



OÜ Eesti Geoloogiakeskus
RAKENDUSGEOLOOGIA JA MAAVARADE OSAKOND



NAHA UURINGURUUMI
DOLOKIVI
GEOLOOGILINE UURING
VÕRUMAAL
(varu seisuga 01.01.2013.a.)

Tallinn, 2013



OÜ Eesti Geoloogiakeskus
RAKENDUSGEOLOOGIA JA MAAVARADE OSAKOND

Tiia Tuuling
Leonid Savitski
Tarmo All
Silja Liibert

**NAHA UURINGURUUMI DOLOKIVI
GEOLOOGILINE UURING
VÕRUMAAL
(varu seisuga 01.01.2013.a.)**

OÜ Eesti Geoloogiakeskus
juhatuse liige

Aivar Pajupuu

Tallinn, 2013

ANNOTATSIOON

T. Tuuling, L. Savitski, T. All, S. Liibert. **Naha uuringuruumi dolokivi geoloogiline uuring Võrumaal (varu seisuga 01.01.2013).** OÜ Eesti Geoloogiakeskus, rakendus-geoloogia ja maavarade osakond. Kadaka tee 82, 12618, Tallinn, 2013. Tekst 53 lk., 36 tekstijoonist, 20 tekstilisa, 7 graafilist lisa (Kiirkandur AS, Keskkonnaamet, Eesti Geoloogiakeskuse geoloogiafond).

Geoloogiline uuring Naha dolokivi uuringuruumis tehti AS Kiirkandur tellimusel. Uuriti Ülem-Devoni ladestiku karbonaatkivimeid.

Naha uuringuruum paikneb Ülem-Devoni Plavinase lademe Pskovi kihistiku (D₃pP) avamuslal, kus Kvaternaari setete paksus on 2,9–7,4 m, maksimaalselt aga 10–11 m. Valdava osa setetest moodustavad savi ja moreen. Kasuliku kihi moodustab Pskovi kihistiku pisi- kuni peenekristalliline, ülaosas tihe paksukihiline, allosas kavernoosne keskmisekihiline dolokivi. Lamamiks on Snetnaja Gora kihistiku mikrokihiline savikas aleuroliidikas dolokivi.

Naha uuringuruumi ehitusdolokivi on kõrgemargiline: kivimi survetugevus on tarbevaruplokis keskmiselt 138 MPa, reservvaruplokis keskmiselt 147 MPa, külmakindlus “25”. Dolokivist valmistatud killustiku survemark on “800”–“1200”, 1. plokis keskmiselt „800”, 2. plokis “1000”, kuluvusmark mõlemas plokis “II”, killustiku kategooria Los-Angelese katsel LA₃₅ ja külmakindluse järgi F I. Oodatav killustiku väljatulek mäemassist on ca 79%.

Keemiliselt koostiselt on kivim kõrge MgO sisaldusega, kuid küllaltki ebaühtlaselt jaotunud terrigeense lisandiga. Ülenormatiivse lahustumatu jäägi sisalduse tõttu ei vasta uuringuruumi kivim tervikuna tehnoloogilise dolokivi nõuetele.

Ehitusdolokivi varu arvutati kahes plokis: **1. ploki** ehitusdolokivi aktiivne tarbevaru on 2172 tuh m³, kasuliku kihi keskmine paksus on 7,24 m. Kattekihi paksus on keskmiselt 3,53 m ja selle maht 1060 tuh m³. Kattekihi moodustab valdavalt savimoreen ja savi. **2. ploki** ehitusdolokivi aktiivne reservvaru on 2730 tuh m³, kasuliku kihi keskmine paksus on 6,22 m. Kattekihi paksus on keskmiselt 3,73 m ja selle maht 1636 tuh m³.

Põhjavee juurdevool karjääri kogu kasuliku kihi kuivendamise puhul (veetaseme alandusel 10,8 m), on mäetööde algperioodil arvutuslikult 3277 m³/ööp ja lõpp-perioodil 10268 m³/ööp. Juhul, kui kaevandada osaliselt vee alt ja veetaset alandada 4,8 m, on vastavad näitajad 2494 m³/ööp ja 2475 m³/ööp.

Eesti Maavarade Komisjonile esitatakse kinnitamiseks seisuga 01.01.2013.a. Naha uuringuruumi kõrgemargilise ehitusdolokivi aktiivset tarbevaru 30,02 ha pindalal 2172 tuh m³ ja kõrgemargilise ehitusdolokivi aktiivset reservvaru 43,90 ha pindalal 2730 tuh m³. Kogu varu on veealune. Samas tehakse ettepanek käsitleda karbonaatkivimite lasumis levivat muutliku koostisega Kvaternaarialist savi koos moreeniga kui ehitusdolokivi kattekihti.

Märksõnad: Võrumaa, Mõniste vald, Karisöödi küla, Võrumaa metskond, Peetri jõgi, Naha uuringuruum, Kiirkandur AS, Plavinase lade, Pskovi kihistik, Snetnaja Gora kihistik, savimoreen, savi, dolokivi, kivimi ja killustiku füüsikalised-mehaanilised katsed, keemiline analüüs, hüdroteoloogilised tingimused, vee juurdevool karjääri, savi lõimimine, plastsus ja pinnaseomadused, kõrgemargiline ehitusdolokivi, aktiivne tarbevaru, aktiivne reservvaru.

SISUKORD

Sissejuhatus	3
1. Üldandmed	3
2. Uuringuruumi ja selle ümbruse geoloogiline ehitus	9
3. Tööde metoodikast	19
4. Geofüüsikalised uuringud	20
5. Maavara omaduste iseloomustus	26
6. Hüdrogeoloogilised tingimused ja vee juurdevoolu hinnang	32
7. Varu arvutus	49
8. Kaevandamise mäetehnilised tingimused	51
9. Geoloogiliste tööde mõju keskkonnale	52
Kokkuvõte	52
Kasutatud kirjandus	53

TEKSTILISAD

1. Geoloogilise uuringu luba	55
2. Puuraukude kataloog	57
3. Puuraukude kirjeldused ja fotod	59
4. Kivimi füüsikalise-mehaaniliste analüüside katseprotokollid	112
5. Killustiku füüsikalise-mehaaniliste analüüside katseprotokollid	139
6. Kivimi keemilise analüüsi tulemused	149
7. Kivimi keemilise koostise arvutused	152
8. Savi lõimise, plastsuse ja pinnaseomaduste määrangud	157
9. Savi lõimise keskmiste näitajate arvutused	175
10. Savi pinnaseomaduste keskmiste näitajate arvutused	176
11. Savi silikaatanalüüsi tulemused	177
12. Savi keemilise koostise arvutused	178
13. Vee analüüsi tulemused	179
14. Katte- ja kasuliku kihi paksused	182
15. Mahtude arvutus programmis Surfer 10	183
16. Topotööde seletuskiri	190
17. Politsei- ja Piirivalveameti kooskõlastus	191
18. Puuraukude likvideerimise aktid	194
19. Kooskõlastus Põllumajandusameti Võru keskusega	202
20. Volikiri (tellijä arvamus)	203

EMK protokolliline otsus
Keskkonnaministri käskkiri

GRAAFILISED LISAD

1. Faktilise materjali plaan 1:5000
2. Varu arvutuse plaan 1: 5000
3. Varu arvutuse plaan 1: 2000
4. Geoloogilised läbilõiked I–I'...II–II' M hor 1:5000, vert. 1:100
5. Geoloogilised läbilõiked III–III'...IV–IV' M hor 1:5000, vert. 1:100
6. Geoloogilised läbilõiked V–V'...VI–VI' M hor 1:2000, vert. 1:100
7. Geoloogilised läbilõiked VII–VII'...IX–IX' M hor 1:2000, vert. 1:100

Sissejuhatus

Geoloogiline uuring Naha dolokivi uuringuruumis tehti AS Kiirkandur tellimusel. Uuringutöö eesmärgiks on Ülem-Devoni ladestiku karbonaatkivimite uurimine: killustiku tootmiseks sobiva kivimi omaduste, kaevetingimuste ja tarbevaru selgitamine, mille alusel saab tellija taotleda maavara kaevandamise luba. Tööd planeeriti kahes etapis: 1. etapi eesmärgiks oli hõredama uuringuvõrguga kindlaks teha uuringuruumi geoloogilise ehituse põhijooned, kivimi kvaliteedi hindamiseks teha kivimist ja sellest valmistatud killustikust katsetused, hinnata hüdrogeoloogilisi tingimusi, geofüüsikaliste töödega hinnata rikete ja karsti olemasolu piirkonnas, ning kõigi nende näitajate analüüsimisel pakkuda tellijale uuringuruumi piires välja ala, kus oleks perspektiivikas jätkata detailset geoloogilist uuringut tarbevaru selgitamiseks ja selle kinnitamiseks EMK-s, edasise eesmärgiga taotleda kinnitatud varuga alal maavara kaevandamise luba.

Tööde läbiviimiseks väljastati 17.09.2008.a. Võrumaa Keskkonnateenistuse poolt geoloogilise uuringu luba L.MU.VÕ-195419 (lisa 1). Töö teostajaks oli OÜ Eesti Geoloogiakeskus. Uuringutöö käigus rajati puuraugud, nende asukohad mõõdistati instrumentaalselt, võeti proovid kivimi ja killustiku füüsikalise-mehaaniliste omaduste määramiseks ja keemiliseks analüüsiks. Kivimi füüsikalise-mehaanilised katsetused tehti Teede Tehnokeskuse laboris, keemilised analüüsid Eesti Geoloogiakeskuse laboris analüütikute Natalja Stepantšenko ja Svetlana Safonova poolt. Dolokivi katendis olevast savist võeti proovid savi lõimise ja plastsuse määramiseks ning silikaatanalüüsiks. Lõimis ja plastsus määrati Keskkonnauuringute Keskuse Geotehnikalaboris ning silikaatanalüüs tehti Eesti Geoloogiakeskuse laboris. Hüdrogeoloogilised parameetrid arvutas ja vastava peatüki koostamisel osales hüdrogeoloog Leonid Savitski, geofüüsikalisi töid juhendas Tarmo All. Uuringutööd planeeris, materjalid töötas läbi ja aruande koostas geoloog Tiia Tuuling. Välitööde I etapi viis läbi geoloog Silja Liibert. Graafilised lisad vormistas tehnik Merike Rass.

1. Üldandmed

Uuringuruumi ja selle ümbruse iseloomustus. Naha uuringuruumi teenindusala paikneb Võrumaal Mõniste vallas, Karisöödi külas. Suurematest asustatud punktidest jääb Vastse-Roosa 5,7 km kirdesse ning valla keskus, Mõniste, 8,3 km kaugusele põhja. Uuringuruum hõlmab 22,15 ha ulatuses eramaad (Leppora, kat. tunnus 49301:003:0070), 180,84 ha ulatuses RMK Võrumaa metskonna metsamaid (katastriüksused 49301:003:0600 Mõniste metskond 3, 49301:003:0590 Mõniste metskond 9, 49301:003:0610 Mõniste metskond 22, 49301:003:0227 Mõniste metskond 13), piirnedes loodes Vana-Leppora (kat.tunnus 49301:003:0071), põhjaosas väikesel lõigul Kuuse (49301:003:0105) maaüksustega, samuti ka riigimaaga (kat.üksus 49301:003:0228 Mõniste metskond 14) (joonis 1.1.). Uuringuruumi teenindusala põhjapiiriks on kohalik tee nr 4930060 Ura–Sarapuu, idapiiriks on Eesti–Läti riigipiir (joonis 1.7.), lõunapiir kulgeb mööda metsakvartaleid 111-112 ja 117-118 eraldavat metsasihti, läänepiir jälgib Naha eramaad (kat. tunnus 49301:003:0480). Uuringuruumi poolitab põhja-lõunasuunaline kohalik tee nr 4930177 Naha. Varuplokkide kontuurimisel on lähtutud Teeseaduse §13 lõikest (3), mille alusel kohaliku maantee kaitsevööndi laius mõlemal pool sõiduraja telge ja mitme sõiduraja korral mõlemal pool äärmise sõiduraja telge on 20 kuni 50 meetrit. Kuna Naha uuringuruum külgneb vahetult riigipiiriga ja kinnitamiseks esitatavad

varuplokid jäävad riigipiirist vaid 50–250 m kaugusele, siis vastavalt riigipiiri seaduse § 8 lõikele 2 võidakse piirirežiimiga piirata riigipiiri valvamist takistavat või piirirahu häirivat tegevust nagu tulirelvade ja lõhkematerjalide kasutamine, töötamine piiririba vahetus läheduses, jahipidamine ja kalapüük, kariloomade karjatamine, valgustuse ja lahtise tule kasutamine. Lisaks riigipiiri seaduse § 8 lõike 3 kohaselt kehtestab piirirežiimist tulenevad õigused, kohustused ning piirangud, kui need ei ole sätestatud seaduse või välislepinguga, Vabariigi Valitsus või tema poolt volitatud ametkond, kui seadusega ei sätestata teisiti. Vabariigi valitsuse 17. septembri 1997 määruse nr 176 „Piirirežiimi eeskirja kinnitamine“ § 52 järgi peavad kõik isikud Politsei- ja Piirivalveametiga kirjalikult kooskõlastama nende poolt välispiirist vähem kui 5 kilomeetri kaugusel läbiviidavad lõhkamistööd, õppused, võistlused, ajujahid ja muud üritused, mis võivad takistada välispiiri valvamist või häirida piirirahu. Keelatud on mürk- ja radioaktiivsete ainete kasutamine piiriveekogudel. Piirirahu häirib igasugune tegevus, mille mõju võib ulatuda üle välispiiri või takistada välispiiri valvamist. Lisas 17 on toodud uuringuloa valdaja, AS Kiirkanduri järelpärimine kaevandamise võimalikkusest riigipiiri läheduses ja samas ka Politsei- ja Piirivalveameti Lõuna Prefektuuri Piirivalvebüroo vastuskiri sellele (lisa 17).

Naha uuringuruumi teenindusala jääb pea kogu pindalal metsaga kaetud alale. Lähimad talumajapidamised asuvad teenindusala 550 m kaugusel edelas (Naha talu) ja 470 m kaugusel kirdes (Sarapuu talu). Naha uuringuruum ei paikne Natura võrgustiku- ega looduskaitsealal. Peetri jõe maastikukaitseala jääb Naha uuringuruumi loodepiirist ca 400 m kaugusele (joon. 1.1.).

Uuringuruum asub Karula ja Haanja kõrgustiku vahele jäävas Hargla nõos. Reljeef on siin Lõuna-Eesti maastikku arvestades suhteliselt tasane. Maapinna absoluutkõrgused jäävad 84–92 meetri vahele. Uuringuruumist vahetult läände jääb Peetri e. Melnupe jõgi. Peetri jõe orus on jälgitav devoni liiva- ja karbonaatkivide üleminekuala. Võrdlemisi lühikesel, vaid paari kilomeetri pikkusel maa-alal võib siin kohata nii liiva- kui ka dolokivide paljandeid (joonis 1.2., 1.3.). Viimased on kõige paremini eksponeeritud Kalkahju paljandis.



Joonis 1.2. Kalkahju paekivipaljand Peetri jõe orus.



Joonis 1.3. Liivakivipaljand Kalkahjust 1,4 km loode pool, Karisöödi külas.

Ka uuringuruumiga külgneval lõigul paljandub jõe kallastel paksukihiline dolokivi (joonis 1.4.). Uuringuala läbib kagu–loode suunas Äühvoja, mis saab alguse Lätimaalt ning suubub 150 m kaugusel uuringuruumi loodepiirist Peetri jõkke. Äühvoja ja Peetri jõgi on veekaitselised objektid, milledele on kehtestatud vastavalt 50 m ja 100 m laiune kalda piiranguvöönd, kus maavara kaevandamine on keelatud.



Joonis 1.4. Dolokivipaljand Peetri jõe sängis uuringuruumiga külgneval lõigul.



Joonis 1.5. Äühvoja

Uuringuruum kattub osaliselt maaparandussüsteemiga Sikasoo metsakuivendus (registri kood 9115870010110), kus nõusoleku varu kinnitamiseks on andnud Põllumajandusamet (lisa 19). Uuringualale rajatud kuivenduskraavides ja ka Äühvojas on tänu kobraste aktiivsele tegevusele rajatud tamme, mis takistavad kuivendussüsteemi korralikku funktsioneerimist (joonis 1.5.,1.6.). Uuringuruumi idaservas paikneb kuni 10 km² valgalaga maaparandussüsteemi eesvool, maaparandussüsteemide registri koodiga 9115870010110EV, millele looduskaitseaduse alusel kehtib kalda piiranguvöönd laiusega 50 m. Varude kontuurimisel on sellega arvestatud.



Joonis 1.6. Kobraste poolt ülejutatud kuivenduskraavid uuringualal.



Joonis 1.7. Uuringuala idapiir kulgeb mööda Eesti-Läti riigipiiri.

Geoloogiline uuritus. Ülem-Devoni karbonaatkivimeid on piirkonnas kasutatud juba aastasadu hoonete müüride ladumisel (joonis 1.8., 1.9.). Kohalike elanike ütluste järgi on hoonete ehitamiseks murtud dolokivi Peetri jõe põhjast.



Joonis 1.8. Aida müür Naha talus.



Joonis 1.9. Fragmendid müürist.

Lähim tegutsev dolokivikarjäär asub Läti Vabariigis Apes, mis jääb Naha uuringuruumist 3,5 km kaugusele idasse. Ehituskivina ongi ümbruskonna dolokivi detailsemalt uuritud valdavalt Läti poolel. 1950-ndate aastate lõpul uurisid lätlased K. Berzinski juhtimisel Ape ümbruse dolokivi leiukohti. Seal avastatud maardlate (Dzeni, Ape, Gauijena, Darziens) dolokivi sobis lubja tootmiseks ning ehituskiviks ja killustikuks.

Aastail 1962–1964 toimus kompleksne geoloogilis-hüdrogeoloogiline kaardistamine määstus 1:200 000, kus Naha piirkond jäi lätlaste kaardistada (Tratsevski, G., 1964). Lätlased liigestasid piirkonnas lasuvad dolokivid kihtideks A, B, C, D ja E. Nendest A vastab Snetnaja Gora kihistikule, B ja C Pskovi kihistikule, D ja E Chudovo kihistikule. Eesti territooriumil eraldati välja Kalkahju perspektiivala, kus Peetri jõe ääres paljanduv dolokivi vastas kihile B. Perspektiivseteks varudeks hinnati 2 mln m³. B kihi dolokivi Läti leiukohtades sobis dolomiitlubja tootmiseks, killustikuks ja ehituskiviks ning valikuliselt ka dekoratiivplaatide tootmiseks.

1972.a. valmis Gipotransput'i poolt koostatud aruanne ballastmaterjalimaardlate (liiv, dolomiit) detailotsingutest Balti raudtee Valga–Gulbene lõigul (Uljanova, 1972). Naha uuringuruumi poolitav metsasiht oli nimetatud uuringutöö idapiiriks, kuhu jäävad ka tollase töö käigus puuritud puuraugud 137 ja 130. Käesolevas töös on kasutatud nendest pa 130 andmeid geoloogilise ehituse iseloomustamisel. Naha uuringuruumi põhjapiirile jääva puuraugu 137 kirjeldus ei sobinud käesoleva tööga kindlaks tehtud geoloogilise läbilõikega ning seepärast nimetatud puuraugu andmeid ei ole kasutatud.

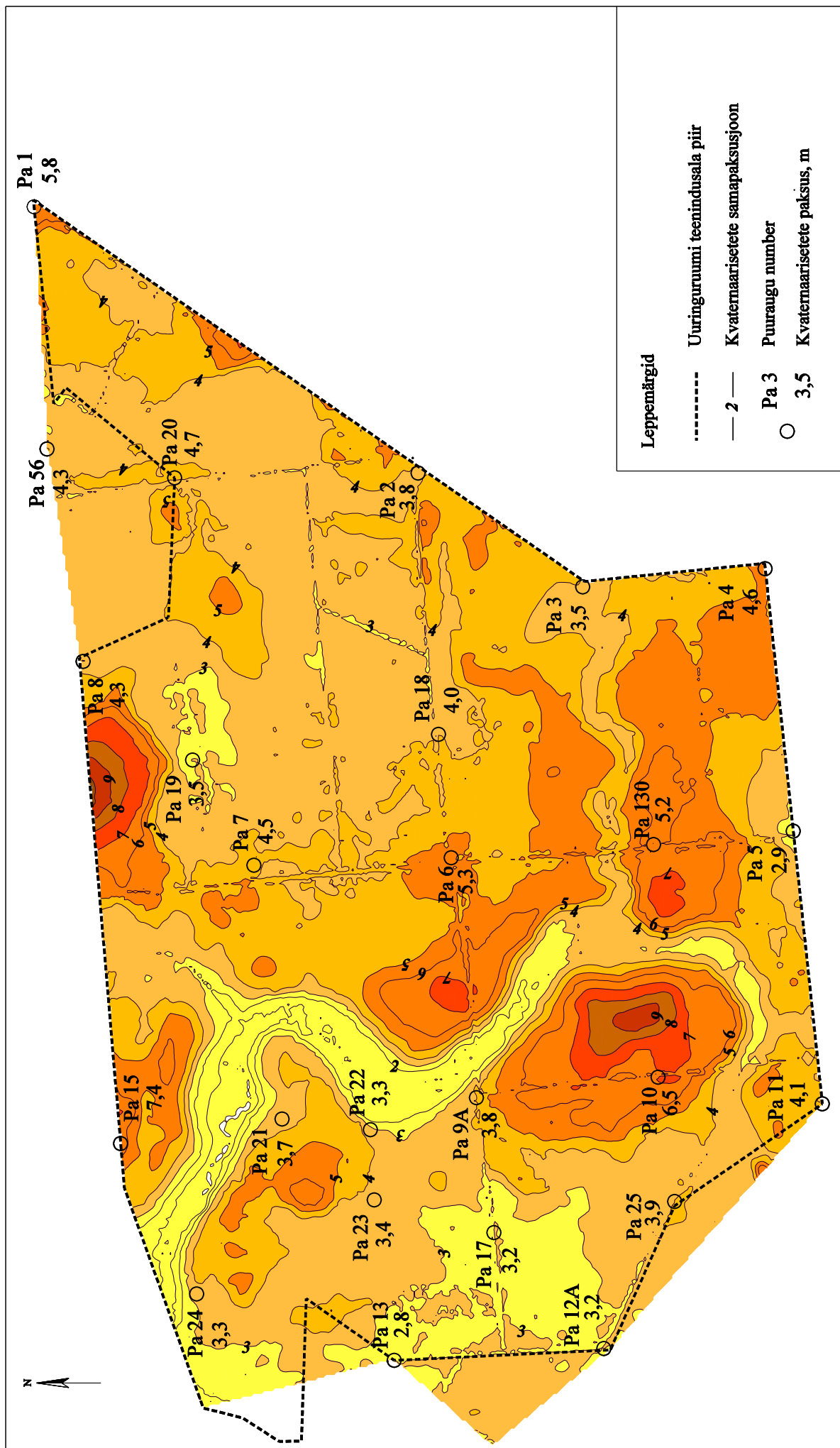
1979.a. ilmunud töös Läti geoloogiast ja maavaradest käsitles L. Birger lähemalt dolokivimaardlaid Ape piirkonnas. Põhjalikum iseloomustus on Darzciemsi maardla kohta, kus dolokivi keskmised füüsikalisi-mehaanilised omadused on järgmised: lähtekivi tugevusmark “600”, poorsus 9%, mahumass 2650 kg/m³, killustiku mark “300”–“400”, kuluvuse mark I–III, löögikindlus 50–75, külmakindlus “15”–“25”, nõrkade osakeste sisaldus 7,0%, tolmjate ja savikate osakeste sisaldus 1,2%, plaatjate osakeste sisaldus 13,0%. Kasulikku kihti kirjeldati helehalli või roosaka, kohati kavernoosse, nõrgalt lõhelise dolokivina, mis lasub 0,25–0,6 m paksuste kihtidena, mille vahel on kuni 5 cm paksused savikihid.

