B. D o s s märgib siiski, et Meltsiveski allikate juures võib täheldada otsest sademete mõju, ja seletab seda sellega, et sademete vesi oruveeru jalamil jõuab kiiresti põhjaveeni (1906, lk. 16).

Meltsiveski põhjavee hulka on korduvalt püütud määrata. Olulisematena olgu nimetatud 1908. ja 1909. a. teostatud katsepumpamisi Meltsiveski allikate lähedal. 1908. a. teostatud proovipumpamisel saadi ühest proovikaevust pikema aja vältel pidevalt 46 l/s, kusjuures põhjavee pind alanes umbes 0,5 m võrra (C. K a l t 1909, lk. 14). 1909. teostatud proovipumpamisel saadi kahest lähestikku asetesevast proovikaevust samas kohas pikema aja vältel pidevalt 82 l/s, kusjuures põhjavee pind alanes umbes 1 m (C. K a l t 1909, lk. 24). C. K a l t'i arvates võiks Meltsiveski põhjavesi anda samas kohas, kui arvestada põhjavee pinna alanemist pumpamisel 4,5 m-le, 350 l/s (1909, lk. 22).

Meltsiveski põhjavesi, seistes üldiselt väljaspool otsest sademete mõjustust ning (looduslikes tingimustes) ka väljaspool reostamisvõimalusi ja voolates pikemat aega ning teed lubjakivi- ja dolomiitkivirikastes glatsifluviaalsetes kruusakihtides, on omandanud kindla, püsiva ilmelised iseloomujooned. Meltsiveski põhjavesi on oma füüsikaalsetelt omadustelt laitmatu (A. R a m m u l 1938, lk. 174): vesi on värvitu, kõrvalmaitseta ja lõhnata, seismisel ei teki tas mingit sadet (C. K a l t 1909, lk. 60), vee temperatuur on 6,2° (C. K a l t 1909, lk. 17). Keemiliselt (vt. keemilisi analüüse: C. K a l t 1909, lk. 55, 56, 57, 59, üks uuemaid analüüse on toodud A. R a m m u l'il 1938, lk. 174) iseloomustab Meltsiveski põhjavett väga väike rauasisaldus, kusjuures märgitav on aga üldkaredus — harilikult 16—18° (saksa kraadides), mis on tingitud vees lahustunud Ca- ja Mg-karbonaatidest. Need sadestuvad suures enamuses harilikult vee keetmisel, mille tagajärjel muutub vesi pehmemaks. Meltsiveski põhjaveele on iseloomulik Ca ja Mg esinemissuhe, mis ümmardatult on 3 : 1. Meltsiveski põhjavees leidub umbes 350 milligrammi kuivjääki 1 liitri vee kohta. Keemilistelt omadustelt tuleb Meltsiveski põhjavett lugeda heaks joogiveeks.

Meltsiveski põhjavett on juba C. S c h m i d t hea joogiveena tunnima õppinud. Tema poolt esiletõstetud normaalne allikavesi (1864, lk. 207—209), mida ta ise peab seotuks devoni setetega (1864, lk. 347), vastab keemilistelt omadustelt Meltsiveski põhjaveele, millele tähelepanu juhtis juba R. G u l e k e (1889, lk. 25). Tartu normaalse põhjavee ise-

loomustamiseks nimetab C. Schmidt kahe kaevu vett (vt. 1864, lk. 342), mis mõlemad asuvad linna läbival Raadi—Maarjamõisa vagumusel ning nende sügavust (ca 14 m, resp. 33 m) arvestades ei ulatu tõenäoselt läbi vanemaist diluviaalseist settest (vrd. C. Grewing k 1886, lk. 325), vaid saavad oma vee viimastest (B. Doss 1906, lk. 23). Nii näib, et C. Schmidt, lugedes Tartu põhjavett, kui see ei ole reostunud, heaks (1864, lk. 391), on esimesena esile tõstnud Meltsiveski põhjavett kui täiesti joogikõlblikku. Peale C. Schmidt'i on Meltsiveski põhjavee headust alla kriipsutanud eriti R. Guleke (1889, lk. 26) ja B. Doss (1906, lk. 28). Ei saa nimetamata jätta, et B. Doss põhjendatud tähelepanu juhib Meltsiveski põhjavee reostumisvõimalusele linna piirides (1906, lk. 29, ka lk. 33—34).

Mõnevõrra peegelpildi Meltsiveski põhjaveevoolule moodustab Toomi põhjaveevool, mida esimesena mainib R. Guleke (1889, lk. 6). Toomi põhjavesi voolab Raadi—Maarjamõisa vagumuse edelapoolmikus edelast Räni ümbrusest üle Maarjamõisa ja raudteejaama Toomini ja siit edasi Emajõe orgu (R. Guleke 1889, lk. 11). Selle põhjaveevoolu allikad toidavad Ülikooli Botaanika-aia tiike. Suurem osa põhjaveest valgub aga nähtamatult, nagu ka Meltsiveski põhjaveevoolu puhul, Emajõkke (R. Guleke 1889, lk. 11). Põhjavesi esineb siingi vana vagumust täitvate, vahelduva terasuurusega glatsifluviaalsete liivade ning kruusade sügavamates kihtides, kusjuures eriti veerikkaiks on osutunud jämedad kruusad (R. Guleke 1889, lk. 6, 34, 36). Vettisaldavate kihtide aluse näivad vagumuses moodustavat Tartu lademe kihid. Viimaste väikseim kõrgus ei ole küllalt selgunud, sest et vagumuse piirides olevatest kaevudest on vaid üksikud glatsifluviaalseist settest läbi puuritud. Nii näiteks Riia mnt. nr. 64 olevas puurkaevus (19) (suue u. 75 m ümp.) jõuti devoni kihtideni 37 m allpool maapinda resp. 38 m-l ümp. (kaevumeister Lukk'i andmeil). Kuid see ei ole samas ümbruses devoni pealispinna väikseim kõrgus: lähedalolevas Maarjamõisa kliinikute puurkaevus (15) (suue u. 66 m ümp.) on glatsifluviaalsetesse settesse puuritud 44 m-ni, neid läbimata, seega asub devoni pealispind sügavamal kui 22 m ümp. Veel sügavamal näib asuvat devoni pealispind vagumuses Toomi oru kohal: Ülikooli kliinikute kaevus (12) (suue umbes 59,5 m ümp.; R. Guleke 1889, lk. 51) on puuritud u. 30 m glatsifluviaalsetesse settesse (R. Guleke 1889, lk. 36, 49), neid läbimata. Toomi põhjaveevoolul tõuseb põhjavee pind Maarjamõisa ümbruses kuni 54 m-le ümp. (Maarjamõisa abimajandi karjakaevus, 14), Toomi ümbruses — Ülikooli Silmakliiniku kaevus

(suue u. 69 m ümp.) tõuseb põhjavee pind 59,5 m-ni ümp. (R. G u l e k e 1889, lk. 51). Puuduvad lähemad andmed selle kohta, kui suures paksuses sisaldavad glatsifluviaalsed kihid selles vagumuses põhjavett. Põhjavett sisaldavaid glatsifluviaalseid setteid katavad vähemalt 10 m paksuses samavanused, kuid põhjaveeta kruusad ning liivad ja viimaseid 2—3 m paksune põhimoreeni kate, mis laiguti küll näib puuduvat.

Toomi põhjaveevoolu toiteala on püüdnud selgitada R. G u l e k e. Vastava toitealana on ta märkinud ala Tartust edelasse kuni Nõoni (1889, lk. 12), ent ühtlasi märgib ta, et Toomi põhjaveevoolu toidab tõenäoselt piiratum ala, alates alles Ráni ümbrusest (1889, lk. 15). Ka B. D o s s (1906, lk. 12) märgib, et Toomi põhjavee toiteala algab ainult Ráni ümbrusest.

Vaatamata sellele, et Toomi põhjavee toiteala on tõenäoselt väiksem ja vähema ulatusega Meltsiveski põhjavee toitealast, ei mõjusta ka Toomi põhjavee hulka ja omadusi otseselt sademete veed, välja arvatud vahest põhjaveevoolu osa Emajõe oru lammil ja Toomi oru piirides, kus tõenäoselt puudub vett raskesti läbilaskva noorema põhimoreeni kate.

Toomi põhjavee hulk näib olevat vähem kui Meltsiveski põhjavee hulk. Täpsemaid andmeid Toomi põhjavee hulga kohta on saadud seoses ülikooli kliinikute jaoks Toomi orus asuva kaevu ehitamisega. Proov-pumpamisel saadi ülemisest põhjaveetasemest, mis algas 20,7 m allpool kaevu suuet, kuni 173 kuupjalga (resp. 5 m³) vett tunnis, kusjuures veepind alanes pumpamise vältel kaks jalga (R. G u l e k e 1889, lk. 34). Sügavamal asuvast põhjaveest (u. 25—30 m allpool maapinda) saadi hilisemal pumpamisel 360 kuupjalga vett tunnis, kusjuures veepind alanes ainult 6 tolli (R. G u l e k e 1889, lk. 37). Kas see on suurim Toomi põhjavee tootmisvõime, seda ei saa öelda senikaua, kui ei ole kindlaks tehtud vagumuses leiduvate vettsisaldavate glatsifluviaalsete setete üldpaksus.

Ka Toomi põhjavesi, mis on väga sarnastes tingimustes Meltsiveski põhjaveega, evib püsivailmelist iseloomu, mis on väga lähedane Meltsiveski põhjavee iseloomule (vrd. R. G u l e k e töös toodud vastavate keemiliste analüüside andmeid, 1889, lk. 54—55): vesi on suhteliselt kalk, sisaldab rohkesti Ca- ja Mg-soolasid samas vahekorras kui Meltsiveski põhjavesi ja on üldiselt heade joogivee omadustega. Kuigi mõlemad põhjaveed evivad erinevat ja eri suurusega toiteala ning esinevad iseseisvatena, on nende omadused ometi väga lähedased. See on tingitud sellest, et kumbki põhjavesi voolab

geoloogiliselt sarnastes tingimustes: küllalt pikka teed ning aega ja küllalt sügaval asuvates lubjakivi- ja dolomiitkivi-rikastes kruusakihtides ning väljaspool sademete otsest mõjustust. Sellepärast võib kumbagi põhjavett märkida geoloogiliselt ühena — eelviimase mannerjäa glatsifluviaalseis setteis esinevaks põhjaveeks, mis on Tartu kohal kindlaks tehtud kahe iseseisva põhjaveevooluna: edelast Emajõe suunas voolava — Toomi põhjaveevooluna ja kirdest Emajõe suunas voolava — Meltsiveski põhjaveevooluna.

Peale Meltsiveski ja Toomi põhjaveevoolu esineb Tartu linna maalal veel diluviaalset põhjavett neil aladel, kus viimase jääaja põhimoreeni all leidub eelviimasel jääajal tekkinud, väiksema paksusega glatsifluviaalseid setteid, mis täidavad väiksemaid, senini lähemalt selgitamata vagumusi. Ka need diluviaalsed põhjaveed sarnanevad üldpildis Meltsiveski ja Toomi põhjavetega nii lasumistingimustelt kui ka omadustelt ja kuuluvad viimastega samasse rühma. Et aga nende põhjavete toitealasid tuleb võtta suhteliselt väiksematena, siis on need põhjaveed üldiselt ka vähemahulgalised.

