

OÜ Inseneribüroo STEIGER

Tarva dolokivimaardla Tarva IV uuringuruumi geoloogilise uuringu aruanne (varu seisuga 01.07.2020)

Töö nr 20/2899

Tallinn 2020

Kinnitan:

Helis Vahtra
Juhatuse liige

/allkirjastatud digitaalselt/

Geoloogilise uuringu tegid:

Tiia Tuuling
Geoloogiainsener

/allkirjastatud digitaalselt/

Marge Uppin
Hüdrogeoloog

/allkirjastatud digitaalselt/

Marko Häelm
Hüdrogeoloog

/allkirjastatud digitaalselt/

ANNOTATSIOON

Pärnu maakonna Tarva dolokivimaardla Tarva IV uuringuruumi geoloogilise uuringu aruanne (varu seisuga 01.07.2020).

Aruanne ühes köites, teksti 47 lk, 20 tekstilisa, 2 graafilist lisa, 4 digitaalsed lisa. OÜ Inseneribüroo STEIGER, aadress: Männiku tee 104, 11216 Tallinn, 2020.

Geoloogiline uuring tehti Raho OÜ tellimisel. Töö eesmärgiks oli selgitada uuringuruumis esineva võimaliku maavara kvaliteeti ja kogust detailsusega, mis lubaks hinnata maavara aktiivse tarbevaruna, et hiljem taotleda alale maavara kaevandamisluba.

Geoloogilise uuringu luba L.MU/332679 tarbevaru uuringu tegemiseks väljastati Raho OÜ-le Keskkonnaameti 28.03.2019 korraldusega nr 1-3/19/571. Geoloogilise uuringu tegi OÜ Inseneribüroo STEIGER.

Tarva IV uuringuruum, teenindusala pindalaga 16,85 ha, asub Pärnu maakonnas Lääneranna vallas Tarva külas, Lubja kinnistul (katastritunnus 33403:001:0243), mis kuulub loa omanikule.

Tarva IV uuringuruum jääb alvarile, kus pinnakatte paksus ulatub vaid 0,5 meetrini. Kasuliku kihi moodustab Siluri ladestu Jaagarahu lademe Muhu kihistu (S_2^{mh}) dolokivi. Lamamiks on Jaani lademe Jaani kihistu (S_2^{jn}) savine dolokivi ja domeriit.

Südamikpuurimise meetodil puuriti kokku 6 puurauku. Hüdrogeoloogilistest töödest mõõdeti põhjavee tasemed puuraukudes ja tehti katsepumpamine ühest puuraukude paarist, geofüüsikalistest töödest tehti gammakarotaaž. Dolokivist valmistatud killustikul määrati purunemis- ja külmakindlus EVS-EN standardite kohaselt, tehti analüüsid kivimi keemilise koostise määramiseks. Uuringuala mõõdistati instrumentaalselt, mille alusel koostati topograafiline plaan mõõtkavas 1 : 2000. OÜ Muinasprojekt koostas arheoloogilise uuringu aruande.

Varu arvutati ühes plokis uuringuruumi teenindusala 13,92 ha pindalal. Ploki 9 kivimist valmistatud killustiku LA tegur on keskmiselt 36, vastates LA kategooriale LA 40 ja kaalukadu külmutamisel-sulatamisel 9,4%. Katsetulemuste põhjal vastab varuploki kivim täitedolokivi nõuetele.

Ploki 9 aT täitedolokivi varu seisuga 01.07.2020 on 1332 tuh m³ ning kasuliku kihi keskmine paksus on 9,6 m.

Võtmesõnad: geoloogiline uuring, Raho OÜ, Pärnu maakond, Lääneranna vald, Tarva küla, Jaagarahu ja Jaani lade, Muhu ja Jaani kihistu, aktiivne tarbevaru, täitedolokivi.

Koostas:

Tiia Tuuling

SISUKORD

1. SISSEJUHATUS	6
2. UURINGUPIIRKONNA ÜLDISELOOMUSTUS.....	7
3. GEOLOOGILINE UURITUS.....	13
4. UURINGUMETOODIKA JA MAHT	16
4.1. Uuringumetoodika.....	16
4.2. Puurimistööd	16
4.3. Puursüdamiku kirjeldamine ja laboratoorsed tööd.....	17
4.4. Hüdrogeoloogilised tööd	18
4.5. Geofüüsikalised tööd	18
4.7. Kameraaltööd	18
4.8. Geoloogiliste tööde mõju keskkonnale	19
5. GEOLOOGILINE EHITUS	20
6. MAAVARA KVALITEET	27
7. HÜDROGEOLOOGILISED TINGIMUSED	30
7.1. Vee juurdevool karjääri	31
7.2. Veetaseme alandamise mõju veevarustusele.....	33
7.2. Mõju põhja- ja pinnavee kvaliteedile	34
8. GEOFÜÜSIKALISED TÖÖD	36
9. MÄENDUSLIKUD TINGIMUSED	42
10. VARU ARVUTUS.....	44
11. KOKKUVÕTE	46
12. KASUTATUD KIRJANDUS	47

TEKSTILISAD

1. Geoloogilise uuringu luba L.MU/332679	48
2. Puuraukude kataloog	51
3. Proovide kataloog	52
4. Puuraukude geoloogilised kirjeldused ja puursüdamiku fotod.....	53
5. Killustiku füüsikalise-mehaaniliste katsetuste protokoll nr 20-6288 K	65
6. Dolokivi füüsikalise-mehaaniliste omaduste kaalutud keskmiste arvutused kihistute lõikes.....	69
7. Ploki 9 füüsikalise-mehaaniliste omaduste kaalutud keskmiste arvutus.....	70
8. Kivimi keemilise analüüsi tulemused.....	71
9. Kivimi keemilise koostise kaalutud keskmise arvutus puuraukude lõikes	72
10. Kivimi keemilise koostise kaalutud keskmise arvutus kihistute lõikes.....	73
11. Ploki 9 keemilise koostise kaalutud keskmise arvutus	74
12. Katte- ja kasuliku kihi paksused	75
13. Varu arvutuse tulemused	76
14. Topograafilise mõõdistamise seletuskiri	78
15. Keskkonnaameti kooskõlastus.....	80

16. Elektrilevi tehnilised tingimused	82
17. Puurakude likvideerimise akt	84
18. Keskkonnaameti korraldus maa korrastamise akti heakskiitmise kohta	87
19. Arheoloogilise uuringu aruanne	90
20. Tellija arvamus	113
Maa-ameti peadirektori käskkiri varu kinnitamise kohta	

GRAAFILISED LISAD

1. Topograafiline ja varu arvutuse plaan. Mõõtkava 1 : 2000
2. Geoloogilised läbilõiked I - I' ... II - II'. Mõõtkava hor 1 : 2000, vert 1 : 200

DIGITAALSED LISAD

1. Varuploki ruumikuju.dgn
2. Katendi lamam.dgn
3. Puursüdamike fotod ja kataloog
4. Tellija arvamus.asice

1. SISSEJUHATUS

Geoloogiline uuring Tarva IV uuringuruumis tehti Raho OÜ tellimisel. Lubja maaüksus, millel uuringuruum asub, kuulub omanikule. Maaomanik soovib teavet talle kuuluval maaüksusel lasuvate maavarade ja nende kvaliteedi kohta ning geoloogilise uuringu tulemustest lähtuvalt planeerida majandustegevust oma kinnistul. Geoloogiline uuring tehti detailsusega, mis lubab hinnata maavara aktiivse tarbevaruna, et hiljem taotleda alale maavara kaevandamisluba.

Keskkonnaameti 28.03.2019 korralduse nr 1-3/19/571 alusel väljastati Raho OÜ-le Tarva IV uuringuruumi geoloogilise uuringu luba L.MU/332679 kehtivusajaga 3 aastat. Geoloogilise uuringu teostajaks oli OÜ Inseneribüroo STEIGER (lisa 1).

Välitööl 2020. a jaanuaris puuriti südamikpuurimise meetodil uuringuruumi teenindus-alale kokku 6 puurauku. Puurimistööd tehti OÜ Salveesia poolt. Hüdrogeoloogilistest töödest mõõdeti põhjavee tasemed puuraukudes ja tehti katsepumpamine ühest puuraukude paarist. Saviste vahekihtide fikseerimiseks tehti geofüüsikalistest töödest gamma-karotaaž. Puursüdamikud kirjeldati ja fotografeeriti ning võeti proovid dolokivist valmistatava killustiku kvaliteedi määramiseks. Killustiku katsetused tehti OÜ Inseneribüroo STEIGER laboris. Kivimi keemiline koostis määrati Eesti Geoloogiateenistuse laboratooriumis. Uuringuala mõõdistati instrumentaalselt, mille alusel koostati topograafiline plaan mõõtkavas 1 : 2000. Topotööd tegi OÜ Inseneribüroo STEIGER. Arheoloogilise uuringu aruande koostas OÜ Muinasprojekt arheoloog Ants Kraut.

Uurimistööd juhtis, kameraaltööd tegi ja aruande koostas geoloogiainsener Tiia Tuuling. Graafilised lisad vormistas joonestaja Kaja Paat. Ala hüdrogeoloogilise hinnangu ning vee juurdevoolu arvutused rajatavasse karjääri võimaliku veetaseme alanduse juures tegi hüdrogeoloog Marge Uppin. Geofüüsikaliste tööde peatüki koostas hüdrogeoloog Marko Häelm.

2. UURINGUPIIRKONNA ÜLDISELOOMUSTUS

Tarva IV uuringuruum, teenindusala pindalaga 16,85 ha, asub Pärnu maakonnas Lääneranna vallas Tarva külas Lubja kinnistul (katastritunnus 33403:001:0243).

Uuringuruumi teenindusala ümbritsevad põhjas Inso (33403:001:0205), kirdes Kurni (43001:001:0498), Kure (33403:001:0226), Linnamaa (33403:001:0028), idas Nunna (33403:001:0159) ning Varbla metskond 287 (43001:001:0212) ümbritseb uuringuruumi teenindusala idast, lõunast ja läänest.

Uuringuruumi kagunurgast ~500 m kaugusel kulgeb riigimaantee Mikhli-Oidremaa (nr 19204), millelt viib uuringuruumi teenindusalale metsatee. Suurematest asustatud punktidest jääb valla halduskeskus Lihula ~13 km kaugusele loodesse, Koonga ~9 km ja maakonnakeskus Pärnu ~40 km kaugusele kagusse. Pärnu-Lihula riigi tugimaantee (tee nr 60) on uuringuruumist ~4 km (joonis 2.1).

Maastikuliselt paikneb uuringuruum Lääne-Eesti madalikul paetasandikul, kus pinna-
katte paksus on kuni 0,5 m. Maapinna reljeef uuringuruumi teenindusalal on tasane, väikese langusega lääne suunas. Absoluutkõrgused jäävad 17 - 19 m tasemele. Maakasutuselt on ~60% ulatuses tegu metsamaaga ning ~40% alast moodustab looduslik rohumaa (foto 2.1).



Foto 2.1. Looduslik rohumaa ja taamal männik uuringuruumi põhjaosas (foto T. Tuuling, 17.01.2020, N 58°37'36" ja E 24°01'18").

Tarva IV uuringuruumi teenindusala keskosa geograafilised koordinaadid on N 58°37'34" ja E 24°01'18". Ala paikneb 1 : 50 000 Eesti baaskaardi lehel number 5333 (Lavassaare).

Uuringuruumi teenindusala kirdeosasse jääb pärandkultuuriobjekt Sõnniku küla Lubja talu (334:REE:004) ja Lubja talu lubjaahi (334:LUA:004) (joonis 2.2). Tegemist on hästi säilinud ja kasutuses olnud reheahju ning rehetoga rehielamuga, milles praegu ei elata. Lubjaahju olemasolust annab tunnistust vaid paari meetri kõrgune taimestunud ja sammaldunud korrapärane ringvall (foto 2.2). Uuringuruumi teenindusala läbib kirdeedela suunas 1,5 - 2 m sügavune Sõnniku küla paemurd (334:PAM:007), millest on säilinud 50 - 90% (joonis 2.2, foto 2.3). Muinsuskaitseameti hinnangul asub Tarva IV uuringuruumi teenindusala piirkonnas, mis on ajalooliselt ja kultuuriliselt väärtuslik ning arheoloogiliselt tundlik ja huvipakkuv. Sellest lähtuvalt seadis Muinsuskaitseamet geoloogilise uuringu teostamise üheks tingimuseks viia uuringualal läbi arheoloogilised uuringud, et saada teada, kas alal on arheoloogiliselt väärtuslikke objekte. Arheoloogiline eeluuring Lubja kinnistul viidi läbi Muinasprojekt OÜ poolt, arheoloog Ants Krauti juhtimisel. Uuringu aruanne on esitatud tekstilis 19.

Uuringuruumi teenindusala kirdeosas paiknevad Elektrilevi OÜ alla 1 kV pingega elektriõhuliinid Tundmatu MP liin (VID koodid M5239042, M5239044 ja M5239071), mille kaitsevööndid liini teljest on 2 m (joonis 2.2). Liin varustab elektriga elaniketa Lubja talu. Elektrilevi tehnilised tingimused on toodud tekstilis 16.



Foto 2.2. Lubjaahju olemasolust annab tunnistust madal ringvall (foto T. Tuuling, 17.01.2020, N 58°37'37" ja E 24°01'34").

Tarva IV uuringuruumi põhjaosas paikneb III kategooria looduskaitsealuse liigi *Orchis militaris* (hall käpp) kasvukoht (keskkonnaregistri kood KLO9310734) (joonis 2.2). Varu arvele võtmine aktiivse tarbevaruna halli käpa kasvukohas kooskõlastati Keskkonnaametiga (lisa 15).



Foto 2.3. Sõnniku küla paemurd, vaade edelast kirdesse (foto T. Tuuling, 17.01.2020, N 58°37'31" ja E 24°01'06").

Muid Natura 2000 võrgustiku ega looduskaitsealusi kitsendusi ja üksikobjekte uuringuruumi alale ei jää. Lähim majapidamine paikneb uuringuruumist kagu suunas ~800 m kaugusel Korise kinnistul (katastritunnus 33403:001:0084).

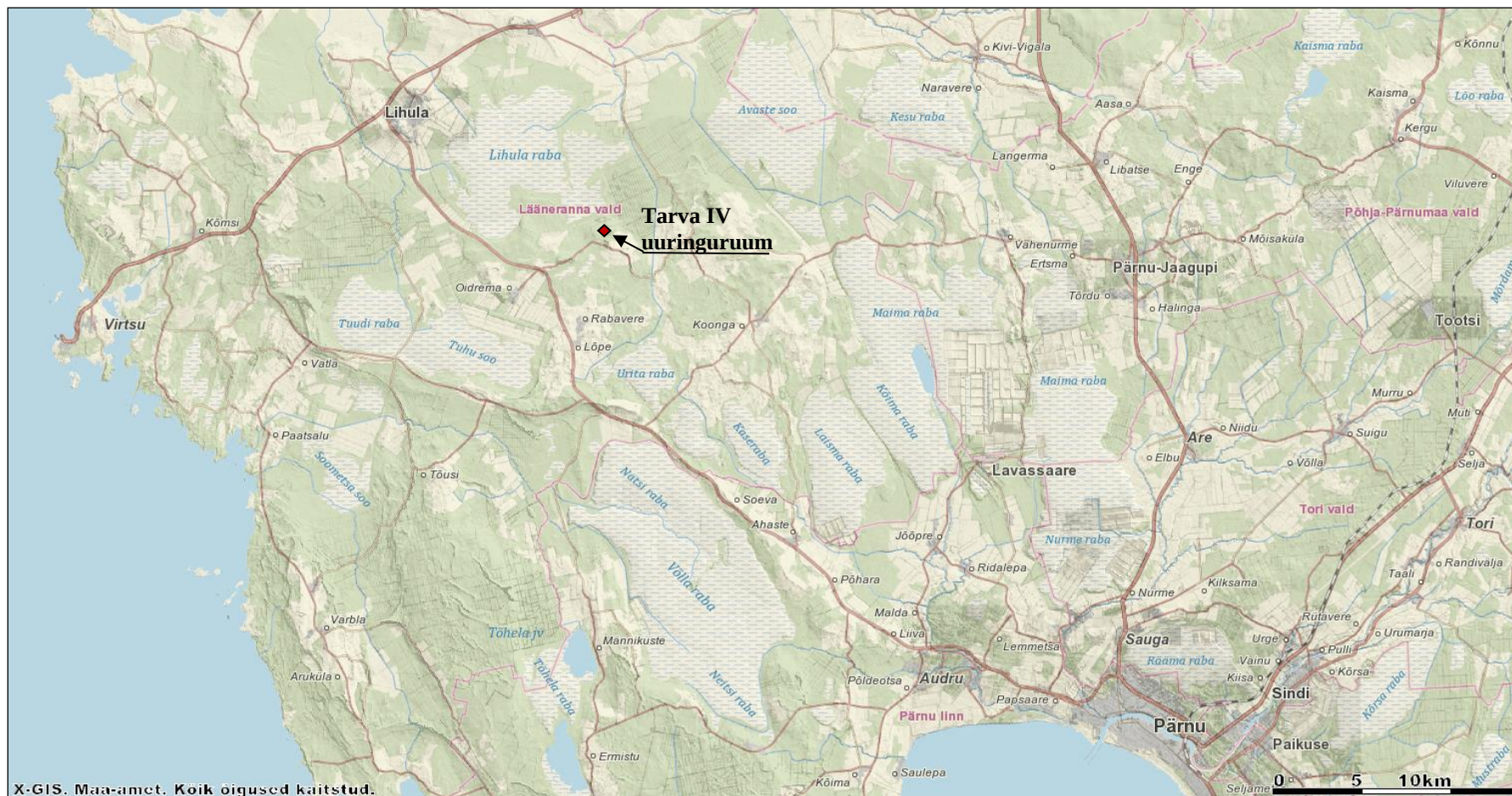
Uuringuruumi lõunapiirist ~260 m kaugusele jääb Tarva maardla (reg kaart 0433), kus OÜ Kivikandur kaevandab täitedolokivi ja madalamargilist ehitusdolokivi Tarva dolokivikarjääri mäeeraldisest kaevandamisloa L.MK/332709 alusel (foto 2.4). Ligikaudu 700 m kaugusele põhja poole jääb Lihula turbamaardla piir (reg kaart 164).