Aastatel 1988–1990 tegi TK “Eesti Geoloogia” ehituskivi otsingu- ja otsinguhinnangulisi töid Võru maakonnas (Brutus, 1990). Geoloogilised tööd toimusid Võru maakonna idaosas Vastseliina–Meeksi–Meremäe piirkonnas ning lõunaosas Karisöödi ümbruses. Karisöödi ümbruses eraldati Tämblese ja Kalkahju objekti kõrval välja ka Naha perspektiivala, mis joonistati välja 3 puuraugu põhjal. Puuraukude sügavus oli

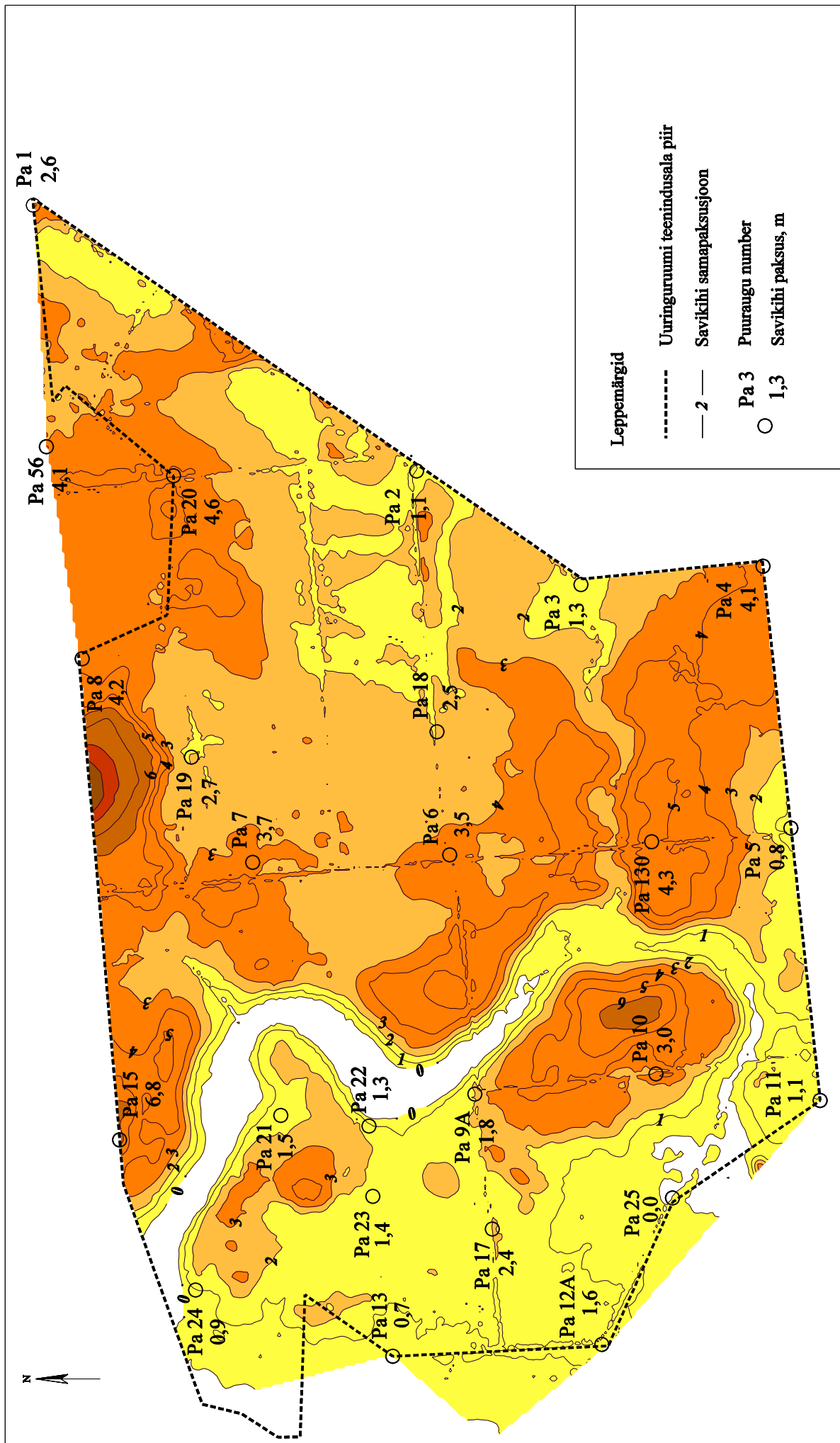
vahemikus 10,8–19,5 m, nad läbisid dolokivikompleksi (D_{3pl}) ja lõpetati liivakivis (D_{2am}). Proovid keemiliseks analüüsiks võeti punktproovimise meetodil. Töö tulemused võeti kokku järgmiselt: kasuliku kihi moodustab Pskovi kihistiku massiivne, kohati kavernoosne dolokivi, paksusega 5,6–6,2 m, kattekiht koosneb 1,0–4,1 m paksusest liivsavimoreenist või kohati savist; killustiku garanteeritud mark on “600”, külmakindlus “25”, kivim sobib killustiku tootmiseks ning valikuliselt viimistluskiviks, kasulik kiht on kogumahus vee all ning kuivendamine on väga keeruline. Perspektiivala dolokivi varuks hinnati 7 mln m³. Nimetatud uuringutöö puuraukudest on käesolevas töös kasutatud pa 56 andmeid. Kuna tolleaegsed puuraugud ei ole instrumentaalselt mõõdistatud, vaid on maha märgitud M 1:25 000 topoplaani ning M 1:10 000 maakasutusplaanide alusel, ei ole nende asukohad eriti usaldusväärsed. Eriti oluline on asukoha täpsus siis, kui puuraugud asuvad piirkonnas, kus muutub järsult maapinnareljeef või on oodata ka aluspõhjareljeefi kiiret muutumist (jõe läheduses). Seepärast ei ole teisi 1990.a. uuringu puuraukude andmeid käesolevas töös kasutatud.

2. Uuringuruumi ja selle ümbruse geoloogiline ehitus

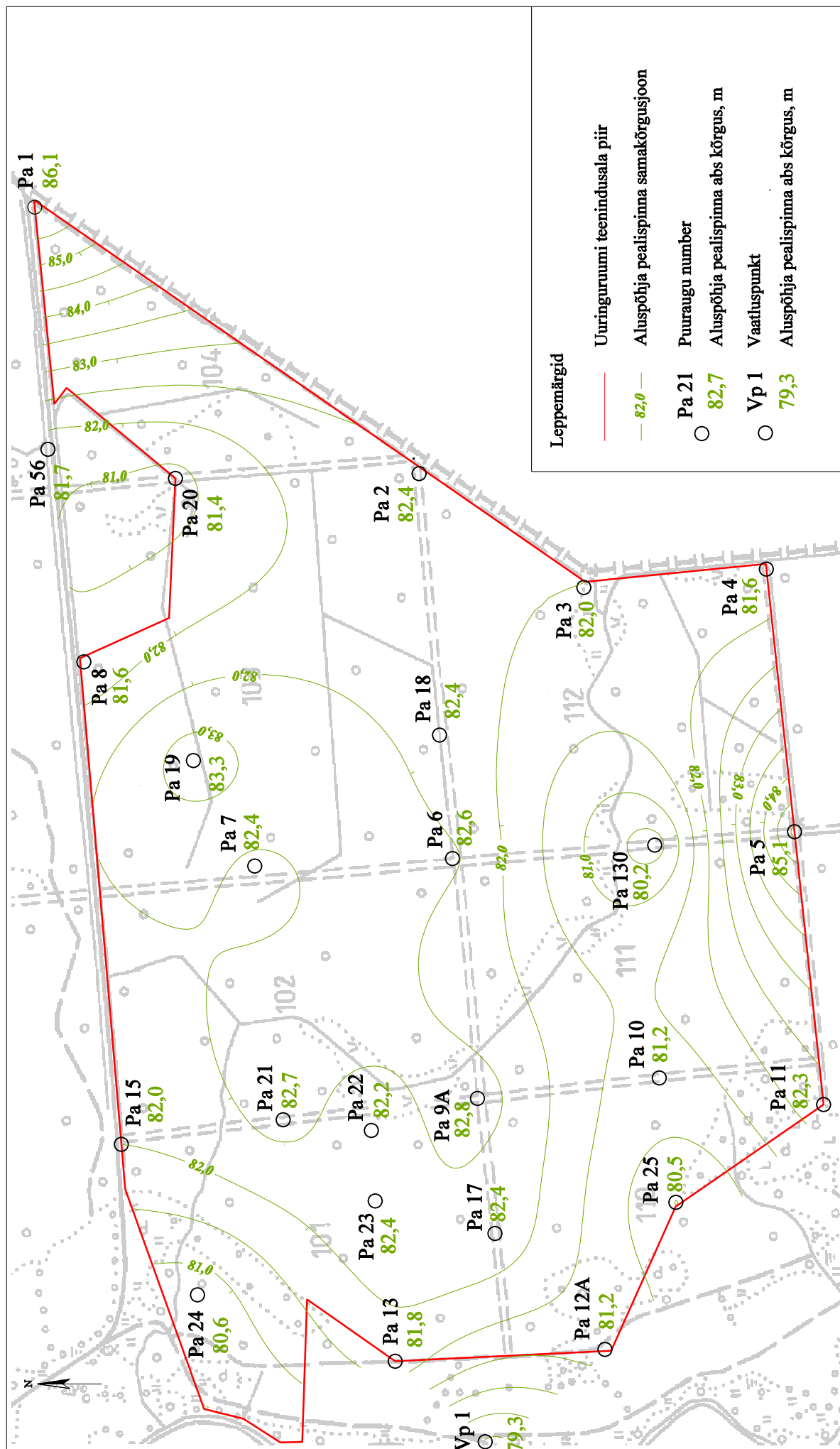
Naha uuringuruum paikneb Ülem-Devoni Plavinase lademe Pskovi kihistiku (D_{3plP}) avamusalal, kus Kvaternaari setete paksus on puuraukude andmeil 2,9–7,4 m, kuid reljeefi kõrgemates punktides võib geoloogiliste läbilõigete andmeil ulatuda 9–10–11 meetrini (joon. 2.1., graaf. lisa 4, 5). Täheldada võib kvaternaarisetete paksuse üldist vähenemist lääne suunas, jäädes siin 3–4 m vahemikku. Äühvojast kirdepool püsib aga kvaternaarisetete paksus küllaltki stabiilselt 4–5 m vahel. Erandiks on suhteliselt väikesepindalalised künkad, kus setete paksus ulatub künka harjal ilmselt 9–10–11 meetrini. Valdava osa kvaternaarisetetest moodustavad savi ja moreen. Kui uuringuruumi põhja- ja kesk-kaguosas on läbilõikes valdavaks savi, siis lääne- ja kohati ka idaserva suunas savikiht õheneb (joon. 2.2.) ja suureneb moreeni osakaal. Savikihi paksus on väga muutlik ja võib ulatuda küngastel kohati 9 meetrini, samas Äühvoja sängis ja ka üksikus puuraugus (pa 25) hoopiski puudub. Lisaks paksusele on väga muutlik ka savi koostis nii läbilõikes kui ka pindalaliselt. Reeglina on savi ülemine, kuni 1 m paksune osa huumusesegune. Sagedased on hallid aleuriidi vahekihid, mille paksus ulatub mõnest millimeetrist 15–20 sentimeetrini. Harvad ei ole ka liivkihid savis ja ka kruusa sisaldavad vahekihid (pa 7). Kruusaosa on peen ja valdavalt karbonaatkivimiline, kristalliinsete kivimite osakaal on ca 20%. Savisetted on šokolaadipruuni, kihiti hallikaspruuni värvusega, keskmiselt plastsed ja liiva (<0,063 mm) väga muutliku ning kohati väga kõrge sisaldusega (8,4–28,4%). Geneesilt on savisid kirjeldatud limnoglatsiaalsetena, kuid tegu võib olla ka glatsiaalsetes tingimustes kuhjunud setetega, kus karbonaatkivimeid katab kogupaksuses savimoreen, mille allosas on settinud jämepurdsemad ja ülaosas peenemad setted. Savisetete lamamiks on samuti muutliku paksusega liivsavimoreen (0,0–3,1 m), kusjuures üleminek savilt moreeniks on üsnagi sujuv ja hinnatud peamiselt jämepurru sisalduse suurenemise järgi. Moreen on väga savine ja nagu Lõuna-Eestile iseloomulik, suhteliselt väikese kruusaosakeste sisaldusega (reeglina < 10%). Uuringuruumi äärmises edelanurgas, puuraugus 11, lasub savil ka saviliiva 1,1 meetri paksune kiht. Kasvukihi paksus on 0,1–0,5 m, keskmiselt 0,2 m. Kuna puurimine toimus metsasihtidel, kuhu sageli oli tõstetud kraavist väljatud setteid või veetud tee täiteks materjali, on puuraukudes kirjeldatud ka tehnogeenseid setteid, kuid kogu uuringuruumis need kvaternaarisetete üldmahu tähtsust ei oma. Kvaternaarisetete lamam, samas ka aluspõhja pealispind, on suhteliselt tasane, jäädes valdavalt 82 m abs tasemele, langedes Peetri jõe orus 79,3 meetrini (Vp 1). Vaid ala kirdenurgas tõuseb see 86 m abs tasemele, jälgides maapinna reljeefi. Samuti ka ala lõunaservas, puuraugu 5 ümbruses, on jälgitav aluspõhja reljeefi tõus 85 m abs tasemele. Seevastu aga uuringuruumi lõunaosas puuraukude 12, 25, 10 ja 130 joonel joonistub välja ida-läänesuunaline lokaalne aluspõhjaline vagumus, kus aluspõhja reljeefi abs kõrgused jäävad 80–81 m tasemele (joon. 2.3.).



Joonis 2.1. Naha uuringuruumi kvaternaarisetete paksus, M 1 : 10 000



Joonis 2.2. Naha uuringuruumi savikihi paksus, M 1 : 10 000



Joonis 2.3. Naha uuringuruumi aluspõhja pealispinna reljeef, M 1 : 10 000



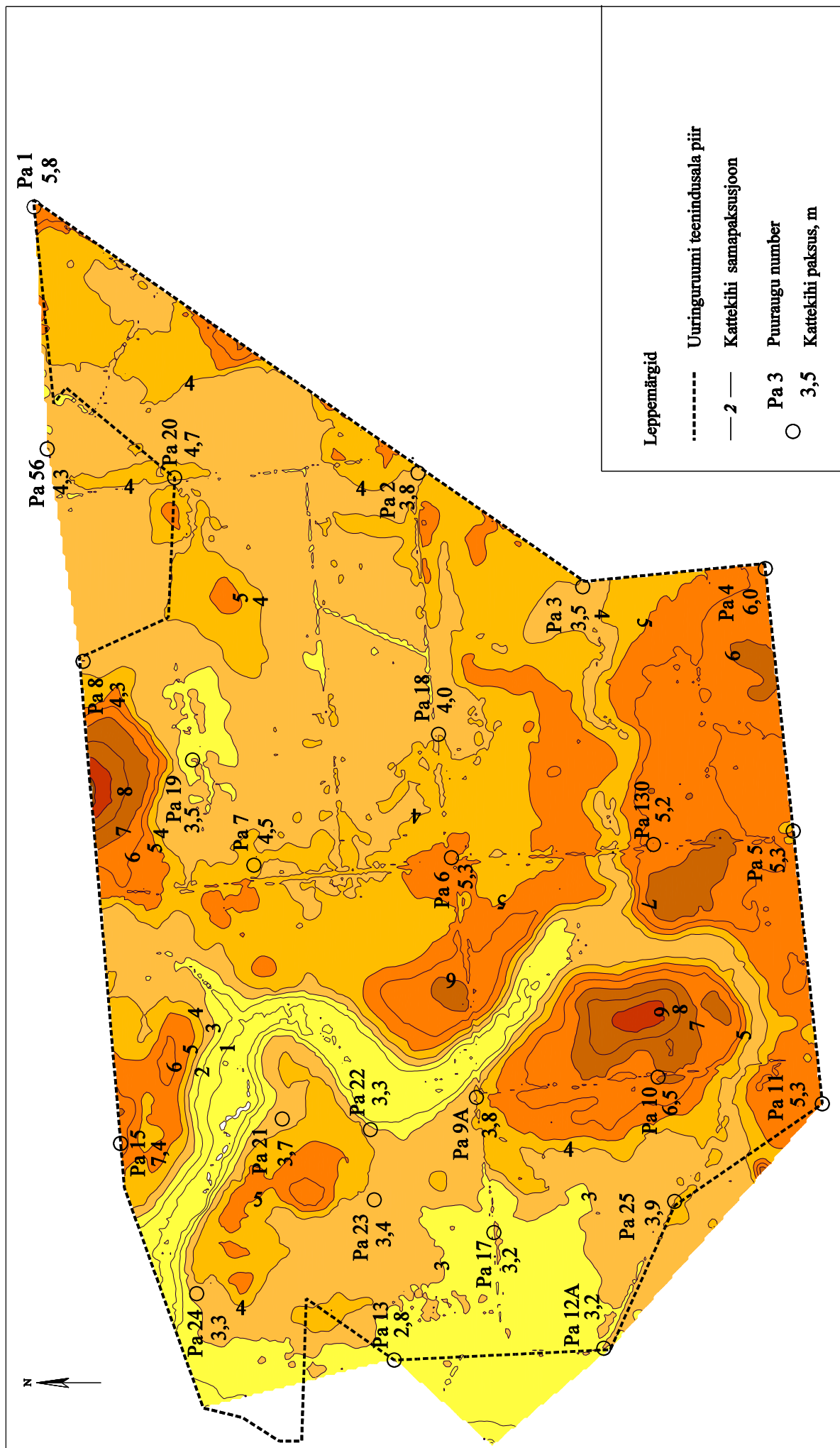
Joonis 2.4. Savimoreen paljandumas Äühvoja kaldas.

Naha uuringuruumis lasuvad uuritud paksuses Plavinase lademe Pskovi kihistiku (D_3plP) karbonaatkivimid ja Snetnaja Gora (D_3plSn) savikas, aleuroliidikas dolokivi ja domeriit ning savi. Pskovi kihistikus võib välja eraldada 3 litoloogiliselt eriilmelist kivimkompleksi:

1) Rohekas-sinakashall savikas dolokivi või domeriit (D_3plP_1), mida leidub vaid uuringuruumi äärmises lõunaosas kuni 2,4 m paksuselt (pa 5). Nimetatud kivim on väga savine ja on seepärast arvatud katendi hulka (joonis 2.5.). Joonisel 2.6. on kujutatud uuringuruumi kattekihi paksust, arvestades ka eelpoolkirjeldatud domeriidikihi paksusega.



Joonis 2.5. Uuringuruumi lõunapiiril algab aluspõhja läbilõige savika dolokivi või domeriidiga.



Joonis 2.6. Naha uuringuruumi kattekihi paksus, M 1 : 10 000

2) Valdaval osal uuringuruumist avaneb aga **helehall, kohati roosaka tooniga pisikristalliline, valdavalt paksukihiline, tasaste kihipindadega tihe dolokivi (D_3pIP_2)**. Intervalliti esineb ka nõrgalt kavernoosseid vahekihte (valdavalt 20–30 cm paksud) (joonis 2.7.). Reeglina algabki läbilõige rohkem või vähem kavernoosse, poorse, veidi leostunud kuni 0,5 m paksuse dolokivikihiga. Samuti leidub läbilõikes paarikümne sentimeetrise paksuseid tumedamaid, veidi savikamaid vahekihte. Kirjeldatud lasundi lamamipinnast ca 0,7–1,0 m kõrgemal on enamuses puursüdamikes jälgitav ca 7 cm paksune tumehalli savi vahekiht (joonis 2.8.). Ilmselt esineb ta pideva kihina kogu uuringuruumis, kuid puurimisel on osades puursüdamikes ära pestud. Ape ümbruse dolokivimaardlate kirjelduste põhjal, kus lätlased on dolokivilasundit iseloomustanud 0,25–0,6 m paksuste kihtidena, mille vahel on kuni 5 cm paksused savikihid, võib oletada, et ka Naha uuringuruumis võib savi vahekihte esineda tihedamalt kui seda on puursüdamikes näha. Kogu lasundi paksus jääb 2,4–6,4 m vahemikku, olles keskmiselt 4,3 m. Kontakt alumise kompleksiga on üleminekuline.



Joonis 2.7. Kavernoosete vahekihtidega valdavalt tihe dolokivi. Puurauk 12A



Joonia 2.8. Dolokivikihtide vahel esineb 5–7 cm paksusi savi vahekihte. Puurauk 13.

3) **Hall, lillaka tooniga peenekristalliline kavernoosne dolokivi (D_3pIP_3)**. Kavernid on suured – diameetriga kuni 7 cm ja kohati täidetud kaltsiidikristallidega. Sageli on kavernide pinnad kaetud rauaühenditega, kavernide ümbrus aga randitud lillakate kelmetega (joonis 2.9.). Reeglina on kivim kavernoossem uuringuruumi lõunaosas, kus ta on sageli purunenud tükkideks. Lasundi paksus on 1,8–4,3 m, keskmiselt 2,7 m. Läbilõike alumise, ca 0,8 m paksuse osa kivimis kavernide hulk sujuvalt väheneb, struktuur muutub mudaliseks, savikus ja aleuroliidikus suurenevad. Lasundi allosas esineb ca 10 cm paksune lillakas mudasööjakäikudega kiht (joonis 2.10.), mille pealispind markeerib ka Pskovi kihistiku lamamit, mis jääb 72,8–77,2 m

abs tasemele. Pskovi kihistiku lamamipind langeb lõuna suunas, olles põhjaosas puuraugus 19 maksimumkõrgusel 77,2 m ja 72,8 m kõrgusel puuraugus 130. Kõigis puuraukudes ei õnnestunud lubatud uuringusügavusega Pskovi kihistikku kogupaksuses läbida.

Kasuliku kihi moodustavadki kaks viimati kirjeldatud Pskovi kihistiku dolokivilasundit. Kasuliku kihi paksus on 5,6–8,2 m, jäädes idaosas reeglina 6,5–7 m vahele ning suurenedes 7–8 meetrini lääneosas (joon. 2.11.). Uuringuruumi lõuna-servas ja kirdenurgas, kus kasulikku kihti ei ole kogupaksuses uuritud, on selle tegelik paksus mõnevõrra suurem, kui joonisel kujutatud.