Omaette seisvana esineb diluviaalne põhjavesi, mis on kindlaks tehtud Raadi—Jaama eelkvaternaarses, nn. peavagumuses. Et peavagumuse iseloom on senini väga üldiselt teada, siis ei ole võimalik anda ka selles leiduva põhjavee lähemat geoloogilist iseloomustust. Nagu geoloogilisest ülevaatest selgus, esineb vagumust täitvate glatsifluviaalsete setete kõrval suurel määral ka tüüpilisi glatsiaalseid setteid, millede vanuse kohta ei ole aga kindlaid andmeid olemas. Põhjavett sisaldavate glatsifluviaalsete setete lamami moodustavad vagumuses tõenäoselt keskdevoni setted. Põhjavett sisaldavate glatsifluviaalsete kihtide katteks on põhimoreen; see esineb kohati suure paksuses, sisaldades eneses niisiis nooremat kui ka vanemat põhimoreeni. Sageli on põhjavett sisaldavate kihtide katte iseloom samasugune kui Meltsiveski ja Toomi põhjavetel: pinnakihina mõne meetri paksune noorem põhimoreen ja selle all eri-ilmelised glatsifluviaalsed setted vähemalt 10 m paksuses. Põhjavett sisaldavate kihtide paksuse ning ulatuse kohta puuduvad andmed: B. D o s s märgib neid üldiselt ulatuslikumaiks kui Meltsiveski põhjaveel (1906, lk. 35). Peavagumuse põhjavee toitealana tuleb B. D o s s'i järgi kõne alla eeskätt Amme jõest põhjasse jääva Põhja-Tartumaa suurvoorte ulatuslik glatsifluviaalsete liivade ala, kust Tartu suunas valguvat nn. a l u m i n e põhjavesi (1906, lk. 20). Peavagumuse põhjavesi asub õige sügaval, nagu seda võib

järeldada Raadi auruveski ja Jaama abimajandi puurkaevu sügavusest: esimese sügavus ulatub kuni - 34 m amp., teisel koguni kuni - 39 m amp. (C. Grewing k 1886, lk. 321), mis märgib üldjoontes ka põhjavee asendit. Ei ole liigne märkida, et Raadi puurkaevus ulatub vesi u. 48 m kõrgusele ümp. Peavagumuse põhjavee hulga kohta puuduvad otsesed andmed. B. Doss hindas põhjavee hulka üldiselt suuremaks Meltsiveski põhjavee omast ning soovitas esimesele rajada Tartu linna veevärgi (1906, lk. 35).

Peavagumuse põhjavee omaduste kohta annab pildi Raadi auruveski puurkaevu vee keemiline analüüs (Nass 1886, lk. 229—300, ka C. Grewing k 1886, lk. 322) ja Jaama abimajandi puurkaevu keemiline analüüs (viimane tehtud C. Schmidt'i poolt, aga ainult osaliselt esitatud Nass'il, 1886, lk. 300 ja C. Grewing k'il, 1886, lk. 322). Juba Nass märgib mõlema kaevu vee suurt sarnasust ja omapära: väike kuumutusjääk (232 mg l liitris vees), suhteliselt suur süsihapu naatriumi sisaldus ja väike kalkus (6° , 14° , 1886, lk. 300). Ei saa mainimata jätta ka kaaliumiühendite esinemist. Ca- ja Mg-karboonaatide hulk on enam-vähem võrdne. Kõrvutades peavagumuse põhjavett Meltsiveski ja Toomi põhjaveega, torkab silma suur erinevus: esimesel juhul on tegemist palju sooladevaesema, pehmema, kuid Mg-rikkama ning märgitavalt Na- ja ka K-ühendeid sisaldava põhjaveega, teisel juhul aga sooladerikkama, karedama ja eeskätt Ca-riikka põhjaveega. Sellepärast ei saa neid põhjaveesid ka ühte rühma arvata, nagu seda püüdis teha C. Grewing k (1886, lk. 323) ja nagu seda märgib B. Doss, kes seletab Meltsiveski ja peavagumuse põhjavete omavahelisi erinevusi sellega, et Meltsiveski põhjavesi on Meltsiveski allikate kohal jõudnud juba reostuda (1906, lk. 34, 35).

Raadi—Jaama peavagumuses leiduv põhjavesi erineb, kuivõrd see on tänaseni selgunud, tugevasti teistest Tartu kohal esinevatest diluviaalsetest põhjavetest ja tema lähem selgitamine oleks üks Tartu hüdrogeoloogia tulevikuülesandeid. Nii tuleks selgitada, kas selle põhjavee keemiliste omaduste põhjusi ei peitu selles, et seda põhjavett sisaldavad diluviaalsed setted asuvad tasemes, kus aluspõhjas esineb tõenäoselt juba Narvajõe lademe kihte, ning seega on olemas võimalus viimastes tsirkuleeriva põhjavee valgumiseks diluviaalsetesse kihtidesse ja moodustada seal näilikult iseseisva põhjavee (vt. Narvajõe lademe põhjaveed, lk. 34).

Põhjaveed keskdevonseis kihtides.

Tartu aluspõhjas esinevais keskdevonseis kihtides leiduvaid põhjaveesid võib eraldada kahte rühma: põhjaveed, mis on seotud Tartu lademe kihtidega, ja põhjaveed, mis on seotud Narvajõe lademe kihtidega. Et mõlemad põhjaveed teineteisest suurel määral erinevad, tuleksid nad alljärgnevas ka eraldi vaatlemisele.

Põhjaveed Tartu lademe kihtides.

Põhjaveet leidub Tartu lademe kihtides väga mitmes tasemes, nagu sellele tähelepanu juhtis juba C. Schmidt (1864, lk. 207, 380), hiljemini ka C. Grewingk (1886, lk. 324), B. Doss (1906, lk. 5) ja L. v. zur Mühlen (1912, lk. 20—21). Tartu lademes valitsevalt esinevas punakaspruunis liivas leidub mitmesuguseis tasemeis suuremaid või vähemaid lamedapinnalisi merglisi läätsi (vt. geoloogiline osa), mis osutuvad vettpidavaiks: võrdlemisi pudedaisse liivadesse sattunud sademetevesi nõrgub selliste mergliläätsedeni ning koguneb viimaste peale. Nii tekivad vähese ulatusega, väikse toitealaga ja vähese veehulgaga põhjaveekogumikud, milledest need, mis asuvad võrdlemisi lähedal maapinnale, on mõnevõrra ka sademeist otseselt mõjustatud. Et maapinnani ulatuvaks katvaks kihiks on vett raskesti läbilaskev noorem põhimoreen, siis ei ole aga sademete otsene mõjustus nii märgatav, nagu hilis- ja pärastjääaegsete põhjavete puhul Emajõe oru lammil. Looduslikes tingimuses on Tartu lademe maapinnalähedasemategi põhjavete reostumine, tänu noorema põhimoreeni kattele, tegelikult välja lülitatud. Linna piirides aga on reostumiseks loodud küllalt võimalusi ja selle tulemuseks on, et väga paljudes kaevudes, mis oma vee saavad Tartu lademe maapinnalähedasematest põhjavetest, on vesi suuremal või vähemal määral reostunud, ja seesuguste kaevude najal ei ole võimalik selgitada vastava põhjavee looduslikke omadusi. C. Schmidt'il leidub rida keemilisi analüüse kaevudest, mis on seotud Tartu lademe põhjavetega (1864). Üks Tartu lademe põhjavee keemiline analüüs leidub ka Nass'il (1886, lk. 301—302). Neist selgub, et Tartu lademe põhjaveed on õige karedad, karedamad, kui Meltsiveski ja Toomi põhjaveed. Suurem karedus on tingitud rikkalikust karbonaatide sisaldusest, kusjuures Ca-ühendeid on keskmiselt kaks korda rohkem kui Mg-ühendeid; selline vahekord näib olevat iseloomulik loomulikele, reostumata ja sademete otsesest mõjustusest

välja jäävatele Tartu lademe põhjavetele. Tartu lademe põhjaveed on sageli rauarikkad, mis kergesti ilmneb selles, et seisma jäetud veest välja langeb pruunikaskollane sade. Tartu lademe põhjavete omadused on tihedalt seotud nende kihtide kivimilise ehitusega, milledes põhjaveed liiguvad: mitte ainult merglistes kihtides ei leidu Ca- ja Mg-karbonaate, vaid vähesel määral liitva ainesena ka punakaspruunis liivas. Viimases liikuv vesi lahustab vastavalt ka neid soolasisid, samuti ka rauaühendeid, mis liivale annavadki nii omapärase punakaspruuni värvuse.

Et Tartu lademe põhjavesi esineb mitmes tasemes, liivad, mida mööda vesi liigub, näitavad teatud piirides kivimilisi erinevusi ja erinev on ka sademetevee mõjustus eritasemeis olevaile põhjaveekogumikele, siis on selge, et Tartu lademe kihtides leiduvad põhjaveed võivad oma keemilistelt omadustelt kohati suurel määral üksteisest erineda. Seega saame ülalantud Tartu lademe põhjavee keemilisest iseloomustusest vaid teatud läbilõike, milles esineb kõikumisi ühele ja teisele poole.

Ka sel juhul, kui Tartu lademe põhjaveed on reostumata, ei osutu need kuigi headeks ei tehnilisteks otstarveteks ega ka joogiveena. Pealegi on nende kasutamine raskendatud nende vähesuse tõttu. Vaatamata kõigele sellele leidub Tartus väga palju kaeve, mis oma vee saavad just neist väheväärtuslikest põhjavetest. Eriti tüüpiline on Kaarli rajoon, kus 1927. aasta andmeil asus üle $\frac{1}{3}$ kõigist Tartu kaevudest, milledest omakorda oli kuni 15 m sügavusi tervelt 84,5% (A. Rammul 1933, lk. 317 toodud andmete järgi). Arvestades ala geoloogilist ehitust võib arvata, et kaevud said oma vee suuremalt jaolt võrdlemisi maapinnalähedastest Tartu lademe põhjavetest. Hilis- ja pärastjäääegsete põhjavete kõrval on Tartu lademe põhjaveed järgmised, mis Tartu joogivetele on andnud omal ajal halva kuulsuse.

Põhjaveed Narvajõe lademe kihtides.

Nagu kaugeltki selge ei ole Narvajõe lademe stratigraafia Tartu kohal, samuti ei saa ka küllalt viimistletud pilti anda selle lademe kihtides voolavaist põhjavetest.

Juba varakult on tähele pandud, et sügavamate, aluspõhjasse rajatud Tartu puurkaevude vesi erineb teistest Tartu põhjavetest: see osutus arteesia veeks ja omadustelt heaks (B. Doss 1906, lk. 38) joogiveeks. Ent seda põhjavett peeti silurseks

(B. D o s s 1906, lk. 37). B. D o s s' i järgi olevat siluri pealispind Tartu kohal u. -30 m-l (1906, lk. 4), temale teada olnud sügavamad arteesia veega puurkaevud ulatusid aga sügavamale.

Narvajõe põhjavesi on kindlaks tehtud Narvajõe lademe liivades ning liivakivides, millede paksus ei ületa harilikult mõnda meetrit; nii näiteks Kastani tn. asuva Viinavabriku puurkaevus on liivakivi paksus u. 5 m (vahemikus -49 ja -54 m amp., J. S i n t s o v 1905), Emajõe sauna puurkaevus Emajõe tänaval umbes 4 m (vahemikus -49 ja -53 m amp.) (L. v. z u r M ü h l e n 1912, lk. 19). Need liiva- ja liivakivi-kihid esinevad harilikult mergliste kihtide vahel, mis on vettpidavad. Narvajõe lademe kihid on üldiselt suure pinnalise ulatusega ning väikse kallakuga (u. 2 m/1 km) loodest kagusse. Vastavalt kallakusele tuleb Narvajõe lademe avamust otsida Tartust loodesse — soode- ja metsarikkal alal põhja pool Emajõe, kus lademe avamus võtab enda alla võrdlemisi laia vöötme; see oleks eeskätt Narvajõe lademes liikuvate põhjavete toiteala, mis on küllalt suur, et rikkalikult toita vastavaid põhjaveevoole. Ja et Narvajõe lademe põhjavett sisaldavad kihid asuvad toitealal suuremal absoluutsel kõrgusel kui samad kihid Tartu kohal, kus nad pealegi on suletud vettpidavate kihtide vahele, siis on ka selge, miks Narvajõe lademe põhjaveed esinevad Tartu kohal suure surve all — arteesia vetena. Emajõe lammil Narvajõe lademe põhjaveteni puuritud kaevedest (suue harilikult mõni m üle 30 m ümp.) purskub vesi peale puurimise lõpetamist kuni mitme m kõrguseni üle maapinna (B. D o s s 1906, lk. 37). Et Narvajõe põhjavete toiteala jääb Tartust kaunis kaugele ning vettsisaldavad kihid küllalt sügavale, siis ei mõjusta sademed otseselt üldse neid põhjaveesid. Ka ei mõjusta neid põhjaveesid otseselt mõned teisedki põhjaveed senikaua, kui need põhjaveed voolavad looduslikes tingimuses. Kui aga puurkaevud jäävad torudega vooderdamata (nagu see enamail juhtudel viisiks on), siis võivad Narvajõe põhjavetega seguneda kõrgemal asuvad, eriti Tartu lademe põhjaveed ning vastavalt mõjustada Narvajõe põhjavete omadusi.