Lähim looduslik veekogu on Vanamõisa (Veltsa) jõgi, mis jääb uuringuruumi kirdenurgast ~2 km kaugusele itta (joonis 7.2). Veltsa jõgi saab alguse 5 km lõuna pool asuvast Urita soost ning suubub Kasari jõkke. Uuringuruumi kirdenurgast ~300 m kaugusele jääb maaparandussüsteem VELTSA (TTP-387) (kood 5111610020081001) oma ära-voolukraavide võrgustikuga, mille kaudu juhatakse liigveed Vanamõisa (Veltsa) jõkke.

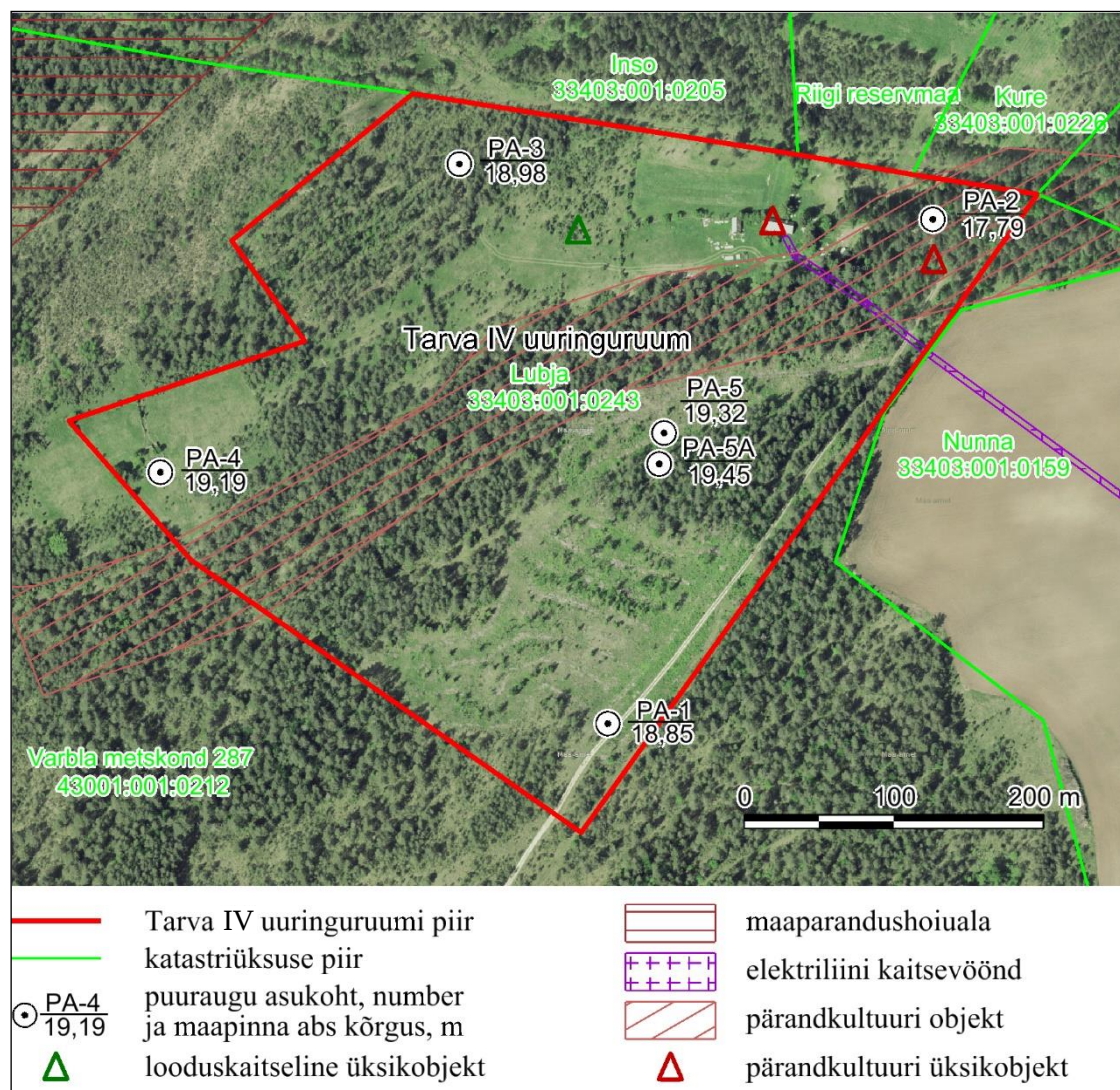
Rail Baltic raudtee kavandatav trassikoridor jääb uuringuruumi teenindusalast ~40,2 km kaugusele kagu suunda.



Foto 2.4. Tarva dolokivikarjäär (foto T. Tuuling, märts 2013, N 58°37'19" ja E 24°01'00").



Joonis 2.1. Tarva IV uurimuruumi teenindusala asukohaskeem. Plaani koostamisel on kasutatud Maa-ameti kaardirakendust.



Joonis 2.2. Tarva IV uuringuruum, sinna rajatud puuraugud ja lähimad piirangud. Plaani koostamisel on kasutatud Maa-ameti kaardirakendust.

3. GEOLOOGILINE UURITUS

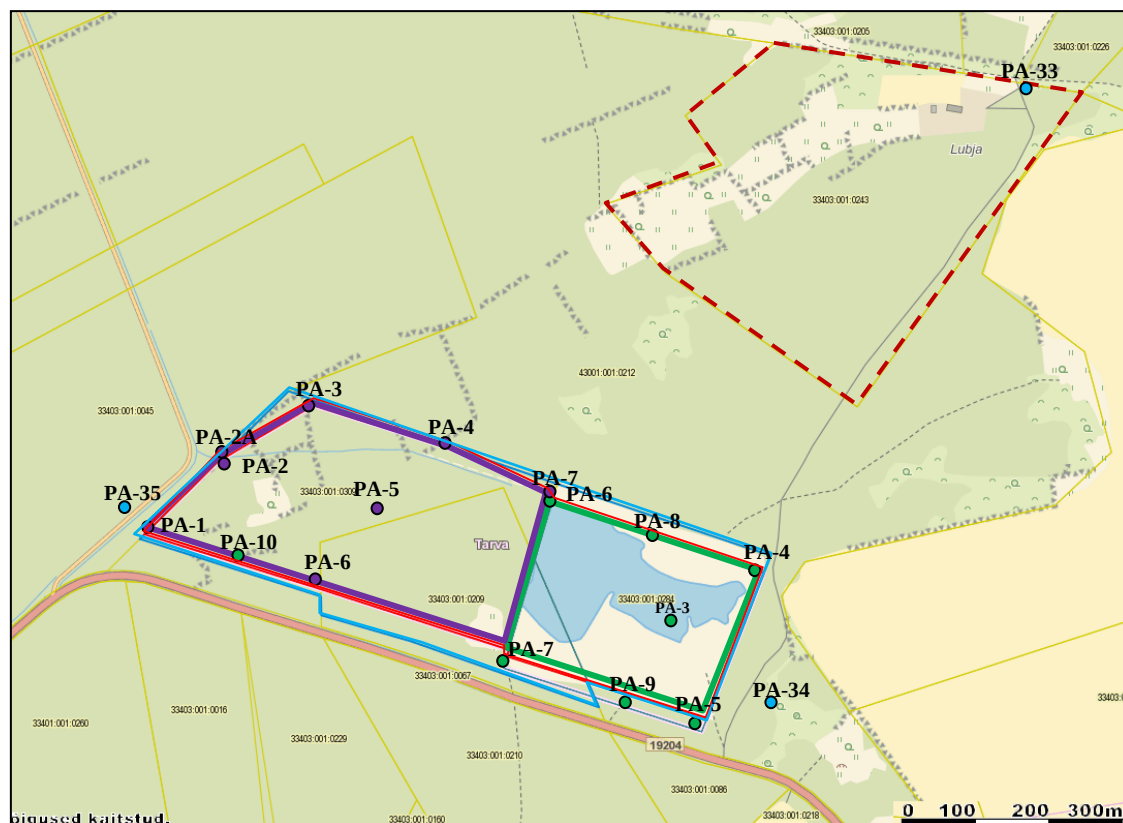
Tarva IV uuringuruumi lõunapiirist ~260 m kaugusele jääb Tarva dolokivimaardla (registrikaart nr 0433), kus on tehtud geoloogilisi uuringuid kolmel korral:

- Klaasidolomiitide otsingu- ja revisjonitööde aruanne. Eesti NSV Geoloogia Valitsus. 1981 (T. Lodjak);
- Aruanne Tarva dolomiidimaardla uuringust Pärnu Teedevalitsusele (varu arvutus seisuga 01.01.93). RE Eesti Geoloogiakeskus. 1993 (S. Korbut);
- Tarva III uuringuruumi dolokivi geoloogiline uuring Pärnumaal (varu seisuga 01.01.2014.a). 2013 (T. Tuuling);

Aastatel 1980 - 1981 teostas Eesti NSV Geoloogia Valitsus Tarva küla piirkonnas klaasitööstusele sobiva dolokivi otsingutöid. Puuriti 3 puurauku sügavusega 10 - 12 m (joonis 3.1), keemilisteks analüüsideks võeti 20 proovi. Jaagarahu lademe läbilõikes eristus 3 kivimkompleksi: dolokivi, savikas dolokivi ja domeriit. Laboriandmeil oli Fe_2O_3 sisaldus proovides 0,55 - 1,82%, CaO sisaldus 21,28 - 28,71%, MgO sisaldus 15,10 - 20,84% ja lahustumatu jäägi sisaldus 4,16 - 25,38%. Klaasitööstusele sobivat dolokivi ei leitud. Tarva küla piirkonnas soovitati teostada ehituskivi otsingu- ja uuringutöid. Antud tööde käigus puuritud 12 m sügavune puurauk PA-33 jääb Tarva IV uuringuruumi kirdenurka (joonis 3.1). Läbilõikes kirjeldati pisikristallilist savikat domeriidi vahekihtidega dolokivi. Puursüdamikust võetud proovides ulatus lahustumatu jäägi sisaldus 10 - 17%-ni (Lodjak, 1981).

Tarva maardlat uuriti detailsemalt AS-i Asma (Pärnu Teedevalitsuse) tellimisel 1992. - 93. a OÜ Eesti Geoloogiakeskus poolt (Korbut, 1993). Toona uuriti kahte eraldi-asetsevat maa-ala: Karinõmmet ja Tarvat. Tarvast ~2 km lääne poole jäävas Karinõmme uuringuruumis lasusid Jaani lademe domeriit ja savikas dolokivi, mistõttu Karinõmme osutus killustiku tooraine osas perspektiivituks. Karinõmme puuraukude põhjal tehti ettepanek nihutada Jaagarahu-Jaani lademete avamuse piiri geoloogilisel kaardil mõõtkavas 1 : 200 000 ~800 - 1000 m lõuna poole (praeguse seisuga ei ole muudetud). Tarva alal uuringud detailiseeriti. Ligikaudu 7 ha suurusele Tarva uuringualale puuriti 10 puurauku (joonis 3.1). Killustiku füüsikalise-mehaanilisteks katsetusteks võeti 32 proovi ja kivimi keemiliseks analüüsiks 12 proovi. Maavaraks oli Jaagarahu lademe dolokivi. Kasuliku kihi paksus oli vahemikus 6,3 - 9,7 m, keskmiselt 7,4 m, millest keskmiselt 5,3 m jäi põhjavee tasemest allapoole. Kattekihi moodustasid mulla- ja moreenikiht paksusega 0,2 - 3,7 m, keskmiselt 1,5 m. Dolokivi oli kõlblik ehituskillustiku tootmiseks, garanteeritud purustatavuse margiga „400” ja külmakindluse margiga „25”, killustiku väljatulek mäemassist oli 75%. Töö tulemusena kinnitati Tarva dolokivimaardlal madalamargilise ehitusdolokivi aktiivset tarbevaru 6,85 ha pindalal 509 tuh m^3 . Antud tööde käigus rajatud puuraukudest jäävad puuraugud PA-4, PA-8 ja PA-6 Tarva IV uuringuruumist ~250 - 350 m kaugusele lõuna suunda (joonis 3.1).

09.12.2008. a väljastas Pärnumaa Keskkonnateenistus OÜ-le Kivikandur kaevandamisloa L.MK.PM-201509 Tarva dolokivimaardla 5,57 ha suurusele Tarva dolokivikarjääri mäeeraldisele, kus madalamargilise ehitusdolokivi varu oli 412 tuh m^3 ja täitedolokivi maht 73 tuh m^3 . Kuna täitedolokivi ei olnud Tarva dolokivimaardlas maavarana arvel, soovis OÜ Kivikandur ehitusdolokivi lasundi ülemises osas, vahetult pinnakatte all oleva porsunud ja purustatud dolokivi, mida seni käsitleti kui kattekihti, võtta arvele täitedolokivina. 2009. a kinnitati Tarva dolokivimaardla täitedolokivi aktiivset tarbevaru 6,85 ha pindalal 86 tuh m^3 .



- - - Tarva IV uuringuruumi teenindusala
- 1980.-81. a uuringu puurauk (Lodjak, 1981, EGF 3878)
- 1992.-93. a uuring (Korbut, 1993, EGF 4693)
- 1992.-93. a uuringu puurauk
- Tarva III uuringuruumi geoloogiline uuring 2013. a (Tuuling, 2013, EGF 8522)
- 2013. a uuringu puurauk
- Tarva dolokivikarjääri mäeeraldis (kaevandamisluba nr L.MK/332709)
- Tarva dolokivikarjääri mäeeraldise teenindusmaa

Joonis 3.1. Tarva IV uuringuruumi ümbruse geoloogiline uuritus. Plaani koostamisel on kasutatud Maa-ameti kaardirakendust

22.02.2010. a sai OÜ Kivikandur kaevandamisloa ka Tarva maardla osale, mis jäi erakinnistule Viidase (kaevandamise luba L.MK/318492). Tarva II dolokivikarjääri mäeeraldise pindala oli 0,79 ha ja ehitusdolokivi varu 58 tuh m³.

2013. aastal tegi OÜ Eesti Geoloogiakeskus karbonaatse ehituskivi tarbevaru geoloogilise uuringu Tarva III uuringuruumis Kivikandur OÜ tellimisel (Tuuling, 2013). Tarva III uuringuruum jäi olemasolevast karjäärast vahetult läände ning käesoleva töö uuringu-objektist ~260 m kaugusele lõunasse. Uuringualal puuriti 8 puurauku (joonis 3.1), võeti 10 proovi kivimi ja 13 koondproovi killustiku katsetusteks, kivimi keemiline koostis (CaO, MgO, lahustumatu jääk) määrati 24 proovis. Laboritööde puhul tehti keskkonnaministri 26. mai 2005. a määruses nr 44 ettenähtud määrangutele (kivimi survetugevus ja külmakindlus) täiendavalt killustiku katsetused: purunemiskindlus Los Angelese katsel (EVS-EN 1097-2 nõuete kohaselt), külmakindlus EVS-EN 1367-1 katsemeetodil. Uuringu tulemusena arvutati varu kahes plokis uuringuruumi teenindusala 10,34 ha-l. Eraldi arvutati täitedolokivi (7. plokk) ja ehitusdolokivi varu (8. plokk). Varu arvutati absoluut-

kõrguseni 10,4 m, mis oli kasuliku kihi lamami keskmine absoluutkõrgus. Uuringu tulemusena võeti seisuga 01.01.2014. a Tarva dolokivimaardlas täiendavalt arvele täitedolokivi aktiivset tarbevaru 10,34 ha pindalal 139 tuh m³, mis oli kogumahus veepealne ja selle lamamis madalamargilise ehitusdolokivi aktiivset tarbevaru 729 tuh m³, mis oli kogumahus veealune (KKM 05.03.2014.a. käskkiri nr 166). Hinnates Tarva III uuringu tulemusi 17.12.2018. a vastu võetud KKM määruse nr 52 alusel, vastab nii 7. ploki kivim, mille LA tegur on 53 ja külmakindlus 1,9 (kategooria F₂) kui ka 8. ploki kivim LA teguriga 33 ja külmakindlusega 4,3 (F), täitedolokivi nõuetele.