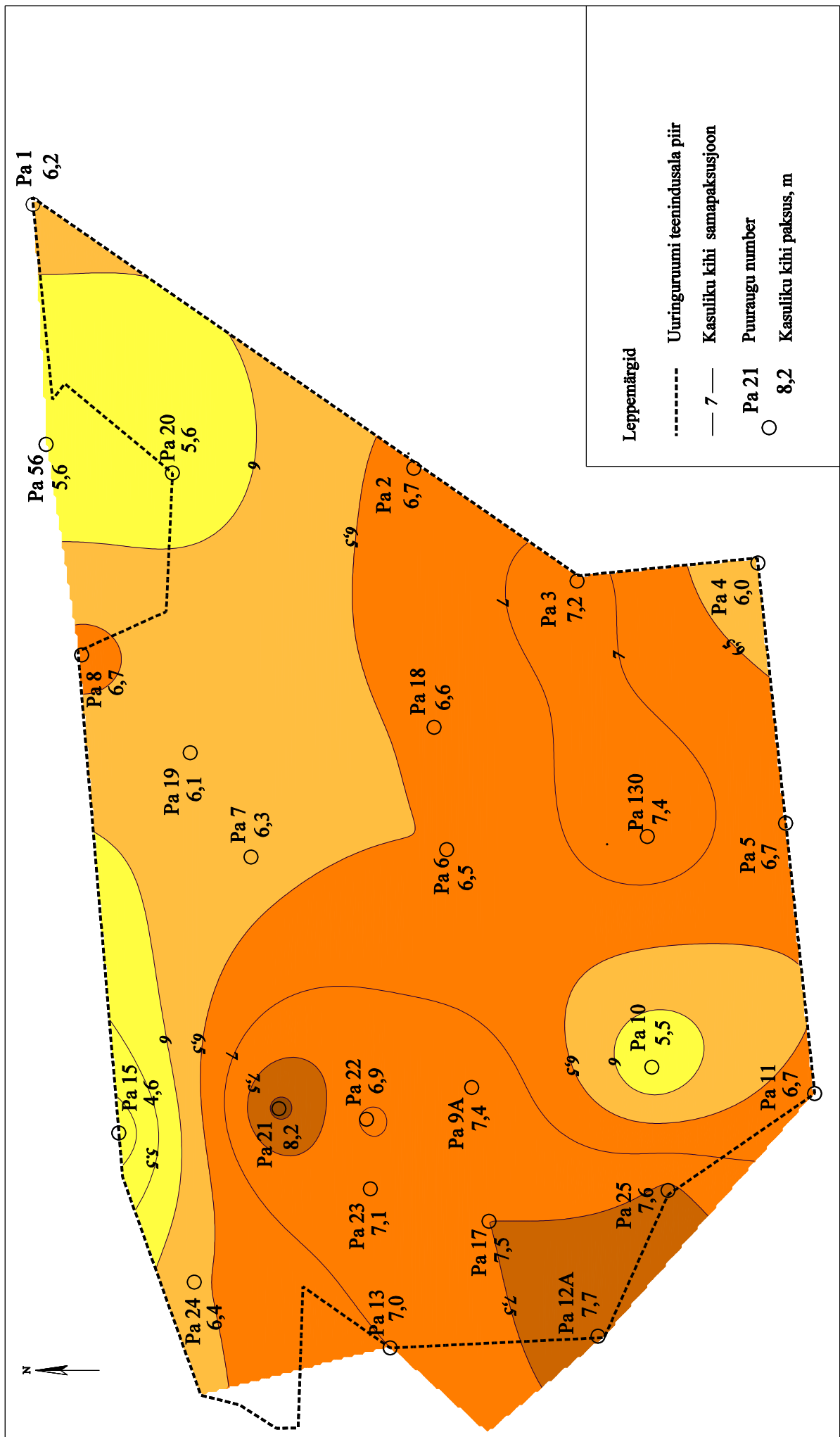
Joonis 2.9. Kavernoosne peenekristalliline dolokivi.



Joonis 2.10. Mudasööjakäikudega kiht, mis markerib Pskovi kihistiku ja samas ka kasuliku kihi lamamit.



Joonis 2.12. Plavinase lademe Snetnaja Gora kihistiku mikrokihiline savikas-aleuroliidikas dolokivi.



Joonis 2.11. Naha uuringuruumi kasuliku kihi paksus, M 1 : 10 000

Kasuliku kihi lamamiks on Plavinase lademe Snetnaja Gora kihistiku (**D₃plSn**) savikas aleuoliidikas dolokivi. Mikrokihiline tekstuur on põhjustatud beežika aleuoliidika ja lillaka savika dolokivi vaheldumisest (joonis 2.12). 30–40 cm vahekihtidena esineb roheline-pruuni-hallivärvilist savi. Varasemate uuringute andmeil on kihi paksus ca 2,5 m, sügavamal saab valdavaks domeriidi vahekihtidega savi.

Samuti on varasemate uuringutega üksikutes puuraukudes avatud ka Kesk-Devoni Amata lademe (**D₂am**) aleuoliit, mille lasumipind jääb puuraugu 56 andmeil 69,6 m abs tasemele, s.o ca 16,5 m sügavusele maapinnast.

3. Tööde metoodikast

Puuraugud rajati 2009.a. mais–juunis, 2012.a. märtsis ning sama aasta augustis-septembris iseliikuvate puuragregaatidega UGB-1SV ja PBU-2 südamik-puurimise meetodil. Puurimise diameeter kvaternaari setetes oli 132 mm ja karbonaatkivimeis 112 mm. Kokku puuriti uuringualal 30 puurauku, sealhulgas 6 duubelauku hüdrogeoloogilisteks vaatlusteks ning vajaliku proovikoguse saamiseks. Uuringupuuraukude sügavuseks oli 7,0–12,0 m, üldpikkus 306,8 m. Puursüdamiku väljatulek kasuliku kihi osas oli 79–100%, keskmiselt 90% (lisa 3).

Laboriuuringud kivimi ja kivimist valmistatud killustiku füüsikalismehaaniliste omaduste selgitamiseks tehti AS Teede Tehnokeskuse laboratooriumis (EAK tunnistus L036). Eesti Geoloogiakeskuse laboris (EAK tunnistus L093) tehti kivimi ja põhjavee keemilise koostise määramine. Kivimi katsetused teostati GOST 30629–99 ja GOST 8269.0–97 nõuete kohaselt. Kivimi katsetamiseks saeti puursüdamikest 5x5x5 cm katsekehad ning 2 lühendanalüüsiga määrati nende mahumass, veeimavus ja survetugevus kuivas olekus ning 9 täisanalüüsiga määrati veel täiendavalt tihedus, poorsus, survetugevus veega küllastatud olekus ja külmakindlus. Katsetuste tulemused on toodud lisa 4.

Killustiku füüsikalismehaaniliste omaduste määramiseks purustati puursüdamikest võetud proovid laboratoorses lõugpurustis. 21 proovil määrati survetugevus silindris, savi ja tolmuosakeste sisaldus, killustiku lõimis, purunemiskindlus Los-Angelese meetodil, 18 proovil määrati mahumass, veeimavus, ning sealhulgas 9 proovil lisaks ka kulumis- ja löögikindlus ning plaatjate-nõeljate terade sisaldus. Killustiku külmakindlust katsetati 12 proovi puhul. Katsetused tehti GOST 8269-87, purunemiskindlus Los-Angelese meetodil EVS-EN 1097–2, külmakindlus EVS-EN 1367–1 ja veeimavus EVS-EN 1097-6 nõuete kohaselt. Katsetuste tulemused on toodud lisa 5.

Kivimi keemilised analüüsid tehti Eesti Geoloogiakeskuse laboris (EAK tunnistus L093). Keemilise proovi võtmiseks puursüdamik poolitati teemantlõikuriga piki telge ja üks pool südamikust poolitati veel kord, millest pool (1/4 puursüdamikust) moodustas laboratooriumisse saadetava proovi. Laboris proovid peenendati ja vähendati vastavalt laboris kinnitatud instruksioonile. Uuringuruumi kivimi keemilist koostist on iseloomustatud 7 puuraugu (40 proovi) põhjal (pa. 1; 5; 17; 18, 19, 24, 25). Proovides määrati CaO, MgO ja 10% soolhappes lahustumatu jääk ning sealhulgas määrati 6 proovil lisaks silikaatanalüüsile SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, CaO, MgO, P₂O₅, S_{üld}, Na₂O, K₂O, TiO₂, K.k. Analüüsides tulemused on toodud lisa 6.

Dolokivi katendis olevast savist võeti 19 proovi savi lõimise ja plastsuse määramiseks ning silikaatanalüüsiks. Lõimis ja plastsus määrati Keskkonnauuringute

Keskuse Geotehnikalaboris (L008) (lisa 9) ning silikaatanalüüs Eesti Geoloogiakeskuse laboris (lisa 11).

Hüdrogeoloogilised tööd seisnesid veetasemete mõõtmises rajatud uuringupuuraukudes. Põhjavee juurdevoolu hindamiseks rajatavasse karjääri tehti katsepumpamised kahes puuraukudepaaris ja ühes puuraukude-kolmikus. Veetasemete alanduse ja taastumise põhjal arvutati hüdrodünaamilised parameetrid. Põhjavee keemilise koostise määramiseks võeti 6 proovi puuraukudest 6, 7A, 7B, 12A, 9A ja 2A (lisa 13). Põhjavee keemiline analüüs tehti Eesti Geoloogiakeskuse laboris.

Topo-geodeetilised tööd tegi OÜ Eesti Geoloogiakeskus (litsents 193-MA) geodeet Neeme Elevant. Tööde kompleks sisaldas kõigi puuraukude asukohtade mähmääramist ning nende horisontaalset ning vertikaalset sidumist. Uuringuruumi lääneosas, kus varu arvutati aktiivse tarbevaru kategoorias, mõõdistati teenindusala instrumentaalselt. Antud ala kohta joonestati MicroStation8 programmi abil uuringuruumi teenindusala plaan mõõtkavas 1:2000. Ülejäänud alal kasutati teenindusala plaani koostamisel katastri aluskaarti (kaardilehed 4475 ja 4485), samakõrgusjooned digitaliseeriti 1:10 000 topokaardilt (kaardileht C-53-27-A-r-1, 1983.a. mõõdistus). Maapinnareljeefi modelleerimisel programmis Surfer 10 kasutati Maa-ameti Geodeesiafondist saadud aerolaserskaneerimise andmeid. Kogu uuringuruumi teenindusala hõlmav plaan valmis mõõtkavas 1:5000. Plaani koordinaadid on antud L-Est 97 süsteemis ja kõrgused Balti süsteemis. Topo-geodeetiliste tööde seletuskiri on esitatud tekstilisas 16. Graafilistel lisadel 2 ja 3 on ära toodud uuringu- ja varuala nurgapunktide koordinaadid.

Geofüüsikaliste uuringute mahud ja kirjeldus on toodud alljärgnevas peatükis.

4. Geofüüsikalised uuringud

Selgitamaks Plavinase lademe Pskovi kihistiku dolokivi pindalalist muutlikkust ning võimalikku tektoonilist rikutust, teostati elektromeetrilised uuringud seitsmel uuringumarsruudil ja kahekümnel sondeerimispunktil (joonis 4.1., gr lisa 1).



Joonis 4.1. Naha uuringuruumi geofüüsikaliste uuringute ülevaateskeem (väljavõtte eesti baaskaardi 1: 50 000 lehelt 4443). Uuringuala on näidatud punase joonega, profileerimismarsruudid sinisega ja sondeerimispunktid punasega. Mõõtepunktide täpsed asukohad on esitatud graafilisel lisal nr 1.

Metoodika valik. Elektromeetrilise uuringu meetodi kasutamise peamiseks eelduseks on geoloogilise poolruumi elektriline mittehomoogeensus. Uuritakse erinevate elektriliste omaduste (takistus, juhtivus, omapolarisatsioon jne) käitumist nii vertikaal- kui horisontaalsuunas (Sharma, 1976; Kearey, *et al.*, 2002). EGK kogemused on näidanud, et Eesti karbonaatkivimite avamustel, eriti aga õhukese pinnakattega aladel, on aluspõhjakeivimite pindalalise muutlikkuse uurimiseks otstarbekas rakendada takistusmeetodit. Suurim takistuste kontrast on reeglina iseloomulik kvaternaarisetete ning aluspõhja vahelisele piirpinnale, kuid ka erinevate aluspõhjakeivimite (massiivne lubjakivi, lõheline lubjakivi, mergli-vahekihtidega lubjakivi, dolomiit, dolomiidistunud lubjakivi jne) vaheline takistuste erinevus on reeglina piisav meetodi kasutamiseks. Lisaks kivimite lateraalsele muutlikkusele esineb mitmeid olulisi kontraste ka vertikaalsuunas. Neist olulisemad on aluspõhja kivimites esinevad tektoonilised rikked, karst ning dolomiidistumine. Rikked on elektriliselt iseloomustatavad kui madalataktistuselised tsoonid (kivimite lõhedes tsirkuleeriv vesi toimib elektrolüüdina), seevastu dolomiidistumisega kaasneb enamikel juhtudel lubjakivi takistuse märkimisväärne tõus. Just aluspõhja kivimite lõhelisus ning võimalike tektooniliselt rikutud tsoonide väljaselgitamine oli antud uuringu peamine eesmärk.

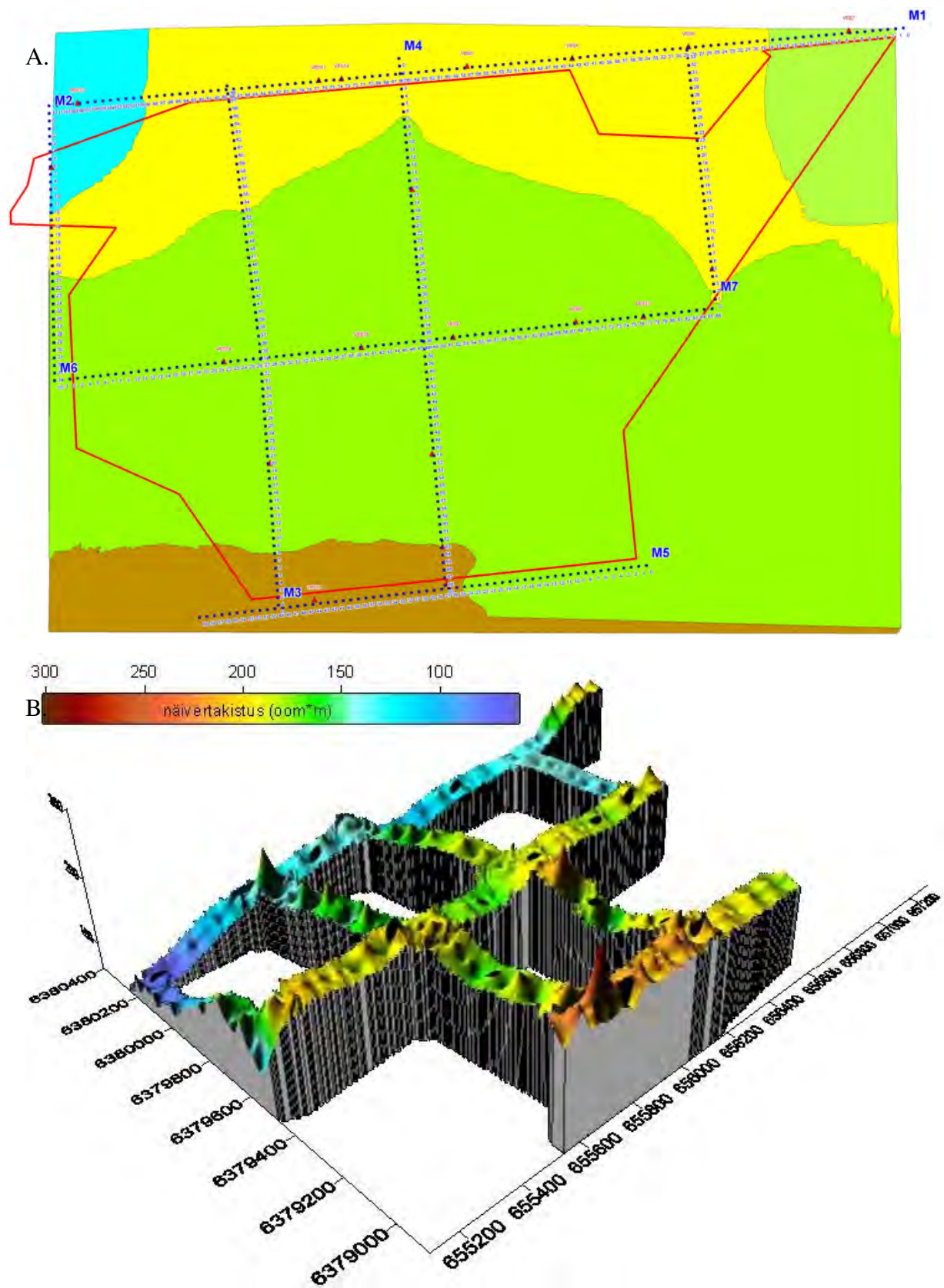
Uuringuala põhimõttelise geoloogilise ehituse põhijooned on järgmised:

- Kvaternaar 2–7 m (kasvukiht, savimoreen ja savi)
- Ehitusdolokivi lasund (Plavinase lade Pskovi kihistik)
- Savi vahekihtidega dolokivi ja savi kompleks (Plavinase lade Snetnaja Gora kihistik)
- Liivakivi (Amata lade)

Kuna selles läbilõikes on ehitusdolokivi takistus selgelt kõrgem lasuvatest ja lamavatest kompleksidest, siis valiti profileerimiseks seade, mille uurimissügavus ei oleks enam kui 10 m, st keskenduti läbilõike kõige kõrgema takistusega osale.

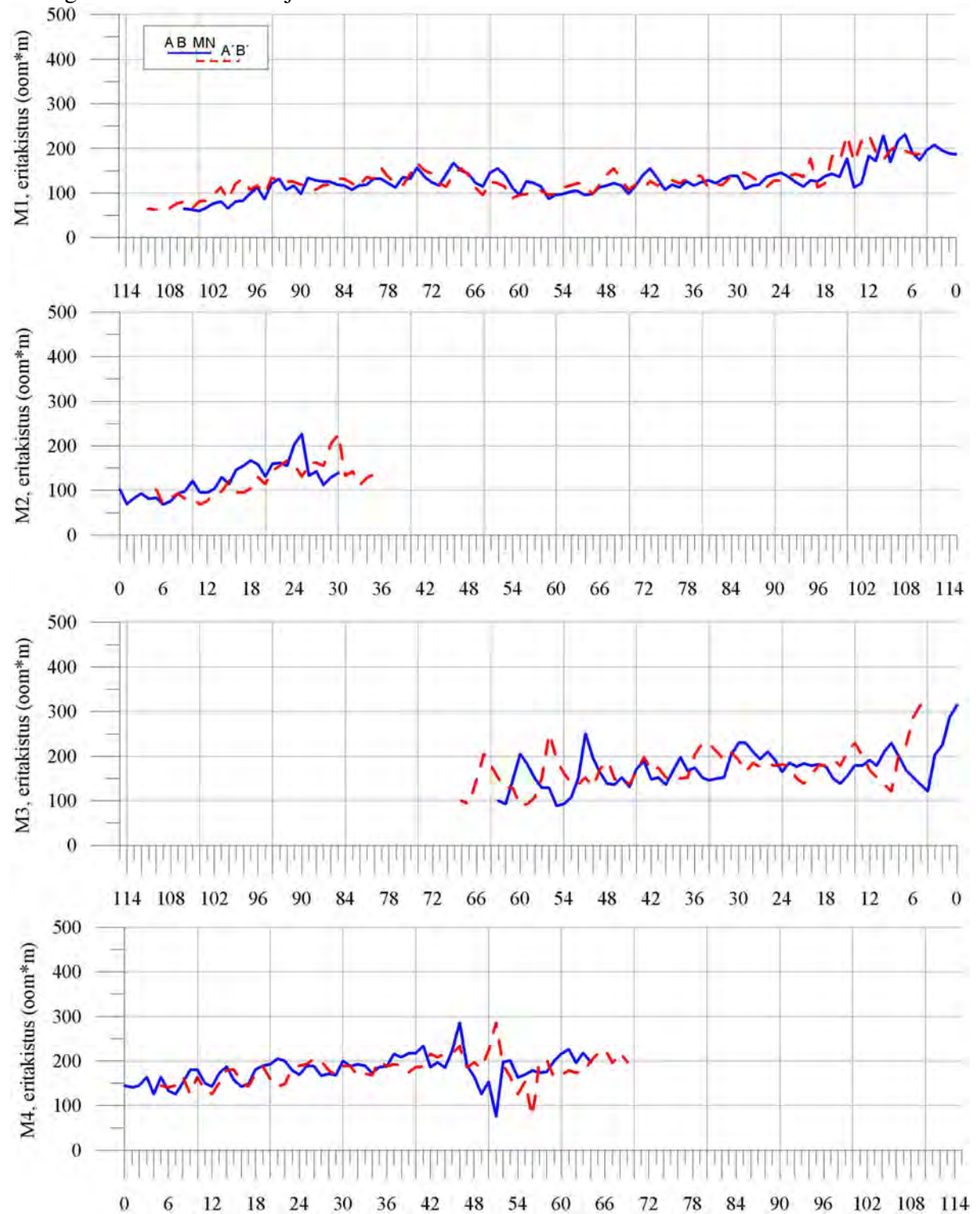
Katsemõõdistamine näitas, et otstarbekas oli kasutada seadet mõõtmatega $AB=20$ $OO'=40$ $MN=20$. Profileerimise tulemusel selgitatud anomaaliade kontrolliks kasutati vertikaalse elektrilise sondeerimise (VES) meetodit.

Tulemused. Uuringu peamised faktilised tulemused on esitatud joonisel 4.2. kasuliku kihi näiveritakistuse jaotumuse plaanina. Näeme, et uuringuala piires on geofüüsikaliste mõõdistamiste põhjal tegemist väga homogeense keskkonnaga. Kuivõrd vähem savikatele ja vähem purustatud dolokividele on iseloomulik kõrgem takistus, siis tuleb järeldada, et ehituskillustiku seisukohalt tähistavad kõrgema takistusega alad kvaliteetsema ehituskivi osakaalu suurenemist või siis kasuliku kihi paksuse suurenemist. Jooniselt näeme, et näiveritakistuste väärtused varieeruvad uuringuruumi piires vahemikus 50–300 oom \times m. Seejuures on madalad takistused iseloomulikud uuringuruumi loodenurgale ning kitsale ribale uuringuruumi põhjaservas. Kuna DEP võimaldab hinnata vaid näivat eritakistust (kõikide läbilõikekihtide koosmõjust tingitud näiline väärtus), siis koostati sondeerimisandmete tõlgenduse põhjal ka samalaadne eritakistuste jaotumuse skeem (joonis 4.2.)