Narvajõe põhjaveed esinevad Tartu kohal kõige iseloomulikumalt vahemikus -40 ja -75 m amp., kusjuures eriti esilekerkiv on põhjavete asend vahemikus -45 ja -55 m amp. (L. v. z u r M ü h l e n 1912, lk. 12, 19 ja B. D o s s 1906, lk. 37). Sealjuures on iseloomulik, et Narvajõe põhjaveed ei voola ilmselt mitte ühes kindlas liiva- või liivakivi-kihis, vaid mitmes eritasemes olevas liiva- ja liivakivi-kihis, kusjuures need eritasemeis olevad põhjaveed näivad oma-

vahel seotud olevat; sellele osutavad asjaolud, et kui juba olemasoleva puurkaevu lähemasse naabruses puuritakse uus puurkaev, mis küünib veidi sügavamale, tuginedes seega mõnele sügavamale põhjaveetasemele, siis väheneb vanemas kaevus veehulk ja ka veesurve (vrd. G. Landesen 1922, lk. 32).

Narvajõe põhjavete veepind tõuseb kaevudes harilikult üle 30 m ümp. (tavaliselt mitte üle 40 m ümp., B. Doss 1906, lk. 37). Et Emajõe lamm on suurtel aladel samade kõrguste piirides, siis Emajõe lammil asuvates Narvajõe põhjaveteni ulatuvates puurkaevudes kas voolab vesi vabalt välja või tema pind asub õige maapinna lähedal. Narvajõe põhjavete pind osutab ka nende põhjavete toitealal avanevate Narvajõe kihtide absoluutsele kõrgusele (vt. eespool).

Narvajõe põhjavetele rajatud kaevude tootmisvõime kohta on andmeid väga napilt: üldiselt peetakse Narvajõe põhjavete hulka suhteliselt suureks, mis on ka põhjendatud: põhjavete toiteala on küllalt suur, et kihtidesse võiks valguda suuremaid sademete hulki; ka põhjavett sisaldavate kihtide paksus ning ulatus on küllaldaselt suur, et endasse mahutada piisavaid veehulki. B. Doss (1906, lk. 37) märgib, et vastavate põhjavete tootmisvõime üksikuis kaevudes on 0,7 m³ resp. 700 l kuni 2 m³ resp. 2000 l tunnis, seega kuni 50 m³ vett ööpäeva kestel.

Huvitavaim on Narvajõe põhjavete keemiline iseloom. Juba B. Doss (1906, lk. 38) ja G. Landesen (1922, lk. 31) toovad nende põhjavete esimesi keemilisi analüüse ja viitavad seega esimestena nende põhjavete iseloomulikele joontele: põhjavete temperatuur püsib 5—6° C, evib võrdlemisi väikse üldkareduse (12—13,5° saksa kraadides); suhteliselt väikeses kuivjäägis esineb Ca- ja Mg-karbonaate vähe ja mõlemaid peaaegu võrdselt, ent nende kõrval nimetamisväärselt kaaliumi, eriti aga just naatriumi, mõlemaid peamiselt samuti süsihappesooladena. Samal ajal aga puuduvad või esinevad vaid jälgedena ammoniaak (NH₃), salpeetrishapend (N₂O₃) ja salpeeterhapend (N₂O₅), tähtsusetu on ka rauasisaldus ning orgaaniliste ainete esinemine (vt. G. Landesen'i analüüsid 1922, lk. 31). Seega on Narvajõe põhjaveed osutunud täiesti heakstarbe- ja joogiveeks (B. Doss 1906, lk. 38 ja G. Landesen 1922, lk. 34). Samadele tulemustele on jõutud Tartu Ülikooli Tervishoiulaboratooriumis teostatud uute keemiliste analüüsides najal, kusjuures neid Tartus kasustatavaid Narvajõe põhjaveesid on nimetatud alkaal-sciiks.

Narvajõe põhjaveed erinevad seega silmatorkavalt teistest Tartu põhjavetest oma keemilise iseloomu poolest. Narvajõe põhjavete keemilise iseloomu põhjusi tuleb otsida Narvajõe lademe kivimite mineraloogilisest resp. keemilisest ehitusest. Selle kohta on rohkesti üldisi andmeid olemas. Narvajõe lademe kivimeid iseloomustab dolomiitsus; dolomiitsed on suuremal või vähemal määral kõik merglised kihid, aga ka liivade ja liivakivide liitjana esineb dolomiitne aines. See on leidnud kinnitust ka kivimite keemilistes analüüsides (vt. K. Orviku 1930, lk. 13). Neist analüüsides nähtub peale muu, et Narvajõe lademe kivimid sisaldavad ka naatriumi, arvatavasti kivi-soolana, aga ka kaalit (viimast S. Paul'i poolt 1928. a. Narvajõe kivimite kohta tehtud, kuid senini avaldamata keemiliste analüüsides järgi). Kivi-soola esinemisvõimalusele Narvajõe lademe kihtides osutavad ka mõnedes mergeldolomiidikihtides arvukalt esinevad täringõõned (K. Orviku 1930, lk. 14, II tabel, 4. joon.), mida H. D. v. Engelhardt peab heksaedriliste kivi-soolakristallide valatiseks, kuna kivi-sool ise on aegade jooksul lahustunud ja kivimeis tsirkuleerivast veest eemaldatud (1932, lk. 251).

Narvajõe lademe põhjaveed, liikudes pikemat aega Narvajõe lademe dolomiitseis ning Na- ja K-soolasid sisaldavais kivimeis, lahustuvad vastavalt Ca- ja Mg-soolasid umbes samades vahekordades, nagu need esinevad kivimeis, samuti ka Na- ja K-ühendeid ning rikastuvad nende poolest, eriti Na- ja K-ühendite poolest. Siit võib järeldada, et Narvajõe kivimid on aegade jooksul märgitavalt kaotanud oma esialgselt Na- ja K-sisaldusest selle tõttu, et põhjaveed on neid lahustanud ja välja kandnud; samuti ka seda, et need põhjaveed võiksid kihtide kallakuse suunas, s. o. kagusse muutuda Na- ja K-soolade sisalduselt rikkamaks (vt. R. Hecker 1934, lk. 29). Muidugi ei ole võimatu, et Narvajõe lademe kihid muutuvad üldse kagu suunas juba tekkeloolistel põhjustel Na- ja K-soolade sisalduselt rikkamaiks. Nii üks kui teine põhjus on tõenäoselt mõjustanud Staraja Russa ümbriku soolvee kujundamist, millede tekkimine on tõenäoselt seotud samaste Narvajõe lademe kivimitega (R. Hecker 1934, lk. 29). Siinkohal olgu märgitud, et Staraja Russa juures saadav soolvee sisaldab 1 liitris vees 19,10 g kuivjääki, millest Na arvele langeb 5,115 g ja Cl arvele 10,54 g (R. Hecker 1934, lk. 28).

Ei ole huvita siinkohal märkida, et meil kindlaks tehtud Narvajõe kihid tekkisid keskdevonse settimisala serval, kuna settimisala

keskosa asus siis Moskva ümbruses: viimases kohas suuremas sügavuses on kindlaks tehtud setteid, mis vastavat tekkimisajalt Narvajõe lademe kihtidele (R. M. Pistrak 1938, lk. 252—253); neis setteis satuti väga sooladerikastele (kuni 189 g kuivainet 1 liitris vees ja sellest kuivainest 140 g kivisoola) põhjavetele — soolvetele (V. G. Knoblok ja J. M. Rom 1939, lk. 99). Nii võib öelda, et Narvajõe lademe kihtides tsirkuleerivate põhjavete alkaalsus ei ole seotud ainuüksi lokaalsete tingimustega, vaid küsimuse selgitamisel tuleb silmas pidada Narvajõe lademe settimisaegseid geoloogilisi tingimusi kogu tolleaegses settimisnõos ning vastavate kihtide lasumistingimusi, nagu need hiljemini välja kujunesid.

Narvajõe lademe põhjavetest kõneldes tuleb eraldi nimetada põhjaveesid, mis asuvad Tartus 0 ja -20 m amp. vahemikus, nagu see eriti ilmekalt nähtub mitmes Tähtvere linnaosa puurkaevus. Ka siin on põhjaveed seotud heledate liivadega, mis asetsevad mergliste kihtide vahel, põhjavete hulk on küllaldane, et rahuldada üksikmajade veetarvidust, ning oma omadustelt on needki põhjaveed head. Et aga puuduvad geoloogilised profiilid puurkaevudes läbitud kihtidest ja et ei ole teada ka nende põhjavete keemiline iseloom, siis ei ole võimalik veel lõplikult määrata nende põhjavete geoloogilist kuuluvust: üldilmelt sarnanevad need põhjaveed Narvajõe lademe põhjavetega, aga oma tasemelt näivad nad kuuluvat veel Tartu lademe piiridesse.

Narvajõe lademe põhjaveed on osutunud diluviaalsete põhjavete kõrval Tartu parimateks tarbe- ja joogiveteks. Uute puurkaevude rajamisel püütakse harilikult nende põhjaveteni jõuda. Sealjuures aga on sageli käidud ebaratsionaalset teed: kaeve on rajatud kohati liiga tihedalt ja seega ei ole tekitatud mitte ainult asjatuid ehituskulutusi, vaid on vähendatud ka kaevude veetoodangut (seda eriti põhjavete suhtes 0 ja -20 m amp. vahemikus Tähtvere linnaosas). Narvajõe lademe põhjavete ratsionaalseks kasutamiseks soovitas B. D o s s rajada vastavasse põhjavettesse puurkaeve koondunud majapidamiste kaupa (1906, lk. 38): selle asemel, et iga maja endale eraldi kaevu soetaks, tuleks puurkaeve ehitada tervetele majaderühmadele ühiselt; sedaviisi saaks paremini läbi viia kaevude ehitustöid soovitava sügavuseni ja saaks ära hoida liiga tihedalt asetatud kaevude puhul esinevad ebamugavused seoses veehulkade kõikumisega. Eriti oleks selliste pisiveevärkide rajamine soovitatav Emajõe lammi rajoonides seal, kuhu ei küüni niipea linna veevärk oma võrguga, kus aga tänaseni valitsevad joogivee suhtes vilet-

sad olud. Pealegi ei tuleks Emajõe lammil Narvajõe põhjaveteni ulatuvad puurkaevud väga sügavad — mitte üle 85 m sügavad, arvestades maapinnast, ning veepind oleks neis õige maapinna ligidal.

Põhjaveed siluri kihtides.

Tartus kindlaks tehtud põhjavetest on kõige vähem tuntud need, mis on seotud siluri kihtidega. Nagu geoloogilises ülevaates märgitud, leidub Tartus vaid paar kaevu, mis ulatuvad siluri kihtideni või on neisse tunginud. Suurima sügavusega on Kalda tn. asunud end. „Livonia” õllevabriku puurkaev (põhi - 26 m amp.), mille alumises osas on läbitud silurseid kihte, kus on satunud ka rikkalikkuudele põhjavetele (kaevumeister L u k k' i andmed 1941). Ka silursed põhjaveed asuvad suure surve all ja nende pind tõuseb peaaegu maapinnani (33 m ümp.). Silursete põhjavete suurehulgalisus ja suure surve all olek on seletatav silursete kihtide lasumistingimustega: on tegemist pinnaliselt suures ulatuses esinevate kihtidega, millel on väike kallak üldsuunaga põhjast lõunasse. Tartust kaugemal põhja pool avanevad siluri kihid palju kõrgemal merepinnast kui samad kihid Tartu kohal; see on ka eelduseks, et mööda neid lõunasse kallakuid kihte voolav põhjavesi osutub Tartu kohal arteesia veeks. Et siluri põhjavete toiteala asub Tartust kaugel ning seega põhjavesi voolab pikemat aega siluri kivimeis, siis mõjustab kindlasti põhjavee omadusi vastavate kihtide kivimiline iseloom. Silursete põhjavete omaduste kohta puuduvad üksikasjalised andmed, aga nad olevat üldiselt head. On võimalik, et silursetes põhjavetes selguvad hiljemini eritasemed ja et neid põhjaveesid tuleb liigitada ka nende omaduste järgi.

Lõpetades sellega Tartu hüdrogeoloogia ülevaate tuleb märkida, et sellega on tahetud vaid pilti anda sellest, mida on võimalik praegu öelda Tartu põhjavete geoloogia kohta, ja viidata neile rohkeile küsimusile, mis ootavad edaspidist selgitamist ning lahendamist Tartu hüdrogeoloogias.

Tartu linna põhjavete keemilisi analüüse.