06.06.2014 esitas Kivikandur OÜ Keskkonnaametile taotluse mäeeraldise laienduseks maardla plokkidele 7 ja 8 ning samas ka Tarva dolokivikarjääri ja Tarva II dolokivikarjääri mäeeraldiste liitmiseks. Muudetava mäeeraldise nimetuseks jäi Tarva dolokivikarjäär.

Tarva dolokivikarjääri laiendamise taotlusele algatati keskkonnamõju hindamine KKA 14.10.2014 kirjaga nr PV 10-5/14/13407-7. KMH aruanne „Tarva dolokivikarjääri laiendamise keskkonnamõju hindamise aruanne“, töö nr 18-135, mille koostas Maavarauuringud OÜ (Põldvere, 2018), on heaks kiidetud Keskkonnaameti 03.10.2018 kirjaga nr 6-3/18/5547-9.

Keskkonnaameti 03.06.2019 korraldusega nr 1-3/19/1061 väljastati Kivikandur OÜ-le Tarva dolokivikarjääri kaevandamisluba nr L.MK/332709. Mäeeraldise pindala on 16,7 ha ja loa väljaandmise seisuga 03.06.2019 oli mäeeraldise varu järgmine: madalamargilise ehitusdolokivi aktiivset tarbevaru 848,417 tuh m³ ja täitedolokivi aktiivset tarbevaru 142,02 tuh m³. Luba kehtib 02.06.2044 aastani.

4. UURINGUMETOODIKA JA MAHT

4.1. Uuringumetoodika

Tarva IV uuringuruumi geoloogiline uuring tehti uuringuloa omanikule kuulunud kinnisvara, Lubja katastriüksuse piirides. Uuringuruumist ~260 m lõuna pool paiknev Tarva dolokivimaardla lubas eeldada killustiku toormeks sobiliku dolokivi levikut ka Lubja katastriüksusel. Uuringu sügavuse valikul arvestati varasemate uuringute andmetega – hinnanguliselt võimaldas 15 meetrine uuringu sügavus potentsiaalseks ehitusdolokiviks sobiliku Jaagarahu lademe Muhu kihistu dolokivi läbimist kogupaksuses. Uuringuvõrgu planeerimisel lähtuti aktiivse tarbevaru kinnitamise nõudest, kus uuringupunktide maksimaalne vahekaugus on kuni 400 m. Uurimistöö eesmärgiks oli välja selgitada Tarva IV uuringuruumis esineva võimaliku maavara kvaliteet ja kogus detailsusega, mis lubaks hinnata maavara aktiivse tarbevaruna, et hiljem taotleda alale maavara kaevandamisluba.

4.2. Puurimistööd

Puurimistööd tegi OÜ Salveesia 2020. a jaanuaris. Puurpingiga URB-2a puuriti 6 puurauku sügavusega kuni 15,0 m (kokku 89,1 m). Kvaternaarisetete puurimiseks ja manteldamiseks kasutati toru Ø 127 mm, dolokivi puurimiseks toru Ø 108 mm. Puurotsiku jahutamiseks ja puurtolmu väljatoomiseks kasutati õhku. Puursüdamiku väljatulek dolokivi osas oli 80 - 99%, keskmiselt 91%, sealhulgas kasuliku kihi osas 76 - 98%, keskmiselt 89% (lisa 4).



Foto 4.1. Puurtööd Tarva IV uuringuruumis 2020. a jaanuaris (PA-1) (foto T. Tuuling, 07.01.2020, N 58°37'26" ja E 24°01'19").

Puuraugud likvideeriti pärast hüdrogeoloogiliste katsepumpamiste ja geofüüsikaliste tööde teostamist ja veetasemet mõõtmist 16.04.2020. a. Puuraukudest eemaldati mantel-torud ja täideti vettandva osa ulatuses killustiku sõelmetega. Veepealne osa täideti kaljus-kivimis tsemendiseguga, purdsetete osas killustiku sõelmetega. Puuraugu ülemine osa täideti mullakihi paksuses mullaga. Maapind tasandati, korrastati ning taastati uuringu-eelne seisund, koostati puuraukude likvideerimise akt (lisa 17). Keskkonnaamet väljastas 04.06.2020. a korralduse nr 1-3/20/596 puuraukude likvideerimise akti heakskiitmise kohta (lisa 18).

4.3. Puursüdamiku kirjeldamine ja laboratoorsed tööd

Saadud puursüdamikku kirjeldati puursüdamiku tulbas ja saetud tulba värskel pinnal. Kirjeldati kivimi värvust, struktuuri, tekstuuri ja kihilisust (lisa 4), puursüdamikud fotografeeriti. Puursüdamike fotod koos fotode kataloogiga on esitatud digitaalselt JPG-vormingus (digitaalne lisa 3), kus igale fotofailile vastab üks puursüdamikukast. Pildifaili pikem külg on 2800 pikslit. Samas lisas on ka fotode kataloog Exceli tabelina. Illustreerimaks puursüdamike kirjeldusi, on tekstilisas 4 esitatud puursüdamike fotod PDF-formaadis.

Laboriuuringud kivimi füüsilis-mehaaniliste omaduste selgitamiseks tehti OÜ Inseneribüroo STEIGER laboratooriumis. Laboritööde puhul tehti keskkonnaministri 17.12.2018. a määruses nr 52 ettenähtud katsetused: killustiku purunemiskindluse katse Los Angelese meetodil ja külmakindluse katse destilleeritud vees. Katsed teostati standardite EVS-EN 1097-2 ja EVS-EN 1367-1 nõuete kohaselt. Puursüdamikud prooviti kogupaksuses. Proovide võtmisel lähtuti kivimi litoloogiast. Ühest puuraugust võeti 3 kuni 5 proovi, kokku 19 proovi killustiku purunemis- ja külmakindluse määramiseks. Läbilõike ülaosas lasuv kollakashall dolokivi prooviti reeglina eraldi, kuid puuraukudes 3 ja 4 võeti see väikese paksuse tõttu ühte proovi lamava halli dolokiviga. Jaani kihistu savisest dolokivist ja domeriidist, mille kvaliteeti võis juba visuaalselt hinnata madalaks, võeti üks koondproov puuraukudest PA-2, PA-3 ja PA-4 (proov 6F). Proovimise intervallid jäid 1,5 - 6,9 m vahemikku, keskmine proovipikkus oli 3,4 m. Katsete jaoks vajamineva fraktsiooni saamiseks purustati puursüdamikust võetud proovid eelnevalt laboratoorses lõugpurustis. Killustiku purunemiskindlus LA katsel määrati fr 10/14 mm ja külmakindlus fr 8/16 mm. Katsetuste tulemused on toodud lisas 5.

Purunemiskindlus Los Angelese meetodil määrati proovi pööritamisel trumlis koos teras-kuulidega ning seejärel kaaluti materjali jääk 1,6 mm avadega sõelal. Külmakindlus määrati atmosfäärsel rõhul vees immutatud ühtlase terasuurusega materjalil 10 külmutus-sulatustsükli jooksul. Tsükel koosneb vees külmutamisest temperatuuril -17,5 °C ja seejärel veevannis sulatamisest temperatuuril +20 °C.

Vastavalt üldgeoloogilise uurimistöö ja maavara geoloogilise uuringu tegemise korrale võetakse ehitusotstarbeks uuritava kivimi igast looduslikust erimist vähemalt 3 proovi lühendatud keemiliseks analüüsiks, milles määratakse CaO, MgO ja 10% soolhappes lahustumatu jääk. Tarva IV uuringuruumis võeti proovid kivimi keemiliseks analüüsiks kolmest puuraugust. Puuraukude valikul arvestati sellega, et uuringuruum saaks pindala-liselt võimalikult ühtlaselt iseloomustatud. Kokku võeti 18 proovi. Proovimise intervallid jäid 0,6 - 4,2 m vahemikku, keskmine proovipikkus oli 2,4 m. Kivimi keemilised analüüsid tehti OÜ Eesti Geoloogiateenistuse laboratooriumis ja analüüside tulemused on toodud tekstilisas 8.

4.4. Hüdrogeoloogilised tööd

Hüdrogeoloogilised tööd teostati veetasemete mõõtmised rajatud puuraukudes ning katsepumpamised puuraukude paaris PA-5 ja PA-5A põhjavee juurdevoolu hindamiseks kavandatavasse karjääri. Katsepumpamiseks kasutati süvaveepumpa SQ 7-40. Puuraukudes mõõdeti veetase enne katsepumpamise või pealevalamiskatse algust ning jooksvalt kogu katse vältel. Veetaseme mõõtmiseks kasutati automaatseid pidevandreid (Van Essen CTD-Diver), mis mõõtsid veetaset 30 sek intervalliga. Usaldusväärsete tulemuste saamiseks prooviti katsepumpamisel saavutada vähemalt 1 meetrine veetaseme alandus. Katsepumpamised toimusid kuni veetaseme stabiliseerumiseni. Uuringuruumi hüdrogeoloogilisi tingimusi on kirjeldatud peatükis 7. Veetaseme kontrollmõõtmised tehti Eijkelkampi põhjavee taseme mõõtjaga.

4.5. Geofüüsikalised tööd

Geofüüsikalistest tööd tehti kavernomeetria ja gammakiirguse mõõtmised puuraukudes esinevate eri kihtide välja eraldamiseks ja geoloogilise andmestiku interpreteerimiseks kogu uuringuruumi piires. Mõõtmised tehti neljas puuraugus. Puuraugud paiknesid uuringuruumi eri osades, mis võimaldas saada ülevaadet kogu uuringuruumi geoloogilisest ehitusest, eelkõige kihtide lasumusest. Tööde teostamisel kasutati Robertson Geologging kavernomeetria loodusliku gammakiirguse sondi, mis vahetult enne mõõtmist kalibreeriti. Geofüüsikaliste tööde tulemusi on kirjeldatud peatükis 8.

4.6. Topograafilised tööd

Uuringuruumi teenindusala ja selle lähiümbruse topograafilise mõõdistuse tegi 2020. a jaanuaris OÜ Inseneribüroo STEIGER, mille alusel koostati topograafiline plaan mõõtkavas 1 : 2000. Mõõdistamine tehti reaalsajas kinemaatilise GPS positsioneerimisega, seadmega Trimble R8s GNSS. Mõõdistamise alusena kasutati Trimble VRS Now püsijaamade võrku. Mõõdistamine tehti L-Est 97 koordinaatide süsteemis, kõrgused EH2000 süsteemis. Plaan koostati programmiga Bentley PowerCivil V8i (litsents 70000661800020). Varu arvutamiseks kasutati nimetatud programmi. Plaani koostamisel olid aluseks põhikaardi vektoriseeritud leht nr 53903 ning baaskaardi leht nr 5333. Täpsemad andmed topograafilise mõõdistuse kohta on esitatud topograafilise mõõdistamise seletuskirjas (lisa 14).

4.7. Kameraaltööd

Kameraaltööde käigus töötati läbi geoloogilise uuringu käigus saadud välitöö kivimiline materjal ja laboriuuringute andmed.

Geoloogilise uuringu tegemisel lähtuti keskkonnaministri 17.12.2018. a määrusest nr 52 „Üldgeoloogilise uurimistöo ning maavara geoloogilise uuringu kord ja nõuded ning nõuded fosforiidi, metallitoorme, põlevkivi, aluskorra ehituskivi, järvelubja, järvemuda, meremuda, kruusa, liiva, lubjakivi, dolokivi, savi ja turba omaduste kohta maavarana arvelevõtmiseks”.

Karbonaatkivim võetakse arvele kõrgemargilise ehitusdolokivina, kui sellest valmistatud killustiku purunemiskindluse kategooria Los Angelese katsel on 30 või väiksem ja külma-kindluse kategooria kuni F₂ ning madalamargilise ehitusdolokivina, kui purunemiskindluse kategooria on Los Angelese katsel 31 - 35 ning külma-kindluse kategooria kuni

F₄ ning keemilise koostise järgi ei vasta kivim tehnoloogilise karbonaatkivimile esitavatele nõuetele.

4.8. Geoloogiliste tööde mõju keskkonnale

Tarva IV uuringuruumi karbonaatkivimite uuring tehti vastavuses keskkonnaministri 17.12.2018. a määrusele nr 52 ja 07.04.2017. a määrusele nr 12 “Uuritud ning kaevandatud maa korrastamise täpsustatud nõuded ja kord, kaevandatud maa korrastamise projekti sisu kohta esitatavad nõuded, kaevandatud maa ning selle korrastamise kohta aruande esitamise kord ja aruande vorm ning maa korrastamise akti sisu ja vorm”.

Geoloogilised välitööd (südamikpuurimine, hüdrogeoloogiline katsepumpamine, gammakarotaaž) tehti spetsiaalselt selleks ettenähtud, tehniliselt korras agregaatide ja instrumentidega. Kütuse ega õli mahajooksu ei olnud. Puurotsiku jahutamiseks ja puurtolmu väljatoomiseks kasutati õhku. Kattekiht isoleeriti manteltorudega. Pärast puurimise lõppu puuraugud likvideeriti nõuetekohaselt ja taastati uuringueelne seisund. Koostati puuraukude likvideerimisakt (lisa 17). Geoloogiliste, hüdrogeoloogiliste ja muude töödega olulist mõju keskkonnale ei avaldatud.

5. GEOLOOGILINE EHITUS

Tarva IV uuringuruum jääb alvarile, kus pinnakatte paksus ulatub vaid 0,5 meetrini. Mullakihi paksus on 0,2 m ning reeglina lasub lubjakivil ka õhuke, keskmiselt 0,3 m paksune lokaalmoreeni kiht – beežikaspruun lubjakivirähaga liivsavimoreen.

Uuringuruum jääb **Siluri ladestu Jaagarahu lademe Muhi kihistu (S₂mh)** avamusala põhjaserva (joonis 5.1). Aluspõhjakiivimite pealispind jääb uuringuruumis 17,3 - 19,0 m absoluutkõrgusele, järgides maapinna reljeefi. Tarva IV uuringuruumi läbilõikes võib värvuse põhjal välja eraldada 2 eriilmelist kivimkompleksi.

Läbilõike ülaosas lasub kollakashall mikro- kuni pisikristalliline, valdavalt tihe, väga harvade üksikute väikeste kavernidega, õhukeste lainjate pruuni domeriidi kelmeliste vahekihtidega dolokivi. Kompleksi alumises osas esineb lamamiks oleva sinakashalli dolokivi läätsi ja vahekihte. Tekstuurilt on kivim nõrgalt lainjas-keskmisekihiline – kihtide paksus ei ületa reeglina 10 cm (foto 5.1). Kirjeldatud kompleksi paksus on 0,7 - 2,8 m, keskmiselt 1,6 m, olles suurem uuringuruumi kesk- ja lõunaosas puuraukude PA-1 ja PA-5 piirkonnas, vähenedes lääne ja põhja-loode suunas 0,7 - 1,0 meetrini puuraukudes PA-4 ja PA-3. Kompleksi lamam jääb uuringuruumi lääne- ja põhja-loodeosas 17,6 - 18,1 m, langedes ida- ja lõunaosas 15,8 - 16,4 m abs kõrgusele.

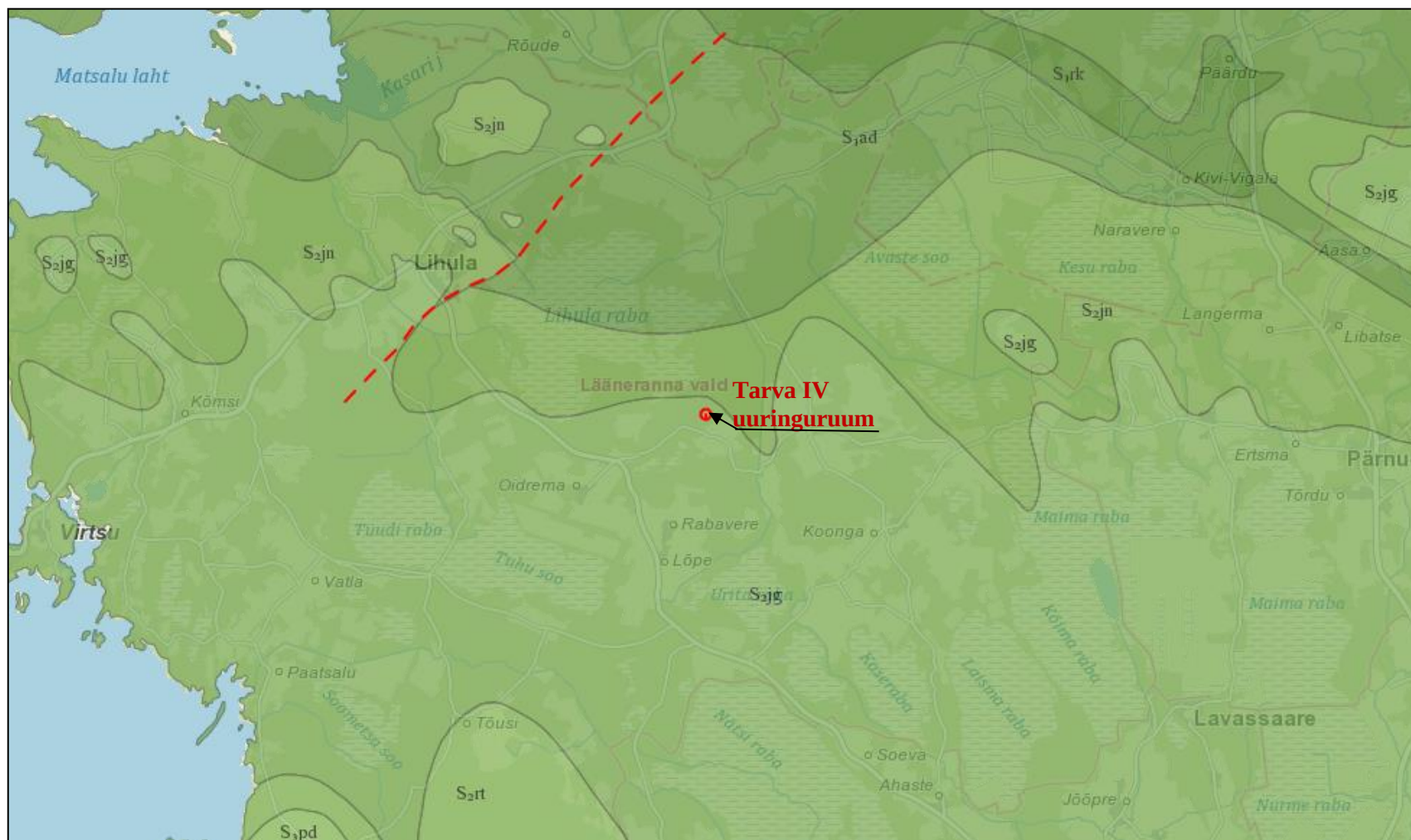


Foto 5.1. Tarva IV uuringuruumi läbilõike ülaosas lasub kollakashall dolokivi. PA-5A, int 0,5 - 3,3 m.