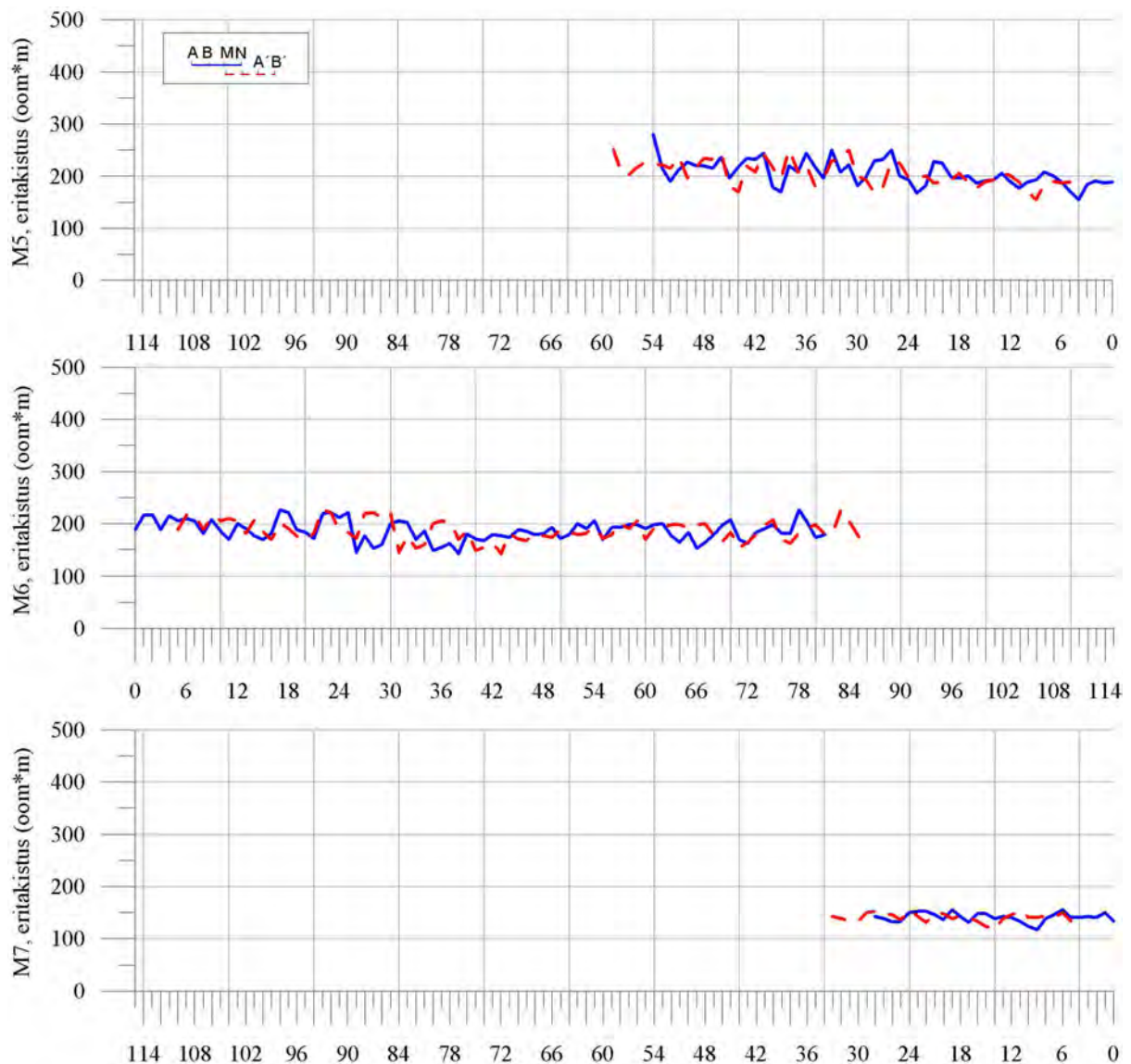


Joonis 4.2. Kasuliku kihi näivertakistuse jaotumuse skeemid Naha uuringuruumis. A. keskendatud väärtused aladena (sinine <100; kollane 100–150; roheline 150–200 ja pruun >200), B. DEP mõõtmistulemused marsruuditi.

DEP graafikud on esitatud joonistel 4.3.–4.4.



Joonis 4.3. DEP profileerimisgraafikud marsruutidel M1–M4.



Joonis 4.4. DEP profileerimisgraafikud marsruutidel M5–M7.

Näiveritakistus jääb uuringuala piires peamiselt tasemele ca 200 oom*m. Graafikud on valdavalt sujuvad, ilma suuremate fluktuatsioonideta. Sujuvad taseme muutused peegeldavad peamiselt kattekihi koostise ja paksuse muutust ning vähemal määral ka kasuliku kihi paksuse muutust. Marsruudi M3 alguses ja lõpus ning marsruudi M4 lõpuosas fikseeritud anomaaliad on seotud pinnapealsete ergastajatega (oja ja veega kraavid). Küsimusi tekitab eelkõige takistuste väärtuste alanemine põhjaosas ning eriti loodenurgas.

Näiveritakistuste põhjal läbilõike erinevate litoloogiliste erimite eritakistuste määramiseks teostati vertikaalne elektriline sondeerimine. Sondeerimispunktide asukohad on toodud graafilisel lisal nr. 1. Sondeerimisandmete põhjal arvutati eritakistused generaliseeritud geoloogilisele läbilõikele. Seejuures oli läbilõikes võimalik eristada kolme kihti (tabel 4.1):

1. Kvaternaari setted (hõlmab nii kasvukihti kui erinevaid kvaternaarisetete litoloogilisi tüüpe kuni kasuliku kihi pealispinnani).
2. Kvaternaari setetest moodustab uuringuala piires suure osa savirikas (valdavalt puhas plastne savi) kiht, mille keskmine paksus on üle 2 m. Seda kihti

iseloomustab väga madal eritakistuste väärtus (alla 20 oom*m), mistõttu seda on võimalik kasutada markeeriva kihina.

3. Dolokivikiht. See kiht on laiem kui antud aruande mõistes esitastud kasulik kiht. Kuivõrd meetodi lahutusvõime sügavuse suunas väheneb, siis kasuliku kihi lamamiks olevat Snetnaja Gora kihistiku savika dolokivi kihti ei olnud võimalik sondeerimiskõveratel üheselt eristada.

Tabel 4.1. Hinnangulised paksused ja kasuliku kihi takistused VES tulemuste põhjal.

Nr.	Q paksus		Dolokivi	Lamam	Dolokivi eritakistus
	Kokku	Sellest savi			
VES1	4,4	3,7	6,3	10,7	550
VES2	3,2	3,2	7,8	11	850
VES3	3,5	3	8	11,5	1000
VES4	5,8	3	8	13,8	700
VES5	7,3	5,8	8,4	15,7	750
VES6	4,3	1,5	5,6	9,9	650
VES7	2,9	1,3	12,5	15,4	750
VES8	3,4	2,8	6,8	10,2	950
VES9	3,6	1,8	6,5	10,1	1100
VES10	3,9	0	6,5	10,4	1100
VES11	4	3,3	6,4	10,4	950
VES12	2,4	0	5,8	8,2	410
VES13	1,6	0,7	3,9	5,5	440
VES14	3,6	2,8	6,2	9,8	800
VES15	3,9	0	9,5	13,4	1100
VES16	4,4	3,2	7,9	12,3	900
VES17	2,2	1,7	7,8	10	1100
VES18	3,5	2,1	8,2	11,7	950
VES19	4,8	3,6	7,9	12,7	850
VES20	3,6	2,8	7,9	11,5	1200
Keskmine	3,8	2,3	7,4	11,2	855

NB. Tabelis toodud tulemused on hinnangulised ja peegeldavad geoelektrilist läbilõiget, mis ei ole üheselt kõrvutatav reaalse geoloogilise läbilõikega. Tulemused on kasutatavad geoloogiliste tõlgenduste abimaterjalina.

Valdavalt jääb VES tulemuste põhjal kasuliku kihi takistus piiridesse 800–1000 oom*m, mis ongi iseloomulik veega küllastunud dolokividele. Takistuste väärtuste alanemine uuringuruumi põhjapoolsete sondeerimispunktide piires tasemele 500–800 oom*m on tingitud osaliselt kasuliku kihi õhenemisest ning osaliselt ehituskiviks sobimatu alumise savika kompleksi (Snetnaja Gora kihistiku) osakaalu suuremisest. Uuringuruumi loodenurgas fikseeritud madalad takistused (alla 450 oom*m VES 12 ja VES 13) viitavad dolokivikompleksis kasuliku kihi (Pskovi kihistiku dolokivi) väljasuidumisele selles suunas.

Kokkuvõte. Geofüüsikalised uuringud Naha uuringuruumis osutavad kasuliku kihi küllaltki ühtlasele ja homogeensele ehitusele. Tektoonilisele rikutusele või tugevasti karstunud tsoonidele viitavaid anomaaliaid ei avastatud. Tähelepanu tuleks pöörata uuringuruumi loodenurgale, kus takistuste järsk alanemine võib osutada kasuliku kihi puudumisele või järsule õhenemisele.

5. Maavara omaduste iseloomustus

Käesoleva töö eesmärgiks oli selgitada Naha uuringuruumis lasuvate karbonaatkivimite sobivust ehituskillustiku tootmiseks. Uuringuruumi kasuliku kihi moodustab Ülem-Devoni Plavinase lademe Pskovi kihistiku dolokivi. Lisas 5 on toodud killustiku katsetuste andmed, mis on koondatud tabelisse 5.1., kus on ka arvutatud keskmised näitajad eraldi plokkide kaupa. Olulisi erinevusi plokkide osas ei esine. Tabelis 5.2. on võrdluseks välja toodud ka näitajad litoloogiliste erimite kaupa, millest nähtub, et Pskovi kihistiku alumine, kavernoosne kompleks on killustiku füüsikalise-mehaaniliste näitajate poolest ülemisest kompleksist mõnevõrra kvaliteetsem. Naha uuringuruumi tarbevaruploki (1. plokk) Pskovi kihistiku kivimist valmistatud killustikku iseloomustavad järgmised kvaliteedinäitajad:

- puistemahumass 1256–1316 kg/m³, keskmiselt 1288 kg/m³;
- savi- ja tolmuosakeste sisaldus 1,0–2,4%, keskmiselt 1,7%;
- plaatjate ja nõeljate terade sisaldus (fraktsioon 10–20 mm) 24,9–26,7%, keskmiselt 25,4%;
- nõrkade kivimite sisaldus (fraktsioon 10–20 mm) 0,7–0,9%, keskmiselt 0,8;
- veeimavus (fr. 10–20 mm) 1,9–2,4%, keskmiselt 2,1%;
- löögikindlus (fr. 20–40 mm) 48–60, keskmiselt 52;
- massikadu purustamisel silindris (fr. 10–20 mm) 11,6–16,1%, keskmiselt 14,4% (mark “800”);
- massikadu purustamisel (fr. 10–14 mm) Los-Angelese meetodil 33–38%, keskmiselt 35 (killustiku kategooria LA₃₅);
- massikadu kulutamisel riiultrumlis (fr. 10–20 mm) 30,8–31,6%, keskmiselt 31,4% (mark “II”);
- massikadu peale 10 külmatsükli (EVS-EN 1367-1) (fr. 8/16 mm) 0,8–1,2%, keskmiselt 1,0% (killustiku klass F I);
- killustiku saagis 80,6–93,5%, keskmiselt 87,3%.

Proovides määratud killustiku väljatulek (fraktsioonid üle 5 mm) on vahemikus 80,6–93,5. Keskmine saagis proovidest on 87,3%. Arvestades, et killustik on valmistatud puursüdamikest võetud proovidest ja et puurimisel on osa savikamaid vahekihte kaduma läinud (südamiku väljatulek kasuliku kihi osas 90%), võib oodata mõnevõrra väiksemat killustiku väljatulekut. Seega, arvestades puursüdamiku väljatulekut, on oodatav killustiku saagis mäemassist ca 79%.

Killustiku füüsikalis-mehaaniliste omaduste koondtabel

Tabel 5.1.

Pr. nr.	Pa. nr.	Proovimise sügavus, m		Litol. erim	Puiste mahu- mass	Killus- tiku saagis	Savi ja tolmu sisal- dus	Plaatjate ja nõelja- te terade sisald, 10-20 mm	Nõrkade kivimite sisaldus 10-20 mm	Vee- imavus, 10-20 mm	Löögi kindlus, 20-40 mm	Purustatavus silindris		Purunemiskindlus Los-Angelese meetodil, 10-14mm		Kulumiskindlus, 10-20mm		Külmakindlus			
		al.	kuni paks.									%	Mark	%	LA tegur	killus- tiku klass	%	Mark	massi- kadu	killus- tiku klass	
					kg/m ³	%	%	%	%	%		%	Mark	%	LA ₄₀	38	32,7	II	1,3	F II	
1KLT	7;7a	4,5	8,7	4,2	D ₃ pP ₂	1258	90,1	1,8	35,1	1,1	2,4	54	14,7	800	38	LA ₄₀					
2KLT	7;7a	8,7	10,8	2,1	D ₃ pP ₃	1332	85,2	2,8	24,1	1,0	1,8	53	13,3	800	33	LA ₃₅					
3KLT	9;9a	3,2	8,7	5,5	D ₃ pP ₂	1256	93,5	1,0	24,9	0,7	1,9	48	13,9	800	36	LA ₄₀					
4KLT	9;9a	8,7	11,1	2,4	D ₃ pP ₃	1299	88,0	1,9	26,7	0,9	2,0	60	14,2	800	33	LA ₃₅					
5KLT	11	5,3	9,6	4,3	D ₃ pP ₂	1300	89,6	1,5	32,0	1,0	1,8	50	13,3	800	34	LA ₃₅					
6KLT	11	9,6	12,0	2,4	D ₃ pP ₃	1336	86,6	2,8	24,4	0,8	2,1	51	12,8	1000	33	LA ₃₅					
7KLT	3	3,5	7,5	4,0	D ₃ pP ₂	1305	85,8	3,2	34,8	2,5	2,1	50	13,3	800	35	LA ₃₅					
8KLT	3	7,5	10,7	3,2	D ₃ pP ₃	1339	86,7	2,4	27,1	2,1	1,8	55	12,0	1000	30	LA ₃₀					
9KLT	20	4,7	10,3	5,6	D ₃ pP ₂₊₃	1264	92,6	1,6	19,8	1,9	2,3	50	12,9	800	35	LA ₃₅					
10KLL	4	6,0	10,0	4,0	D ₃ pP ₂	1285	84,8	2,8			2,5		12,8	800	38	LA ₄₀					
11KLL	4	10,0	12,0	2,0	D ₃ pP ₃	1305	92,5	1,3			1,5		10,5	1200	38	LA ₄₀					
12KLL	13	2,8	7,9	5,1	D ₃ pP ₂	1316	85,8	2,4			2,2		14,3	800	38	LA ₄₀					
13KLL	13	7,9	9,8	1,9	D ₃ pP ₃	1293	91,4	1,8			2,4		11,6	1000	33	LA ₃₅					
14KLL	8	4,3	11,0	6,7	D ₃ pP ₂₊₃	1344	89,0	2,3			2,0		10,5	1200	34	LA ₃₅					
15KLL	15	7,4	12,0	4,6	D ₃ pP ₂₊₃	1304	87,0	1,8			2,5		14,0	800	37	LA ₄₀					
16KLL	10	6,5	12,0	5,5	D ₃ pP ₂	1324	82,2	3,3			2,4		13,8	800	37	LA ₄₀					
17KLL	8;19;20	9,6	12,0	2,4	D ₃ pISn	1250	83,6	7,1			5,9		20,5	400	46	LA ₅₀					
18KLL	9;9a;	11,1	12,0	0,9	D ₃ pISn	1230	90,8	7,8			5,7		18,7	600	46	LA ₅₀					
10KL	21;22;23	3,3	6,9	3,6	D ₃ pP ₂		86,9						16,1	600	35	LA ₃₅				0,9	FI
11KL	21;22;23	5,9	10,1	4,2	D ₃ pP ₂		84,7						15,1	600	34	LA ₃₅				1,2	F II
12KL	21;22;23	8,4	11,9	3,5	D ₃ pP ₃		80,6						14,3	800	33	LA ₃₅				1,0	FI
1. ploki kasuliku kihi keskmine					1288	87,3	1,7	25,4	0,8	2,1	52		14,4	800	35	LA ₃₅		31,4	II	1,0	FI
2. ploki kasuliku kihi keskmine					1299	89,9	2,0	26,0	1,5	2,1	52		12,5	1000	35	LA ₃₅		31,3	II	1,0	FI

Koostas

T. Tuuling

Pr. nr.	Pa. nr.	Proovimise sügavus, m		Litol. erim	Puiste mahumass	Killustiku saagis	Savi ja tolmu sisaldus	Plaatjate ja nõeljate terade sisald, 10-20 mm	Nõrkade kivimite sisaldus 10-20 mm	Veeimavus, 10-20 mm	Löögi kindlus, 20-40 mm	Purustatavus silindris		Purunemiskindlus Los-Angelese meetodil, 10-14mm		Kulumiskindlus, 10-20mm		Külmakindlus		
		al.	kuni paks.									massi- kadu, 10-20 mm	Mark	LA	killustiku klass	massi- kadu	Mark			
					kg/m ³	%	%	%	%	%		%		%		%		%		
Tihe dolokivi (D ₃ plP ₂)																				
1KLT	7;7a	4,5	8,7	4,2	D ₃ plP ₂	1258	90,1	1,8	35,1	1,1	2,4	54	14,7	800	38	LA ₄₀	32,7	II	1,3	F II
3KLT	9;9a	3,2	8,7	5,5	D ₃ plP ₂	1256	93,5	1,0	24,9	0,7	1,9	48	13,9	800	36	LA ₄₀	31,6	II	1,1	F II
5KLT	11	5,3	9,6	4,3	D ₃ plP ₂	1300	89,6	1,5	32,0	1,0	1,8	50	13,3	800	34	LA ₃₅	31,4	II	0,8	F I
7KLT	3	3,5	7,5	4,0	D ₃ plP ₂	1305	85,8	3,2	34,8	2,5	2,1	50	13,3	800	35	LA ₃₅	31,7	II	1,1	F II
10KLL	4	6,0	10,0	4,0	D ₃ plP ₂	1285	84,8	2,8			2,5		12,8	800	38	LA ₄₀				
12KLL	13	2,8	7,9	5,1	D ₃ plP ₂	1316	85,8	2,4			2,2		14,3	800	38	LA ₄₀				
10KL	21;22;23	3,3	6,9	3,6	D ₃ plP ₂		86,9						16,1		35	LA ₃₅			0,9	FI
11KL	21;22;23	5,9	10,1	4,2	D ₃ plP ₂		84,7						15,1		34	LA ₃₅			1,2	F II
1. ploki keskmine						1285	88,1	1,7	24,9	0,7	2,0	48	14,7	800	36	LA ₄₀	31,6	II	1,1	F II
2. ploki keskmine						1258	90,1	1,8	35,1	1,1	2,4	54	14,7	800	38	LA ₄₀	32,7	II	1,3	F II
Kavernoosne dolokivi (D ₃ plP ₃)																				
2KLT	7;7a	8,7	10,8	2,1	D ₃ plP ₃	1332	85,2	2,8	24,1	1,0	1,8	53	13,3	800	33	LA ₃₅	30,3	II	0,8	F I
4KLT	9;9a	8,7	11,1	2,4	D ₃ plP ₃	1299	88,0	1,9	26,7	0,9	2,0	60	14,2	800	33	LA ₃₅	30,8	II	0,8	F I
6KLT	11	9,6	12,0	3,7	D ₃ plP ₃	1336	86,6	2,8	24,4	0,8	2,1	51	12,8	1000	33	LA ₃₅	29,5	II	1,0	F I
8KLT	3	7,5	10,7	3,2	D ₃ plP ₃	1339	86,7	2,4	27,1	2,1	1,8	55	12,0	1000	30	LA ₃₀	26,6	II	0,8	F I
11KLL	4	10,0	12,0	3,7	D ₃ plP ₃	1305	92,5	1,3			1,5		10,5	1200	38	LA ₄₀				
13KLL	13	7,9	9,8	1,9	D ₃ plP ₃	1293	91,4	1,8			2,4		11,6	1000	33	LA ₃₅				
12KL	21;22;23	8,4	11,9	3,5	D ₃ plP ₃		80,6						14,3	800	33	LA ₃₅			1,0	FI
1. ploki keskmine						1296	85,5	1,9	26,7	0,9	2,2	60	13,6	800	33	LA ₃₅	30,8	II	0,9	FI
2. ploki keskmine						1332	85,2	2,8	24,1	1,0	1,8	53	13,3	800	33	LA ₃₅	30,3	II	0,8	F I
Mikrokhiiline dolokivi (iD ₃ plSn)																				
17KLL	8;19;20	9,6	12,0	2,4	D ₃ plSn	1250	83,6	7,1			5,9		20,5	400	46	LA ₅₀				
18KLL	9;9a	11,1	12,0	0,9	D ₃ plSn	1230	90,8	7,8			5,7		18,7	600	46	LA ₅₀				
Keskmine						1237	88,4	7,6			5,8		19,3	400	46	LA ₅₀				

Koostas

T. Tuuling

Kaks koondproovi võeti ka Snetnaja Gora kihistiku mikrokihilisest dolokivist, millest valmistatud killustiku Los-Angelese kategooria on madal – LA₅₀ (LA tegur on 46) (tabel 5.2.).

Naha uuringuruumi **kivimi füüsikalise-mehaaniliste** näitajate (lisa 4) koondandmed on toodud tabelis 5.3. Kivimi survetugevus on tarbevaruplokis keskmiselt 138 MPa, reservvaruplokis keskmiselt 147 MPa, külmakindlus “25”. Külmakindlusmargile „25” vastab materjal juhul, kui 25 külmutus-sulatustsükli läbimise järel katsekehade survetugevuse langus ei ületa 20%, võrreldes vees immutatud kontrollkuupide survetugevusega. Käesoleval juhul ei vastanud 1 proovi katsetulemused nimetatud tingimustele, kuid uuringuruumis tervikuna vähenes survetugevus peale külmutus-sulatustsükleid vähem kui 10%, mis lubab uuringuruumi karbonaatset ehituskivi hinnata kõrgemargiliseks. Teimide tulemused näitavad, et tervikuna on Naha uuringuruumi karbonaatne ehituskivi kõrgemargiline.

Tabel 5.3.

Kivimi füüsikalise-mehaaniliste omaduste koondtabel

Proovi nr.	Pa. nr.	Proovimise sügavus,m			Litol. erim	Mahu mass kg/m ³	Tihe- dus g/cm ³	Vee- ima- vus %	Poor- sus %	Survetugevus, Mpa				Massi muutus % pärast 25 külmutus- tsükli, %
		al.	kuni	paks.						kuivas olekus	veega küllast. olekus	15 külmu- tus- tsükli	25 külmu- tus- tsükli	
1TFM	2;2A	3,8	6,2	2,4	D ₃ plP ₂	2672	2,75	1,3	3,6	178	155	161	145	-6,4
2TFM	2;2A	6,2	10,5	4,3	D ₃ plP ₃	2620	2,76	1,8	4,3	150	111	108	104	-6,3
3TFM	12;12A	3,2	8,3	5,1	D ₃ plP ₂	2680	2,78	1,3	3,2	172	153	161	154	-0,6
4TFM	12;12A	8,3	10,9	2,6	D ₃ plP ₃	2631	2,80	2,1	5,4	166	143	118	108	-24,5
5TFM	6;6A	3,7	9,4	5,7	D ₃ plP ₂	2594	2,75	2,2	5,1	119	115	121	108	-6,1
6TFM	6;6A	9,4	11,5	2,1	D ₃ plP ₃	2634	2,72	1,6	4,0	126	114	118	114	0,0
7LFM	19	3,7	7,5	3,8	D ₃ plP ₂	2630		2,2		157				
8LFM	19	7,5	9,6	2,1	D ₃ plP ₃	2668		3,6		186				
7TFM	21, 22, 23	3,3	6,9	3,6	D ₃ plP ₂	2656		1,3		127	126		122	-3,1
8TFM	21, 22, 23	5,9	10,1	4,2	D ₃ plP ₂	2691		1,6		121	121		108	-11,0
9TFM	21, 22, 23	8,4	11,9	3,5	D ₃ plP ₃	2658		1,5		98	94		90	-3,9
1. ploki keskmine						2667	2,79	1,5	3,9	138	129	146	120	-7,0
2. ploki keskmine						2627	2,75	2,1	4,5	147	120	123	114	-5,0

Kivimi **keemilise koostise** iseloomustamiseks tehti 40 analüüsi, sealhulgas 6 silikaatanalüüsi. Analüüsitulemused on toodud lisas 6. Kivimi keemilise koostise arvutused puuraukude ja litoloogiliste erimite lõikes on esitatud lisas 7 ning koondatud tabelisse 5.4. Nagu tabelist näha, ei erine maavaraks olev tihe ja kavernoosne dolokivi keemiliselt koostiselt teineteisest. Mõlemale on iseloomulik kõrge MgO sisaldus (18,28–21,00%, keskmiselt 20,28%). Väga ebaühtlaselt on jaotunud terrigeensed lisandid, seda nii tihedas kui ka kavernoosses dolokivis. Lahustumatu jäägi sisaldus muutub vahemikus 2,36–10,04% ja on mõlemas varuplokis keskmiselt üle 5%. Ülenormatiivse lahustumatu jäägi sisalduse (5%) tõttu ei vasta uuringuruumi kivim tervikuna tehnoloogilise dolokivi nõuetele.