1. Kare diluviaalne põhjavesi (II). Maarjamõisa kliinikute puurkaev (15). Analüüs: Tartu Ülikooli Tervishoiu-laboratooriumi andmeil.
2. Kare diluviaalne põhjavesi (II). Meltsiveski puurkaev (Tallinna tn. 11) (6). Analüüs: A. Rammul 1938.

3. Pehme diluviaalne põhjavesi (II). Raadi puurkaev (1). Analüüs: Nass 1886.
4. Kare Tartu lademe põhjavesi (IV). Üks Aia tn. kaeve. Analüüs: C. Schmidt 1863.
5. Pehme Narvajõe lademe põhjavesi (V). Pargi tn. nr. 10 asunud sauna puurkaev (17). Analüüs: Tartu Ülikooli Tervishoiu-laboratooriumi andmeil.
6. Pehme Narvajõe lademe põhjavesi (V). Linna pesukoja (Lina tn. 11) puurkaev (18). Analüüs: Tartu Ülikooli Tervishoiu-laboratooriumi andmeil.

mg/l	1	2	3	4	5	6
1. kuivjääk 110 C°	398.4	383.6	232.0	498.84	319.0	298.0
2. kuivjääk kuumutamisel	242.8	200.0			208.0	172.0
3. seotud süsihape			146.8		264.0	228.8
4. kloor (Cl)	87.0	18.5	21.28	41.84	6.0	7.0
5. ammoniaak (NH ₃)	0	0	1.38	0.79	0	0
6. salpeetrishapend (N ₂ O ₃)	0	0			0.01	0
7. salpeterhapend (N ₂ O ₅)	1.5	20.0	0.16	} 73.90	jäljed	0
8. väävelhapend (SO ₃)			9.25			
9. kaltsiumhapend (CaO)	149.6	127.6	32.40	141.58	66.0	59.6
10. magneesiumhapend (MgO)	42.15	37.9	20.72	62.72	55.5	45.5
11. naatriumhapend (Na ₂ O)			49.24	24.89	20.06	85.7
12. kaaliumhapend (K ₂ O)			14.68	3.22	22.7	96.5
13. raudhapend (Fe ₂ O ₃)	0.8	0	0.71	0.75	jäljed	0
14. ränihapend (SiO ₂)			9.73	6.14		
15. alumiiniumhapend (Al ₂ O ₃)					0	0
16. reaktsioon (pH)	7.3	7.3			7.3	7.3
17. hapendumus (O ₂)	0.9	1.2			3.2	1.8
18. üldkaredus (saksa kraadides)	20.86	18.1	6.14	22.04	13.6	11.6
19. bikarbonaatkaredus (saksa kraadides)	20.4	16.5			16.5	14.6

Kirjandus.

- (Assatkin, B.) Асаткин, Б. П. Древнейшие слои среднего девона Ленинградской области. Известия Ленинградского Геолого-гидро-геодезического Треста, 1934, 3 (1934).
- Doss, B. Gutachten über das Projekt einer Grundwasserversorgung der Stadt Dorpat. Gedruckt in der Müllerschen Buchdruckerei, Riga, 1906.
- Engelhardt, H. D. v. Über die Entstehung der hexaedrischen Hohlräume in einigen Mergelolomitschichten des Estländischen Mitteldevons. Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Jahrg. 1932, Abt. B. (1932).
- (Hecker, R.) Геккер, Р. Ф. Гипсоносность и соленосность девона Ленинградской области. R. Hecker, The Occurrence of Gypsum and Salt in the Devonian of Leningrad. Известия Ленинградского Геолого-гидро-геодезического Треста, 1934, 3 (1934).
- Gleitsmann, A. Gutachten über eine Wasserversorgung der Stadt. Druck von C. Mattiesen, Jurjew (Dorpat), 1900.
- Grewingk, C. Ergebnisse von Fr. Schmidt's geologischen Untersuchungen in der Silurformation Ehst-, Liv- und Kurlands, Schichten und Fossilienreste (Briefliche Mitteil. an Prof. Bronn). Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Peterfatenkunde, Jahrg. 1859 (1859).
- „ Geologie von Liv- und Kurland mit Ingebriff einiger angrenzenden Gebiete. Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands I. Serie, 2, IX (1861).
- „ Erläuterungen zur zweiten Ausgabe der geognostischen Karte Liv-, Est- und Kurlands. Archiv für die Naturkunde Liv-, Est- und Kurlands, I. Serie, 8, IV (1879).
- „ Über die Beziehungen der geologischen Verhältnisse einiger Dorpater Brunnen zu deren Gehalt an Salzen. Sitzungsberichte der Naturf.-Gesellschaft b. d. Univ. Dorpat, 7 (1886).
- Gross, W. Die Fische des baltischen Devons. Paleontographica, 79, Abt. A (1933).
- „ Acanthodier und Placodermen aus Heterostius-Schichten Estlands und Lettlands. Annales Soc. Reb. Nat. Invest. in Univ. Tartuensis Const., 46, Tartu (1940) ja Tartu Ülikooli Geologia-Instituudi Toimetused 60 (1940).
- „ Über das Devon der russischen Tafel. Geologische Rundschau, 31, (1940/1940 II).
- „ Die Fischfaunen des Baltischen Devons und ihre biostratigraphische Bedeutung. Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga, 64 (1942).
- Guleke, R. Ueber Lage, Ergiebigkeit und Güte der Brunnen Dorpats. Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands, Serie I, 9, V (1889).
- „ Ueber Lage, Ergiebigkeit und Güte der Brunnen Dorpats. Sitzungsberichte der Naturforscher-Gesellschaft bei der Univ. Dorpat, 9 (1892).
- Hausen, H. Über die Entwicklung der Oberflächenformen in den russischen Ostseeländern und angrenzenden Gouvernements in der Quartärzeit. Fennia 34, nr. 3 (1913).

- Hemsendorf, J. 2. Gutachten über das Projekt der Wasserversorgungsanlage der Stadt Dorpat. Aus: Gutachten über das Projekt der Versorgung der Stadt mit Grundwasser II. Druck C. Mattiesen, Dorpat, 1909.
- Kalt, C. Bericht über das projektierte Grundwasserwerk der Stadt Jurjew (Dorpat). Berichte und Gutachten betreffend das Projekt der Versorgung der Stadt mit Grundwasser. Zusammengestellt von V. v. G. Gedruckt bei C. Mattiesen, Dorpat, 1909.
- „ Kurzer Bericht über die gemachten Versuchsbohrungen zwecks Feststellung der Grundwasserverhältnisse für eine zu projektierende Grundwasserversorgung auf dem Gute Ratshof für die Stadt Dorpat. (Riga, im Dezember 1907.) Aus: Berichte des Ingenieurs C. Kalt über die Versuchsbohrungen zwecks Feststellung der Grundwasserverhältnisse für eine zu projektierende Grundwasserversorgung der Stadt Dorpat. Druck von C. Mattiesen, Dorpat, 1913.
- „ Bericht über die gemachten Versuchsbohrungen zwecks Feststellung der Grundwasserverhältnisse für eine zu projektierende Grundwasserversorgung am Fusse der Ressourcenterrasse bei der Malzmühlenquelle für die Stadt Dorpat. (Riga, 25. Mai 1908.) Aus: Berichte des Ingenieurs C. Kalt über die Versuchsbohrungen zwecks Feststellung der Grundwasserverhältnisse für eine zu projektierende Grundwasserversorgung der Stadt Dorpat. Druck C. Mattiesen, Dorpat, 1913.
- „ 3. (Umgearbeiteter) Bericht über das projektierte Grundwasserwerk der Stadt Jurjew (Dorpat) (vom 24. Oktober 1909). Aus: Berichte und Gutachten betreffend das Projekt der Versorgung der Stadt mit Grundwasser III. Gedruckt bei C. Mattiesen, Dorpat, 1913.
- (Knoblock, G. V. ja Rom, J. M. Knoblock, B. G. и Ром, Я. М., Промышленные рассолы подмосковной котловины. Summary: The Commercial Brines of the Moscow Basin. Труды союзного научно-исследовательского института минерального сырья, 146 (1939).
- Kutorga, S. Beitrag zur Geognosie und Palaeontologie Dorpats und seiner nächsten Umgebung. Herausgegeben von der Russisch-Kaiserlichen Mineralogischen Gesellschaft. St. Petersburg, 1835.
- Mechmershausen, G. Beitrag zur Kenntnis der alluvialen Ablagerungen des Embachtales bei Dorpat. Mitteilungen des Instituts für wissenschaftliche Heimatforschung an der Livländischen Gemeinnützigen u. Ökonomischen Sozietät (gegr. 1792) in Dorpat, 5 (1931).
- Mieler, A. Tartu aseme geomorfoloogia ja hüdroloogia. Referaadiga separaadis: Les conditions géomorphologiques et hydrogéologiques de Tartu — koguteos „Tartu“. Tartu linna-uurimise toimkonna korraldatud ja toimetatud. Tartu linna väljaanne. Tartu, 1927.
- Mühlen, L. v. zur. Der geologische Aufbau Dorpats und seiner nächsten Umgebungen. Sitzungsberichte der Naturforschergesellschaft b. d. Univ. Dorpat, 21, 1—2 (1912).
- (Mühlen, L. M. v. zur) Мюлен, Л. М. фон цур. Геологическое строение территории города Юрьева и его ближайших окрестностей. Учёные Записки Императорского Юрьевского Университета 21, 8 (1913).

- N a s s. Analysen des Bohrbrunnens in Ratshof und des Bohrbrunnens in der St. Petersburger Strasse in Dorpat. Sitzungsberichte der Naturforscher-Gesellschaft b. d. Univ. Dorpat, 7, 2 (1886).
- O b r u t s c h e w, D.) Обручев, Д. К стратиграфии среднего девона Ленинградской области. Записки Всероссийского Минералогического Общества, 62, 2 (1933).
- O r v i k u, K. Keskevoni põhikihid Eestis. Die untersten Schichten des Mitteldevons in Eesti. Acta et Comm. Univ. Tartuensis (Dorpatensis) A 16₅ (1930) ja Tartu Ülikooli Geologia-Instituudi Toimetused, 21 (1930).
- „ Viljandimaaa aluspõhi ja pinnakate. Geologische Übersicht des Bezirks Viljandimaa. Koguteos „Eesti“, VII, Viljandimaa I, Üldosa (1939) ja T. Ü. Geologia-Instituudi Toimetused, 47 (1935).
- „ Geoloogilisi märkmeid S-Emajõe süvenduste kohta Kärevere ja Jänese vahel. Outcropping Mid-Devonian Pterichthyodes-Layers from the Bed of the Emajõgi above Tartu. „Eesti Loodus“ 1938, nr. 3 (1938).
- P ö d d e r, P. Tartu linna tervishoiu-olud. Koguteos „Tartu“ I, Tartu linna väljaanne. Tartu, 1927.
- P ö d e r, P. Tartu eslinna „Karlova“ tervishoiuline seisukord. Andmed sanitaartopograafia, statistika ja joogivee kohta. Dissertatsioon. Tartu, 1923.
- R a m m u l, A. Tartu joogivee-oludest ja keskkeevärgi ehitamise kavatsusist. Koguteos „Tartu“ I, Tartu linna väljaanne. Tartu, 1927.
- „ Tartu joogivee-oludest. Koguteos „Tartu“ I, Tartu linna väljaanne. Tartu, 1933.
- „ Tartumaa tervishoiuline kirjeldus. E. V. Tervishoiuvalitsuse ja Tartu Ülikooli Tervishoiuinstituudi väljaanne. Tartu, 1938.
- S c h m i d t, C. Die Wasserversorgung Dorpats, eine hydrologische Untersuchung. Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands, I Serie, 3, 5 (1864).
- „ Die Wasserversorgung Dorpats II. Eine hydrologische Untersuchung. Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands, I. Serie, 8, 1 (1876).
- S c h m i d t, Fr. Nachträge und Berichtigungen zu den Untersuchungen über die silurische Formation von Estland, Nord-Livland und Oesel. Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands, I. Serie, 2, 2 (1859).
- „ Über die Pteraspiden überhaupt und über Pteraspis Kneri aus den obersilurischen Schichten Galiziens. Verhandlungen d. Russ.-Kaiserl. Mineral. Gesellschaft zu St. Petersburg, II. Ser., 8 (1873).
- „ Revision der ostbaltischen silurischen Trilobiten nebst geognostischer Übersicht des ostbaltischen Silurgebiets. Abt. I, Phacopiden, Cheiruriden und Encrinuriden Mémoires de l'Acad. Imp. des Sciences de St.-Pétersbourg, VII^e Serie, 30, 1 (1881).
- S i n t s o v, I.) Синцов, И. О буровых и копаных колодцах казённых винных складов. XXV: Колодцы Остзейских губерний. Записки Имп. С.-Пет. Минерал. Общества, 2 серия, 43 (1905).
- T h o m s o n, P. W. Die regionale Entwicklungsgeschichte der Wälder Estlands. Acta et Comm. Univ. Tartuensis (Dorpatensis), A 17₂ (1929) ja T. Ü. Geologia-Instituudi Toimetused, 19 (1929).
- W i l d e, P. Canalisation und Wasserleitung für Dorpat nebst einigen Bemerkungen über den Malzmühlenstrom. Druck von H. Laakmann's Buch-Steindruckerei, Dorpat, 1891.