Reeglina on kivim murenenud (eriti PA-1) ja läbitud rohketest lõhedest, mis on hästi jälgitavad Tarva karjääri seinas paljanduvast läbilõikes (foto 5.2). Arendaja (Kivikandur OÜ) sõnul kaevandavad nad ülemise kompleksi kivimit lõhketöid kasutamata.

Kirjeldatud kollakashalli dolokivi on kunagi murtud ka uuringuruumi teenindusala kirde-edelasuunas läbivas Sõnniku küla paemurrus. Kivi on kasutatud hoonete ehitusel (foto 5.3) ja lubja põletusel.

Valdava osa läbilõikest moodustab hall pisi- kuni mikrokristalliline, valdavalt tihe, kuid tasemeti üksikute suuremate kavernidega (diameetriga 2 - 3 cm), keskmise- kuni paksu-kihiline dolokivi. Sageli on kivim massiivse tekstuuriga, puursüdame tulpade pikkus ulatub 1 meetrini (foto 5.4).



Joonis 5.1. Aluspõhja geoloogiline kaart. Tarva IV uuringuruum jääb Jaagarahu lademe avamusala põhjaserva. Kasutatud Maa-ameti kaardirakendust.



Foto 5.2. Tarva karjääri ~9 m kõrgune läänessein, kus ülaosas paljandub ~1,5 - 2 m paksuselt kollakas murenenud ja porsunud dolokivi ning selle all keskmise-paksukihiline hall dolokivi, moodustades Tarva dolokivimaardla kasuliku kihi (foto T. Tuuling, 05.10.2013, N 58°37'17" ja E 24°00'55").



Foto 5.3. Kohalikust kollakashallist dolokivist ehitatud hoone varemed uuringuruumi läänenurgas (foto T. Tuuling, 17.01.2020, N 58°37'32" ja E 24°01'02").

Kivimis esineb kohati lainjaid katkendlikke domeriidikelmeid ja kuni sentimeetri paksuseid domeriidi hajusaid vahekihte. Kivim on püriidikirjalise mustriga. Püriiti esineb ka kristallikogumikena. Iseloomulikud on ka mudasööjate elutegevuse jäljed. Harva esineb läbilõike ülaosas ka püriidistunud jämedetriidiga vahekihte (PA-1, int 3,5 - 3,8 m).



Foto 5.4. Massiivse tekstuuriga, lainjate katkendlike domeriidi kelmete ja vahekihtidega hall dolokivi, milles esineb üksikuid suuremaid kaverne. PA-5A, int 10,1 - 12,0 m.

Kirjeldatud kompleksi savikus on läbilõikes muutlik. Kui uuringuruumi lääne ja põhjaosas võib puursüdamike PA-2, PA-3 ja PA-4 andmeil kirjeldada savika dolokivikihi esinemist vahetult kollakashalli dolokivilasundi all, siis lõuna- ja idaosas paiknevates puuraukudes PA-1 ja PA-5 vastupidi on kollakashalli dolokivi lamamis läbilõike puhtaim, ligikaudu 3 m paksune dolokivikiht (lahustumatu jääk vastavalt 5,84% ja 10,84%). Samuti võib uuringuruumi lääne- ja põhjaosa geoloogilises ehituses välja tuua üldise seaduspärasusena savikuse pidevat suurenemist sügavuse suunas, kuid puuraukudes PA-1 ja PA-5 jääb Muhu kihistu savikam intervall läbilõike keskossa, kus lahustumatu jäägi sisaldus ulatub 19,5%-ni (PA-5A).

Savikate kihtide rütmiline vaheldumine puhtamatega, kus kontaktid kihtide vahel on hajusad, savikuse muutus on sujuv, teeb puursüdamike omavahelise korreleerimise keeruliseks. Kuid heaks markeriks, mille abil kihte omavahel rööbitada, on läbilõikes esinev ~15 - 25 cm paksune savise domeriidi kiht (foto 5.5) ja sellest umbes 5 m sügavamal paiknev tume püriitse impregnatsiooniga katkestuspind (foto 5.6). Viimane oli fikseeritav peaaegu kõigis puursüdamikes, välja arvatud puuraugus PA-1. Savise domeriidi kiht oli jälgitav kõigis puursüdamikes ja nimetatud kiht joonistus markantselt välja ka geofüüsikaliste sondeerimiste graafikutel (ptk 8) (kahjuks ei võimaldanud puuraugus PA-1 olev takistus sondi 9 meetrist sügavamale lasta). Korreleerides puursüdamikke nimetatud markerite abil, on näha kihtide oluliselt järsku langust lõuna ja ka ida suunas (gr lisa 2). Kui puuraukudes PA-3 ja PA-4 on katkestuspind vastavalt 9,4 ja 7,9 m abs tasemel, siis kirdenurgas paiknevas puuraugus PA-2 jääb see 6,6 m, langedes puuraugus PA-5A 5,5 m abs tasemele. Sama seaduspära on kirjeldatav ka savise domeriidikihi puhul. Võrreldes puuraukudes PA-4 ja PA-1 nimetatud kihi lasumipinna abs kõrgusi, on erinevus ligikaudu 6 m – langedes 13,5 meetrilt puuraugus PA-4 kuni 7,5 meetrini puuraugus PA-1.

Käesolevas töös on katkestuspinnast ligikaudu 0,5 m sügavamale märgitud Jaagarahu lademe Muhi kihistu ja Jaani lademe **Jaani kihistu (S_{2jn})** vaheline piir, millest alates muutub kivim oluliselt savikamaks ning saviainese sisaldus sügavuse suunas üha suureneb ning läbilõikes saab valdavaks domeriit (foto 5.6). Lademetevaheline piir on määratud visuaalselt, ehkki taolises monotoonses kivimkompleksis võimaldab stratigraafilise üksuse piiri määrata faunamuutustel põhinev biostratigraafia.



Foto 5.5. Markeerivaks kihiks oleva savise domeriidi vahekiht puuraugus PA-4 sügavusel 5,7 m. PA-4 int 5,5 - 7,5 m.



Foto 5.6. Muhu ja Jaani kihistu piir on märgitud püriitstest katkestuspinnast ~0,5 m sügavamal, millest allpool saab valdavaks savine dolokivi ja domeriit. PA-3, int 9,3 - 12,5 m.

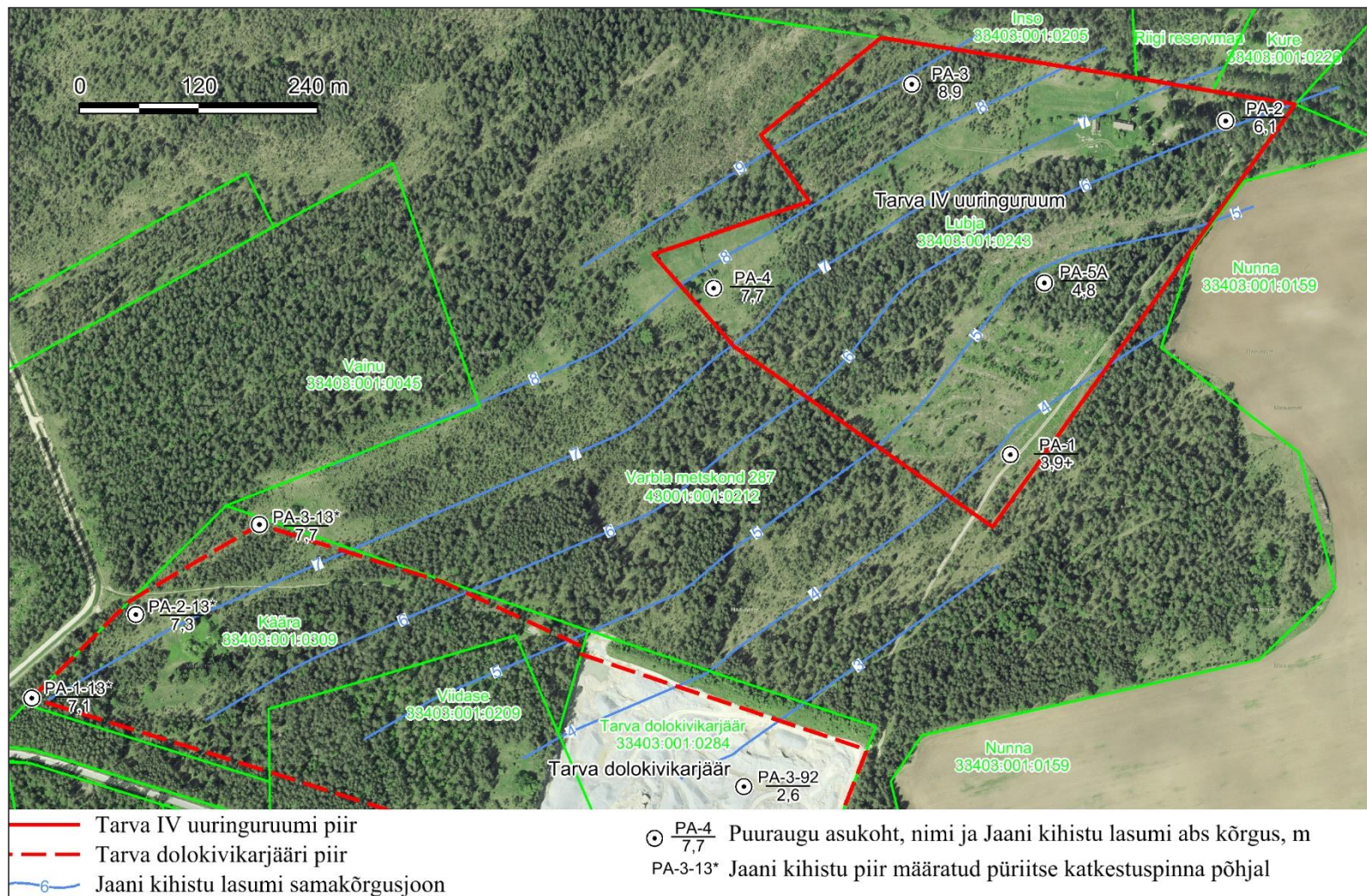
Uuringutööde käigus läbiti Jaani kihistu savikat dolokivi ja domeriiti kuni 4 m paksuselt (PA-3). Jaani kihistu lasumipind jääb maapinnast 10,1 - 14,5 m sügavusele, abs kõrgustele 4,8 - 8,9 m, langusega ida ja lõuna suunas. Uuringuruumi lõunanurgas paiknevas puuraugus PA-1 Jaani kihistut ei avatud. Seega jääb Muhu ja Jaani kihistute vaheline piir seal 3,9 m abs kõrgusest sügavamale (uuritud sügavus antud puuraugus). Tarva IV uuringuruumist ligikaudu 350 m lõuna pool paiknevas Tarva karjääris jääb Jaani kihistu lasumipind 1992. a uuringu andmeil (Korbut, 1992) 2,6 m abs tasemele (EH2000). Jaani kihistu lasumipinna modelleerimisel (joonis 5.2) on kasutatud ka Tarva III uuringuruumi puurauke. Ehkki tookordse uuringu käigus ei võimaldanud lubatud uuringusügavus 12,0 m Muhu ja Jaani kihistute piiri fikseerida, on maardla lääneserva jäävates 2013. a puuraukudes PA-1, PA-2 ja PA-3 (joonis 5.2) kirjeldatud 11,0 - 11,6 m sügavusel maapinnast tumedat püriitset katkestuspinda. Võttes aluseks käesoleva uuringu andmed, kus nimetatud kihistute vaheline piir jääb katkestuspinnast 0,5 m sügavamale, on interpolateeritud ka maardla lääneservas Jaani kihistu lasumipind 6,1 - 7,7 m abs kõrguste (EH2000) vahemikus, langusega lõuna suunas (joonis 5.2).

Võttes arvesse nii käesoleva kui ka varasemate uuringute tulemusi, mille andmeil killustiku valmistamiseks sobimatu Jaani kihistu dolokivi pealispind tõuseb küllalt järsult lääne, eriti aga loode suunas, ei anta uuringuruumi lääne- ja põhjaosas dolokivi varu väljaspoole uuringupunkte uuringuruumi teenindusala piirini. Ehitusmaterjalide seisukohast on perspektiivsemad Tarva IV uuringuruumist lõunasse ja kagusse jäävad, suurema paksusega Muhu kihistu alad.

Puursüdamike detailne geoloogiline kirjeldus ja fotod on toodud tekstilisas 4 ning geoloogilised läbilõiked graafilisel lisal 2. Tarva IV uuringuruumi geoloogiline ehitus puuraukude andmete põhjal on koondatud alljärgnevasse tabelisse 5.1.

Tabel 5.1. Tarva IV uuringuruumi geoloogilise läbilõike koondtabel

Nimetus	Geol indeks	Kihi paksus (puuraukudes fikseeritud), m		
		miinimum	maksimum	keskmine
Kasvukiht	Q _{IV}	0,2	0,2	0,2
Lokaalmoreen	Qg _{III}	0,2	0,3	0,3
Kattekiht kokku		0,4	0,5	0,5
Dolokivi, hallikaskollane.	S _{2mh}	0,7	2,8	1,6
Dolokivi, hall, savikas.	S _{2mh}	8,7	12,5	10,6
Dolokivi savikas, domeriit.	S _{2jn}	0,0	4,0	2,3



Joonis 5.2. Jaani kihistu lasumipinna reljeef. Plaani koostamisel on kasutatud Maa-ameti kaardirakendust.

6. MAAVARA KVALITEET

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida Tarva IV uuringuruumis lasuvate karbonaat-kivimite sobivust ehituskillustiku toormeks. Kivimist valmistatud killustiku kvaliteeti on iseloomustatud killustiku purunemiskindluse põhjal Los Angelese (LA) katsel (EVS-EN 1097-2), mis on Eesti Vabariigi standardite järgi jämetäitematerjali purunemiskindluse hindamise põhimeetodiks. Killustiku külmakindlus (F) määrati EVS-EN 1367-1 standardi järgi. Labori katseprotokollid on esitatud lisas 5.

Alljärgnevalt on kivimi füüsikalisi-mehaanilisi näitajaid iseloomustatud kihistute kaupa. **Muhu kihistu** kivimi kvaliteeti iseloomustava 18 proovi andmeil (lisa 6) on killustiku kaalukadu LA katsel 31 - 50%, keskmiselt 36%, vastates LA kategooriale 40 ning külmakindluskatsel 0,9 - 24,0%, keskmiselt 9,3%, andes külmakindluskategooriaks F. Kokkuvõtlikult on Muhu kihistu kvaliteet esitatud tabelis 6.1.

Kirjeldades eraldi Muhu kihistu läbilõike ülaosas lasuva kollakashalli dolokivi kvaliteeti, siis sarnaselt Tarva varasemate uuringutega iseloomustab seda väga madal purunemiskindlus, kuid võrreldes lamava kivimiga parem külmakindlus – kaalukadu LA katsel on 40 - 50%, keskmiselt 45%, vastates LA kategooriale 45 ning kaalukadu külmutamisel-sulatamisel 0,9 - 5,7%, keskmiselt 3,4%, andes külmakindluskategooriaks F₄ (lisa 6). Tarva maardla esmasel detailsel uuringul arvati see kollakashall dolokivi kattekihi hulka, kuna oli tugevalt lõhenenud ja murenenud. Kuid kaevandaja soovil võeti hiljem maavarana arvele – leidis rakendust täitedolokivina. Ka Tarva IV uuringuruumis on läbilõike ülemine osa kohati murenenud (eriti PA-1), kuid praktiline kogemus Tarva maardla näitel kinnitab, et see on kasutatav täitedolokivina ning seepärast ei arvata seda kattekihi hulka ka Tarva IV uuringuruumis.