Tabel 5.4.

Kivimi keemilise koostise koondtabel

	CaO, %			MgO, %			Lahustumatu jääk, %		
	min	max	keskm.	min	max	keskm.	min	max	keskm.
	Tihe dolokivi (D_3plP_2)								
1. plokk	28,19	30,17	29,16	18,28	20,76	19,60	2,36	10,04	5,84
2. plokk	28,68	30,23	29,44	18,28	21,00	19,93	2,62	8,84	5,23
	Kavernoosne dolokivi (D_3plP_3)								
1. plokk	27,26	30,11	28,96	18,62	20,27	19,80	3,74	9,28	5,61
2. plokk	28,19	30,11	29,50	18,88	20,1	19,61	3,57	8,10	5,40
1. plokki kasulik kiht ($D_3plP_2+D_3plP_3$) tervikuna	27,26	30,17	29,07	18,28	20,76	19,66	2,36	10,04	5,82
2. plokki kasulik kiht ($D_3plP_2+D_3plP_3$) tervikuna	28,19	30,23	29,45	18,28	21,00	19,85	2,62	8,84	5,28
	Savine dolokivi (D_3plP_1)								
Uuringuruum	26,32	29,76	29,04	18,01	20,18	19,73	4,02	12,15	5,71
	Mikrokihiline dolokivi (D_3plSn)								
Uuringuruum	24,72	26,80	25,60	16,65	17,66	17,21	13,06	17,47	15,29

Analüüsid tehti ka maavara lasumis ja lamamis olevast dolokivist. Puuraugust 5 võetud lasumit iseloomustavatest proovidest on ülemine, ca 2 meetrine intervall suhteliselt puhas (lahustumatu jääk vaid 4,02%), alumine osa küll savikam (12,2%), ning keskmine lahustumatu jäägi sisaldus kogu lasumis 5,71%, millest võiks eeldada ka kivimi kõlblikkust killustiku toorainena. Kuid võrreldes puurauguga 5 samal joonel läänes ja idas asetsevate puuraukude 11 ja 4 fotosid (vt. lisa 3), on näha, et maavara lasumiks nendes puuraukudes on visuaalsel hinnangul domeriit, mis lubab oletada, et puuraugus 5 esinev puhtam dolokivi ei ole pindalaliselt välja peetud. Seepärast on ta arvatud kattekihi hulka.

Maavara lamamiseks oleva Snetnaja Gora kihistiku mikrokihilise dolokivi keemiline koostis erineb lasuva Pskovi kihistiku dolokivist. Endiselt on suhteliselt kõrge MgO sisaldus (16,83–18,10%, keskmiselt 17,58%), kuid järsult on tõusnud lahustumatu jäägi sisaldus (14,78–17,47%, keskmiselt 15,81%), seda eelkõige SiO_2 arvelt (SiO_2 sisaldus 12,60%, lisa 6).

Naha uuringuruumi kivim vastab kõrgemargilise ehitusdolokivi nõuetele ning sobib killustiku valmistamiseks, mida võib kasutada nii teedehituses kui ka ehitussegudes.

Kuna aluspõhja katendi moodustab moreeni kõrval ka **Kvaternaariline savi**, siis vastavalt keskkonnaministri 26.mai 2005.a. määrusele nr 44 § 2, lõikele 4, uuriti seda kui potentsiaalset kaasnevat maavara. Kui uuringuruumis esinevad maavarad ei ole koos kaevandatavad või ühe kaevandamine rikub teise looduslikku lasuvust, muutes selle maavara kasutuskõlbmatuks, siis nimetatud määruse kohaselt uuritakse kaasnevat maavara **otsingule** vastava uurituse täpsusega. Kaasneva maavara edasise käitlemise kohta teeb otsuse keskkonnaminister.

Savist võeti 19 proovi, milledes määrati selle lõimis ja plastsus ning silikaatanalüüsil savi keemiline koostis (lisad 8–12).

Tabelisse 5.5. on koondatud savi lõimise määrangud ja plastsusarv nii ehitusdolokivi varuplokkide katendis kui uuringuruumis tervikuna.

Tabel 5.5.

Savi lõimis ja plastsus

Lõimis	1. plokk	2. plokk	Uuringuruum
Kruus (>2 mm)			
min	0,1	0,0	0,0
max	0,4	0,8	1,0
keskm.	0,2	0,2	0,3
Liiv (2...0,063 mm)			
min	9,2	8,4	8,4
max	19,6	28,4	28,4
keskm.	13,6	18,7	15,9
Tolm+sau (<0,063 mm)			
min	80,0	71,2	71,2
max	90,7	91,6	91,6
keskm.	86,2	81,0	83,8
Tolm (0,063...0,002 mm)			
min	44,7	33,2	33,2
max	50,3	45,4	50,3
keskm.	44,9	41,1	42,5
Sau (<0,002 mm)			
min	35,3	30,9	30,9
max	43,5	46,2	49,4
keskm.	40,1	39,9	41,4
Plastsusarv Ip^v (Vassiljevi koonus)			
min	12,5	10,8	10,8
max	16,3	15,8	17,8
keskm.	14,6	13,9	14,3
Plastsusarv Ip^s (rootsi koonus)			
min	20,4	18,6	18,6
max	26,0	27,6	30,7
keskm.	23,3	22,8	23,8

Keskonnaministri 21. aprilli 2005.a. määruse nr 29 §2 lõige 11 järgi on savi käsitletav maavarana, kui savisetendi plastsusarv on vähemalt 7. Naha uuringuruumi savi plastsusarv Vassiljevi koonuse järgi on keskmiselt 14,3. Kuna plastsusarv Vassiljevi koonuse järgi määratakse setendil, millest on eemaldatud osakesed diameetriga >1,0 mm, võivad plastsusarvuga >7 olla ka rohke kruusa sisaldusega savisetted, millest annab tunnistust ka puuraugust 1 võetud proov 12S, kus 12,3% kruusa sisalduse juures on pinnase plastsus 15,0 (lisa 8). Visuaalsel vaatlusel on näha, et Naha uuringuruumi savi on väga ebahühtlase koostisega nii läbilõikes kui ka pindalaliselt, (sagedased on hallid aleuriidi vahekihid, harvad ei ole ka liiva ja ka kruusa sisaldavad vahekihid, kusjuures liiva sisaldus võib muutuda suurtes piirides – 8–28%, muutlik on ka keemiline koostis, kusjuures erinev Al₂O₃ sisaldus tingib savide erineva sulamistemperatuuri (mida kõrgem Al₂O₃ sisaldus, seda tulekindlam), samuti mõjutavad MgO ja CaO lisaks sulamistemperatuurile ka toote värvust jne. Konsulteerides Wienerberger AS arendusjuhi hr Karev'iga, hindas ta kvaternaarisavide suuremaks puuduseks lisaks kõrgele looduslikule niiskusele ja karbonaatsete jämelisandite kõrgendatud sisaldusele eelkõige just nende ebahühtlast koostist, mis nõuaks nimetatud savide kasutamisel sagedasi tööstuslikke katseid ja nende põhjal tootmistehnoloogiate sagedast muutmist – seega oleks toodang ebahühtlase kvaliteediga ja kõrge omahinnaga, mis turul ei võimaldaks konkureerida. Samuti on uuringuruumis ebahühtlane savikihi paksus, seda eriti ehitusdolokivi tarbevarualal, kus savi keskmine paksus on vaid 1,09 m (vt ptk 7, lisa 14), kohati aga puudub. Suurt nõudlust savi kui maavara järele ei näita ka savivarude kasutamine. Seisuga 31.detsember 2011.a. on Eesti

Vabariigi savibilansis arvel 44 keraamilise savi maardlat aktiivse tarbevaruga 10 435,5 tuh m³ ja aktiivse reservvaruga 235 886,1 tuh m³. Mäeeraldised on vormistatud vaid 4 maardlal (Aru-metsa, Väätsa, Aseri ja Kallavere), kusjuures kaevandamine 2011.a. toimus vaid Aseri maardlast, kust kaevandati 21 tuh m³ Kambriumi savi. Maavaravarude koondbilansi andmeil kaevandati kvaternaarisavi viimati 2005.a. Määsi savikarjäärist 0,5 tuh m³, kaevandajaks Misso Savitööstus OÜ. Viimasel ajal on Misso savitööstus kasutanud Võru Kivi tegutsemisaegadest üle jäänud Joosu savi, mis on ettevõtte juhi hinnangul Määsi savist kordades kvaliteetsem. Seega on keskkonnaregistri maardlate nimistus hulgaliselt keraamilise savi maardlaid (kinnitatud küll valdavalt reservvaru tasemel), mille kasutuselevõtuks puudub praktiline nõudlus. Seega arvestades savi muutlikku koostist ja kvaliteeti, väikest kihipaksust, majanduslikku aspekti, nõudluse puudumist, tuleks Naha uuringuruumi savi käsitleda kui Lõuna-Eesti jaoks küllaltki vähelevinud maavara – ehituskivi – katendit. **Toetudes eelpooltoodule, tehakse käesolevaga ettepanek arvata ehitusdolokivi lasumis olev Kvaternaari-ealine savi maavara katendiks.**

6. Hüdrogeoloogilised tingimused ja vee juurdevoolu hinnang

Hüdrograafia ja kliima. Dolokiviuuringuid Naha objektile tehti 202,99 ha suurusel alal, mida läänest piirab Peetri (Melnupe) jõgi ja idast Läti Vabariigi piir. Uuringuala läbib kagust loodesse kulgev soostunud org. Oru põhjas voolab oja, mis uuringuala põhjapiiril suubub Peetri jõkke. Reljeefis ulatub oru suhteline alanemine ca 6 meetrini, absoluutkõrgustega 85 meetrist uuringuruumi idaservas kuni 79 meetrini suubumisel Peetri jõkke. Reljeef on suhteliselt rahulik, üksikute tõusudega kuni absoluutkõrguseni 91–92 m. Paikkond on kaetud metsaga ja osaliselt soostunud.

Peetri jõe pikkus on 73 km, vesikonna pindala 412 km², jõe aasta keskmine vooluhulk on >0,5 m³/s. Jõe äravoolu aastasisese jaotumise andmed puuduvad (Loopmann, 1979).

Piirkonna kliima määrab Atlandilt tulevate tsüklonite tegevus. Tsüklonid liiguvad itta ning toovad talvel sooja, suvel jahedat õhku. Küllalt sageli saabub idast kontinentaalne õhk, mis talvel toob külma ja suvel sooja.

Valga ilmajaama andmete põhjal püsib lumikate detsembrist märtsini. Lumesulamine algab märtsi II dekaadist. Sademete hulk on suurim augustis, väikseim veebruaris-märtsis. Õhutemperatuur on madalaim jaanuaris ja kõrgeim juulis. 2011.a. ja 2012.a. sademete ning pikaajalise vaatlusrea keskmine sademete hulk ja õhutemperatuur on toodud tabelis 6.1.

Tabel 6.1.

Sademete hulk (mm) ja õhutemperatuur (°C) Valga ilmajaama andmete põhjal

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Valga 2011	64	30	19	17	57	40	89	104	47	36	30	73	605
Valga 2012	76	46	44	38	56	95	99	90	60	74			
Norm 1966–1990	45	33	35	37	52	67	87	93	76	62	66	58	711
Kuu keskmine õhutemperatuur													
Valga	-6,8	-6,1	-1,9	4,5	11,3	15,3	16,6	15,4	10,6	5,9	0,5	-4,1	5,1

Hüdrogeoloogilised tingimused. Võttes arvesse, et kvaternaarisetetest esinevad piirkonnas vett väheläbilaskvad setted: savi ja savimoreen, paksusega valdavalt 3–6 m, hakkab põhiline vee juurdevool karjääri moodustuma Ülem-Devoni veekompleksi (D₃) kuivendamise arvel. Uuritaval alal lasub vahetult kvaternaarisetete all **Dubnieki–Palvinase veekiht** (D₃db-pl), mille vettandvaks kivimiks on poorne ja lõheline dolokivi, paksusega kuni 12 meetrit. Kõige poorsem on dolokivi 7–12 m intervallis. Sügavuse suunas algab 11.–12. meetri pealt savi vahekihtidega savikas aleuoliidikas dolokivi,

mis on veekihile vett vähe läbilaskvaks alumiseks veepidemeks. Põhjavesi on survealine. Vaadeldava ala piires muutub surve lasumi all 0–4 m. Toitumine toimub veekihi levialal sademevee infiltratsioonist põhiliselt kevad- ja sügisperioodil, kui sademevee kulu aurumisele ja transpiratsioonile on minimaalne. Põhjavee väljavool on seotud kohaliku hüdrograafiavõrguga. Puuraukude erideebit muutub vahemikus 2–28 l/s·m, veejuhtivuskoeffitsient – 164–759 m²/ööpäevas.

Keemiliselt koostiselt on veekihi põhjavesi mage, kuivjäägiga 374–448 mg/l, HCO₃-Ca-Mg-tüüpi. Põhjavesi on suure rauasisaldusega, kuni 4,9 mg/l (lisa 13). Eesti territooriumil puuduvad vaadeldavas piirkonnas tarbepuurkaevud.

Naha uuringuruumi põhjaveetase jäi, mõõdetuna 3.juulil 2009.a., 0,5–4,8 m sügavusele maapinnast, absoluutkõrgusele 81–86 m, sõltudes paikkonna reljeefist. 2012.a. rajatud puuraukudes mõõdeti veetasemed 3.septembril 2012.a. Samaaegselt mõõdeti ka veetasemed 2009.a. puuritud ja hüdrogeoloogilisteks vaatlusteks jäetud puuraukudes, kus veetasemed olid võrreldavad 2009.a. mõõdetuga (lisa 2). Seepärast on hüdroisohüpside plaani koostamisel kasutatud üheaegselt nii 2009.a. juulikuu mõõtmisandmeid kui ka 2012.a. rajatud puuraukude veetasemete andmeid (välja arvatud märtsis puuritud pa 25 veetase). Lähtuvalt hüdroisohüpside plaanist, kulgeb põhjaveelahe pa. 2–19 joonel ning lahutab põhjaveevoolu suuna kirdesse ja Peetri jõe suunas (joon 6.1.). Uuringuruumi loodenurgas joonistub välja ka Äühvoja dreniv mõju. Veetase Peetri jões jäi mõõdetuna 14. septembril 2012.a. 79,0 abs kõrgusele. Kogu dolokivilasund jääb põhjaveetasemest madalamale.

Vee juurdevoolu hinnang karjääri. Karjääri voolav vesi moodustub pindmisest juurdevoolust külgnevatelt aladelt, karjäärialale langenud sademetest ja veetaseme alandamise korral põhjaveest. Käesolevatest arvutustest on pindmine äravool välja jäetud, eeldusel et karjääri piirile rajatakse piirdekraavid ümbritsevate alade pinnavee ärajuhtimiseks.

Vee juurdevoolu hinnang **sademevee arvel** arvutatakse kogu karjäärialale, $F = 30,02$ ha. Sademete norm on võetud Valga ilmajaama andmetest (tabel 6.1.).

Keskmine sademeline juurdevool karjääri W_o määratakse S. K. Abramovi (1976) võrrandist:

$$W_o = 1000 H_q \cdot \alpha \cdot F, m^3 / \text{ööpäevas} \quad (1),$$

kus α – pindmise juurdevoolu koeffitsient, kaljukivimites $\alpha = 0,85$;
 H_q – ööpäeva keskmine sademete hulk: 711:365=1,95 mm;
 F – karjääri veekogumisala. Arvutustes on võetud karjääri pindala (tingimusel, et pindmine veevool juhitakse ära) $F = 0,3002$ km²;

Pannes algandmed võrrandisse (1), saame:

$$W_o = 1000 \cdot 1,95 \cdot 0,85 \cdot 0,3002 = \mathbf{498 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}}.$$

Lumesulavee juurdevool W_t määratakse S. K. Abramovi võrrandist:

$$W_t = \frac{\alpha \cdot \beta \cdot h_c \cdot F}{t_c} \quad (2),$$

kus β – koeffitsient, mis arvestab karjääri lumekoristust, tavaliselt $\beta = 0,5$;
 h_c – aastane lume kogus; $h_c = 0,171$ m (arvestatud on detsember, jaanuar, veebruar ja märts);

t_c – intensiivse lumesulamise aeg tundides, võetud on 2 nädalat ehk 336 tundi.

Pannes algandmed võrrandisse (2), saame:

$$W_t = \frac{0,85 \cdot 0,5 \cdot 0,171 \cdot 300200}{336} = 64,93 m^3 / h \text{ ehk } 1558 m^3 / \text{ööpäevas}$$

Põhjavee juurdevool. Hüdrokeoloogiliste parameetrite hindamine. Selleks, et hinnata dolokivi kaevandamisel väljapumbatava vee koguseid karjäärist ja veealanduse mõju ulatust, tehti katsepumpamine uuringuruumi lääneosas kahes puuraukude paaris: 12, 12A ning 9, 9A. Proovipumpamised on tehtud tsentrifugaalpumbaga, mille tootlikkus oli kuni 25 m³/tunnis. Mõõtmisi keskses puuraugus tehti elektrilise tasememõõturiga, vaatluspuuraukudesse olid paigaldatud tasememõõtmise andurid. Enne pumpamist tehti puhastuspumpamine kuni vee selginemiseni. Pärast pumpamist lasti veetasemel taastuda. Pumpamistulemused on esitatud graafiliselt joonistel 6.2...6.5. ning samas on toodud veejuhtivuse (km) ja tasemejuhtivuse (a) arvutused. Hüdrodünaamiliste parameetrite arvutustulemused on esitatud tabelis 6.2.

Tabel 6.2.

Hüdrodünaamilised parameetrid katsepumpamiste põhjal

Pa nr	Pa süga- vus, m	Pa. suud- me abs.k., m	Staatilise veetaseme abs.k., m	Kuupäev	Deebit, <i>Q</i> , l/s	Alandus <i>S</i> , m	Eri- deebit <i>q</i> , l/s·m	Veejuhtivus <i>km</i> , m ² /ööpäevas		Tasemejuhtivus <i>a</i> , m ² /ööpäevas	
								pumpa- misel	taastu- misel	pumpa- misel	taastu- misel
12	11,9	84,32	81,42	21.07.2009				225	180		409
12a	11,9	84,43	81,42		2,5	1,21	2,06		158		
9	11,7	86,38	84,00	24.03.2011				164	215	190,5	364
9a	12	86,55	83,51		6,1	1,49	4,09	164	210		

Kuna uuringu andmetel on kivim muutliku lõhelisusega, siis suurima võimaliku juurdevoolu arvutamiseks karjääri kasutatakse katsepumpamise suurimat veejuhtivuse väärtust ($km = 225 \text{ m}^2/\text{ööpäevas}$).