ГИДРОГЕОЛОГИЯ ГОРОДА ТАРТУ

Первую попытку выяснения геологии подземных вод города Тарту можно найти у К. Шмидта (C. Schmidt, 1864), который все им химически изученные воды колодцев города связывал с девонскими отложениями.

Подразделение подземных вод Тарту на девонские и четвертичные проведено и при том обосновано геологически К. Гревингом (C. Grewingk, 1886).

Р. Гулеке (R. Guleke, 1889) даёт ещё более детальное подразделение подземных вод Тарту: на аллювиальные, дилювиальные и девонские, причём детально описываются дилювиальные подземные воды.

Б. Досс (B. Doss, 1906), кроме вышеупомянутых подземных вод, характеризует и силурийские подземные воды, более детально останавливаясь на последних и особенно на дилювиальных подземных водах.

Ещё более полное подразделение подземных вод города Тарту дано Л. Мюленом (L. Mühlen, 1912, 1913), который вкратце упоминает о двух группах девонских подземных вод.

Вышеупомянутые работы представляются наиболее существенными по изучению гидрогеологии города Тарту. Из них явствует, что исследование гидрогеологии города развивалось параллельно с изучением геологии города и его окрестностей, а также в связи с рытьем колодцев до более глубоко лежащих уровней подземных вод. Много ценных данных о подземных водах города имеется также и в напечатанных отчётах К. Кальта (C. Kalt, 1907, 1908, 1909¹, 1909²) по проектированию водоснабжения города.

В нижеследующем даётся сводный обзор гидрогеологии города Тарту, причём, кроме литературных данных, учтены также и новые материалы по геологии Советской Эстонии, в частности города Тарту.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ГОРОДА ТАРТУ.

Геологическое описание города Тарту даётся уже С. Куторгой (S. Kutorga, 1835). До последнего времени наиболее детальным геологическим описанием является работа Л. Мюлена (1912, 1913) (на русском и немецком языках), которую с геоморфологической стороны дополняет работа А. Милера (A. Mieler, 1927).

Дочетвертичный рельеф.

Геоморфологически город Тарту расположен на слегка волнистой равнине основной морены и в долине реки Эмайыги. Ширина этой долины в границах города достигает 1 км., местами же гораздо уже; высота склонов долины над поймой примерно 20 м. Крайние абсолютные отметки современного рельефа в границах города — 76 и 21 м.

Из коренных пород установлены в Тарту силурийские и девонские. Отложения, начиная с верхне-девонских до третичных, в границах города не установлены. В этот длинный период пробела напластования здесь вырабатывался дочетвертичный, древний рельеф, который скрыт полностью четвертичными отложениями. Крайние абсолютные отметки древнего рельефа, установленные до сих пор, — 55 и — 42 м., т. е. высотные разницы древнего рельефа превышают высотные разницы современного рельефа примерно в два раза. Из древнего рельефа в границах города установлены две древние долины в средне-девонских отложениях: одна, глубиной до 50 м., пересекает город с северо-востока на юго-запад по направлению Ради—Марьямыйза, и впервые упомянута К. Гревингом (С. Grewingk, 1879), другая, глубиной до 100 м., расположена в восточной части города, в направлении Ради—Яма, и впервые упомянута В. Доссом (В. Doss, 1906). Обе долины наполнены целиком четвертичными отложениями.

Коренные породы.

В границах города, на склонах долины Эмайыги в нескольких местах обнажаются средне-девонские отложения, которые представлены главным образом пестроцветными, большей частью же красновато-бурыми, слегка сцементированными песками. Мощность этих песков в Тарту достигает примерно 75 м. В песках на разных уровнях встречаются прослойки глин, мергелей и доломитовых мергелей в виде плоских линз. Биостратиграфически эти слои по В. Гроссу (W. Gross, 1940) относятся к нижней части слоёв с *Heterostius* и соответствуют нижней части Лужских слоёв Ленинградской области. Так как эти средне-девонские слои в Эстонской ССР хорошо изучены по материалам, собранным в ближайших окрестностях города Тарту, то их принято называть слоями Тартуского яруса.

Слои Тартуского яруса подстилаются в Тарту отложениями Наровского (по-эстонски Narvajõe) яруса, которые являются здесь самыми древними слоями среднего девона, покрывая дискордантно нижележащие силурийские слои. Наровские слои в Тарту нигде не обнажаются, они вскрыты только в буровых скважинах. Более детально описаны эти слои в Тарту только по двум буровым скважинам (Л. Мюлен, 1912 и И. Сипцов, 1905), о других же имеются лишь устные показания буровых мастеров. Поэтому Наров-

ские слои в Тарту можно охарактеризовать только в очень общих чертах.

Наровский ярус в Тарту, как самостоятельная стратиграфическая единица, до сих пор в литературе не упомянут. Соответствующие слои причислялись в общем к среднему девону (И. Синцов, 1905) или же к силуру (Б. Досса, 1906, Л. Мюлен, 1912). В настоящем труде к Наровскому ярусу причисляются в Тарту слои пестрых и серых мергелей, мергелистых доломитов и доломитовых мергелей, которые переслаиваются со светлыми серыми и зеленоватыми песками и песчаниками, имея незначительное (примерно 2 м/1 км.) юго-восточное падение.

В связи с введением в стратиграфическую таблицу города Тарту Наровского яруса, как самостоятельной единицы, приходится согласиться с тем, что верхняя граница силура в Тарту лежит примерно в границах —67 и —85 м., но не на —30 м., как это отмечено у Б. Досса (1906), или на —39 м., как это отмечено у Л. Мюлена (1912).

Пока имеются затруднения по вопросу о том, где провести верхнюю границу Наровского яруса в Тарту. В Эстонской ССР слои Наровского яруса фациально изменяются в направлении с востока (с северо-востока) на запад (юго-запад). На основании предварительных фаунистических определений выяснилось, что в более северо-восточных районах (район реки Наровы) еще в верхней части Наровского яруса встречаются отложения, близкие седимент-петрографически (окраска песков, линзообразные мергелистые слои) слоям Тартуского яруса, в юго-западном же районе (в районе реки Халисте) в нижней части Тартуского яруса встречаются отложения, которые седимент-петрографически (светлые песчаники, выдержанные мергелистые слои) являются характерными для Наровского яруса в Эстонии (кроме района реки Наровы). По этим данным оказывается, что условия образования типичных осадков Ольд Реда (пестроцветной толщи) установились на востоке (северо-востоке) Эстонии немного ранее, чем на западе (юго-западе).

В данном труде к Наровскому ярусу причислены все светлые пески и песчаники, переслаивающиеся мергелистыми слоями и представляющие седимент-петрографически сходную свиту, верхняя граница которой в Тарту лежит примерно в границах —23 и —40 м.

Силурийские отложения вскрыты в Тарту только в одной буровой скважине на глубине между —67 и —123 м.: силур представлен в этой части известняками, доломитами и мергелями, более детальный характер которых неизвестен. Силурийские слои в Тарту имеют такое же падение, как соответствующие слои в северной Эстонии: примерно 3 м/1 км. в южном направлении. Верхняя поверхность силурийских слоёв в Тарту неровная, что указывает на денудацию последних до отложения слоёв Наровского яруса.

Четвертичные отложения.

Из четвертичных отложений в Тарту самыми распространёнными являются отложения ледникового периода или плейстоцена, мощность которых местами — в границах древних долин — достигает примерно 100 м. (К. Гревингк, 1886), большей частью же не превышает нескольких метров.

Более молодым ледниковым отложением является верхняя основная морена в виде валунного красновато-бурого суглинка, относящаяся к последнему, Вюрмскому, оледенению. Мощность этой основной морены примерно 2—4 м., и она покрывает почти непрерывным слоем все более старые отложения не только на равнине, но и в долине Эмайыги (А. Милер, 1927). Местами установлены над основной мореной флювио-гляциальные отложения последнего оледенения, но незначительной мощности.

Пески и гравии, наполняющие главным образом древнюю долину Ради-Марьямйза, представляют собою флювио-гляциальные отложения, возраст которых связывается с предпоследним, Рисским, оледенением. В этой же древней долине местами встречается нижняя основная морена в виде фиолетово-серого валунного суглинка, относящаяся к предпоследнему, Рисскому оледенению. Та же морена большей мощности установлена в древней долине Ради — Яма, особенно в верхней части её. Под этой основной мореной в древней долине Ради — Яма установлены ещё флювио-гляциальные пески и гравии, возраст которых вероятно связывается с ещё более старым оледенением, чем Рисское. Межледниковые и межстадиальные отложения в Тарту пока не установлены.

Поздне- и послеледниковые отложения встречаются в Тарту в долине Эмайыги. Здесь над верхней основной мореной встречается ленточная глина мощностью в несколько метров, более распространёнными же являются аллювиальные пески и супеси, которые отложены здесь мощностью в несколько метров в позднеледниковое время водами, наполнявшими всю долину и протекавшими на запад, т. е. в направлении, противоположном течению реки Эмайыги в настоящее время [Г. Гаузен (H. Hausen), 1913, А. Милер, 1927].

Над аллювиальными отложениями лежат в долине Эмайыги озёрные и болотные отложения общей мощностью до 4 м. [П. В. Томсон (P. W. Thomson), 1929, Г. Мехмерсхаузен (G. Mehmershausen), 1931]; внизу местами песчанистая гиттия и торф, которые покрываются слоем блеке, мощностью примерно в 1 м. Время образования блеке — конец субарктического времени до середины бореального времени, в каковую эпоху в долине Эмайыги в границах теперешнего города вероятно существовало озеро. Блеке покрыто тонким слоем гиттии, эта в свою очередь — тростниковым торфом, а последний — низинным торфом, мощность которого местами около 1,5 м. Образование современной реки Эмайыги началось примерно в конце бореального времени.

Самыми молодыми отложениями в границах города являются супесь в виде береговых валов по обоим берегам реки Эмайыги, глины, пески и гравии в виде конусов выноса в долине Эмайыги и культурный слой, который в границах древнего города местами достигает мощности до 8 м.

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ.

Соответственно стратиграфическому подразделению отложений г. Тарту можно и подземные воды города подразделить на четвертичные, средне-девонские и силурийские, которые в свою очередь подразделяются еще детальнее: четвертичные делятся на поздние и послеледниковые, жёсткие плейстоценовые и мягкие плейстоценовые подземные воды, средне-девонские же — на жёсткие подземные воды Тартуского яруса и мягкие подземные воды Наровского яруса (см. сводную таблицу и рис. 3).

Поздне- и послеледниковые грунтовые воды.

Так названы грунтовые воды, встречающиеся в поздне- и послеледниковых отложениях долины реки Эмайыги: в торфе, в озёрных отложениях и в аллювиальных песках и супеси, подстилающим водоупорным слоем которых большей частью является верхняя основная морена, местами же и ленточные глины. Так как эти водоносные отложения не покрываются водоупорным слоем, то грунтовые воды в них под непосредственным влиянием атмосферных осадков, а также и водного режима реки Эмайыги, легко загрязняются. Уровень грунтовых вод в среднем 1—3 м. ниже поверхности земли, но не является постоянным. Качества вод также непостоянны, в общем воды эти близки по качествам к атмосферным осадочным водам, при том же из них более жёсткие, а также и более чистые те, которые сосредоточены в слое блеке и в нижележащих песках. К этим грунтовым водам местами приливаются девонские и плейстоценовые подземные воды, которые на склонах долины Эмайыги просачиваются в послеледниковые отложения, что в свою очередь влияет на качества грунтовых вод в последних. В общем поздне- и послеледниковые грунтовые воды в границах города загрязнены, и их нужно считать непригодными для питья. На это обратил внимание уже К. Шмидт (1864, 1879), в трудах которого приведены химические анализы этих вод. Несмотря на загрязнённость поздне- и послеледниковых грунтовых вод в границах города, они однако употребляются для питья во многих колодцах города.