Jaani kihistu dolokivi kvaliteeti võis juba visuaalselt hinnata väga madalaks. Iseloomustamaks seda konkreetsete näitajatega, võeti puuraukudest PA-2, PA-3 ja PA-4 üks koondproov. Proovi 6F andmeil on Tarva IV uuringuruumi Jaani kihistu kivimist valmistatud killustiku kaalukadu LA katsel 51% ja külmakindluskatsel 48,1% (lisa 6, tabel 6.1).

Tabel 6.1. Tarva IV uuringuruumi kivimist valmistatud killustiku füüsikalisi-mehaanilised näitajad kihistute lõikes

Kihistu	LA tegur	LA kateg	Külmakindlus F, %	F kateg
Muhu	31-50/ 36	40	0,9-24,0/ 9,3	F
Jaani	51	60	48,1	F

Uuringuruumi kasuliku kihi moodustab Muhu kihistu dolokivi. Kuna uuringuruumi varu on arvatud kindla absoluutkõrguseni, ei hõlma see Muhu kihistu dolokivi kogumahu. Alljärgnevalt on iseloomustatud moodustatud varuplokki jääva dolokivi kvaliteeti. Varuploki kaalutud keskmiste näitajate arvutus on esitatud lisas 7 ja koondatud tabelisse 6.2.

Ploki 9 kivimist valmistatud killustiku kvaliteeti iseloomustab 15 proovi (lisa 7). Killustiku purunemiskindluskatsel LA meetodil oli kaalukadu (LA tegur) 31 - 50%, keskmiselt 36%, vastates LA kategooriale 40, külmakindluskatsel kaalukadu 0,9 - 24,0%,

keskmiselt 9,4%, vastates külmakindluskategooriale F. Keskmiste näitajate põhjal, mis on kokkuvõtlikult esitatud tabelis 6.2, vastab **ploki 9 kivim täitedolokivi** nõuetele.

Tabel 6.2. Ploki 9 kivimist valmistatud killustiku füüsikalis-mehaanilised näitajad

	LA tegur	LA kateg	Külmakindlus F, %	F kateg
Plokk 9	31-50/36	40	0,9-24,0/9,4	F

Kivimi **keemilise koostise** iseloomustamiseks tehti 18 analüüsi, milles määrati CaO, MgO ja lahustumatu jäägi sisaldus. Labori analüüsi tulemused on toodud lisas 8. Kivimi keemilise koostise arvutused puuraukude, litoloogiliste erimite lõikes ja varuplokis on esitatud lisades 9, 10 ja 11 ning koondatud tabelisse 6.3.

Muhu kihistu kivimit iseloomustab kõrge MgO sisaldusega dolokivi (MgO sisaldus 17,51 - 20,68%, keskmiselt 18,76%), kuid samas on kõrge ka lahustumatu jäägi sisaldus, mis jääb 4,86% ja 19,50% vahemikku (keskmine 12,78%). Savikuse muutus kajastub ka kivimi füüsikalis-mehaanilistes omadustes, eriti külmakindluses – savikama kivimi suuremast veeimavusest tingitult on vastupidavus külmumis- ja sulamisprotsessidele kehvem (gr lisa 2).

Jaani kihistu kivimi on kõrge saviosakeste sisaldusega. PA-3 andmeil on Jaani kihistu ülaosas lahustumatu jäägi sisaldus ligikaudu 25%, suurenedes sügavuse suunas 37%-ni. MgO sisaldus on 12,80 -15,05%, keskmiselt 13,87% (tabel 6.3, lisa 10).

Eraldi arvutati ka varuplokki jääva dolokivi keemilise koostise kaalutud keskmine, mis sarnaselt füüsikalis-mehaanilistele omadustele ei erine oluliselt kogu Muhu kihistu dolokivi keskmistest näitajatest. Arvutus on esitatud tekstilisas 11 ja andmed esitatud kokkuvõtlikult tabelis 6.3.

Tabel 6.3. Kivimi keemilise koostise koondtabel

Kihistu	CaO, %			MgO, %			Lahustumatu jääk, %		
	min	max	keskmine	min	max	keskmine	min	max	keskmine
Muhu	23,87	29,25	26,71	17,51	20,68	18,76	4,86	19,50	12,78
Jaani	17,73	22,82	20,15	12,80	15,05	13,87	25,32	36,94	31,42
Plokk 9 (täitedolokivi)									
	23,87	29,25	26,69	17,51	20,68	18,88	4,86	19,50	12,63

Ülaltoodud andmetest nähtub, et Tarva IV uuringuruumi dolokivi ei vasta tehnoloogilise dolokivi nõuetele. Vastavalt 17.12.2018 määrusele nr 52 ei tohi tehnoloogilise dolokivi puhul olla MgO sisaldus alla 18% ega lisandite ($\text{SiO}_2 + \text{R}_2\text{O}_3$) sisaldus üle 5%.

Füüsikalis mehaanilistest omadustest ja keemilisest koostisest tulenevalt on Tarva IV uuringuruumi kasuliku kihi kivim kasutatav täite kivina, ning esitatakse arvele võtmiseks täitedolokivi varuna.

Võrreldes Tarva dolokivimaardlas arvel oleva maavara kvaliteeti Tarva IV uuringuruumi dolokivi kvaliteediga, lasub viimases suurema saviosakeste sisaldusega kivim, millest tingitud ka selle madalam purunemiskindlus, kuid eelkõige aga madalam külmakindlus. Kui Tarva maardlas jäi lahustumatu jäägi sisaldus kasulikus kihis

valdavalt alla 10% (välja arvatud lääneservas paiknevates puuraukudes), siis Tarva IV uuringuruumi kivimis vastupidi on lahustumatu jäägi sisaldus valdavalt >10%, vaid üksikutes proovides madalam. Tarva IV uuringuruumi kivim on kvaliteedilt võrreldav Nehatu maardla täitedolokiviga.

Tarva maardla varu on arvele võetud nüüdseks kehtivuse kaotanud määruse alusel. Maardla läbilõike ülaosas lasuv kollakashall dolokivi on arvel täitedolokivina killustiku purunemiskindlusega LA 53 ja külmakindlusega 1,9 (kategooria F₂) ja selle lamamis olev hall dolokivi madalamargilise ehitusdolokivina (LA 33 ja F 4,3). Hinnates aga antud näitajaid 17.12.2018. a vastu võetud KKM määruse nr 52 järgi, vastaks Tarva maardla dolokivi tervikuna täitedolokivi nõuetele.

7. HÜDROGEOLOOGILISED TINGIMUSED

Tarva IV uuringuruum paikneb Lääne-Eesti paetasandikul - alvaril, jäädes Siluri ladestu Wenlock' ladestiku Jaagarahu lademe avamusalale. Pinnakatte paksus ulatub siin kuni 0,5 meetrini. Kvaternaarisetted koosnevad moreenist ning on õhukesed ja vähese veeandvusega, mistõttu eraldi veekihti ei moodusta. Maapinnalt esimeseks veekihtiks, mis omab tähtsust veetarbimise seisukohast, on Siluri-Ordoviitsiumi veekompleks. Veekompleksi vett ammutatakse nii üksikmajapidamiste salv- ja puurkaevudega kui ka ühisveevärgi kaevudega. Õhukese pinnakatte tõttu on põhjavesi nõrgalt kaitstud maapinnalt tuleneva reostuse eest.

Siluri-Ordoviitsiumi veekompleks koosneb erineva savikusega lubjakividest ja dolomiitidest. Vett vähejuhtivad savikad vahekihid võivad käituda veepidemetena, eraldades veekompleksi sees erinevaid veekihte. Jaagarahu ning Jaani lademete dolokivid moodustavad Jaagarahu-Jaani veekihi. Sügavuse suunas muutuvad Jaani lademe dolokivid savikamaks, moodustades koos Adavere lademete merglite ning savikate dolomiitidega veepideme Jaagarahu-Jaani veekihi ning sügavamal leviva Adavere-Raikküla veekihi vahel (Põldvere, 2018). Kogu veekompleksi iseloomustab valdavalt $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg-}$ ja $\text{HCO}_3\text{-Mg-Ca-}$ tüüpi vesi, mille mineraalainete sisaldused jäävad vahemikku 0,3 - 0,5 g/l. Sügavuse suunas ning rannikul vee mineraalsus suureneb. Kasuliku kihi moodustavad Jaagarahu lademe Muhu kihistu dolokivid. Seega mõjutatakse kaevandamisega Jaagarahu-Jaani veekihti. Veepidemest sügavamatele veekihtidele kaevandamisega mõju ei avaldata.

Geoloogilise uuringu ajal (17.01.2020) mõõdeti uuringuruumis põhjavee tasemeks 1,0 - 2,4 m (keskmiselt 1,7 m) maapinnast. Veetaseme abs kõrgused jäid vahemikku 16,7 - 17,7 m (keskmiselt 17,2 m) (tabel 7.1). Valdav põhjavee voolusuund uuritava alal on edelast kirdesse. Maapinnalähedane veekiht toitub sademetest, mistõttu esineb veetasemete sesoonne muutlikkus. Veetasemete sesoonne kõikumine ei ületa üldjuhul ~2 m, kuid võib õhukese pinnakattega kõrgendikel ulatuda ka 5 - 6 meetrini.

Tabel 7.1. Põhjavee tasemed geoloogilise uuringu puuraukudes (17.01.2020).

Puuraugu nr	Maapinna abs kõrgus, m	Puuraugu sügavus, m	Veetase maapinnast, m	Veetaseme abs kõrgus, m
PA-1	18,85	15,0	2,2	16,7
PA-2	17,79	15,0	1,0	16,8
PA-3	18,98	14,1	1,3	17,7
PA-4	19,19	15,0	1,7	17,5
PA-5	19,32	15,0	2,3	17,0
PA-5A	19,45	15,0	2,4	17,1

Veekihti moodustavate kivimite ja setete hüdrodünaamiliste omaduste (filtratsiooni-parameetrite) hindamiseks viidi läbi katsepumpamised. Hüdrodünaamilised parameetrid (veejuhtivus - T, veeand - S) arvutati programmiga AQTESOLV, kasutades surveta veekihi ning veekihti osaliselt avavate puuraukude jaoks sobivat Theis (1935) meetodit. Veekihti moodustavate kivimite filtratsioonikoefitsient K on kihi veejuhtivuse ja veekihi paksuse jagatis ($K = T/b$). Veekihi paksuseks võeti arvutustes 20 m. Katsepumpamiste tulemusena saadi kivimite filtratsioonikoefitsiendiks 12 m/ööp. Katsepumpamise tulemused on toodud tabelis 7.2.

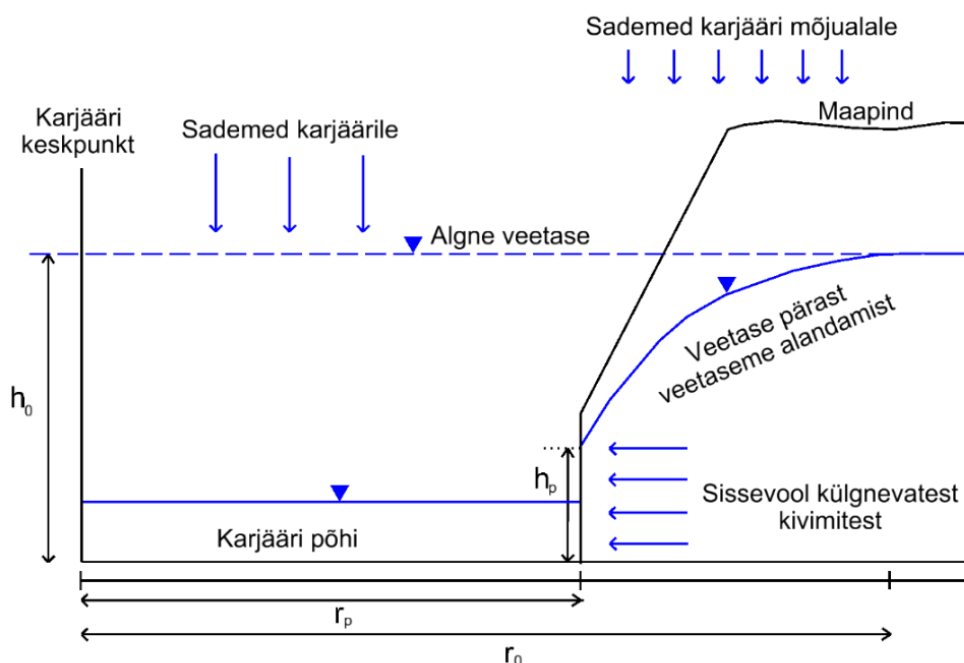
Tabel 7.2. Katsepumpamiste tulemused

Puuraugu nr	PA-5 (pumbatav kaev)	PA-5A (vaatluskaev)
Katse toimumise aeg	06.02.2020	
Staatiline veetase, m	3,15	3,44
Tootlikus, l/s	2,5	-
Alandus, m	2,16	0,4
Erideebit, l/s×m	1,16	-
Veejuhtivus, m ² /ööp	240	
Filtratsioonikoefitsient, m/d	12	
Veeand	0,06	

Maavaravaru on võimalik kaevandada vee alt, aga ka põhjavee taset kogu kasuliku kihi ulatuses alandades. Välja pumbatud vesi on võimalik juhtida maaparandussüsteemile rajatud kraavide kaudu Vanamõisa jõkke (joonis 7.2).

7.1. Vee juurdevool karjääri

Veetaseme alandamine karjääris toob kaasa põhjavee taseme alanemise ka karjäärist väljaspool. Seetõttu kujuneb karjääri ümbritseval alal põhjavee taseme alanduslehter. Alanduslehteri piires on põhjavee voolusuund karjääri suunas, kuna veetase karjääris on madalam kui karjääri ümbritseval alal. Seega karjääri voolav veehulk moodustub karjääri külgedelt juurde voolava põhjavee arvel, millele lisandub karjääri langevate sademete hulk (sh lumesulavesi). Karjääri alanduslehteri kujunemise lihtsustatud skeem on toodud joonisel 7.1.



Joonis 7.1. Karjääri veetaseme alanemise ning kujuneva alanduslehteri lihtsustatud skeem.

Selleks, et arvutada karjääri külgnevatest kivimitest juurde tuleva veehulga (Q_1) leiame esmalt valemi 7.1 abil karjääri alanduslehteri ulatuse ehk mõjuraadiuse (r_0). Seejärel

arvutame valemi 7.2 abil karjääri külgnevatest kivimitest juurde tuleva veehulga (Q_1) (Marinelli, 2000). Kuna karjäär toitub ka sademetest, siis kogu karjääri voolava veehulga (Q_{kokku}) saamiseks liidame saadud tulemusel karjääri koguneva sademete hulga (Q_2). Selleks korrutame karjääri pindala sinna langevate sademete kogusega, millest on lahutatud aurumine (valem 7.3).

$$h_0 = \sqrt{h_p^2 + \frac{W}{K} \times \left[r_0^2 \times \ln\left(\frac{r_0}{r_p}\right) - \frac{r_0^2 - r_p^2}{2} \right]} \quad [7.1]$$

$$Q_1 = W \times \pi \times (r_0^2 - r_p^2) \quad [7.2]$$

$$Q_2 = S \times W \quad [7.3], \text{ kus}$$

h_0 – veetaseme alandus

h_p – väljaimbumise kõrgus karjääri külgedelt

W – infiltreeruv sademete maht (sademed – aurumine)

K – filtratsioonikoefitsient

S – karjääri pindala

r_p – karjääri efektiivne raadius ($r_p = \sqrt{S/\pi}$)

r_0 – karjääri mõjuraadiuse ulatus karjääri keskpunktist

Maavaravaru ploki lamam on määratud abs kõrgusele 8,9 m. Keskmine veetase jääb uuringurumis abs kõrgusele ~17 m. Selleks, et dolokivi pealispind oleks kuiv tegevuseks vajaliku taristu välja ehitamiseks ning karjäärimasinate liikumiseks, alandatakse veetaset kasuliku kihi lamamist 0,5 m sügavamale. Seega tuleb veetaseme alandamisel maavaravaru lamamini veetaset alandada ~8,5 m. Veealuse kaevandamise korral on vaja taset alandada ~2,5 m. Katsepumpamiste tulemusena saadi kivimite filtratsioonikoefitsiendiks 12 m/ööp. Koodu sademete mõõtejaama andmetel oli aastatel 2009 - 2019 piirkonna aastane keskmine sademete hulk 699 mm (Riigi Ilmateenistus). Aurustumine on keskmiselt 460 mm/aastas. Karjääri vee juurdevoolu ning alanduslehtri ulatuse arvutamiseks kasutatud lähteandmed on toodud tabelis 7.3.

Tabel 7.3. Karjääri vee juurdevoolu ja mõjuraadiuse arvutamise lähteandmed.