Kuna alandatavasse veekihti lõikub läänes Peetri jõgi, määratakse **põhjavee juurdevool** Q poolpiiratud kihi tingimustes, kus Peetri jõe veetase $H = \text{const}$, alljärgnevalt võrrandist (Abramov, Gazizov, Kostenko, 1976):

$$Q = \frac{2\pi \cdot km \cdot S}{2 \ln \frac{L}{r}}, m^3 / \text{ööpäevas} \quad (3)$$

kus $km = 225 \text{ m}^2/\text{ööp}$;

L – karjääri keskosa kaugus jõest; $L = 400 \text{ m}$;

r – karjääri tinglik raadius, $r = 0,61R$, kus

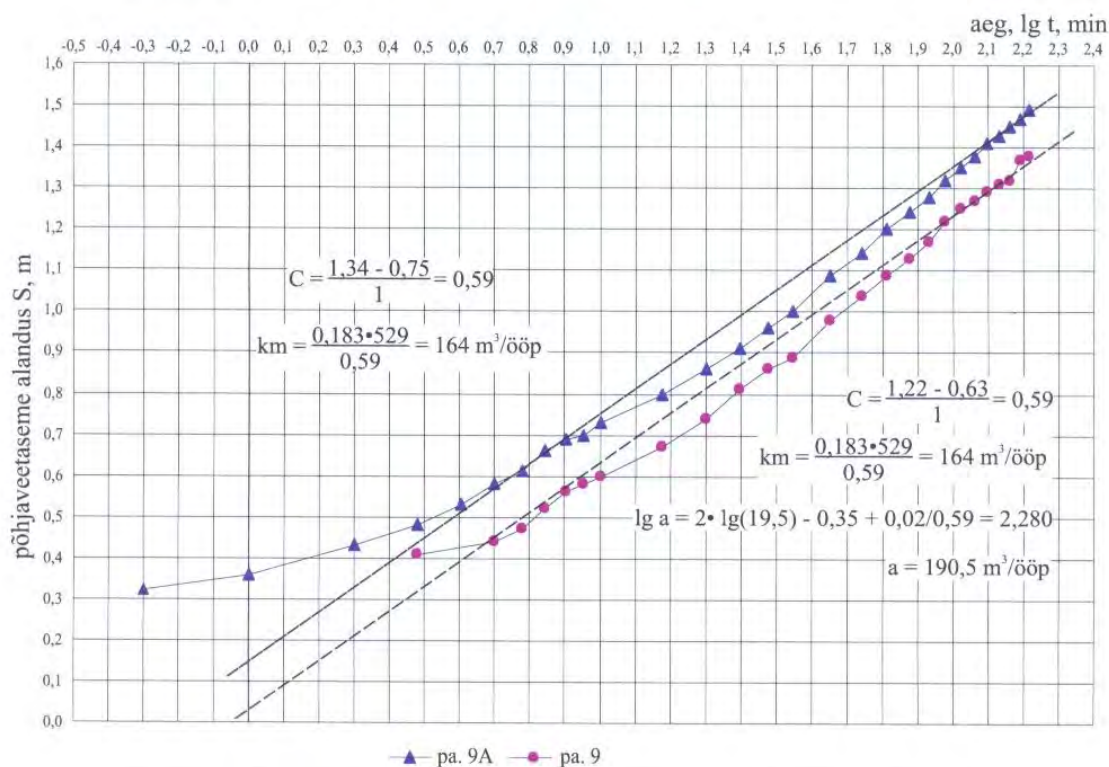
$$R = \sqrt{\frac{F}{\pi}}$$

30,02 hektaril on dolokivi varuks 2172 tuh m³, mis kaevandatakse ära 25 aasta jooksul. Arvutuslikult teeb see kaevandamise keskmiseks aastamahuks ca 90 000 m³. Kasuliku kihi keskmine paksus on 7,2 m, mis kaevandatakse ühe astanguga. Kuna kasuliku kihi lamamipind jääb minimaalselt 72,9 m (pa 25) abs tasemele ning uuringuaegne veetase maksimaalselt absoluutkõrgusele 83,8 m (pa 17) (lisa 14), tuleb kaevandamisel veetaset alandada maksimaalselt 10,9 m. Alljärgnevalt on toodud põhjavee juurdevoolu arvutamine eelpoolnimetatud karjääri töötamise 1. aasta, 13. aasta, mil kaevandatud on ca pool mäeeraldise mahust ja lõpuaasta (25.) kohta:

pa. 9A				pa. 9			
t, min	lg t	H, m	S, m	t, min	lg t	H, m	S, m
0		3,04		0		2,38	
0,5	-0,30	3,36	0,32	3	0,48	2,79	0,41
1	0,00	3,40	0,36	5	0,70	2,82	0,44
2	0,30	3,47	0,43	6	0,78	2,85	0,47
3	0,48	3,52	0,48	7	0,85	2,90	0,52
4	0,60	3,57	0,53	8	0,90	2,94	0,56
5	0,70	3,62	0,58	9	0,95	2,96	0,58
6	0,78	3,65	0,61	10	1,00	2,98	0,6
7	0,85	3,70	0,66	15	1,18	3,05	0,67
8	0,90	3,73	0,69	20	1,30	3,12	0,74
9	0,95	3,74	0,70	25	1,40	3,19	0,81
10	1,00	3,77	0,73	30	1,48	3,24	0,86
15	1,18	3,84	0,80	35	1,54	3,27	0,89
20	1,30	3,90	0,86	45	1,65	3,36	0,98
25	1,40	3,95	0,91	55	1,74	3,42	1,04
30	1,48	4,00	0,96	65	1,81	3,47	1,09
35	1,54	4,04	1,00	75	1,88	3,51	1,13
45	1,65	4,13	1,09	85	1,93	3,55	1,17
55	1,74	4,18	1,14	95	1,98	3,60	1,22
65	1,81	4,24	1,20	105	2,02	3,63	1,25
75	1,88	4,28	1,24	115	2,06	3,65	1,27
85	1,93	4,32	1,28	125	2,10	3,67	1,29
95	1,98	4,36	1,32	135	2,13	3,69	1,31
105	2,02	4,39	1,35	145	2,16	3,70	1,32
115	2,06	4,42	1,38	155	2,19	3,75	1,37
125	2,10	4,45	1,41	165	2,22	3,76	1,38
135	2,13	4,47	1,43				
145	2,16	4,49	1,45				
155	2,19	4,51	1,47				
165	2,22	4,53	1,49				

Q = 529 m³/ööp

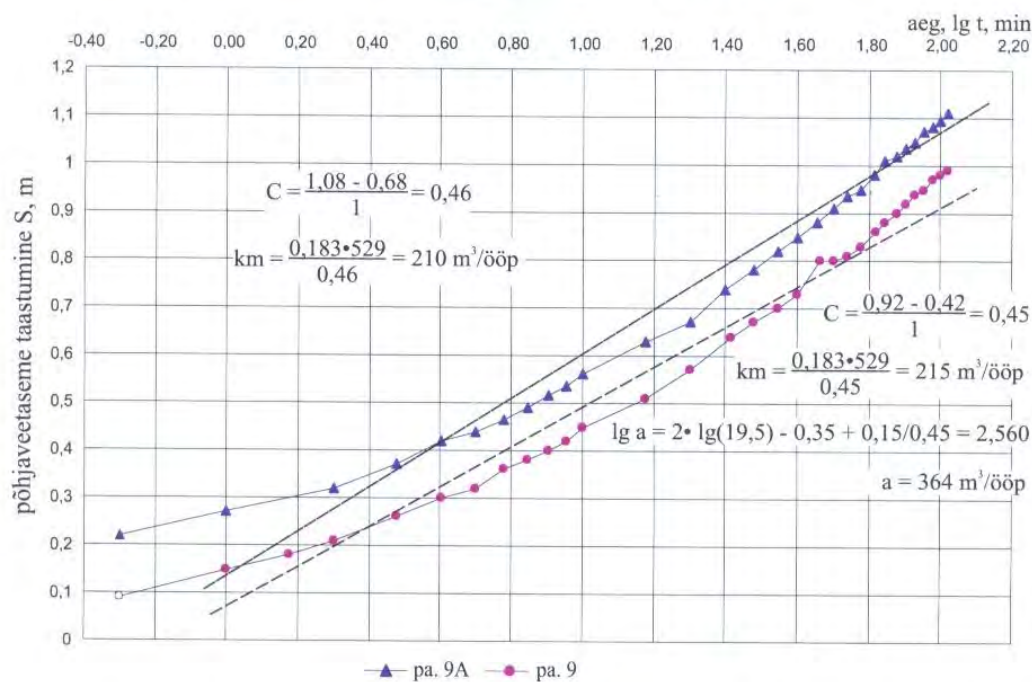
pa. 9 19,5 m pa. 9A



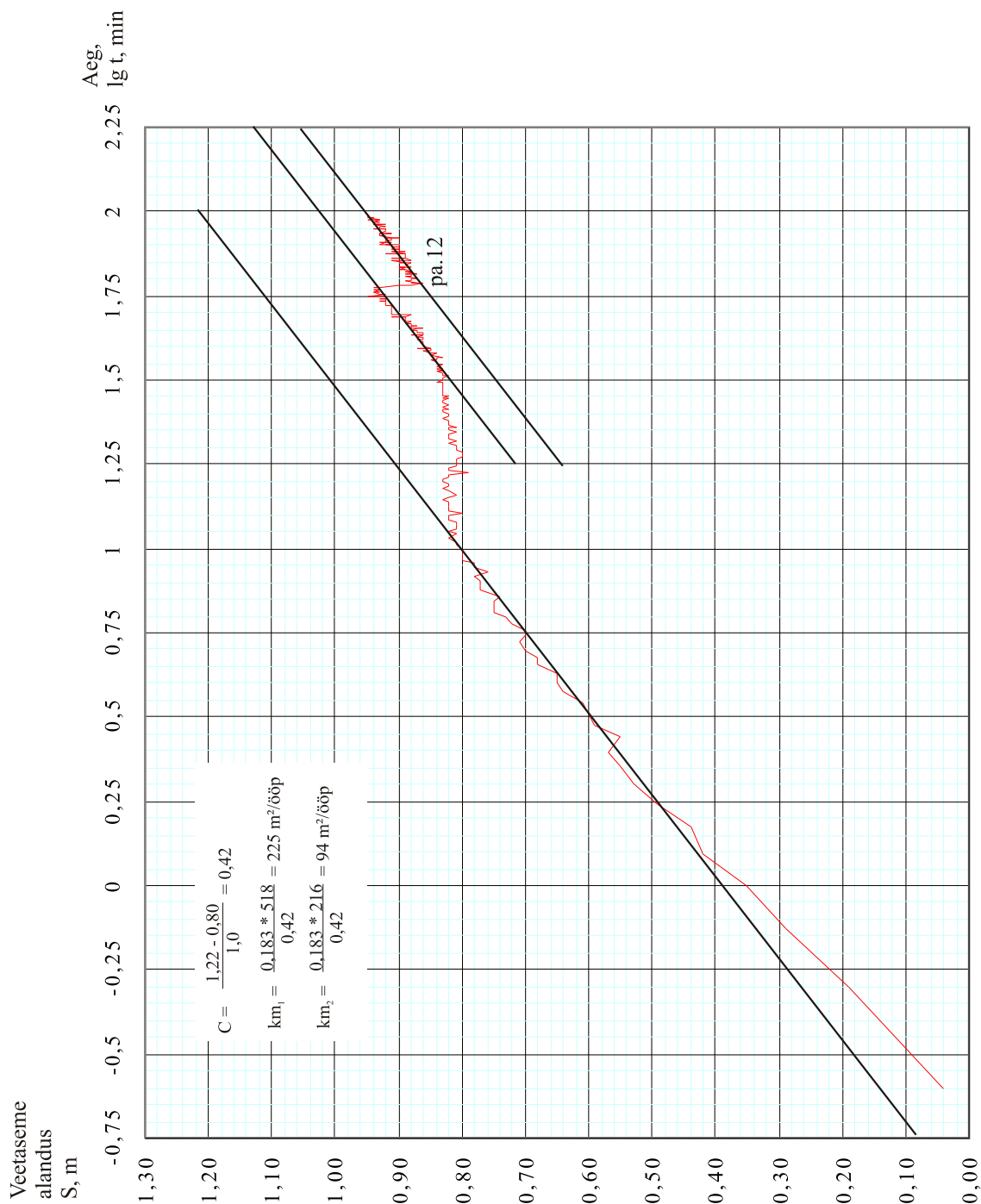
Joonis 6.2. Naha uuringuala pa. 9A ja 9 pumpamisandmed (24.03.2011) ja hüdrodünaamiliste parameetrite arvutused.

pa. 9A				pa. 9			
t, min	lg t	H, m	S, m	t, min	lg t	H, m	S, m
0		4,53		0		3,76	
0,5	-0,30	4,31	0,22	0,5	-0,30103	3,67	0,09
1	0,00	4,26	0,27	1	0,00	3,61	0,15
2	0,30	4,21	0,32	1,5	0,18	3,58	0,18
3	0,48	4,16	0,37	2	0,30	3,55	0,21
4	0,60	4,11	0,42	3	0,48	3,5	0,26
5	0,70	4,09	0,44	4	0,60	3,46	0,3
6	0,78	4,065	0,465	5	0,70	3,44	0,32
7	0,85	4,04	0,49	6	0,78	3,4	0,36
8	0,90	4,015	0,515	7	0,85	3,38	0,38
9	0,95	3,995	0,535	8	0,90	3,36	0,4
10	1,00	3,97	0,56	9	0,95	3,34	0,42
15	1,18	3,9	0,63	10	1,00	3,31	0,45
20	1,30	3,86	0,67	15	1,18	3,25	0,51
25	1,40	3,79	0,74	20	1,30	3,19	0,57
30	1,48	3,75	0,78	26	1,41	3,12	0,64
35	1,54	3,71	0,82	30	1,48	3,09	0,67
40	1,60	3,68	0,85	35	1,54	3,06	0,7
45	1,65	3,65	0,88	40	1,60	3,03	0,73
50	1,70	3,62	0,91	46	1,66	2,96	0,8
55	1,74	3,595	0,935	50	1,70	2,96	0,8
60	1,78	3,58	0,95	55	1,74	2,95	0,81
65	1,81	3,55	0,98	60	1,78	2,93	0,83
70	1,85	3,52	1,01	66	1,82	2,9	0,86
75	1,88	3,51	1,02	70	1,85	2,88	0,88
80	1,90	3,495	1,035	75	1,88	2,86	0,9
85	1,93	3,48	1,05	80	1,90	2,84	0,92
90	1,95	3,46	1,07	85	1,93	2,82	0,94
95	1,98	3,45	1,08	90	1,95	2,81	0,95
100	2,00	3,435	1,095	95	1,98	2,79	0,97
105	2,02	3,42	1,11	100	2,00	2,78	0,98
				105	2,02	2,77	0,99

pa. 9 ← 19,5 m → pa. 9A



Joonis 6.3 . Veetaseme taastumine Naha uuringuala pa. 9A ja 9 (24.03.2011) ja hüdrodünaamiliste parameetrite arvutused.



$$Q_1 = 518 \text{ m}^3/\text{ööp.}$$

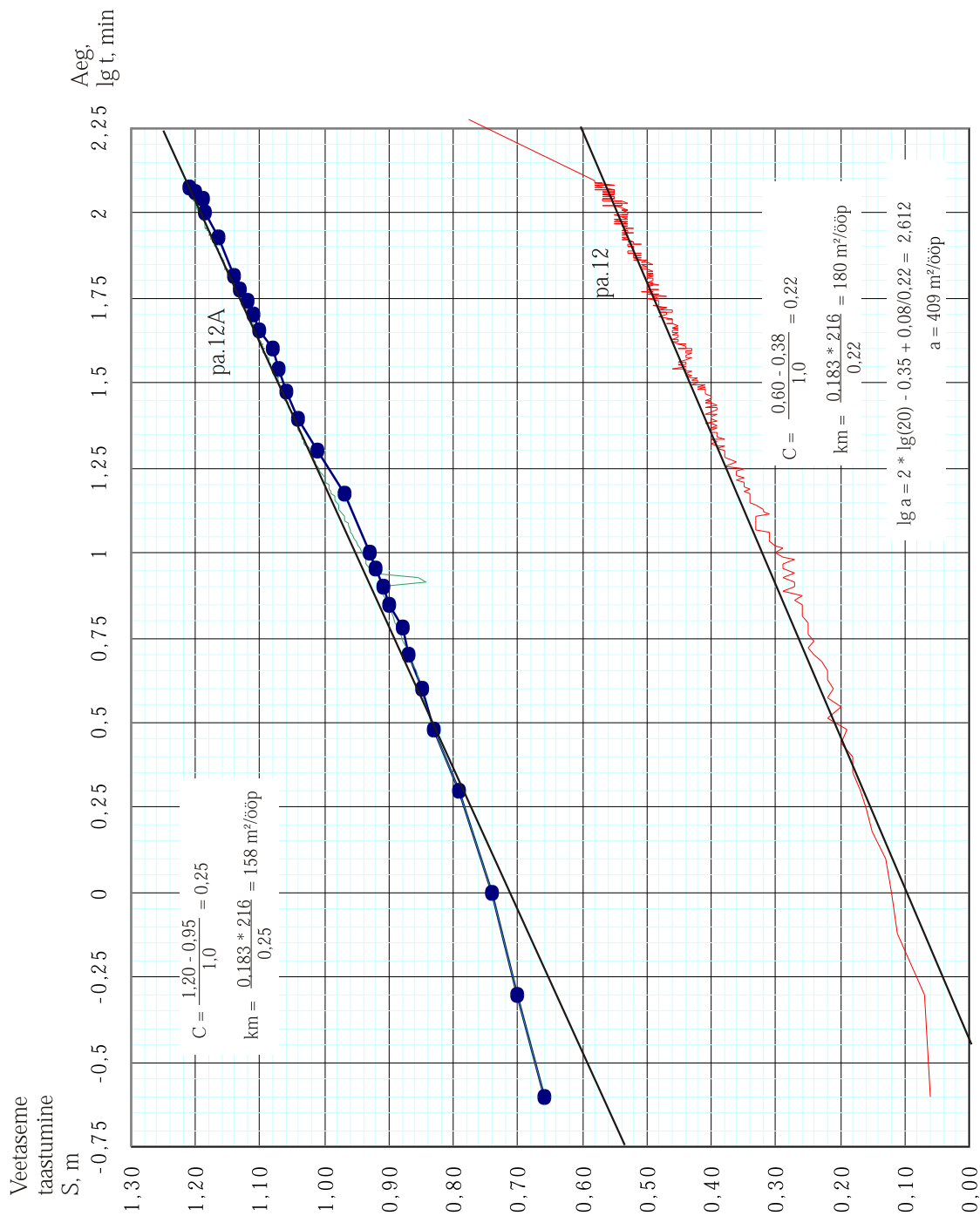
$$Q_2 = 216 \text{ m}^3/\text{ööp.}$$

Joonis 6.4. Naha uuringuala pa.12A ja 12 pumpamisandmed (21.07.2009) ja hüdrodünaamiliste parameetrite arvutused.



pa.		12A	
dünaam. veetase, m	H, m	dünaam. veetase, m	H, m
t, min	lg t	t, min	lg t
0,25	-0,60	4,14	0,66
0,5	-0,30	4,1	0,70
1	0,00	4,06	0,74
2	0,30	4,01	0,79
3	0,48	3,97	0,83
4	0,60	3,95	0,85
5	0,70	3,93	0,87
6	0,78	3,92	0,88
7	0,85	3,9	0,90
8	0,90	3,89	0,91
9	0,95	3,88	0,92
10	1,00	3,87	0,93
15	1,18	3,83	0,97
20	1,30	3,79	1,01
25	1,40	3,76	1,04
30	1,48	3,74	1,06
35	1,54	3,73	1,07
40	1,60	3,72	1,08
45	1,65	3,7	1,10
50	1,70	3,69	1,11
55	1,74	3,68	1,12
60	1,78	3,67	1,13
65	1,81	3,66	1,14
85	1,93	3,635	1,17
100	2,00	3,615	1,19
110	2,04	3,61	1,19
115	2,06	3,6	1,20
120	2,08	3,59	1,21

$Q = 216 \text{ m}^3/\text{ööp.}$



Joonis 6.5. Veetaseme taastumine Naha uuringuala pa. 12A ja 12 (21.07.2009) ja hüdrodünaamiliste parameetrite arvutused.

1. Vee juurdevoolu arvutus karjääri töötamise 1. aasta kohta:

Asendades algandmed võrrandisse (3), saame põhjavee juurdevoolu karjääri:

- veejuhtivus $km = 225 \text{ m}^2/\text{ööpäevas}$;
- tasemejuhtivus $a = 409 \text{ m}^2/\text{ööpäevas}$;
- alandus $S = 10,9 \text{ m}$;
- karjääri pindala 1. tööaasta lõpuks (eeldusel, et kaevandatakse keskmiselt $90\,000 \text{ m}^3$ aastas) $F = 12500 \text{ m}^2$;

- karjääri raadius kaevetööde pindala F , m^2 puhul $R = \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 63 \text{ m}$;

- $r_1 = 0,61 \cdot 63 \text{ m} = 38 \text{ m}$

$$Q_1 = \frac{2\pi \cdot 225 \cdot 10,9}{2 \ln \frac{400}{38}} = \frac{15401,7}{4,7} = 3277 \text{ m}^3 / \text{ööpäevas}$$

1. tööaasta lõpuks, kui kaevandatud on ca 1,25 ha ja veetaset alandatud 10,9 m, on väljapumbatava vee **maksimaalne** kogus (s. o. kevadisel lumesulamis-perioodil):

$$3277 + 1558 = 4835 \text{ m}^3/\text{ööpäevas},$$

keskmiselt on aga väljapumbatava vee kogus

$$3277 + 498 = 3775 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}.$$

2. Vee juurdevoolu arvutus, kui kaevandatud on ca pool mäeeraldise mahust:

- veejuhtivus $km = 225 \text{ m}^2/\text{ööpäevas}$;
- tasemejuhtivus $a = 409 \text{ m}^2/\text{ööpäevas}$;
- alandus $S = 10,9 \text{ m}$;
- $F_{13} = 162500 \text{ m}^2$;
- $R_{13} = 227 \text{ m}$;
- $r_{13} = 138 \text{ m}$

$$Q_{13} = \frac{2\pi \cdot 225 \cdot 10,9}{2 \ln \frac{400}{138}} = \frac{15401,7}{2,1} = 7334 \text{ m}^3 / \text{ööpäevas}$$

Kui kaevandatud on ca pool kogu karjäärast (16,25 ha) ja veetaset alandatud 10,9 m, jäävad väljapumbatava vee kogused **maksimaalselt**

$$7334 + 1558 = 8892 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$$

ja **keskmiselt**

$$7334 + 498 = 7832 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}.$$

3. Karjääri ammendamisel, s.o. 25 aasta pärast:

- $F_{25} = 300200 \text{ m}^2$;
- $R_{25} = 309 \text{ m}$;
- $r_{25} = 188 \text{ m}$.

$$Q_{25} = \frac{2\pi \cdot 225 \cdot 10,9}{2 \ln \frac{400}{188}} = \frac{15401,7}{1,5} = 10268 \text{ m}^3 / \text{ööpäevas}$$

Karjääri ammendamise ajaks on väljapumbatava vee **maksimaalseks** koguseks

$$10268 + 1558 = 11826 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$$

ja **keskmiseks** koguseks

$$10268 + 498 = 10766 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}.$$

Kokkuvõtlikult on arvutustulemused esitatud tabelis 6.3.

Tabel 6.3.

Vee juurdevoolu arvutuslikud tulemused			
	Vee juurdevool karjääri, m ³ /ööp		
	1. aasta F = 12500 m ²	13. aasta F = 162500 m ²	25. aasta F = 300200 m ²
sademevesi	498	498	498
lumesulamisvesi	1558	1558	1558
põhjavesi	3277	7334	10268
keskmine	3775	7832	10766
maksimaalne	4835	8892	11826

Tuleb arvestada ka sademete ebaühtlusega, mille muutustest sõltuvalt võib aasta keskmine juurdevool muutuda 1,3–1,5 korda. Selleks, et takistada põhjavee juurdevoolu karjääri, oleks otstarbekas katta kaljukivimitest karjääri nõlvad vastavalt karjääri ammendumisele katendisetetest tammiga.

Põhjavee väljapumpamisega kaasneb veetaseme alanemine ja kujuneb alanduslehter. Lääne suunas kujuneb alanduslehter Peetri jões, teistes suundades saab aga veealanduse mõju ligilähedast raadiust 25 aasta pärast määrata võrrandist:

$$R = 1,5\sqrt{a \cdot t} = 1,5\sqrt{409 \cdot 365 \cdot 25} = 2899 \text{ m}$$

Veealanduse mõjuga tuleb arvestada elanikkonna veevarustusprobleemide lahendamisel. Salvkaevud võivad nimetatud kaugusel ja kaugemalgi ajutiselt kuivaks jääda ka veetaseme looduslike muutuste amplituudi tõttu.

Keerulistest hüdrogeoloogilistest tingimustest lähtuvalt tuleks kaaluda ka **veealust kaevandamist**. Kuid ka veealuse kaevandamise puhul ei saa läbi veetaset alandamata. Selleks et masinad saaksid karjääris töötada, peaks kaevandatava kivimi pealispind jääma veetasemest kõrgemale ning kasuliku kihi ammendamiseks kogupaksuses tuleb arvestada ka sellega, et võimsamate (vähemalt 45 tonniste) ekskavaatoritega on võimalik kaevandada kuni 6 m sügavuselt. Et minimaliseerida kaevandamise mõju jõe, tuleb arvestada ka veetasemega Peetri jões. 2012.a. septembri keskel (14.sept.) jäi veetase jões 79,0 m abs kõrgusele. Vaadates Valga ilmajaama sademete andmeid (tabel 6.1.), millest nähtub, et jaanuarist kuni septembrini 2012.a. oli sademeid valdavalt üle normi, võib eeldada, et antud ajal oli veetase Peetri jões suhteliselt kõrge. Võttes arvesse kasuliku kihi lasumipinda, kasuliku kihi paksust, põhjaveetaseme maksimaalset abs kõrgust (lisa 14) ja veetaset Peetri jões, saaks/tuleks veealuse kaevandamise korral veetaset alandada 79,5 abs tasemele, mis teeb alanduseks maksimaalselt **S = 4,8 m**. **Põhjavee juurdevool Q** määratakse antud juhul mittestatsionaarse liikumise võrrandist piiramatult kihi tingimustes, võttes karjääri kui “suurt kaevu”, mille tinglik raadius on R.

$$Q = \frac{4\pi \cdot km \cdot S}{\ln \frac{6,12 \cdot a \cdot t}{R^2}}, m^3 / \text{ööpäevas} \quad (4)$$

- kus
- veejuhtivus $km = 225 \text{ m}^2/\text{ööpäevas}$;
 - tasemejuhtivus $a = 409 \text{ m}^2/\text{ööpäevas}$;
 - alandus $S = 4,8 \text{ m}$;

t – pumpamise kestvus;

R – “suure kaevu” tinglik raadius, $R = \sqrt{\frac{F}{\pi}}$

- karjääri pindala 1. tööaasta lõpuks $F_1 = 12500 \text{ m}^2$;

- $R_1 = 63 \text{ m}$;

- aeg $t = 1$ aastat.

$$Q_1 = \frac{4\pi \cdot 225 \cdot 4,8}{\ln \frac{6,12 \cdot 409 \cdot 1 \cdot 365}{63^2}} = \frac{13564,8}{5,44} = 2494 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$$

Arvestades ka sademeid, on 1. tööaastal **keskmise** vee juurdevool karjääri **2992 m³/ööpäevas ja** lumesulamisperioodil **maksimaalselt 4052 m³/ööpäevas**.