Жёсткие плейстоценовые подземные воды.

Флювио-гляциальные пески и гравии в древней долине Ради — Марьямыйза содержат большие количества подземных вод, которые

в этой долине встречаются в виде двух потоков, упомянутых впервые Р. Гулке (1889).

Один поток течёт в направлении Ради—Мелтсивески, и уровень его у источников Мелтсивески 35.4 м., мощность же водоносных слоёв в том же месте 33.4 м. Область питания подземных вод этого потока по Б. Доссу (1906) лежит северо-западнее города в районе озера Вазула и реки Амме, частью же вероятно ещё северо-западнее, в районе больших друмлинов северного Тартума. Так как водоносные отложения покрыты практически водоупорной верхней основной мореной, то в природных условиях эти подземные воды в границах города — вне непосредственного влияния атмосферных осадочных вод и возможностей загрязнения. Воды этого потока чистые и, протекая в гравии, богаты известковистыми-доломитовыми гальками, содержат в значительном количестве соли Са и Mg: жёсткость этих вод обыкновенно 16°—18°. Содержание солей Са обыкновенно в три раза больше, чем содержание солей Mg (3:1), что характерно для этих плейстоценовых подземных вод. Имея качества хорошей питьевой воды, воды потока Ради-Мелтсивески нашли в Тарту широкое употребление, ими пользуются также при водоснабжении города.

Такого же характера воды установлены в юго-западной части древней долины Ради-Марьямыйза, где подземные воды, область питания которых лежит в окрестностях Ряни, текут в направлении Марьямыйза-Тоом при таких же геологических условиях, как воды потока Мелтсивески.

Область питания и мощность водоносных отложений потока Тоом меньше сравнительно с потоком Мелтсивески, меньше и количество его вод. По своим качествам воды потока Тоом сходны с водами потока Мелтсивески. Так как и эти подземные воды оказываются хорошими питьевыми водами, то и они нашли широкое применение в городе.

Жёсткие плейстоценовые подземные воды встречаются в Тарту в соответствующих отложениях местами и вне древних долин, однако в незначительных количествах.

Мягкие плейстоценовые подземные воды.

В древней долине Ради—Яма установлены подземные воды в значительных количествах в флювио-гляциальных песках и гравиях, лежащих под основной мореной предпоследнего оледенения и возраст которых еще не выяснен окончательно. Эти подземные воды на значительной глубине оказываются напорными и связаны с потоком, областью питания которого следует считать район больших друмлинов северного Тартума. Так как отложения, содержащие эти воды, покрыты мощным слоем водоупорных отложений, то они не подвергаются непосредственному влиянию атмосферных осадочных вод и являются незагрязненными. Для этих подземных вод

характерна сравнительно малая жёсткость — 6^0 и почти одинаковое содержание солей Са и Mg (1:1), характерно также и присутствие солей Na и K, вследствие чего эти воды можно обозначить, как мягкие и щёлочные. Так как воды эти встречаются на глубине, где уже установлены слои Наровского яруса, содержащие также мягкие и щёлочные воды, то представляется возможным, что мягкие щёлочные плейстоценовые воды отчасти питаются подземными водами Наровского яруса. Хотя плейстоценовые напорные воды имеются в больших количествах и обладают хорошими качествами, ими в Тарту пользуются лишь в очень ограниченных размерах. Причиной этого является то, что древняя долина Ради—Яма, в границах которой установлены эти подземные воды, простирается через мало населённые районы города.

Жёсткие подземные воды Тартуского яруса.

В песках средне-девонского Тартуского яруса подземные воды встречаются над водоупорными глинисто-мергельными линзами, где собирается просачивающаяся сверху вода. Соответственно тому, какова глубина мергелистых линз, считая с поверхности земли, и какова занимаемая ими площадь, колеблются уровни и количества связанных с ними верховых вод (обыкновенно количества их незначительны). Непостоянны и качества этих верховых вод. Характерна значительная жёсткость их (примерно 20^0), содержание же солей Са превышает обычно содержание солей Mg в два раза (2:1). Просачиваясь через пески, содержащие железистые соединения, воды растворяют их и обогащаются ими. В общем подземные воды Тартуского яруса по своим качествам относятся к малопригодным питьевым водам. Питаясь просачивающимися сверху водами, в границах города, где во многих местах защищающая от загрязнения водоупорная основная морена прорыта, они подлежат, особенно на более верхних уровнях, загрязнению. Несмотря на это, жёсткие подземные воды Тартуского яруса употребляются в городе для питья в довольно больших размерах.

Мягкие подземные воды Наровского яруса.

Из слоёв Наровского яруса водоносными являются светлые пески и песчаники между водоупорными слоями мергелей и доломитовых мергелей. Так как все эти слои имеют небольшое юго-восточное падение, то область питания этих подземных вод лежит в противоположном направлении — к северо-западу от города и имеет значительные размеры. Количество воды в слоях песков и песчаников, мощность которых достигает нескольких метров, довольно велико. Так как водоносные слои в области питания имеют большую абсолютную отметку, чем те же слои в границах города (в последнем главные водоносные горизонты лежат на глубине —40 и —74 м.),

и так как они покрыты водоупорными слоями, то воды в них напорные, а в долине Эмайыги даже артезианские.

Качества напорных вод Наровского яруса теснейшим образом связаны с литологическим характером пород Наровского яруса, для которых характерны доломитность и содержание, хотя и в незначительных количествах, солей Na и K; соответственно этому, для напорных вод Наровского яруса, сравнительно мягких (жесткость 12° — 13°), характерно содержание солей Ca и Mg в почти одинаковых количествах (1:1) и содержание солей Na и K. Таким образом напорные воды Наровского яруса являются мягкими и слегка щелочными. Можно полагать, что напорные воды Наровского яруса в юго-восточном направлении на территории Эстонии становятся еще более щелочными, на что указывает и то, что минеральные воды в Старой Руссе связываются Р. Ф. Геккером (1934) с геологическими горизонтами, соответствующими по возрасту Наровскому ярусу.

Так как напорные воды Наровского яруса по своим качествам являются хорошими питьевыми водами, пригодны для технических целей и количество их значительно, то они находят применение всё в более возрастающих размерах. Подземные воды Наровского яруса установлены и употребляются, кроме Тарту, и в других районах южной Эстонии. Можно сказать, что подземные воды Наровского яруса принадлежат к числу наиболее характерных подземных вод Эстонской ССР.

Силурийские подземные воды.

Подземные воды силурийских слоёв установлены в Тарту только в одном случае на глубине более 100 м. ниже уровня моря, но они не изучены детально. Известно только, что и воды силурийских слоёв, с незначительным южным падением, имеют большую область питания севернее города, являются напорными и встречаются в больших количествах. По своим качествам силурийские напорные воды в общем соответствуют хорошим, сравнительно мягким питьевым водам.

Химические анализы подземных вод города Тарту.

1. Жёсткая плейстоценовая подземная вода (II). Буровой колодец клиник Марьямыйза (15). Анализ воды: по данным Гигиенического Института Тартуского Университета.
2. Жёсткая плейстоценовая подземная вода (II). Буровой колодец Мелтсивески (6). Анализ воды: А. Раммул (A. Rammul), 1938.
3. Мягкая плейстоценовая подземная вода (III). Буровой колодец Ради. Анализ воды: Насс (Nass), 1886.

4. Жёсткая подземная вода Тартуского яруса (IV). Один из колодцев на улице Айя. Анализ воды: К. Шмидт (С. Schmidt), 1863.
5. Мягкая подземная вода Наровского яруса (V). Буровой колодец бывш. бани на ул. Парги (17). Анализ воды: по данным Гигиенического Института Тартуского Университета.
6. Мягкая подземная вода Наровского яруса (V). Буровой колодец бывш. городской прачечной на ул. Лина, 11 (18). Анализ воды: по данным Гигиенического Института Тартуского Университета.

мг/л	1	2	3	4	5	6
1. Сухой остаток при 110°C . . .	398.4	383.6	232.0	498.84	319.0	298.0
2. Сухой остаток при нагревании	242.8	200.0			208.0	172.0
3. Углекислота (CO ₂) связанная			146.8		264.0	228.8
4. Хлор (Cl)	87.0	18.5	21.28	41.84	6.0	7.0
5. Аммиак (NH ₃)	0	0	1.38	0.79	0	0
6. Азотистая кислота (N ₂ O ₃) . .	0	0		} 73.90	0.01	0
7. Азотная кислота (N ₂ O ₅) . .	1.5	20.0	0.16		следы	0
8. Серный ангидрид (SO ₃) . . .			9.25	21.73	4.2	2.1
9. Окись кальция (CaO) . . .	149.6	127.6	32.40	141.58	66.0	59.6
10. Окись магния (MgO) . . .	42.15	37.9	20.72	62.72	55.5	45.5
11. Окись натрия (Na ₂ O)			49.24	24.89	20.06	85.7
12. Окись калия (K ₂ O)			14.68	3.22	22.7	96.5
13. Окись железа (Fe ₂ O ₃) . . .	0.8	0	0.71	0.75	следы	0
14. Кремнезём (SiO ₂)			9.73	6.14	5.2	4.5
15. Окись алюминия (Al ₂ O ₃) . .					0	0
16. pH	7.3	7.3			7.3	7.3
17. Окисляемость (O ₂)	0.9	1.2			3.2	1.8
18. Жёсткость, общая (в нем. град.)	20.86	18.1	6.14	22.04	13.6	11.6
19. Жёсткость, карбонатная (в нем. град.)	20.4	16.5			16.5	14.6

Объяснение рисунков.

Рис. 1. Поперечные разрезы долины Эмайыги по линиям I—II и III—IV, обозначенным на геологической карте (2 рис.) (по А. Милеру, 1927).

Условные обозначения: 1 — гумус, 2 — послеледниковый торф и озёрные отложения, 3 — позднеледниковые песок и супесь, 4 — основная морена последнего (Вюрмского) оледенения, 5 — средне-девонские отложения Тартуского яруса.

Рис. 2. Схематическая геологическая карта города Тарту по Л. Мюлену (1912) и А. Милеру (1927) с дополнениями.

Условные обозначения (см. сводную таблицу):

- 1 — древние долины в средне-девонских отложениях, заполненные главным образом флювио-гляциальными отложениями предпоследнего (Рисского) оледенения; стрелками обозначены направления течения подземных вод в древних долинах;
- 2 — послеледниковые торф, блеке, гиттия в долине Эмайыги;
- 3 — позднеледниковые песок, супесь в долине Эмайыги;
- 4 — склоны долины Эмайыги в средне-девонских отложениях;
- 5 — склоны долины Эмайыги в четвертичных отложениях;
- 6 — горизонталь 34 м., отмечающая в общих чертах район максимального половодья реки Эмайыги;
- 7 — буровые колодцы, упомянутые в тексте;
- 8 — линия схематического гидрогеологического разреза (3 рис.);
- 9 — линии поперечных разрезов долины Эмайыги (1 рис.).

Основная морена последнего (Вюрмского) оледенения, которая покрывает все более древние отложения (средне-девонские, флювио-гляциальные и др.), на карте не обозначена. Белыми оставлены те районы, где под основной мореной последнего оледенения обнажаются отложения среднего девона.

Рис. 3. Схематический гидрогеологический разрез города Тарту по линии А — В, обозначенной на геологической карте (рис. 2).

Силурийские и девонские слои представлены здесь горизонтальными, в действительности же они имеют незначительное (примерно 3 и 2 м./1 км.) южное и юго-восточное падение.

Условные обозначения (см. сводную таблицу):

Четвертичный период.

- 1 — послеледниковые торф, блеке, гиттия в долине Эмайыги;
- 2 — позднеледниковые песок и супесь в долине Эмайыги;
- 3 — основная морена последнего (Вюрмского) оледенения;
- 4 — флювио-гляциальные пески и гравии предпоследнего (Рисского) оледенения, частью более древние;
- 5 — основная морена предпоследнего (Рисского) оледенения.

Средний девон.

- 6 — красно-бурый, косослоистый песок Тартуского яруса.
- 7 — пестроцветные мергелистые отложения Тартуского яруса в виде линз.
- 8 — зеленовато-серые песок и песчаники Наровского яруса.
- 9 — слои мергелей и доломитовых мергелей Наровского яруса.