Tähis	Ühik	Veetaseme alandamisel maavaravaru lamamini	Veealune kaevandamine
S	m ²	139 200	
r_p	m	210,5	
h_0	m	8,5	2,5
h_p	m	0	0
W	m/ööp	0.00065	
K	m/ööp	12	

* $h_p=0$ annab suurima mõjuraadiuse

Arvutuse tulemusena saame, et veetaseme alanduse 8,5 m juures kujuneb ümber karjääri veetaseme alanduslehter, mille raadius karjääri keskelt (r_0) on 1074 m ning karjääri

servast 864 m. Keskmine juurdevool kivimitest (Q_1) on $\sim 2282 \text{ m}^3/\text{ööp}$, sademetest (Q_2) $\sim 91 \text{ m}^3/\text{ööp}$ ning kogu juurdevool karjääri (Q_{kokku}) on $2373 \text{ m}^3/\text{ööp}$ (~ 866 tuh m^3 aastas).

Veealuse kaevandamise korral, kui veetaseme alandatakse 2,5 m, kujuneb ümber karjääri veetaseme alanduslehter, mille raadius karjääri keskelt (r_0) on 501 m ning karjääri servast 291 m. Keskmine juurdevool kivimitest (Q_1) on $\sim 425 \text{ m}^3/\text{ööp}$, sademetest (Q_2) $\sim 91 \text{ m}^3/\text{ööp}$ ning kogu juurdevool karjääri (Q_{kokku}) on $516 \text{ m}^3/\text{ööp}$ (~ 188 tuh m^3 aastas).

Arvutuste tulemused annavad suurima kujuneva põhjavee taseme alanduslehtri ulatuse kaevandamise lõpuaastatel ning iseloomustavad maksimaalseid väljapumbatavaid vee koguseid, mis võivad mõnevõrra erineda tegelikust väljapumbatava vee kogusest. Peamiselt mõjutab väljapumbatava vee kogust sademehulkade erinevus nii aastate kui ka kuude lõikes, aga ka karbonaatsete kivimite heterogeensus ja sellest tulenev karbonaatkivimite hüdrodünaamiliste parameetrite muutlikkus ruumis.

Vee juurdevool karjääri kevadisel suurvee perioodil

Kevadisel lumesula perioodil suureneb vee väljapumpamise vajadus lühikesel perioodil. Maksimaalse vee juurdevoolu arvutamiseks kevadel kasutame taas valemeid 7.1, 7.2 ja 7.3. Arvutuse lähteandmed on toodud tabelis 7.3.

Talve jooksul koguneb maapinnale ligikaudu kolme kuu sademete norm ehk 165 mm, mis kevadisel sulaperioodil infiltreerub kahe nädala (14 ööpäeva) jooksul. Kuna aurumine on talvel väike, siis aurumist arvesse ei võeta. Lume sulamisel karjääri koguneva vee hulga arvutamiseks korrutame sademete koguse karjääri pindalaga ning jagame tulemuse 14 ööpäevaga. Summaarne kevadine juurdevool (Q_{kevad}) karjääri moodustub külgnevatest kivimitest tuleneva juurdevoolu (Q_1) ning sademetest (sh lumesulavesi) tulenevast veest (Q_2).

Tähis	Ühik	Veetaseme alandamisel maavaravaru lamamini	Veealune kaevandamine
Q_{kevad}	$\text{m}^3/\text{ööp}$	3773	1917
	l/s	43,7	22,2

Suurenenud vee välja pumpamise vajadus on lühiajaline. Pärast lumesula perioodi lõppu vee juurdevool karjääri väheneb oluliselt.

7.2. Veetaseme alandamise mõju veevarustusele

Maavaravaru kaevandamisel ning veetaseme maksimaalsel alandamisel (8,5 m) kujuneb ümber karjääri alanduslehter ulatusega 864 m karjääri servast. Karjääri mõjuraadiusesse jääb kaks majapidamist – Korise talu 770 m ning Vanatoa talu 840 m kaugusel uuringuala piirist.

Järgnevalt arvutame kui palju põhjavee tase alaneb veetaseme alanemisel 8,5 m ja 2,5 m karjäärist 770 - 840 m kaugusel. Selleks arvutame valemi 7.4 (Marinelli, 2000) abil veetaseme abs kõrguse (h) määratud kaugusel (r) karjäärist ning seejärel arvutame põhjavee taseme alanduse selles punktis. Arvutuse lähteandmed on toodud tabelis 7.3. Algseks põhjavee taseme abs kõrguseks (H_0) on võetud 17 m.

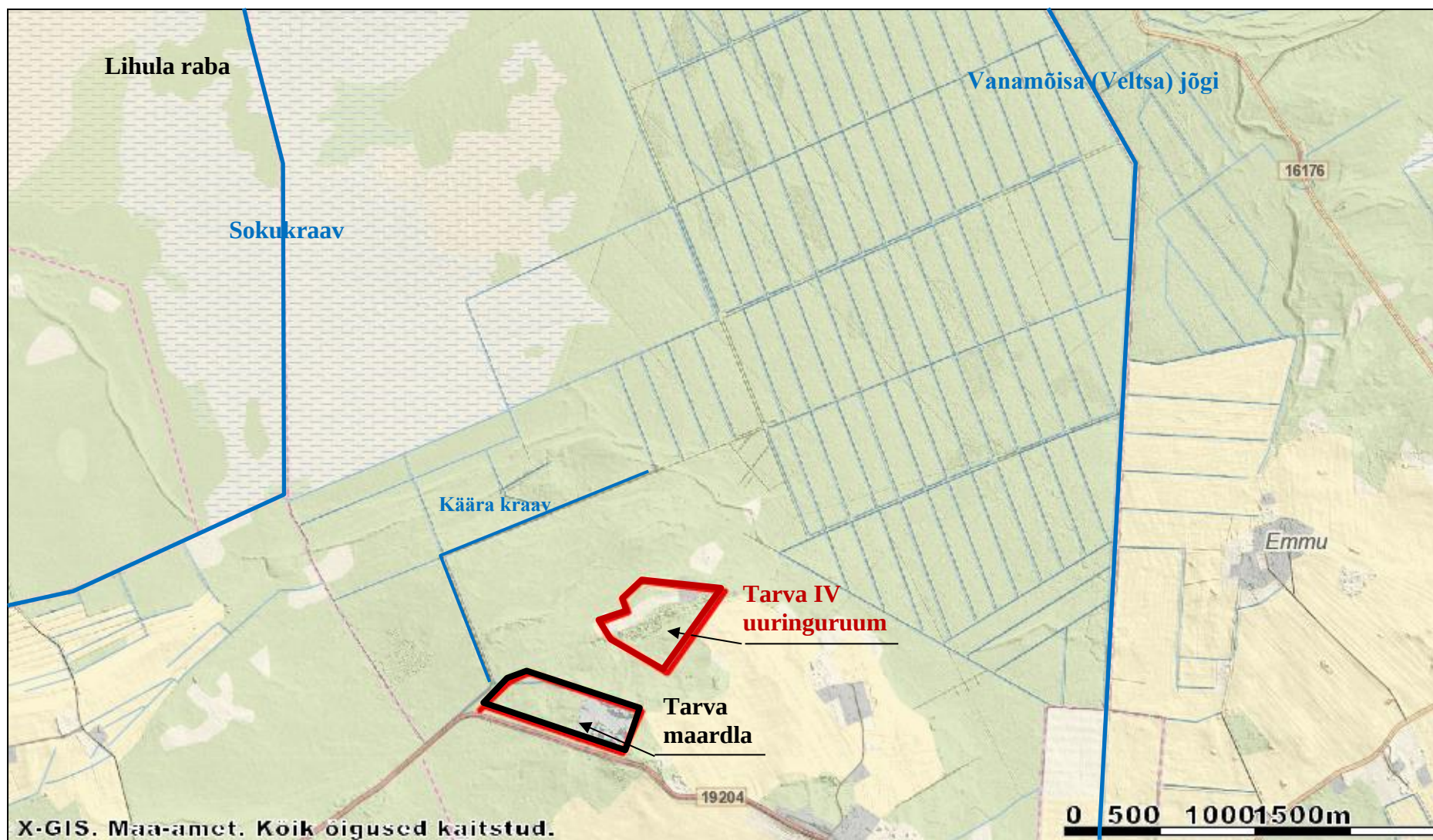
$$h(r) = H_0 - h_0 \sqrt{h_p^2 + \frac{W}{K} \times \left[r_0^2 \times \ln\left(\frac{r}{r_p}\right) - \frac{r^2 - r_p^2}{2} \right]} \quad [7.4]$$

Eeldatav veetaseme alanemine majapidamiste kaevudes jääb <0,3 m, mis ei ole eristatav veetaseme sesoonsest muutlikkusest ning ei mõjuta vee kättesaadavust kaevudest. Veealuse kaevandamise ning veetaseme alandamise 2,5 m korral karjääri mõjuraadiusesse majapidamisi ei jää. Madalad salvkaevud, mis toituvad sademetest võivad karjääri mõjuraadiuses ja kaugemalgi ajutiselt kuivaks jääda ka veetaseme looduslike muutuste amplituudi tõttu.

7.2. Mõju põhja- ja pinnavee kvaliteedile

Karjääri kogunev vesi moodustub karjääri mõjualasse jäävast põhjaveest ning sademete veest. Paekivi kaevandamisest tulenev peamine saasteaine on heljum, mis karjäärist vee välja juhtimise korral setitatakse settebasseinides enne vee juhtimist eesvoolu. Osa tekkivat heljumit võib sadestuda karjääri põhjale ning infiltreeruda põhjavette. Suurem osa heljumist sadestub siiski veest välja karjääri vahetus läheduses.

Kuna kaevandamistöodel keskkonnaohtlike ja mürgiseid aineid ei kasutata, siis oht veekeskkonna reostumiseks keskkonnaohtlike ainetega on minimaalne. Siiski võib kaevandamise käigus tekkida reostusohu pinna- ja põhjaveele karjäärimasinate avarii korral kui kütus ja/või õli satub reostunud karjäärivee väljapumpamisel eesvoolu või läbi karbonaatkivimites olevate lõhede ja pragude põhjavette. Karjäärimasinate avariide ennetamiseks tuleb neid perioodiliselt kontrollida ja hooldada selleks ette nähtud hooldusplatsil, kus peavad olema õli kogumise ja tõrje vahendid. Leevendusmeetmete õigeaegsel rakendamisel on võimalik vältida pinna- ja põhjavee reostumist.



Joonis 7.2. Ülevaade Tarva piirkonna hüdrograafilisest võrgust. Plaani koostamisel on kasutatud Maa-ameti kaardirakendust.

8. GEOFÜÜSIKALISED TÖÖD

Puuraukude geofüüsikalised (kavernomeetria ja loodusliku gammakiirguse) mõõtmised tehti OÜ Inseneribüroo STEIGER poolt Tarva IV uuringuruumis 2020. aasta aprillis hüdrogeoloog Marko Häelmi ning keskkonnaspetsialist Priit Kallaste poolt.

Kavernomeetria ja gammakiirguse mõõtmised võimaldavad määrata puurkaevu diameetri faktilist muutust, samuti konstruktsiooni korrasolekut, jälgides puurkaevu seinte terviklikkust ja geoloogilist ehitust selle ümber. Käesoleva töö eesmärgiks oli geofüüsikaliste tööde abil eelkõige uuringuruumi geoloogilise ehituse selgitamine – leida markeerivaid tunnuseid, mis võimaldavad küllaltki monotoonses kivimkompleksis kihtide korreleerimist puuraukude vahel.

Kavernomeetriasondiga tehti puuraukudes kaks mõõtmist, millest esimene seisnes põhija teine kontrollmõõtmises. Sondiga mõõtmine toimub suunaga alt üles, mille käigus sondi andurid libisevad mööda puuraugu seina, registreerides diameetri muutumist. Kahekordne mõõtmine võimaldab kinnitada esmase mõõtmise õigsust.

Gammakiirgust mõõdeti samuti kõikides puuraukudes kaks korda. Kahekordne mõõtmine võimaldab kinnitada esimese mõõtmise tulemusi ja kompenseerida esimese mõõtmise käigus radioaktiivse aine statistilise lagunemise iseloomust tulenevaid võimalikke äärmuslikke tulemusi. Sondis olev kristall ergastub gammakiirguse toimel ja sellest ergastusest saadud impulsi lugemi põhjal saadakse vajalik kiirguse intensiivsuse suurus, mis on määratud API-des.

API on radioaktiivsuse mõõtühik, mida kasutatakse loodusliku gammakiirguse mõõtmisel. Ühik põhineb Texases paiknevas Houstoni ülikoolis asetseva tehisliku betoonbloki kiirguse (radioaktiivsus 200 API) põhjal.

Alljärgnevalt on esitatud sondeerimisandmete graafikud ning kirjeldatud ja interpreteeritud saadud tulemusi puuraukude kaupa.

Puuraugu PA-1 geofüüsikalised mõõtmised (joonis 8.1) näitasid, et puuraugu sondiga mõõdetav sügavus on ligikaudu 9 m. Puuraugu avatud osa on suhteliselt ühtlane, milles esineb väiksem kavern (5 cm) 5,9 - 6 m sügavusel maapinnast.

Gammakiirguse mõõtmine viitab enamuses kogu puuraugu mõõdetud ulatuses karbonaatkivimi esinemisele. Puuraugu ülemises osas 3,3 m sügavuseni maapinnast esineb dolokivi koos peeneteralise settega (dolokivi murenenud osa). Sügavusel 3,3 - 6,2 m lasub suhteliselt ühtlase koostisega vähesavikas dolokivi. 6,2 m sügavuselt alates hakkab savi sisaldus veidi tõusma ja püsib muutumatuna 9 meetri sügavuseni.

Puuraugu PA-2 geofüüsikalised mõõtmised (joonis 8.2) näitasid, et puuraugu sondiga mõõdetav sügavus on ligikaudu 14 m. Puuraugu avatud osa on suhteliselt ühtlane, milles esineb üks suurem kavern (28 cm) 5,9 - 6,1 m sügavusel maapinnast.

Gammakiirguse mõõtmine viitab kogu puurkaevu mõõdetud ulatuses karbonaatkivimi esinemisele. Puurkaevu ülemises osas 4,7 m sügavuseni maapinnast esineb dolokivi koos peeneteralise settega (dolokivi murenenud osa). Sügavusel 5,9 - 6,1 m esineb kogu ülejäänud läbilõikest selgelt erinev 0,2 m paksune kiht, mis graafikul väljendub

tugevama kiirgusega piirkonnana. Karbonaatkivimite radioaktiivsus on seda kõrgem, mida suurem on neis savi sisaldus. Seega viitab graafikul esinev terav tipp savise vahekihi esinemisele, samuti annab selle olemasolust tunnistust ka samal sügavusel paiknev kavern/tühik. Kirjeldatud savikihist allpool on jälgitav savikuse sujuv tõus sügavuse suunas. Välja võib tuua tasemed 8,8 m ja 11,6 m sügavusel, millest alates on savisisaldus märgatavalt tõusnud, võrreldes lasuva kivimiga.

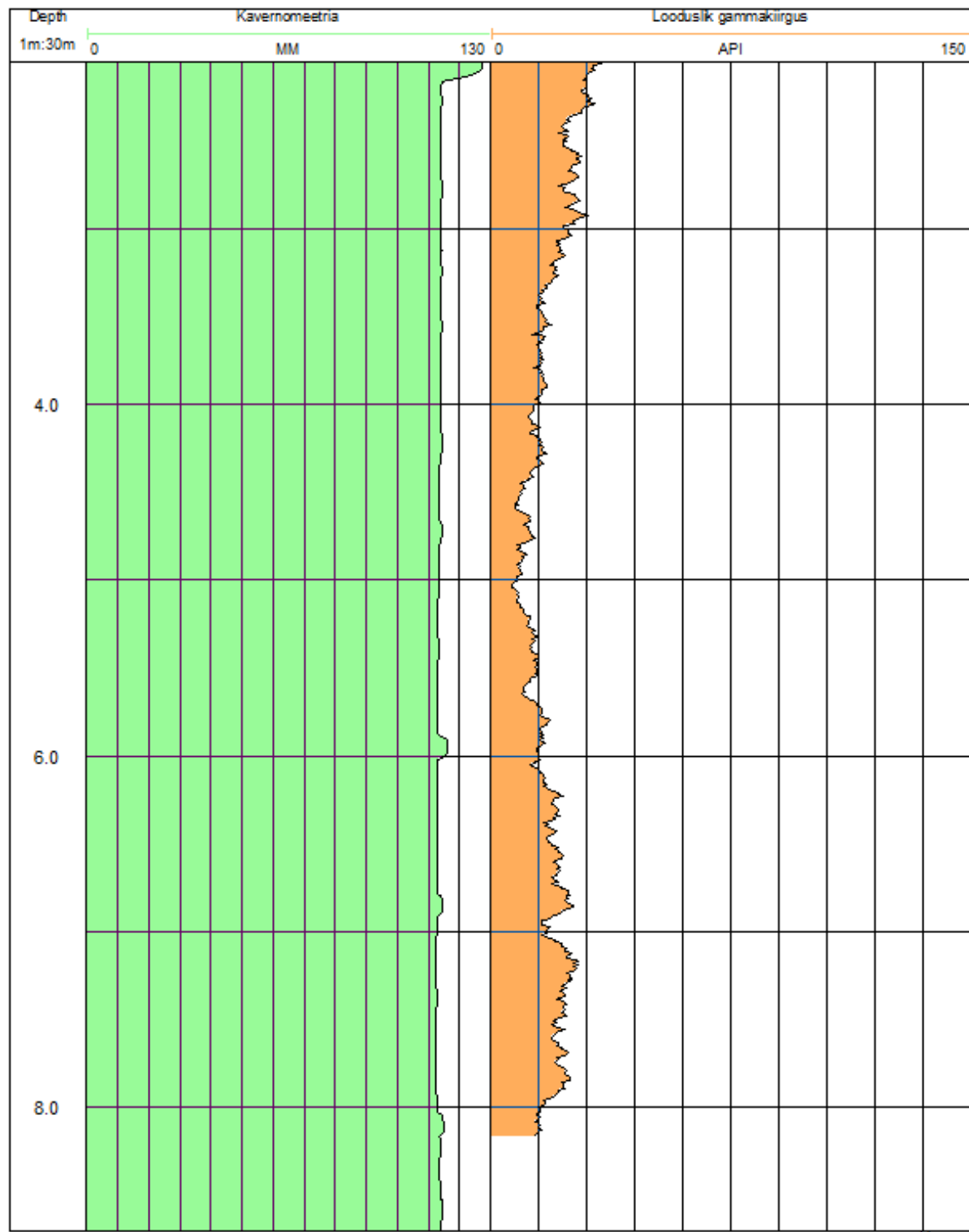
Puuraugu PA-3 geofüüsikalised mõõtmised (joonis 8.3) näitasid, et puuraugu sondiga mõõdetav sügavus on ligikaudu 13 m. Puuraugu avatud osa on suhteliselt ühtlane, milles esineb üks suurem kavern (28 cm) 4 - 4,3 m sügavusel maapinnast.