- aeg $t = 13$ aastat;

- $F_{13} = 162500 \text{ m}^2$;

- $R_{13} = 227 \text{ m}$.

$$Q_{13} = \frac{4\pi \cdot 225 \cdot 4,8}{\ln \frac{6,12 \cdot 409 \cdot 13 \cdot 365}{227^2}} = \frac{13564,8}{5,44} = 2494 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$$

13. aastal vee juurdevool karjääri võrreldes 1. aastaga ei muutu.

- aeg $t = 25$ aastat.

- $F_{25} = 300200 \text{ m}^2$;

- $R_{25} = 309 \text{ m}$;

$$Q_{25} = \frac{4\pi \cdot 225 \cdot 4,8}{\ln \frac{6,12 \cdot 409 \cdot 25 \cdot 365}{309^2}} = \frac{13564,8}{5,48} = 2475 \text{ m}^3/\text{ööpäevas}$$

Karjääri töötamise viimasel aastal on **keskmise** vee juurdevool karjääri **2973 m³/ööpäevas ja** lumesulamisperioodil **maksimaalselt 4033 m³/ööpäevas**. Vee juurdevoolu arvutuslikud tulemused veealuse kaevandamise korral on koondatud tabelisse 6.4.

Tabel 6.4.

Vee juurdevoolu arvutuslikud tulemused veealuse kaevandamise korral

	Vee juurdevool karjääri, m ³ /ööp		
	1. aasta F = 12500 m ²	13. aasta F = 162500 m ²	25. aasta F = 300200 m ²
sademevesi	498	498	498
lumesulamisvesi	1558	1558	1558
põhjavesi	2494	2494	2475
keskmise	2992	2992	2973
maksimaalne	4052	4052	4033

Karjääri laienedes hakkab põhjaveeline komponent vähenema ja pindmine komponent suurenema. Seda kinnitavad ka karjäärade töötamiskogemused.

Kuna Naha uuringuruumis on kasuliku kihi ülemine osa monoliitsem ja tihedam võrreldes alumise osaga, kus kivim on väga kavernoosne, võis eeldada, et ka kivimi veeandvus on läbilõike allosas suurem. Seepärast tehti hüdrogeoloogilised katsepumpamised lisaks ka puuraukude kolmikust (uuringuruumi idapoolses osas), millest kahes puuraugus oli avatud kasulik kiht kogupaksuses, ühes puuraugus (7B) ainult tihe-monoliitne dolokivi. Pumpamistulemused on esitatud graafiliselt joonistel 6.6....6.9., ning samas on toodud veejuhtivuse (km) ja tasemejuhtivuse (a) arvutused. Katsepumpamise tulemused näitasid, et hüdrogeoloogilised parameetrid nende kahe lasundi puhul oluliselt ei erine (tabel 6.5.). Tõenäoliselt on lõhede süsteemidega kogu kompleksi põhjavesi ühendatud. Parameetrite põhjal võib hinnata, et põhjavee juurdevool karjääri, selle rajamisel reservvaruplokile, on suur.

Tabel 6.5.

Hüdrodünaamilised parameetrid puuraukude 7, 7A, 7B katsepumpamiste põhjal

Pa nr	Pa sügavus, m	Pa. suudme abs.k., m	Staatilise veetaseme abs.k., m	Kuupäev	Deebit, $Q, l/s$	Alandus S, m	Eri-deebit $q, l/s \cdot m$	Veejuhtivus $km, m^2/ööpäevas$		Tasemejuhtivus $a, m^2/ööpäevas$	
								pumpa-misel	taastu-misel	pumpa-misel	taastu-misel
7	12,0	86,88	84,84	20.07.2009				593	1893		2260
7a	12,0	87,28	84,91		6,0	0,21	28,57	759	1185		
7b	7,0	86,59	84,86		6,6	0,33	20,0	518	1131	190,5	364
7a	12,0	87,28	85,06	22.07.2009				402	924	1233	2259
7	12,0	86,88	84,99					402	924		
7B	12,0	86,59	84,99		6,6	0,33	20,0	418	1014		

Karjäärist ärajuhitav vesi erineb looduslikust põhja- ja pinnaseveest suurema heljumi sisalduse ja mõnevõrra suurema kareduse poolest, vee keemiline koostis muutub vähe. Karjäärivee veekogusse juhtimiseks tuleb seda eelnevalt settebasseinis selgitada. Kuna Naha uuringuruumis kattekihiks olev plastne savi ja ka savimoreen põhjustavad väljapumbatavas vees rohkesti ülipeent heljunit, nõuab settebasseinide rajamine põhjalikku ja läbimõeldud projekteerimist. Reostust välistava tehnoloogia kasutamisel karjäärivee looduslikku vetevõrku juhtimiseks muid piiranguid ei ole.

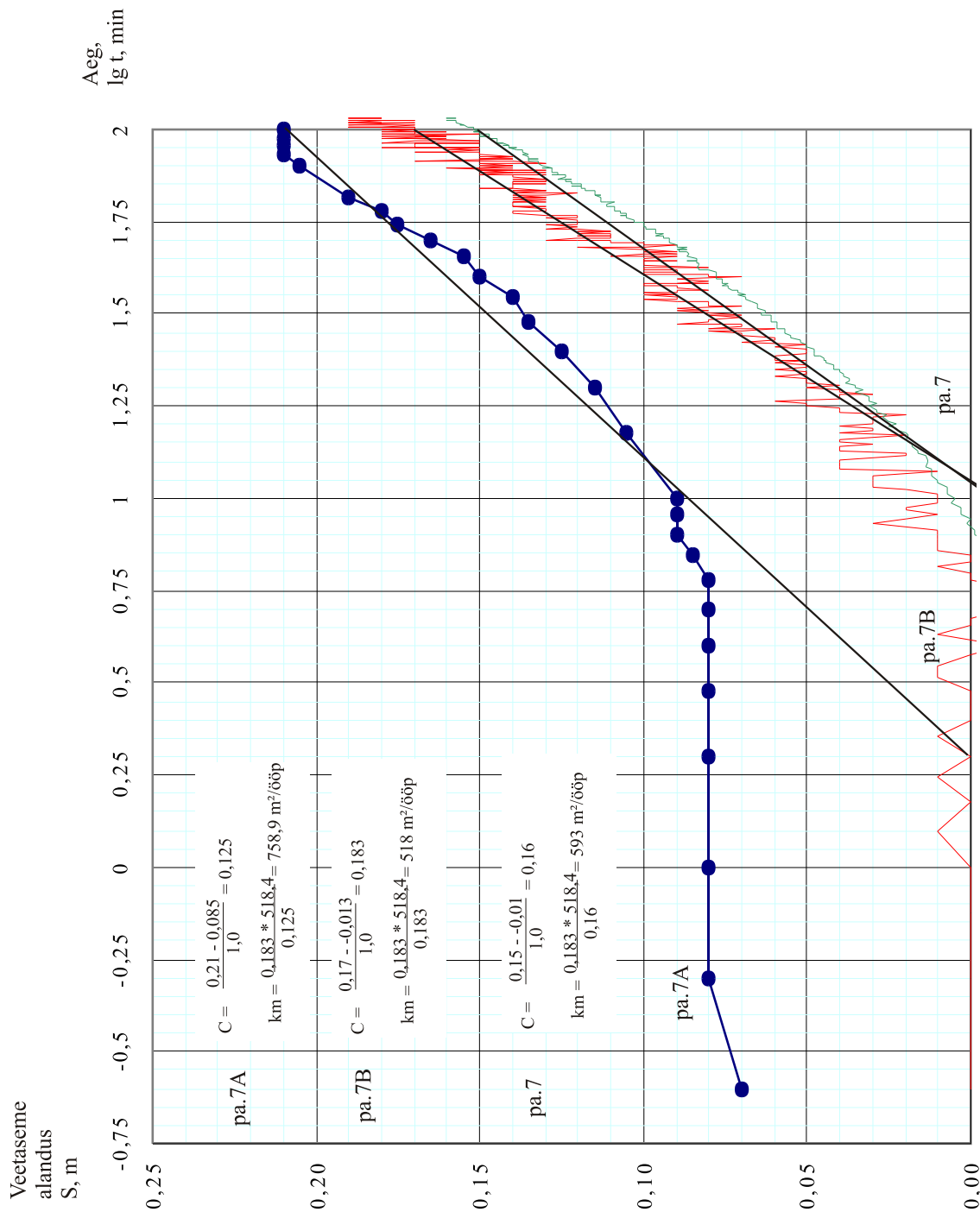
Vett on võimalik ära juhtida Äühvoja kaudu Peetri jõkke. Naha karjäärist ärajuhitava vee maksimaalne arvutuslik kogus on kaevandamise lõpuaastatel 9565 m³/ööpäevas ehk 399 m³/h ehk 6,6 m³/min ehk ca 111 l/sek. Äühvoja langus ca 700 m pikkusel lõigul (tarbevaruploki kirdenurgast kuni oja suubumiseni Peetri jõkke) on ca 3 m (joonis 6.1). Oja voolusäng on ca 3 m laiune ja 1 m sügavune. Kuna oja on kibraste poolt rajatud rohkesti tamme, on oja enda sügavus küllaltki muutlik. Alamjooksul, kus tammid olid ära lõhutud, oli oja septembris 2012 küllaltki veevaene – vett oli 10–20 cm (joonis 6.10). Org, milles oja voolab, on seevastu tarbevaruploki põhjaservaga külgneval lõigul lai (ca 100 m) ja küllaltki kõrgete nõlvadega (suhteline kõrgus ca 4 m). Enamasti on org üle ujutatud. (joonis 6.11.). Uuringuruumiga külgneval alal voolab Peetri jõgi küllaltki laias (ca 20 m) ja kõrgete (ca 5 m) ning järskude nõlvadega orus (joonis 6.12). Jõe enda laius on ca 12 m ja sügavus 0,7 m. Jõesängi alumine osa on lõikunud paekivisse. Peetri jõe keskmiseks languseks on 1,1 m kilomeetri kohta. Voolukiirus on valdavalt 0,3 m/s (Järvekül, 2001).



pa.		7A	
staat. veetase, m	lg t	H, m	S, m
0,25	-0,60	2,84	0,07
0,5	-0,30	2,85	0,08
1	0,00	2,85	0,08
2	0,30	2,85	0,08
3	0,48	2,85	0,08
4	0,60	2,85	0,08
5	0,70	2,85	0,08
6	0,78	2,85	0,08
7	0,85	2,855	0,09
8	0,90	2,86	0,09
9	0,95	2,86	0,09
10	1,00	2,86	0,09
15	1,18	2,875	0,11
20	1,30	2,885	0,12
25	1,40	2,895	0,13
30	1,48	2,905	0,14
35	1,54	2,91	0,14
40	1,60	2,92	0,15
45	1,65	2,925	0,16
50	1,70	2,935	0,17
55	1,74	2,945	0,18
60	1,78	2,95	0,18
65	1,81	2,96	0,19
80	1,90	2,975	0,21
85	1,93	2,98	0,21
90	1,95	2,98	0,21
95	1,98	2,98	0,21
100	2,00	2,98	0,21

$Q = 518,4 \text{ m}^3/\text{ööp.}$

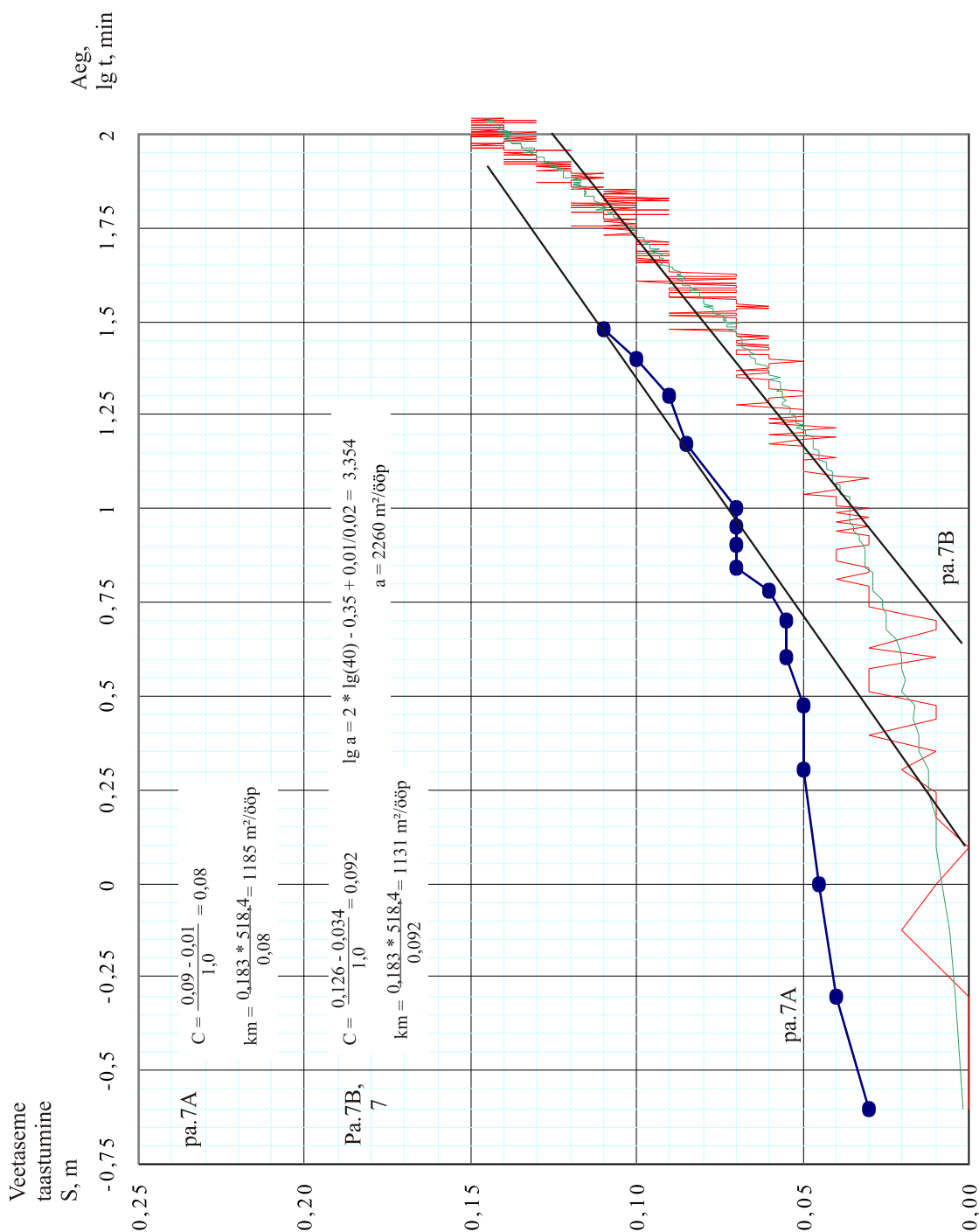
Joonis 6.6. Naha uuringuala pa. 7A, 7 ja 7B pumpamisandmed (20.07.2009) ja hüdrodünaamiliste parameetrite arvutused.





pa.		7A	
dünaam. veetase, m	2,98	7B	
t, min	lg t	H, m	S, m
0,25	-0,60	2,95	0,03
0,5	-0,30	2,94	0,04
1	0,00	2,935	0,04
2	0,30	2,93	0,05
3	0,48	2,93	0,05
4	0,60	2,925	0,06
5	0,70	2,925	0,06
6	0,78	2,92	0,06
7	0,85	2,91	0,07
8	0,90	2,91	0,07
9	0,95	2,91	0,07
10	1,00	2,91	0,07
15	1,18	2,895	0,09
20	1,30	2,89	0,09
25	1,40	2,88	0,10
30	1,48	2,87	0,11

$$Q = 518,4 \text{ m}^3/\text{ööp.}$$



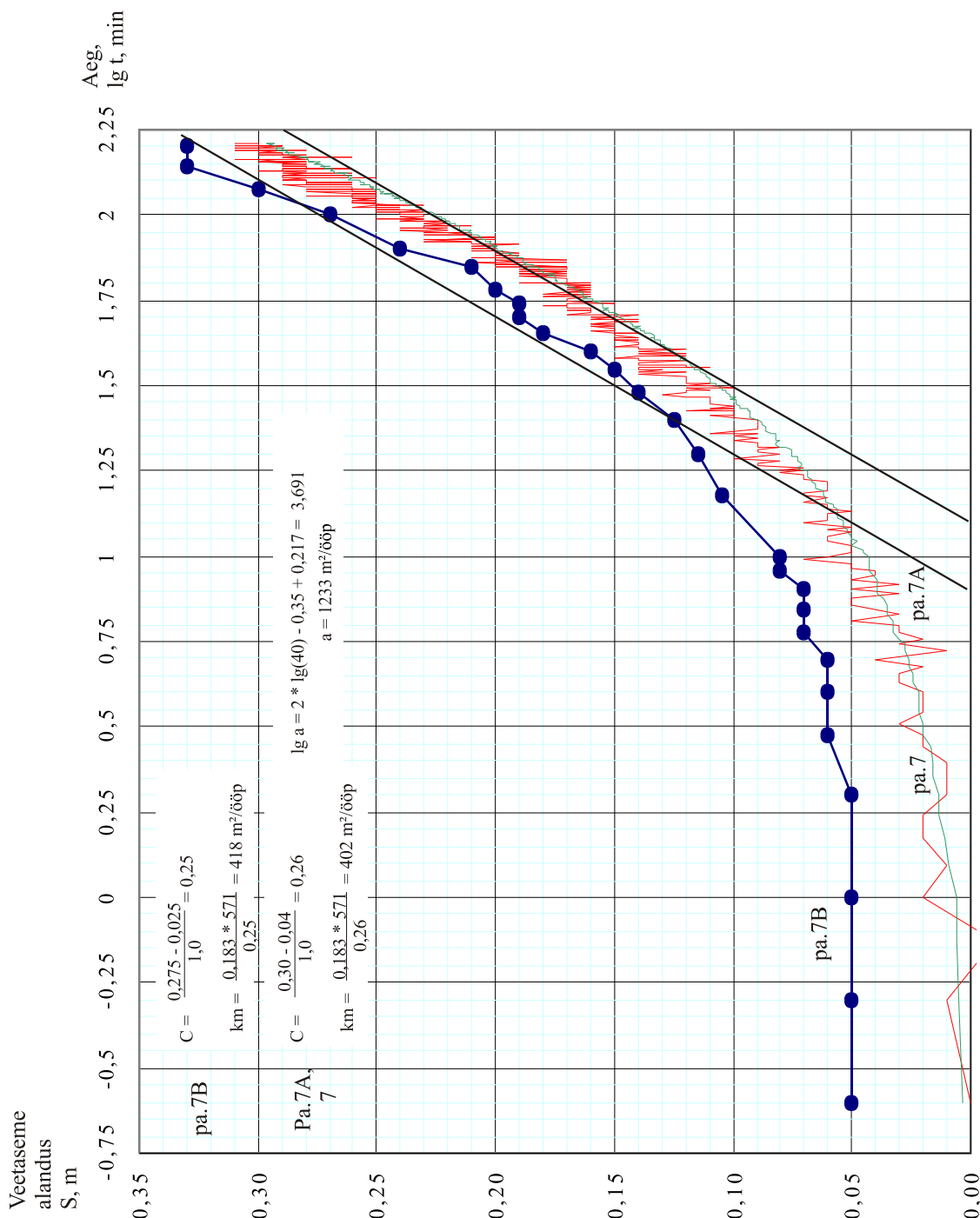
Joonis 6.7. Veetaseme taastumine Naha uuringuala pa. 7A, 7 ja 7B (20.07.2009) ja hüdrodünaamiliste parameetrite arvutused.



pa. 7B		7A		7		7B	
staat. veetase, m	lg t	H, m	S, m	staat. veetase, m	lg t	H, m	S, m
0,25	-0,60	1,85	0,05	0,25	-0,60	1,85	0,05
0,5	-0,30	1,85	0,05	0,5	-0,30	1,85	0,05
1	0,00	1,85	0,05	1	0,00	1,85	0,05
2	0,30	1,85	0,05	2	0,30	1,85	0,05
3	0,48	1,86	0,06	3	0,48	1,86	0,06
4	0,60	1,86	0,06	4	0,60	1,86	0,06
5	0,70	1,86	0,06	5	0,70	1,86	0,06
6	0,78	1,87	0,07	6	0,78	1,87	0,07
7	0,85	1,87	0,07	7	0,85	1,87	0,07
8	0,90	1,87	0,07	8	0,90	1,87	0,07
9	0,95	1,88	0,08	9	0,95	1,88	0,08
10	1,00	1,88	0,08	10	1,00	1,88	0,08
15	1,18	1,905	0,11	15	1,18	1,905	0,11
20	1,30	1,915	0,12	20	1,30	1,915	0,12
25	1,40	1,925	0,13	25	1,40	1,925	0,13
30	1,48	1,94	0,14	30	1,48	1,94	0,14
35	1,54	1,95	0,15	35	1,54	1,95	0,15
40	1,60	1,96	0,16	40	1,60	1,96	0,16
45	1,65	1,98	0,18	45	1,65	1,98	0,18
50	1,70	1,99	0,19	50	1,70	1,99	0,19
55	1,74	1,99	0,19	55	1,74	1,99	0,19
60	1,78	2	0,20	60	1,78	2	0,20
70	1,85	2,01	0,21	70	1,85	2,01	0,21
80	1,90	2,04	0,24	80	1,90	2,04	0,24
100	2,00	2,07	0,27	100	2,00	2,07	0,27
120	2,08	2,1	0,30	120	2,08	2,1	0,30
140	2,15	2,13	0,33	140	2,15	2,13	0,33
160	2,20	2,13	0,33	160	2,20	2,13	0,33

Q = 571 m³/ööp.