Силур.

10 — известняки, доломиты, мергели верхнего силура.

11 — подземные воды: I — поздние и послеледниковые, II — жёсткие плейстоценовые, III — мягкие плейстоценовые, IV — жёсткие средне-девонские, V — мягкие средне-девонские, VI — силурийские.

12 — буровые колодцы. При каждом обозначен номер (вверху), под которым колодец значится на геологической карте (2 рис.), абсолютная отметка (примерно) устья бурового колодца (слева) и глубина бурового колодца (справа) в метрах.

SISUKORD.

	Lk.
Lühike ajalooline ülevaade Tartu linna hüdrogeoloogiast	3
Tartu linna maa-ala geoloogiline ehitus	8
Eelkvaternaarne reljeef	8
Keskdevoni ja siluri setted Tartu aluspõhja moodustajatena	10
Kvaternaarsed setted Tartu linna maa-alal	16
Tartu linna põhjaveed	23
Põhjaveed hilis- ja pärastjäaaegseis setteis	23
Põhjaveed diluviaalseis setteis	26
Põhjaveed keskdevonseis kihtides	33
Põhjaveed Tartu lademe kihtides	33
Põhjaveed Narvajõe lademe kihtides	34
Põhjaveed siluri kihtides	39
Tartu linna põhjavete keemilisi analüüse	39
Kirjandus	41
Резюме: Гидрогеология города Тарту	44
Lisad:	
Kokkuvõtlik tabel: Tartu linna põhjavete geoloogiline liigestus.	
Сводная таблица: Гидрогеологическое подразделение подземных вод города Тарту.	
Joonis 2.	
Joonis 3.	

1. trükk.

Vastutav toimetaja A. Luha.
Tehniline toimetaja H. Kohu.

Ladumisele antud 3. VII 46. Trükkimisele antud 31. X 46. Paberi kaust 67 × 95. ¹/₁₆. Trükipoognaid 3¹/₂ + lisad 2³/₈. Autoripoognaid 4. Arvestuspoognaid 4,46. MB 05128. Laotihedus trpg. 43 000. Tiraaz 400. Trükikoja tellimus nr. 1605. Trükikoda „Hans Heidemann“, Tartu, Vallikraavi 4.

К. Орвику, Гидрогеология города
Тарту.

На эстонском языке. Эгосиздат
„Научная Литература“, Тарту.

TARTU LINNA PÕHJAVETE GEOLOOGILINE LIIGESTUS.
(Kokkuvõtlik tabel, vt. 2. ja 3. joonis.)

Stratigraafiline liigestus		Setted	Põhjaveed	Põhjaveete liigestus
pärast-jääaeg	ajalooline aeg	kultuurkiht, peamiselt Emajõe lammil vanalinna piirides kuni 8 m paksuses; siia tuleb arvata ka igasuguseid kunstlikke kuhjemoodustisi, nagu kaldavallid, madalamate kohtade täitematerjal jne. Kultuurkihi aines on väga vahelduv, sisaldades suuremal või vähemal määral ehitusrusu	enamikult põhjaveeta; harilikult tugevasti reostunud; kihist läbinõrguv sademetevesi reostub ja satub sellisena põhjaveetesse	I hilis- ja pärast-jääaegsed põhjaveed (senini üksikasjalisemalt liigestamata)
	atlantiline aeg	saviliiv kuni kõrgvee tasemeni ulatuvate, 5—30 m laiade lamedate kaldavallidena Emajõe mõlemal kaldal (linna piirides tehisevormidega kaetud)	põhjaveeta	
	boreaalne aeg	rusukuhikud Emajõe lammil lisaõrgude suudmealadel kuni mõne m paksuses: savi, liiva ja kruusa vahelduv esinemine	põhjaveeta	
		sooturbad Emajõe lammil 2—3 m paksuselt, ulatuvad oru veerudel kuni 11 m-ni üle Emajõe 0-punkti	pinnalisim põhjavesi, mis, esinedes vettpidavatest kihtidest katmatuis setteis, on sademete otsesel mõjustusel ning kergesti reostuv; põhjaveed üldiselt vahelduvate omadustega, kuid lähedased sademeteveele.	
viimane (Wülm-) jääaeg	subarktiline aeg	sooturbad, kohati ka jütja, väikses paksuses Emajõe lammil	põhjaveed, kõrgemal olevaist raskesti eraldatavad, aga viimaseist üldiselt karedamad, mõnevõrra vähem sademete otsese mõju all, ka reostumisvõimalused väiksemad; nende põhjaveetega segunevad vanemad põhjaveed, mis valguvad Emajõe ürgoru veerudel lõikuvast Tartu lademe kihtidest ja diluviaalseist settest järvesettestesse	II karedad diluviaalsed põhjaveed
	arktiline aeg	uhtliivad ja -saviliivad mitme m paksuselt Emajõe lammil, ulatuvad veerudel kuni 13 m-ni üle Emajõe 0-punkti	põhjaveed, kõrgemal olevaist raskesti eraldatavad, kuid viimaseist puhtamad, üldiselt veel sademete otsese mõjustuse all ning reostumine võimalik ka looduslikes tingimustes; ka neisse põhjaveetesse võib valguda, nagu kõrgemal olevaisegi, vanemaid põhjaveesid	
	hilis-jääaeg	viirsavi, kohati mitme m paksuselt Emajõe lammil glatsifluviaalsed kihitatud liivad ja kruusad ainult laiguti ja väikses paksuses, noorema põhimoreeni peal, peamiselt põhimoreentasandikel	põhjaveeta, osutub vettpidavaks kihiks	
jääaeg	punakaspruun savikas (noorem) põhimoreen enam-vähem pideva, valdavalt 2—4 m paksuse kattena põhimoreentasandikel kui ka Emajõe ürgoru veerudel ja lammil	põhjaveeta, moodustab temal lasuvates kihtides tsirkuleerivale põhjaveetele enam-vähem vettpidava aluskihi, aga tema all olevaid põhjaveesid kaitseb ta sademete otsese mõjustuse ja reostumise eest	III pehmed diluviaalsed põhjaveed	
Viimane (Riss-Wülm-) jäävaheaeg	tolleaegseid setteid ei ole Tartu linna maa-alalt senini leitud			
eelviimane (Riss-) jääaeg		glatsifluviaalsed kihitatud liivad ja kruusad vöötlemisel noorema põhimoreeni all, eriti suures paksuses eelkvaternaarses vagumustes	puhtad põhjaveed, eriti suurehulgalised Raadi—Maarjamõisa eelkvaternaarses vagumuses, kus on olemas kaks põhjaveevoolu: üks Raadilt Meltsiveski suunas ja teine Maarjamõisast Toomi suunas; põhjaveed on üldiselt karedad (15—20°), Ca- ja Mg-soolade suhe umbes 3:1; et põhjavett sisaldavad kihid on kaetud vettpidava noorema põhimoreeniga ja et põhjavete toiteala on küllalt suur, siis on põhjaveed väljaspool sademete otsesest mõjustust ning looduslikes tingimustes kaitstud reostumise eest	IV karedad Tartu lademe põhjaveed
		hallyioletikas (kohati ka pruunikas) savikas (vanem) põhimoreen, senini kindlaks tehtud eelkvaternaarses vagumustes, esineb kohati tõenäoselt suures paksuses	põhjaveeta	
eelviimane (?) jäävaheaeg	tolleaegseid setteid ei ole Tartu linna maa-alalt senini leitud			
üks vanemaid (?) jääaegu	glatsifluviaalsed kihitatud liivad ja kruusad vanema põhimoreeni all	puhtad põhjaveed suurehulgaliselt suuremas sügavuses (allpool -30 m) Raadi—Jaama eelkvaternaarses vagumuses vanema põhimoreeni all olevates kihtides suure surve all, esinedes seega arteesia veena; põhjaveed üldiselt pehmed (alla 10°) ning alkaalsed; Ca- ja Mg-soolade suhe umbes 1:1; asudes suuremas sügavuses ja evides suurt toiteala, on põhjaveed väljaspool sademete otsesest mõjustust ning looduslikes tingimustes reostumise eest kaitstud	V pehmed Narva-jõe lademe põhjaveed	
EELKVATERNAARNE AEG (ülemdelonist kvaternaari alguseni incl.)	tolleaegseid setteid Tartu linna aluspõhjast ei ole senini leitud; tol ajal esines siin tõenäoselt ulatuslik vanemate setete kulutus ja äraanne, mille tulemusel tekkis tugevasti orustatud eelkvaternaarne pinnareljeef; Tartu diluviaalsete põhjavete seisukohalt evivad olulise tähenduse kuni 50 m sügavune linna läbiv edela-kirde suunaline Raadi—Maarjamõisa vagumus ja linna idaserval põhjast lõunasse kulgev kuni 100 m sügavune Raadi—Jaama vagumus			
KESKDEVON	Tartu lade (esindatud lademe alumine osa)	valdavalt punakaspruun, põimjaskihine, nõrgalt tsementeerunud liiv, milles esineb mitmes tasemes suuremate või vähemate lamedate läätsedena savimergli ja mergelsavi-, ka mergeldolomiidikihte; Tartu lademe alumisi kihte esineb Tartu kohal tõenäoselt -25 m sügavuseni	väiksehulgalised põhjaveed liivades mergliste kihtide peal mitmes tasemes; põhjaveed üldiselt õige karedad (üle 20°), Ca- ja Mg-soolade suhe umbes 2:1, sageli rauarikkad; joogiveena väheväärtuslikud; põhjaveed on üldiselt väikse toitealaga, kuid looduslikes oludes reostumise eest kaitstud katva noorema põhimoreenikattega; ka sademete otsene mõjustus on väike, eriti sügavamail tasemeil asuvate põhjavete suhtes	VI silursed põhjaveed
	Narvajõe lade	väikse kagusuunalise kallakuga, valdavalt vahelduvavärvilised suure pinnalise ulatusega mergli- ja mergeldolomiidikihid vaheldumisi kuni mõne m paksuste heledate liiva- ja liivakivikihtidega, esinevad Tartu kohal tõenäoselt kuni -85 m sügavuseni	puhtad põhjaveed suurehulgaliselt vettpidavate mergliste kihtide vahel olevates liiva- ja liivakivi-kihtides peamiselt -40 ja -75 m vahemikus. Põhjaveed asuvad suure surve all, esinedes seega arteesia vetena; põhjaveed üldiselt pehmed (12—13°) ning alkaalsed, Ca- ja Mg-soolade suhe umbes 1:1; põhjavete toiteala asub kaugemal loodes ja väljaspool sademete otsesest mõjustust ning on looduslikes tingimustes kaitstud reostumise eest	
	ALAMDEVON	vastavaid setteid ei ole Tartu linna aluspõhjast leitud; tol ajal leidis aset vanemate setete kulutus ja äraanne, mida võib järeldada keskdevoni kihtidest kaetud ordoviitsiumi- ja silurikihtide pealispinna ebatasasust. Narvajõe lademe kihid katavad neid vanemaid kihte põiksel		
SILUR	vahelduvalt esinevad lubjakivid, dolomiitkivid ja merglid, millede lasuv pind on Tartu kohal umbes -85 m-l; silurseid kihte on Tartus läbi puuritud u. 60 m ulatuses; kihtide iseloom on lähemalt selgitamata	puhtad põhjaveed mitmes tasemes ja suurtes hulkades suure surve all, esinedes seega arteesia veena; põhjavete iseloom lähemalt selgitamata		

VANNA — PALEOZOIKUM
KESKDEVON
DILUVIUM
KVATERNAAR
PÕHJAVEED (I, II, III)

KVATERNAARSED PÕHJAVEED (IV, V)
KESKDEVONSED PÕHJAVEED (IV, V)

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГОРОДА ТАРТУ.

Сводная таблица.