Gammakiirguse mõõtmine viitab kogu puurkaevu mõõdetud ulatuses karbonaatkivimi esinemisele. Puurkaevu ülemises osas 2,7 m sügavuseni maapinnast esineb dolokivi koos peeneteralise settega (dolokivi murenenud osa). Sügavusel 4,0 - 4,3 m esineb kogu ülejäänud läbilõikest selgelt erinev 0,3 m paksune kiht, mis graafikul väljendub tugevama kiirgusega piirkonnana, viidates savise vahekihi esinemisele. Samuti annab selle olemasolust tunnistust samal sügavusel paiknev kavern/tühik. Sarnaselt puurauguga PA-2 on kirjeldatud savikihist allpool jälgitav savikuse üldine tõus sügavuse suunas. Sügavusest 9,9 m alates dolokivi savisisaldus oluliselt tõuseb, võrreldes lasuva kivimiga.

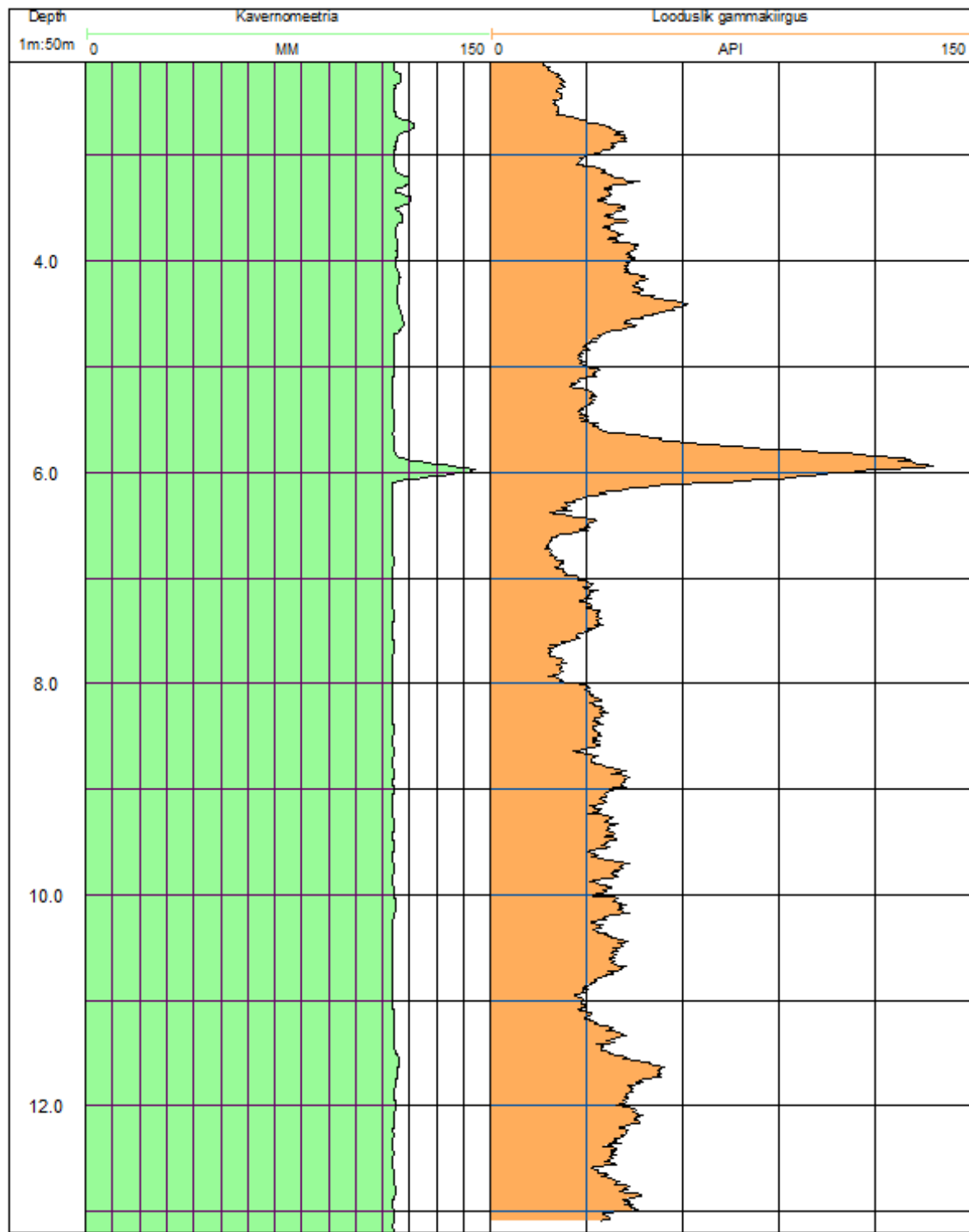
Puuraugu PA-4 geofüüsikalised mõõtmised (joonis 8.4) näitasid, et puuraugu sondiga mõõdetav sügavus on ligikaudu 15 m. Puuraugu avatud osa on suhteliselt ühtlane, milles esineb üks suurem kavern (18 cm) 5,6 - 5,9 m sügavusel maapinnast.

Gammakiirguse mõõtmine viitab kogu puurkaevu mõõdetud ulatuses karbonaatkivimi esinemisele. Puurkaevu ülemises osas 4,3 m sügavuseni maapinnast esineb dolokivi koos peeneteralise settega (dolokivi murenenud osa). Sügavusel 5,6 - 5,9 m esineb kogu ülejäänud läbilõikest selgelt erinev 0,2 m paksune kiht, mis graafikul väljendub tugevama kiirgusega piirkonnana, viidates savise vahekihi esinemisele. Samuti annab selle olemasolust tunnistust samal sügavusel paiknev kavern/tühik. Sarnaselt puuraukudega PA-2 ja PA-3 on kirjeldatud savikihist allpool jälgitav savikuse üldine tõus sügavuse suunas. 11,4 m sügavusest alates dolokivi savisisaldus oluliselt tõuseb, võrreldes lasuva kivimiga.

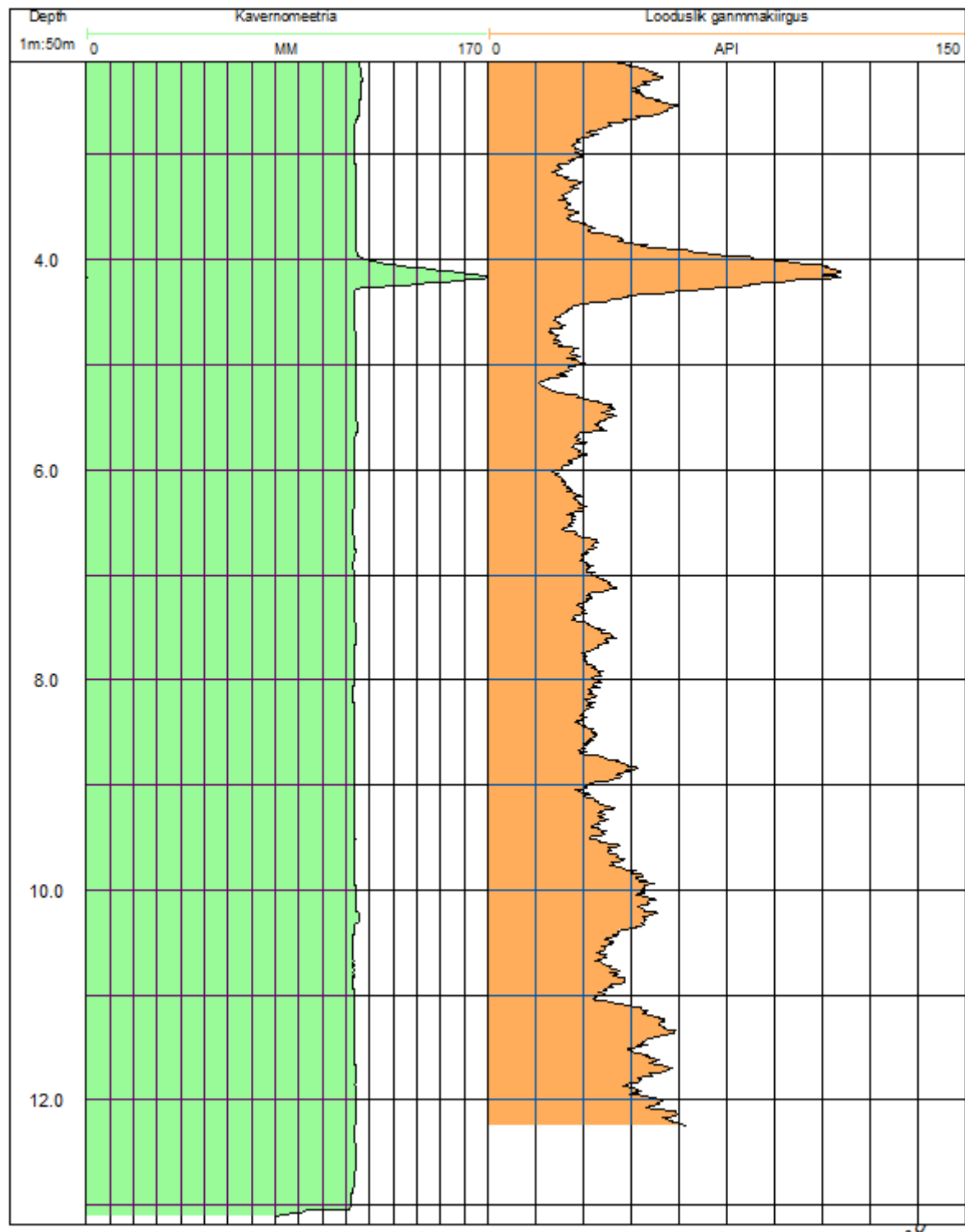
Puuraugud PA-2, PA-3 ja PA-4 on omavahel hästi korreleeritavad. Kõigi nimetatud puuraukude puhul joonistub gammakarotaaži graafikus välja suurema raadioaktiivsusega intervall läbilõike ülemises pooles. Kuna karbonaatkivimite radioaktiivsus on otseses seoses savisisaldusega, iseloomustab graafikul väljajoonistuv terav tipp savise vahekihi olemasolu. Kui puurimisel jäi mulje, et selliseid savise domeriidi vahekihte esineb läbilõikes rohkem (tumehall sogane puurhiib, puursüdamik kaetud savikorraga), kuid pestakse puurimise käigus ära, siis geofüüsikalised mõõtmised kinnitasid, et taolisi saviseid vahekihte Tarva IV uuringuruumi läbilõikes rohkem ei esine. Samuti on kõigile nimetatud puuraukudele iseloomulik savikuse üldine suurenemine sügavuse suunas. Puurauk PA-1 erineb kõigist eelpoolnimetatud puuraukudest, olles oluliselt puhtam. Markeerivaid kihte, mis võimaldaks PA-1 korreleerida teiste puuraukudega, geofüüsikaliste meetoditega ei tuvastanud.



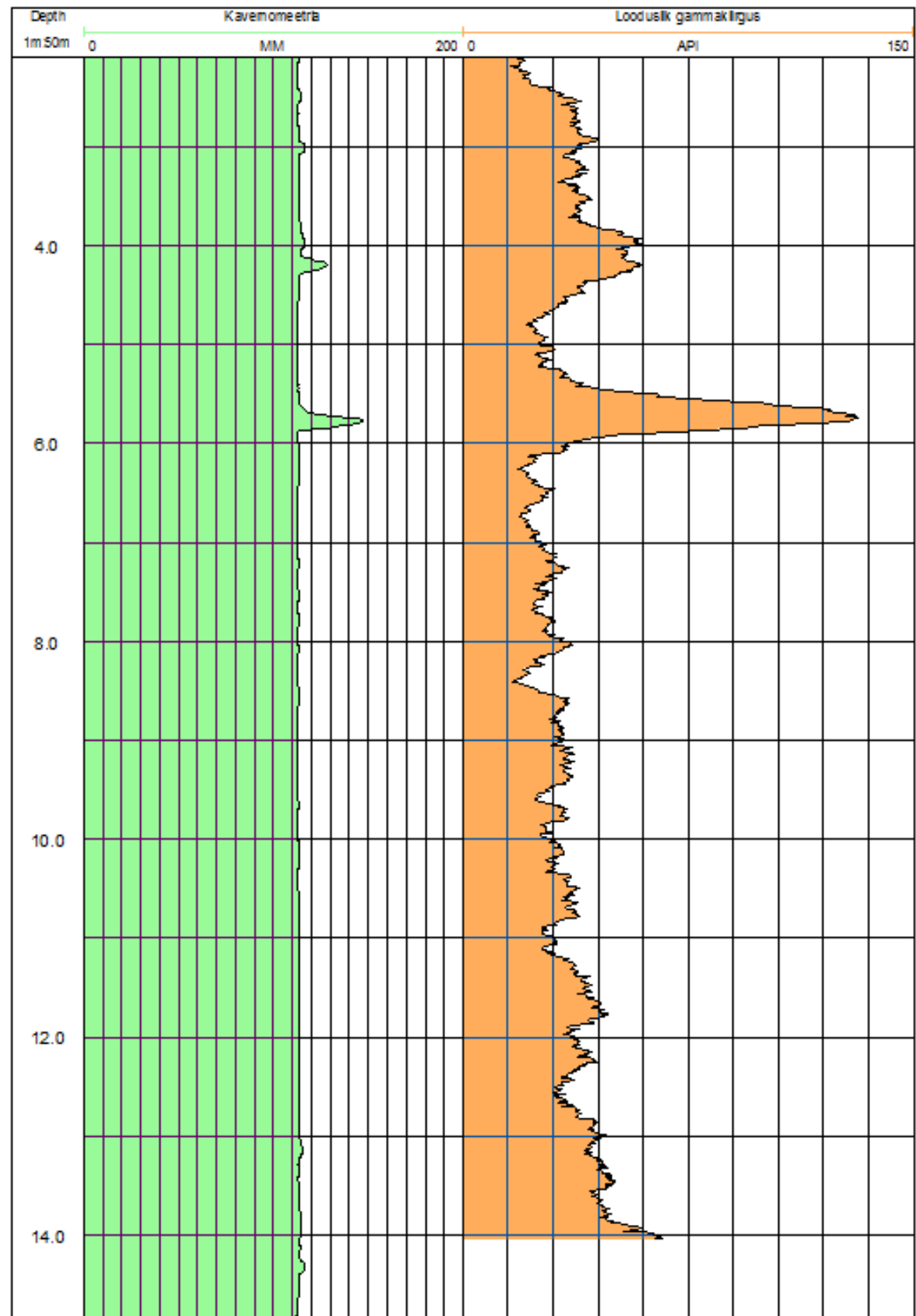
Joonis 8.1. Tarva IV uuringuruumi PA-1 kavernomeetria ja loodusliku gammakiirguse mõõtmise tulemused.



Joonis 8.2. Tarva IV uuringuruumi PA-2 kavernomeetria ja loodusliku gammakiirguse mõõtmise tulemused.



Joonis 8.3. Tarva IV uuringuruumi PA-3 kavernoimetria ja loodusliku gammakiirguse mõõtmise tulemused.



Joonis 8.4. Tarva IV uuringuruumi PA-4 kavernomeetria ja loodusliku gammakiirguse mõõtmise tulemused.