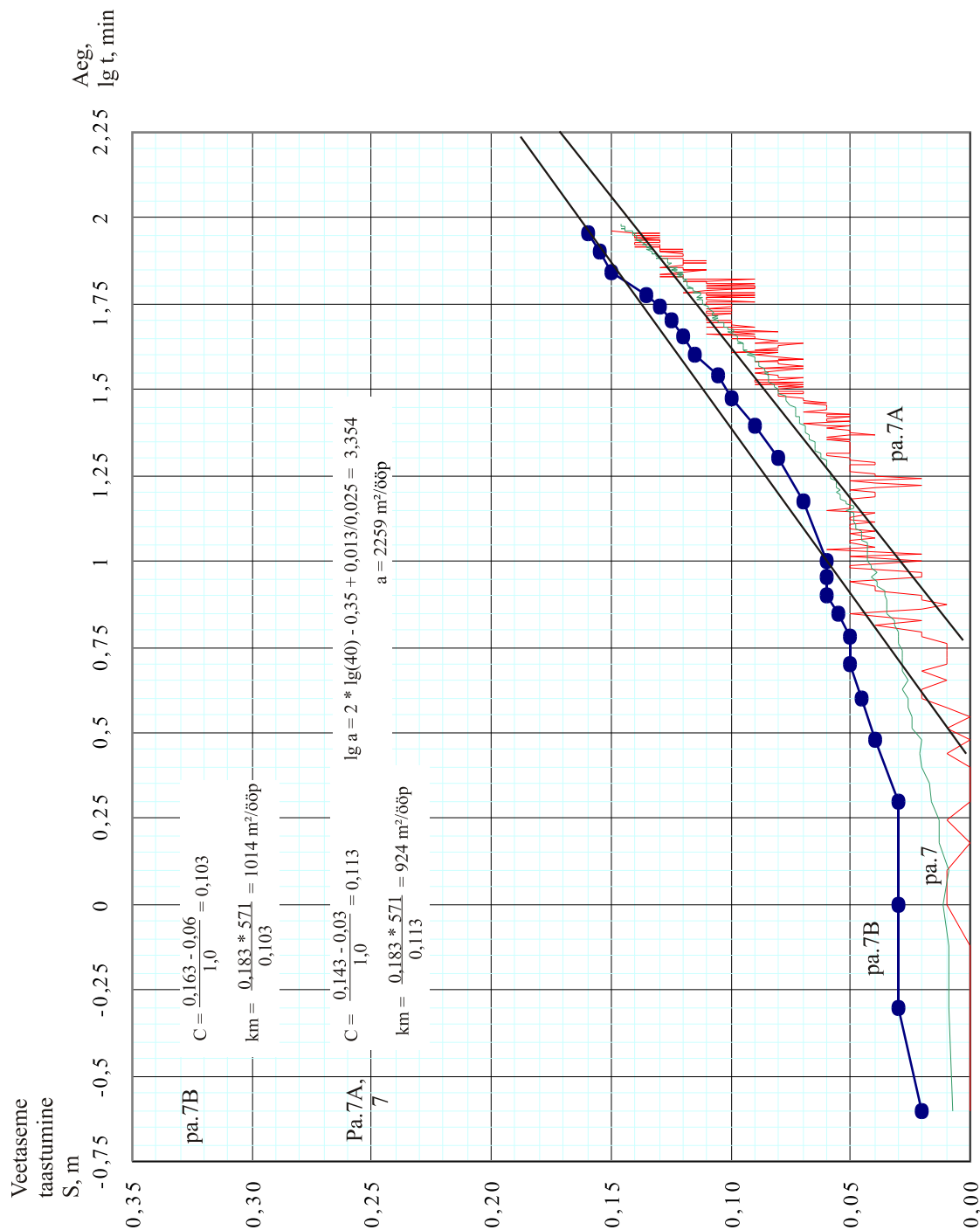
Joonis 6.8. Naha uuringuala pa. 7B, 7 ja 7A pumpamisandmed (22.07.2009) ja hüdrodünaamiliste parameetrite arvutused.





pa.		7B	
dünaam. veetase, m	t, min	H, m	S, m
0,25	-0,60	2,11	0,02
0,5	-0,30	2,1	0,03
1	0,00	2,1	0,03
2	0,30	2,1	0,03
3	0,48	2,09	0,04
4	0,60	2,085	0,04
5	0,70	2,08	0,05
6	0,78	2,08	0,05
7	0,85	2,075	0,05
8	0,90	2,07	0,06
9	0,95	2,07	0,06
10	1,00	2,07	0,06
15	1,18	2,06	0,07
20	1,30	2,05	0,08
25	1,40	2,04	0,09
30	1,48	2,03	0,10
35	1,54	2,025	0,11
40	1,60	2,015	0,12
45	1,65	2,01	0,12
50	1,70	2,005	0,13
55	1,74	2	0,13
60	1,78	1,995	0,14
70	1,85	1,98	0,15
80	1,90	1,975	0,16
90	1,95	1,97	0,16

$Q = 571 \text{ m}^3/\text{ööp.}$



Joonis 6.9. Veetaseme taastumine Naha uuringuala pa. 7B, 7 ja 7A (22.07.2009) ja hüdrodünaamiliste parameetrite arvutused.



Joonis 6.10. Äühvoja oma alamjooksul (septembris 2012.a.)



Joonis 6.11. Äühvoja tarbevaruploki põhjaservaga külgneval lõigul (märtsis 2012.a.)



Joonis 6.12. Peetri jõgi.

7. Varu arvutus

Geoloogilise uuringu tulemusena arvutati varu geoloogiliste plokkide meetodil kahes plokis: ehitusdolokivi aktiivne tarbevaru (**1. plokk**) uuringuruumi lääneosas 30,02 hektaril ja ehitusdolokivi aktiivne reservvaru (**2. plokk**) kirdeosas 43,90 hektaril. Varuplokkide väljaeraldamise sellisel kujul tingis kagu–loodesuunaline Äühvoja oma kalda piiranguvööndiga, ca 5 m suhtelise kõrgusega moreeni-savi künkad, kus kattekihi paksus ületab ligikaudu 1,5 kordselt kasulikku kihti ja kuni 2,5 m paksuse domeriidikihi esinemine uuringuruumi lõunaservas kasuliku kihi lasumis – need on piirkonnad, kus kaevandamine on keelatud või mäetehniliselt ja majanduslikult ebaotstarbekas.

Varu arvutus tugineb järgmistel materjalidel:

- varu arvutuse plaan M 1:5000 (gr. lisa 2);
- varu arvutuse plaan M 1:2000 (gr. lisa 3);
- geoloogilised läbilõiked (gr. lisa 4–7);
- puuraukude kirjeldused (tekstilisa 3);
- laboratoorsete uuringute andmed (tekstilisa 4–7);
- katte- ja kasuliku kihi paksused (lisa 14);
- mahu arvutused arvutiprogrammis Surfer 10 (tekstilisa 15).

Plokkide koordinaadid on esitatud varu arvutuse plaanil (gr lisa 2, 3). Plokkide pindalad on määratud arvutiprogrammi Micro-Station V8 abil. Maavara ja kattekihi mahud arvutati programmiga Surfer 10. Mahtude arvutus on esitatud tekstilisas 15. Katte- ja kasuliku kihi paksused ja lamami abs kõrgused varuplokkides on toodud

lisas 14. Kasvukihi keskmised paksused on määratud puuraukude andmeil aritmeetilise keskmisena.

1. plokk pindalaga **30,02 ha** paikneb uuringuruumi lääneosas Peetri jõe ja Äühvoja vahelisel alal ja on piiritletud puuraukude (Pa) ja uuringuruumi teenindusala piiripunktidega (Pp) järgmiselt: Pa 21, Pa 22, Pa 9A, Pa 25, Pa,12, Pa 13, Pp 19, Pp 20, Pa 24, ploki sisse jäävad puuraugud 17 ja 22. **Kattekihi** mahu arvutamiseks modelleeriti Surfer 10 abil kattekihi paksuste mudel: maapinna reljeefi pealispinnast (modelleeritud instrumentaalselt mõõdistatud kõrguspunktide abil) lahutati kasuliku kihi pealispind (modelleeritud uuringupuuraukude andmete põhjal). Mahu arvutus on esitatud lisas 15. Arvutiprogrammi abil saadud kattekihi kogumaht on 1060 tuh m³. Sellest mulla maht on 63 tuh m³, mis määrati mullakihi keskmise paksuse ja ploki pindala korrutisena. Mullakihi keskmine paksus on 0,21 m ja see on määratud puuraukude andmeil aritmeetilise keskmisena (lisa 14). Kattekihi paksus varuplokis on puuraukude andmeil 2,8–3,9 m ja keskmine paksus, arvestades Surfer 10 abil saadud kattekihi mahtu, 3,53 m. Surfer 10 abil modelleeritud savikihi paksuse mudeli abil arvutati ka savi maht (lisa 15), s.o. 480 tuh m³. Savikihi keskmine paksus arvestades Surfer 10 abil saadud savikihi mahtu, on 1,60 m. Ehkki peatükis 4 tehakse ettepanek käsitleda ehitusdolokivi lasumis olevat savi kui maa-varakatendit, arvutati lisaks savikihi üldmahule eraldi ka esialgu potentsiaalse maavarana käsitletud savikihi maht – 327 tuh m³ (lisa 15). Lasundi modelleerimisel Surfer 10-s on arvestatud proovivõtmise intervallile ning puuraukudes, kus saviproove ei võetud, lähtuti kirjeldusest. Erinevalt savi üldlasundist on siin välja jäetud valdavalt huumusesegune savikiht läbilõike ülaosas. Savikihi paksus puuraukude andmeil on 0,0–1,5 m (lisa 14), keskmine paksus arvestades Surfer 10 abil saadud savikihi mahtu, on 1,09 m.

Ehitusdolokivi maht arvutati kahe pinna vahelise mahu määramise meetodil, kus ülemise pinna moodustab kasuliku kihi pealispind ja alumiseks pinnaks on kasuliku kihi lamamipind. Varu arvutus on esitatud lisas 15, mille andmeil Naha uuringuruumi **ehitusdolokivi aktiivse tarbevaru maht on 2172 tuh m³**. Kogu varu jääb põhjaveetasemest allapoole. Kasuliku kihi paksus varuplokis on puuraukude andmeil 6,4–8,2 m ja keskmine paksus, arvestades Surfer 10 abil saadud kasuliku kihi mahtu, 7,24 m.

Uuringuruumi kirdeosas, kus uuringuvõrk on hõredam, arvutati varu reservvaru kategoorias (**2. plokk**). Kihipindade ja -paksuste modelleerimisel on kasutatud varu-kontuuriga külgnevate puuraukude 1, 2, 18, 6, 7, 19, 8, 20 ja 56 andmeid. Kuna loetletud puuraukudest jäävad enamus piiranguvöönditesse (6, 7, 8 teekaitsevööndisse, 1 ja 2 kalda-piiranguvööndisse), ja et mitte eraldada välja väikesepindalalisi passiivse varu plokke piiranguvööndites, ei ole reservvaruplokki kontuuritud puuraugust-puurauku. **2. plokki pindala on 43,90 ha**. Katte- ja kasuliku kihi mahud on arvutatud analoogselt 1. plokiga. Maapinnareljeefi modelleerimisel programmis Surfer 10 kasutati Maaameti Geodeesia-fondist saadud aerolaserskaneerimise andmeid. Varu arvutus on esitatud lisas 15. Arvutiprogrammi abil saadud **kattekihi** kogumaht on 1636 tuh m³. Sellest mulla maht on 57 tuh m³. Mullakihi keskmine paksus on 0,13 m (lisa 14). Kattekihi paksus varuplokis on puuraukude andmeil 3,5–5,8 m ja keskmine paksus, arvestades Surfer 10 abil saadud kattekihi mahtu, 3,73 m. Savi maht on 1118 tuh m³. Savikihi keskmine paksus arvestades Surfer 10 abil saadud savikihi mahtu, on 2,55 m. Nagu 1. plokis, on ka siin arvutatud eraldi savi kui potentsiaalse maavara maht – 896 tuh m³ (lisa 15). Savikihi keskmine paksus arvestades Surfer 10 abil saadud savikihi mahtu, on 2,04 m.

Naha uuringuruumi **ehitusdolokivi aktiivse reservvaru maht on 2730 tuh m³**. Kogu varu jääb põhjaveetasemest allapoole. Kasuliku kihi paksus varuplokis on puuraukude andmeil 5,6–6,7 m ja keskmine paksus, arvestades Surfer 10 abil saadud kasuliku kihi mahtu, 6,22 m.

Naha uuringuruumi kõrgemargilise ehitusdolokivi aktiivne tarbevaru 30,02 hektarilisel pindalal on 2172 tuh m³ ja aktiivne reservaru 43,90 hektarilisel pindalal 2730 tuh m³, kõik allpool veetaset.

Ehitusdolokivi varu ja kattekihi mahtude arvutus on koondatud tabelisse 7.1.

Tabel 7.1.

Ehitusdolokivi ja kattekihi mahtude arvutus

Ploki nr.	Varu kate-gooria	Ploki pindala ha	Keskmine paksus, m					Kattekihi maht, tuh m ³				Ehitus-dolokivi tuh. m ³
			Kattekiht				Kasulik kiht	Kokku	sealhulgas			
			Kokku	sealhulgas					kasvu-kiht	savi		
				kasvu-kiht	kokku	pot. maa-vara				kokku	pot. maa-vara	
1	aT	30,02	3,53	0,21	1,60	1,09	7,24	1 060	63	480	327	2 172
2	aR	43,90	3,73	0,13	2,55	2,04	6,22	1 636	57	1 118	896	2 730

Eesti Maavarade Komisjonile esitatakse kinnitamiseks seisuga 01.01.2013.a. Naha uuringuruumi kõrgemargilise ehitusdolokivi aktiivset tarbevaru 30,02 ha pindalal 2172 tuh m³ ja kõrgemargilise ehitusdolokivi aktiivset reservvaru 43,90 ha pindalal 2730 tuh m³. Kogu varu on veelalune. Samas tehakse ettepanek käsitleda karbonaatkivimite lasumis levivat muutliku koostisega Kvaternaariealist savi koos moreeniga kui ehitusdolokivi kattekihti.

8. Kaevandamise mäetehnilised tingimused

Kaevandamise mäetehnilised tingimused on kõrge põhjavee taseme tõttu keerulised. Kogu varu jääb põhjaveetasemest madalamale. Kasuliku kihi keskmine paksus on 7,2 m, kattekihi paksus 3,5 m ja kasuliku kihi lamami absoluutne kõrgus jääb vahemikku 72,9–75,4 meetrit.

Kaevandamine on võimalik nii vee alt, milleks tuleks veetaset alandada 79,5 m abs tasemeni, s.o. ca 5 m. Juhul kui kasulik kiht kuivendatakse kogumahus, tuleks veetaset alandada ca 11 m. Karjääri rajamiseks koostatakse vastav projekt ja arengukava.

Kaevandamisele asumisel tuleb koorida kattekiht, metsa-alal kaevandamisel langetada puud ja juurida kändud. Kasvu- ning moreeni- ja savikiht ladustatakse eraldi. Mullakiht vallitatakse kuni 3 m kõrgustesse aunadesse. Säilitamiseks mulla bioloogilist aktiivsust, ei tohi aunasid tihendada. Moreen ja savipinnas on vajalik kaljukivimitest karjääri nõlvade katmiseks tammiga, et takistada põhjavee juurdevoolu karjääri. Karjääri piirile vallitatud moreenpinnas ja rajatud piirdekraav aitavad vähendada ümbritsevatelt aladelt karjääri valguva vee kogust.

Kaevandamise puhul on vajalik vee väljapumpamine karjäärist. Eelnevalt tuleb lasta veel settebasseinis selgineda, kust see suunatakse Äühvoja kaudu Peetri jõkke. Kuna savisetetest tingitult on väljapumbatavas vees väga palju ülipeent heljumit, nõuab settebasseinide rajamine põhjalikku ja läbimõeldud projekteerimist.

Kõiki kaevandamisega ja killustiku väljaveoga kaasnevaid keskkonnamõjusid analüüsitakse kaevandamise loa taotluse menetlemisel.

Maapõueseaduse (RT I 2004, 84, 572) § 48 lähtuvalt tuleb karjääri maa-ala korrastamiseks koostada keskkonnaministri poolt kinnitatud nõuetele (RTL 2005, 60, 865) vastav projekt. Eesti Maavarade Komisjonis kooskõlastatud korrastamisprojekti rakendamiseks annab tingimused Keskkonnaamet. Karjääri ala korrastatakse veekoguks.

9. Geoloogiliste tööde mõju keskkonnale

Naha karbonaatkivimite uuring tehti vastavuses Keskkonnaministri 26.05.2005.a. määrusega nr. 44: “Üldgeoloogilise uurimistöö ja maavara geoloogilise uuringu tegemise kord” ja määrusele nr. 43: “Üldgeoloogilise uurimistööga, geoloogilise uuringuga ja kaevandamisega rikutud maa korrastamise kord”. Geoloogilised välitööd (südamik-puurimine, hüdrogeoloogilised vaatlused puuraukudes, proovimine) tehti spetsiaalselt selleks ettenähtud, tehniliselt korras agregaatide ja instrumentidega. Kütuse ja õli mahajooksu ei olnud. Puurimise käigus pesti puurauke puhta veega, kattekiht isoleeriti manteltorudega. Peale uuringutööde lõppu puuraugud likvideeriti: puuraugud täideti kuni veetasemeni killustikuga. Veetasemest kõrgemal kasutati savi (lisa 18).

Kokkuvõtteks võib öelda, et geoloogiliste, hüdrogeoloogiliste ja muude töödega ei muudetud ega rikutud keskkonnatingimusi.

Kokkuvõte

Geoloogiline uuring Naha dolokivi uuringuruumis tehti AS Kiirkandur tellimusel. Uuringutöö eesmärgiks on killustiku tootmiseks sobivate Ülem-Devoni ladestiku karbonaatkivimite uurimine.

Naha uuringuruum paikneb Ülem-Devoni Plavinase lademe Pskovi kihistiku (D₃pIP) avamusalal, kus Kvaternaari setete paksus on puuraukude andmeil 2,9–7,4 m, reljeefi kõrgemates punktides ulatub aga 9–10–11 meetrini. Valdava osa setetest moodustavad savi ja moreen. Savi on valdavalt šokolaadipruuni värvusega, ülemises ca 1 m paksuses osas huumuserikas, keskmiselt plastne, väga muutliku paksuse ja ka koostisega, sagedased on liiva ja kruusa sisaldavad vahekihid. Uuringuruumi lõunaosas on arvatud ehitusdolokivi kattekihi hulka ka kuni 2,4 m paksune savika dolokivi kiht. Kasuliku kihi moodustab Pskovi kihistiku pisi- kuni peenekristalliline, ülaosas tihe paksukihiline, allosas kavernoosne keskmisekihiline dolokivi. Lamamiks on Snetnaja Gora kihistiku mikrokihiline savikas aleuroliidikas dolokivi.

Uuringuruumis puuriti 30 puurauku (sh 6 duubelauku) sügavusega 7,0–12,0 m. Kivimi füüsikalise-mehaanilisteks katsetusteks võeti 11 proovi, killustiku katsetusteks 21 proovi. Kivimi keemiline analüüs määrati 40 proovis. Dolokivi katendis lasuvast savist võeti 19 proovi lõimise, plastsuse ja keemilise koostise määramiseks.

Naha uuringuruumi ehitusdolokivi on kõrgemargiline: kivimi survetugevus on tarbevaruplokis keskmiselt 138 MPa, reservvaruplokis keskmiselt 147 MPa, külmakindlus “25”. Dolokivist valmistatud killustiku survemark on “800”–“1200”, 1. plokis keskmiselt „800”, 2. plokis “1000”, kuluvusmark mõlemas plokis “II”, killustiku kategooria Los-Angelese katsel LA₃₅ ja külmakindluse järgi F I. Oodatav killustiku väljatulek mäemassist on ca 79%.

Keemiliselt koostiselt on kivim kõrge MgO sisaldusega, (keskmiselt 19,66% 1.plokis ja 19,85% 2. plokis), kuid küllaltki ebaühtlaselt jaotunud terrigeense lisandiga (2,36–10,04%, keskmiselt vastavalt 5,82% ja 5,28%). CaO sisaldus on keskmiselt 29,07% ja 29,45%. Ülenormatiivse lahustumatu jäägi sisalduse (5%) tõttu ei vasta uuringuruumi kivim tervikuna tehnoloogilise dolokivi nõuetele.

Naha uuringuruumi savi plastsusarv Vassiljevi koonuse järgi on keskmiselt 14,3. Arvestades savi muutlikku koostist, kvaliteeti, kihipaksust, majanduslikku aspekti, praktilist nõudlust, tehakse käesolevaga ettepanek käsitleda Naha uuringuruumi savi kui Lõuna-Eesti jaoks küllaltki vähelevinud maavara – ehituskivi – katendit.

Sõltuvalt piirangutest ja uuringuvõrgu tihedusest arvutati ehitusdolokivi varu kahes ploki: 1. plokk aktiivse tarbevaru ja 2. plokk aktiivse reservvaru kategoorias. Mahud arvutati arvutiprogrammi Surfer 10 abil. 1. ploki ehitusdolokivi aktiivne tarbevaru on 2172 tuh m³, kasuliku kihi keskmine paksus on 7,24 m. Kattekihi paksus on keskmiselt 3,53 m ja selle maht 1060 tuh m³. Kattekihi moodustab valdavalt savimoreen ja savi. 2. ploki ehitusdolokivi aktiivne reservvaru on 2730 tuh m³, kasuliku kihi keskmine paksus on 6,22 m. Kattekihi paksus on keskmiselt 3,73 m ja selle maht 1636 tuh m³.

Põhjavee juurdevool karjääri kogu kasuliku kihi kuivendamise puhul (veetaseme alandusel 10,9 m) on mäetööde algperioodil arvutuslikult 3277 m³/ööp ja lõpp-perioodil 10268 m³/ööp. Juhul, kui kaevandada osaliselt vee alt ja veetaset alandada 4,8 m, on vastavad näitajad 2494 m³/ööp ja 2475 m³/ööp.

Eesti Maavarade Komisjonile esitatakse kinnitamiseks seisuga 01.01.2013.a. Naha uuringuruumi kõrgemargilise ehitusdolokivi aktiivset tarbevaru 30,02 ha pindalal 2172 tuh m³ ja kõrgemargilise ehitusdolokivi aktiivset reservvaru 43,90 ha pindalal 2730 tuh m³. Kogu varu on veetalune. Samas tehakse ettepanek käidelda karbonaatkivimite lasumis levivat muutliku koostisega Kvaternaarialist savi koos moreeniga kui ehitusdolokivi kattekihti.

Kasutatud kirjandus

Абрамов, С. К., Газизов, М. С., Костенко, В.И., 1976. Зщита карьеров от воды. Москва. Недра.

Brutus, A., 1990. Aruanne ehituskivi otsingu- ja otsingu-hinnangulistest töödest Võru maakonnas. Tartu, 1990. EGF 4413.

Järvekülg, A., 2001. Eesti jõed. Tartu. Tartu Ülikooli kirjastus.

Kearey, P., Brook, M., Hill, I., 2002. An introduction to Geophysical Exploration. Blackwell Publishing, Oxford.

Loopmann, A., 1979. Eesti NSV jõgede nimestik. Tallinn. Valgus.

Sharma, P. V., 1976. Geophysical methods in geology. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

Tratševski, G., Juškevitš, V., 1964. Aruanne komplekssest geoloogilis-hüdrogeoloogilisest kaardistamisest mõõtkavas 1:200 000 lehe O-35-XXI lõunapoolse osa territooriumil. EGF 2227.

Uljanova, V., 1972. Aruanne ballastmaterjalidemaardlate (liiv, dolomiit) detailotsingutest Balti raudtee Valga-Gulbene lõigul. EGF 3211.