Стратиграфическое подразделение.		Отложения.	Подземные воды.	Подразделение подземных вод	
ЧЕЛВЕЙСКИЙ ПЕРИОД	ГОЛОЦЕН, послеледниковое время.	историческое время культурный слой, главным образом в границах древнего города, мощностью до 8 м.	не содержит грунтовых вод	I поздние и послеледниковые	
		супесь в виде береговых валов по обоим берегам Эмайыги	не содержит грунтовых вод		
		глины, пески и гравии в виде конусов выноса в долине Эмайыги	не содержит грунтовых вод		
	атлантическое время	низинный торф в долине Эмайыги, мощностью до 3 м.	грунтовые воды, под непосредственным влиянием атмосферных осадков и водного режима реки Эмайыги, легко загрязняются, по качеству непостоянны, в общем близки осадочной воде		
		бореальное время гиттия, блеке, местами и известковый туф, в долине Эмайыги, мощностью до 2 м.	грунтовые воды, близкие вышележащим, но более жёсткие и более чистые; к этим грунтовым водам местами примешиваются девонские и плейстоценовые подземные воды, которые на склонах долины Эмайыги просачиваются в послеледниковые отложения		
	Позднее (Вюрмское) оледенение	позднеледниковое время	субарктическое время низинный торф и гиттия, местами незначительной мощности, в долине Эмайыги		грунтовые воды, близкие вышележащим, но более чистые
		арктическое время пески и супеси в долине Эмайыги, мощностью в несколько метров			
		ленточная глина, местами, в долине Эмайыги, мощностью в несколько метров			
		флювио-гляциальные пески и гравии, местами незначительной мощности			
	ледниковое время	красно-бурая суглинистая (верхняя) основная морена мощностью в 2—4 м.	не содержит грунтовых вод, является практически водоупорным слоем		
последний (Рисс-Вюрмский) межледниковый период	соответствующие отложения в Тарту не известны				
ПРЕДПОСЛЕДНЕЕ (РИССКОЕ) ОЛЕДЕНЕНИЕ	флювио-гляциальные пески и гравии, главным образом в древних долинах и в этом случае большой мощности	чистые подземные (грунтовые) воды, с значительным дебетом в древней долине Ради-Марьямйза; воды в общем жёсткие (15—20°), содержание солей Са превышает содержание солей Mg примерно в три раза (3:1)	II жёсткие плейстоценовые		
		фиолетово-серая, частью бурая суглинистая (нижняя) основная морена в древних долинах, местами большой мощности		не содержит подземных вод, является практически водоупорным слоем	
	предпоследний межледниковый период	соответствующие отложения в Тарту не известны			
одно из более древних оледенений	флювио-гляциальные пески и гравии в древней долине Ради-Яма	чистые подземные воды со значительным дебетом, напорные; воды в общем мягкие (примерно до 10°), содержание солей Са и Mg почти одинаковое (1:1), характерно содержание солей К.	III мягкие плейстоценовые		
ДОЧЕТВЕРТИЧНЫЙ ПЕРИОД (от верхнего девона до начала четвертичного периода)		пробел в седиментации, вырабатывается дочетвертичный рельеф, в том числе древние долины в средне-девонских отложениях			
НИЖНИЙ ПАЛЕОЗОЙ	СРЕДНИЙ ДЕВОН	Тартуский ярус красновато-бурый косослоистый, слегка сцементированный песок с линзообразными прослойками глин, мергелей, доломитовых мергелей; нижняя граница этой пестроцветной толщи в Тарту примерно на глубине -25 м. (ниже ур. моря).	подземные воды с незначительным дебетом и варьирующими качествами в песках над водоупорными глинисто-мергелистыми линзами на разных глубинах; воды в общем жёсткие (примерно более 20°), содержание солей Са превышает содержание солей Mg примерно в два раза (2:1), содержат часто в значительном количестве соединения железа	IV жёсткие Тартуского яруса	
		Наровский ярус перемежающееся наслоение мергелей и доломитовых мергелей с зеленовато-серыми песками и песчаниками; нижняя граница этой толщи в Тарту примерно на глубине -85 м. Слои толщи имеют небольшое (примерно 2 м./1 км.) юго-восточное падение	чистые подземные воды со значительным дебетом в виде напорных (артезианских) вод в песках и песчаниках, в Тарту главным образом на глубинах между -45 и -75 м.; воды в общем мягкие (примерно 12°—13°), содержание солей Са и Mg почти одинаковое (1:1), характерно содержание солей Na и К.	V мягкие Наровского яруса	
	НИЖНИЙ ДЕВОН	пробел в седиментации; несогласное напластование средне-девонских отложений над силурийскими			
	СИЛУР	перемежающиеся слои известняков, доломитов, мергелей; в Тарту вскрыты только в одной буровой скважине мощностью до 60 м.	чистые подземные воды со значительным дебетом в виде напорных (артезианских) вод; воды в общем мягкие; мало изучены	VI силурийские	

ЧЕЛВЕЙСКИЙ ПЕРИОД

СРЕДНЕ-ДЕВОНСКИЕ (IV, V)

Joon. 2. Tartu linna skemaatiline geoloogiline kaart.
L. v. zur Mühlen'i (1912) ja A. Mieler'i (1927) järgi täiendustega.

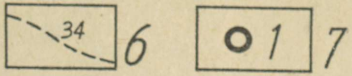
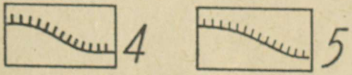
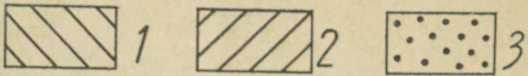
Märkide seletus (vt. Kokkuvõtlik tabel):

- 1 — vanad vagumused (Raadi—Maarjamõisa ja Raadi—Jaama) keskdevonseis setteis, täidetud eelviimase (Riss-) jääaja, osalt (?) vanemate glatsifluviaalsete liivade ja kruusadega ning osalt põhimoreeniga. Vagumustele on nooltega märgitud neis voolavate põhjavete suunad: kareda diluviaalse põhjaveega (II) Meltsiveski ning Toomi voolud ja pehme diluviaalse põhjaveega (III) Raadi—Jaama vool.
- 2 — pärastjääaegne turvas, bleke, jütja Emajõe orus;
- 3 — hilisjääaegne liiv ja möll Emajõe orus;
- 4 — Emajõe oru veerud keskdevonseis setteis;
- 5 — Emajõe oru veerud kvaternaarseis setteis;
- 6 — 34 m kõrgusjoon, mis suurtes joontes piirab Emajõe kõrgveest üleujutatavad alad;
- 7 — tekstis nimetatud olulisemaid puurkaeve*);
- 8 — linna skemaatilise hüdrogeoloogilise läbilõike A—B suund (vt. 3. joon.);
- 9 — Emajõe oru ristiprofiilide I—II ja III—IV suund (vt. 1. joon.).

Viimase (Würm-) jääaja põhimoreeni, mis peaaegu pidevalt katab vanemaid diluviaalseid ja keskdevonseid setteid, ei ole kaardile märgitud. Valged pinnad kaardil on keskdevonsete setete avamuse need osad, mis on kaetud peaaegu ainult Würm-põhimoreeniga.

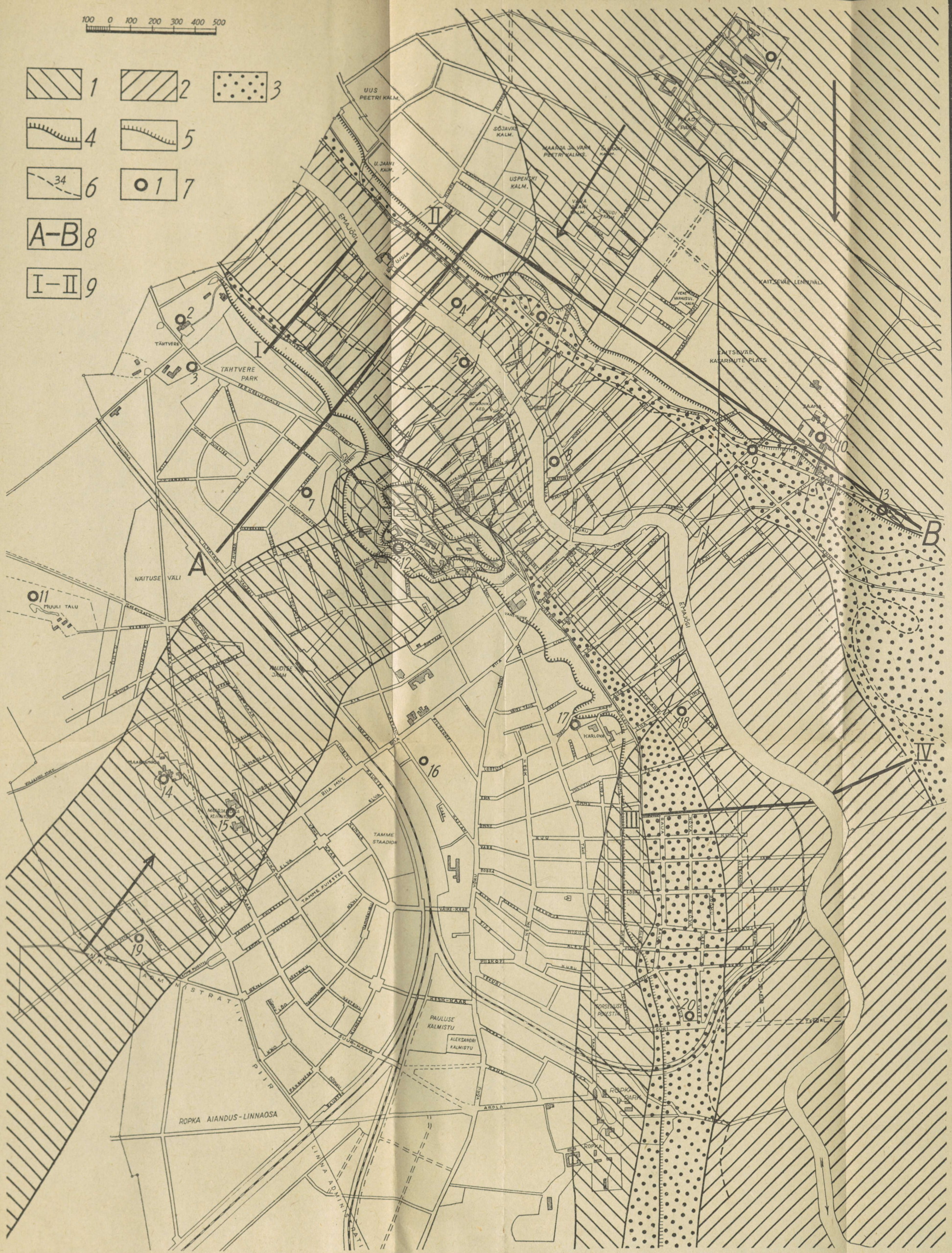
*) Kaardil on puurkaev 4 ekslikult märgitud Lubja ja Liiva tänava vahelisel saral, peab aga olema Liiva ja Sauna tänava vahelisel saral.

100 0 100 200 300 400 500



A-B 8

I-II 9



Joon. 3. Tartu linna skemaatiline hüdrokeoloogiline läbilõik piki Hurda, Marja, Lubja ja Puiestee tänavat: A—B — joon, mille kulg on märgitud linna geoloogilisel kaardil (vt. 2. joon.) ja mis on valitud nii, et ta ristub Emajõe oruga ning vanade Raadi—Maarjamõisa ja Raadi—Jaama vagumustega.

Läbilõikel on siluri ja devoni kihid märgitud rõhtsatena; tegelikult on nad kergelt (3 resp. 2 m/1 km) kallakud lõunasse resp. kaku. Rõhtsa katkendjoonega on märgitud Emajõe nullpunkt: 29.51 m.

Märkide seletus (vt. Kokkuvõtlik tabel):

Kvaternaar.

1. pärastjääaegne turvas, bleke, jütja, Emajõe orus;
2. hilisjääaegne liiv ja möll Emajõe orus;
3. Würm-jääaja põhimoreen;
4. Riss-jääaja glatsifluvialne liiv ja kruus, osalt (?) vanemad;
5. Riss-jääaja põhimoreen.

Keskdevon.

6. Tartu lademe punakaspruun põimjaskihine liiv;
7. Tartu lademe kirjuvärvilised merglised setted läätseliselt;
8. Narvajõe lademe rohekashall liiv ja liivakivi;
9. Narvajõe lademe mergli- ja dolomiitmergli-kihid.

Silur.

10. Ülemsiluri lubjakivid, dolomiitkivid, merglid.
11. Põhjaveed: I — hilis- ja pärastjääaegsed, II — karedad diluviaalsed, III — pehmed diluviaalsed, IV — karedad keskdevonsed, V — pehmed keskdevonsed, VI — silursed.
12. Puurkaevud: iga puurkaevu juures on märgitud (üleval) number, mille all ta on kaardile kantud, ning suudme abs. kõrgus (ligikaudne) m-tes (all vasakul) ja sügavus maapinnast m-tes (all paremal).

A: SW → Hurda — Marja ← NO|NW → Puiestee ← SO : B