9. MÄENDUSLIKUD TINGIMUSED

Kaevandamise mäetehnilised tingimused ei ole keerulised. Juurdepääs alale on hea – tolmuvaba kattega Mihkli-Oidrema maantee, mida mööda saab Pärnu-Lihula tugimaanteele, jääb uuringuruumi vahetusse lähedusse. Kattekiht on õhuke (maksimaalselt 0,5 m), millest keskmiselt 30 cm moodustab rähkne moreen. Kasuliku kihi keskmine paksus on 9,6 m. Kasuliku kihi lamam jääb 8,9 m abs kõrgusele.

Kaevandamisele asumisel tuleb koorida kattekiht. Metsa-alal tuleb eelnevalt langetada puud ja juurida kannud. Kasvu- ja moreenikiht ladustatakse eraldi. Mullakiht vallitatakse kuni 3 m kõrgustesse aunadesse. Säilitamaks mulla bioloogilist aktiivsust, ei tohi aunasid tihendada. Mulda ja moreeni, mille mahud on vastavalt 28 tuh m³ ja 50 tuh m³, kasutatakse karjääri korrastamisel.

Mäetööde põhiprotsessiks on tootsa kihindi kobestamine lõhkamise abil. Sarnaselt tegutseva karjääriga, on läbilõike ülaosas lasuvat ja veetasemest kõrgemale jäävat, keskmiselt 1,3 m paksust lõhelist ja murenenud dolokivi võimalik kaevandada ilma kivimit eelnevalt purustamata, kasutades selleks buldooserit või koppekskavaatorit. Keskmiselt 8,3 m paksuse veealuse kasuliku kihi kaevandamiseks on vajalik alandada põhjavee taset karjääri põhja tasemeni selleks, et tehnika saaks töötada kuival paepõrandal. 8,3 m paksuse dolokivilasundi kaevandamine/lõhkamine ühe astmena, võimaldab saada ühtlase kvaliteediga lasu ning väiksem lõhkamiste arv oleks ka majanduslikult kõige soodsam.

Kaevandamise puhul on vajalik vee väljapumpamine karjäärist. Seniste kaevandamiskogemuste andmeil on väljapumbatava vee kogused väikesed. Väljapumbatavat vett on äravoolukraavi või selleks rajatud torustiku abil võimalik juhtida Veltsa maaparandussüsteemil paiknevate kuivenduskraavide abil Vanamõisa/Veltsa jõkke. Lähim kraav jääb Tarva IV uuringuruumi kirdenurgast ~400 m kaugusele kirde suunas. Käära kraav, kuhu suunatakse tegutsevast Tarva karjäärist väljapumbatav vesi, jääb Tarva IV uuringuruumist 550 - 650 m kaugusele loode ja lääne poole (joonis 7.2). Vee ärajuhtimise võimalused lahendatakse kaevandamise loa taotlemise etapis, sõltuvalt saavutatud kokkulepetest ümbritsevate maaüksuste omanikega. Enne karjäärist väljapumpamist, lastakse veel settebasseinis selgineda. Karjääri valguva vee koguse vähendamiseks on soovitatav paigutada karjäärisüvendi servadesse killustiku tootmisel tekkivaid sõelmeid. Väikese veejuhtivusega pinnasest veetõke takistab külgsuunast tuleva põhjavee karjääri imbumist. Põhjavee sissevoolu vähenemise tõttu väheneb selle võrra ka väljapumbatava vee kogus, koormus äravooluteele ja põhjavee alanduse ulatus. Sarnast meetodit kasutatakse ka tegutsevas karjääris, kus sõelmeid tekib kaevandaja sõnul ligikaudu 30% määrmassist. Kaevetööde lõppedes peatatakse vee välja pumpamine karjäärist ning veetase saavutab oma algse taseme. Põhjavee eeldatav tase pärast maavara ammendamist jääb ligikaudu 17 m abs tasemele. Ammendatud kaevealale kujuneb veekogu, mida tulevikus võib kasutada puhke-, kalamajanduse või muul eesmärgil.

Kaemis purustatakse ja sorteeritakse (sõelutakse) karjääri territooriumile paigaldatud mobiilse purustus-sorteerimissõelme abil. Purustus-sorteerimissõlm paigutatakse karjääri süvendisse. Tarbimiseks ettevalmistatud toodangu ladustamine kuhilatesse (või vahetult tellijate kalluritele) ja kuhilatest kalluritele toimub kopplaaduri abil. Transpordivahenditena kasutatakse kaasaegseid kallurautosid. Väljaveoteena saab kasutada

mustkatttega Mihkli-Oidrema maanteed, mis viib ~4 km kaugusel kulgevale Pärnu-Lihula kõrvalmaanteele.

Maavara kaevandamisel tuleb arvestada varuploki põhjaossa jääva III kategooria looduskaitsealuse liigi *Orchis militaris* (hall käpp) kasvukohaga (keskkonnaregistri kood KLO9310734) (lisa 15). Looduskaitseaduse kohaselt on keelatud III kaitsekategooria taimede hävitamine ja loodusest korjamine ulatuses, mis ohustab liigi säilimist selles elupaigas (LKS § 55 lg 8). Kaevandamise korral asustatakse taimed ümber sama kasvukoha põhjaossa, mis jääb kinnitamisele esitatavast varuplokist väljapoole – umbes 60 m kaugusel uuringuruumi põhjapiirist on samuti leitud halli käpa eksemplare.

Enne maavara kaevandamist varuala kirdeosas, kus praegu paiknevad elektripaigaldised, demonteeritakse need elektripaigaldised sealt, arvestades demonteerimisel Elektrilevi OÜ poolt seatud tehniliste tingimustega (lisa 16). Elektriliini demonteerimiseks varuala kirdeosast esitatakse taotlus ning tellitakse vastav teenus Elektrilevi OÜ-lt.

Kaevandamise mõju ümbritsevale keskkonnale ning abinõusid võimalike muutuste ennetamiseks ja vähendamiseks on detailselt käsitletud Tarva dolokivikarjääri laienduse taotluse raames läbi viidud keskkonnamõju hindamise käigus (Põldvere, 2018). Aruanne kiideti heaks Keskkonnaameti 03.10.2018 kirjaga nr 6-3/18/5547-9.

10. VARU ARVUTUS

Geoloogilise uuringu tulemusena arutati Tarva IV uuringuruumi varu ühes plokis uuringuruumi teenindusala 13,92 hektaril. Ploki kasuliku kihi moodustab Jaagarahu lademe Muhu kihistu dolokivi. Nagu geoloogilise ehituse peatükis on kirjeldatud, tõuseb kasuliku kihi lamamiks oleva Jaani kihistu savise dolokivi ja domeriidi pealispind järsult lääne- ja põhja suunas ning samas suureneb saviosakeste sisaldus ka kasulikus kihis endas. Seepärast ei anta täitedolokivi varu uuringuruumi lääne- ja põhjaservas uuringuruumi teenindusala piirini, väljapoole uuringuvõrku. Lõunas ja kagus-idas, kus on perspektiivi maardla laiendamiseks, antakse varu uuringuruumi piirini.

Kui Tarva maardlas on maavara kvaliteedist tingitult varu arvel kahes, üksteise kohal lasuvas plokis, siis uue määruse nr 52 kohaselt vastab Tarva IV uuringuruumi dolokivi kogu läbilõikes täitedolokivi nõuetele. Toetudes senisele kaevandamiskogemusele, kus varasemalt katendina arvel olnud läbilõike ülaosas lasuv kollakashall murenenud dolokivi võeti kaevandaja soovil arvele täitedolokivina, ei arvata seda katendi hulka ka Tarva IV uuringuruumis.

Põhjavee tase mõõdetuna jaanuaris 2020 jääb maapinnast 1,0 - 2,4 m, keskmiselt 1,7 m sügavusele maapinnast (absoluutkõrgusele 16,7 - 17,7 m, keskmiselt 17,2 m). Võttes veepealse ja -aluse kasuliku kihi vaheliseks piiriks põhjavee taseme keskmise abs kõrguse 17,2 m, jääks puuraugus PA-2 veepealse kasuliku kihi paksuseks vaid 0,1 m. Samuti moodustab veepealse täitedolokivi maht vaid 13% kogu varust. Seepärast eraldi veepealset varuplokki ei moodustata, vaid kogu varu esitatakse kinnitamiseks veealusena.

Kuna mäetehniliselt on kaevandamisel lihtsam järgida ühte püsivat taset, on täitedolokivi varu arvatud kindla absoluutkõrguseni 8,9 m. See on kasuliku kihi lamami kõrgeim abs tase, mis on fikseeritud puuraugus PA-3.

Plokkide numeratsiooni jätkatakse Tarva maardlas arvel olevatest plokkidest.

Ploki koordinaadid on esitatud varu arvutuse plaanil (gr lisa 1). Ploki pindala arvutati arvutiprogrammi Bentley PowerCivil for Baltics V8i abil ning maavara ja kattekihi mahud arvutati sama programmi abil koostatud uuringuruumi kolmemõõtmelisest mudelist (lisa 13). Maapinna mudeli modelleerimisel on kasutatud mõõdistamisandmeid, aluspõhja pealispind ehk maavara lasum modelleriti puuraukude andmete põhjal (lisad 2 ja 12). Kasvukihi maht on leitud keskmise kihipaksuse ja ploki pindala korrutisena. Kasvukihi keskmine paksus saadi puuraukude andmeil aritmeetilise keskmisena (lisa 12). Moreeni maht arvutati kattekihi üldmahu ja kasvukihi mahu vahena.

Puuraugud on rajatud ligikaudu 250 - 350 meetrise vahekaugusega, puursüdamik on kogupaksuses proovitud, puursüdamik on esinduslik, hindamaks dolokivi varu tarbevaru kategoorias. Kooskõlastatult Keskkonnaametiga (lisa 15), Elektrileviga (lisa 16) ja Muinsuskaitseametiga (lisa 19) esitatakse ka piirangute alal varu kinnitamiseks aktiivse tarbevaruna. Uuringuloa valdaja/maaomanik on teadlik Keskkonnaameti ja Elektrilevi OÜ poolt seatud tingimustega ning arvestab nendega (vt ptk 9).

Varu arvutus tugineb järgmistel materjalidel:

- varu arvutuse plaan M 1 : 2000 (gr lisa 1);
- geoloogilised läbilõiked (gr lisa 2);
- puuraukude kirjeldused (lisa 4);
- laboratoorsete uuringute andmed (lisad 5 - 11);
- katte- ja kasuliku kihi paksused varuplokkides (lisa 12)
- mahtude arvutused arvutiprogrammis Bentley PowerCivil for Baltics V8i (lisa 13).

Ploki 9 aT pindala on 13,92 ha. Kasuliku kihi paksus on 8,4 - 10,1 m, aritmeetiline keskmine 9,5 m. Kasuliku kihi lamamiks on 8,9 m abs kõrgus.

Arvutiprogrammi Bentley PowerCivil for Baltics V8i abil moodustatud uuringuruumi kolmemõõtmelise mudeli alusel on ploki 9 mahud ja kihipaksused järgmised.

Katendi maht on 78 tuh m³ ning keskmine paksus:

$$78 \text{ tuh m}^3 / 13,92 \text{ ha} = 0,6 \text{ m},$$

millest kasvukihti on keskmiselt 0,2 m ja selle maht on:

$$13,92 \text{ ha} \times 0,2 \text{ m} = 28 \text{ tuh m}^3.$$

Moreeni maht $78 \text{ tuh m}^3 - 28 \text{ tuh m}^3 = 50 \text{ tuh m}^3$ ning keskmine paksus:

$$50 \text{ tuh m}^3 / 13,92 \text{ ha} = 0,4 \text{ m}.$$

Ploki 9 aT täitedolokivi maht on 1332 tuh m³ ning keskmine paksus:

$$1332 \text{ tuh m}^3 / 13,92 \text{ ha} = 9,6 \text{ m}.$$

Ploki 9 varust jääb vee peale 177 tuh m³, mis moodustab koguvarust ainult 13% (lisa 13). Mudeliga arvutatuna on veepealse täitedolokivi paksus keskmiselt 1,3 m. Väikese mahu tõttu eraldi veepealset ja -alust varuplokki ei moodustata. Kogu varu esitatakse kinnitamiseks veealusena. Kokkuvõtlikult on ploki 9 aT varu esitatud tabelis 9.1.

Tabel 9.1. Tarva IV uuringuruumi varu koondtabel

Ploki nr, pindala	Maavara nimetus	Katendi maht, tuh m ³ / keskmine paksus, m	sh kasvukiht, tuh m ³ / keskmine paksus, m	Maavaravaru, tuh m ³ / keskmine paksus, m
9 aT, 13,92 ha	täitedolokivi	78 / 0,6	50 / 0,2	1332 / 9,6

Maa-ametile esitatakse kinnitamiseks täiendavalt Tarva dolokivimaardla varu järgmiselt (seisuga 01.07.2020):

- täitedolokivi aktiivset tarbevaru 13,92 ha pindalal 1332 tuh m³ (plokk 9, kogumahus veealusena);

11. KOKKUVÕTE

Käesolev uuring tehti Raho OÜ tellimisel. Töö eesmärgiks oli selgitada uuringuruumis esineva võimaliku maavara kvaliteeti ja kogust detailsusega, mis lubaks hinnata maavara aktiivse tarbevaruna, et hiljem taotleda alale maavara kaevandamisluba.

Tarva IV uuringuruum, teenindusala pindalaga 16,85 ha, asub Pärnu maakonnas Lääneranna vallas Tarva külas, Lubja kinnistul (katastritunnus 33403:001:0243), mis kuulub loa omanikule.

Tarva IV uuringuruum jääb alvarile, kus pinnakatte paksus ulatub vaid 0,5 meetrini. Mullakihi paksus on 0,2 m ning reeglina lasub lubjakivil ka õhuke, keskmiselt 0,3 m paksune lokaalmoreeni kiht – beežikaspruun lubjakivirähaga liivsavimoreen.

Kasuliku kihi moodustab Siluri ladestu Jaagarahu lademe Muhu kihistu (S₂mh) dolokivi. Lamamiks on Jaani lademe Jaani kihistu (S₂jn) savine dolokivi ja domeriit.

Südamikpuurimise meetodil puuriti kokku 6 puurauku. Hüdrogeoloogilistest töödest mõõdeti põhjavee tasemed puuraukudes ja tehti katsepumpamine ühest puuraukude paarist. Saviste vahekihtide fikseerimiseks tehti geofüüsikalistest töödest gamma-karotaaž. Dolokivist valmistatud killustikul määrati purunemis- ja külmakindlus EVS-EN standardite kohaselt, tehti analüüsid kivimi keemilise koostise määramiseks. Uuringuala mõõdistati instrumentaalselt, mille alusel koostati topograafiline plaan mõõtkavas 1 : 2000. OÜ Muinasprojekt koostas arheoloogilise uuringu aruande.

Geoloogilise uuringu tulemusena arvutati varu ühes plokis uuringuruumi teenindusala 13,92 ha pindalal. Ploki 9 kivimist valmistatud killustiku LA tegur on keskmiselt 36, vastates LA kategooriale LA 40 ja kaalukadu külmutamisel-sulatamisel 9,4%. Katsetulemuste põhjal vastab varuploki kivim täitedolokivi nõuetele.

Ploki 9 aT täitedolokivi varu seisuga 01.07.2020 on 1332 tuh m³ ning kasuliku kihi keskmine paksus on 9,6 m.

12. KASUTATUD KIRJANDUS

1. Keskkonnaministri 17.12.2018. a määrus nr 52 „Üldgeoloogilise uurimistöö ning maavara geoloogilise uuringu kord ja nõuded ning nõuded fosforiidi, metallitoorme, põlevkivi, aluskorra ehituskivi, järvelubja, järvemuda, meremuda, kruusa, liiva, lubjakivi, dolokivi, savi ja turba omaduste kohta maavarana arvele võtmiseks”.
2. Keskkonnaministri 07.04.2017 määrus nr 12 “Uuritud ning kaevandatud maa korrastamise täpsustatud nõuded ja kord, kaevandatud maa korrastamise projekti sisu kohta esitatavad nõuded, kaevandatud maa ning selle korrastamise kohta aruande esitamise kord ja aruande vorm ning maa korrastamise akti sisu ja vorm”.
3. Korbut, S., 1993. Aruanne Tarva dolomiidimaardla uuringust Pärnu Teedevalitsusele (varu arvutus seisuga 01.01.93). EGF 4693.
4. Lodjak, T., 1981. Klaasidolomiitide otsingu-ja revisjonitööde aruanne. EGF 3878.
5. Marinelli, F., Niccoli, W.L., 2000. Simple analytical equations for estimating groundwater inflow to a mine pit. Ground Water, 38 (2), 311 - 314.
6. Neuman, S. P., 1974. Effect of partial penetration on flow in unconfined aquifers considering delayed gravity response. Water Resources Research, 10 (2), 303 - 312.
7. Põldvere, A., 2018. Tarva dolokivikarjääri laiendamise keskkonnamõju hindamise aruanne. Töö nr 18-135. Maavarauuringud OÜ, Tartu 2018.
8. Tarva IV uuringuruumi geoloogilise uuringu loa taotlus. 2016. OÜ Inseneribüroo STEIGER.
9. Tuuling, T., 2013. Tarva III uuringuruumi dolokivi geoloogiline uuring Pärnumaal (varu seisuga 01.01.2014.a.). EGF 8522.