

OÜ Inseneribüroo STEIGER

**Järva maakonna
Kareda dolokivimaardla
Kareda uuringuruumi
geoloogilise uuringu aruanne**
(varu seisuga 01.07.2024)

Töö nr 24/5018

Tallinn 2025

Kinnitan:

Helis Pormeister
Juhatuse liige

/allkirjastatud digitaalselt/

Geoloogilise uuringu tegid:

Tiia Tuuling
geoloogiainsener

/allkirjastatud digitaalselt/

Kaarel Mänd
hüdrogeoloog

/allkirjastatud digitaalselt/

Kaja Paat
joonestaja

/allkirjastatud digitaalselt/

ANNOTATSIOON

Järva maakonna Kareda dolokivimaardla Kareda uuringuruumi geoloogilise uuringu aruanne (varu seisuga 01.07.2024).

Aruanne ühes köites, teksti 41 lk, 18 tekstilisa, 2 graafilist lisa, 12 elektroonilist lisa. OÜ Inseneribüroo STEIGER, aadress: Männiku tee 104/1, 11216 Tallinn, 2025.

Kareda uuringuruumi geoloogiline uuring tehti Vao Paas OÜ tellimisel. Kareda uuringuruum teenindusala pindalaga 39,48 ha asub Järva maakonnas Järva vallas Koigi külas riigile kuuluval katastriüksusel Kareda dolomiidikarjäär (katastritunnus 32501:001:0106).

Töö eesmärgiks oli uurida täiendavalt olemasoleva mäeeraldise lamamisse jäävat karbonaatkivimit ning hinnata selle kvaliteeti keskkonnaministri 17.12.2018. a määruse nr 52 nõuete kohaselt. Sama määruse järgi täpsustati ka maavara kasutusala olemasoleva mäeeraldise piires.

Tööde käigus rajati uuringuruumi 6 puurauku sügavusega kuni 15,8 m. Kivimist valmistatud killustiku füüsikalise-mehaaniliste omaduste määramiseks võeti 20 proovi ja kivimi keemilise koostise määramiseks 6 proovi.

Uuringuruumi kasulik kiht on esindatud Siluri ladestu Raikküla kihistu dolokividega.

Töö tulemusena arvutati varu kahes plokkis: olemasoleva mäeeraldise piires 35,42 ha pindalal (plokk 8) ja selle lamamis 28,47 ha pindalal (plokk 9). Kahe ploki vaheliseks piiriks on horisontaaltasapind 64,2 m abs kõrgusel, mis on ühtlasi ka olemasoleva mäeeraldise lamamiks.

Ploki 8 dolokivist valmistatud killustiku purunemiskindlus Los Angelese katsel on keskmiselt LA 42, vastates LA kategooriale 45 ja külmakindlus keskmiselt 0,7%, vastates külmakindluskategooriale F₁. Ploki kasuliku kihi keskmine paksus on 3,1 m ja kattekihi keskmine paksus 2,7 m.

Ploki 9 dolokivist valmistatud killustiku purunemiskindlus Los Angelese katsel on keskmiselt LA 38, vastates LA kategooriale 40 ja külmakindlus keskmiselt 0,9%, vastates külmakindluse kategooriale F₁. Plokk 9 jääb kahe horisontaaltasapinna vahele: lasum on 64,2 m ja lamam 58,2 m abs kõrgusel. Ploki kasuliku kihi paksus on 6,0 m.

Eesti Geoloogiateenistusele esitatakse kinnitamiseks Kareda uuringuruumi piires Kareda dolokivimaardla varu järgmiselt (seisuga 01.07.2024):

- täitedolokivi aktiivset tarbevaru 35,42 ha pindalal 1098 tuh m³ (plokk 8, kogumahu veepealne);
- täitedolokivi aktiivset tarbevaru 28,47 ha pindalal 1708 tuh m³ (plokk 9, kogumahu veelune, ploki 8 lamamis).

Võtmesõnad: geoloogiline uuring, Vao Paas OÜ, Järva maakond, Järva vald, Koigi küla, Kareda maardla, Raikküla kihistu, aktiivne tarbevaru, täitedolokivi.

Koostas:

Tiia Tuuling

SISUKORD

ANNOTATSIOON	3
1. SISSEJUHATUS	6
2. UURINGUPIIRKONNA ÜLDISELOOMUSTUS.....	8
3. GEOLOOGILINE UURITUS.....	12
4. UURINGUMETOODIKA JA MAHUD	14
4.1. Uuringumetoodika.....	14
4.2. Välitööd	14
4.3. Puursüdamiku kirjeldamine ja laboratoorsed tööd	15
4.4. Hüdrogeoloogilised tööd	16
4.5. Topograafilised tööd.....	16
4.6. Kameraaltööd	16
4.7. Geoloogiliste tööde mõju keskkonnale.....	17
5. GEOLOOGILINE EHITUS	18
6. MAAVARA KVALITEET	25
7. HÜDROGEOLOOGILISED TINGIMUSED	28
7.1. Piirkonna hüdrogeoloogiline iseloomustus.....	28
7.2. Mõju põhjavee režiimile ning kaevudele	30
7.3. Mõju põhjavee kvaliteedile	32
8. MÄENDUSLIKUD TINGIMUSED	35
9. VARU ARVUTUS	37
9.1. Ploki 8 aT varu.....	37
9.1. Ploki 9 aT varu.....	38
11. KASUTATUD KIRJANDUS	41

TEKSTILISAD

1. Geoloogilise uuringu luba L.MU/521022.....	42
2. Puuraukude kataloog.....	44
3. Proovide kataloog	45
4. Puuraukude kirjeldused ja fotod	46
5. Killustiku füüsikalis-mehaaniliste katsete protokoll.....	75
6. Dolokivi füüsikalis-mehaaniliste omaduste kaalutud keskmiste arvutused plokkide lõikes.....	79
7. Kivimi keemilise analüüsi protokoll.....	81
8. Kivimi keemilise koostise kaalutud keskmiste arvutused puuraukude ja litoloogiliste erimite lõikes.....	84
9. Kivimi keemilise koostise kaalutud keskmiste arvutused plokkide lõikes.....	86
10. Katte- ja kasuliku kihi paksused varuplokkides	87
11. Mahtude arvutus	88
12. Topomõõdistuse seletuskiri	90
13. Riigi Kaitseinvesteeringute Keskuse kooskõlastus uuringuks	91

14. Kaitseministeeriumi arvamus Kareda dolomiidikarjääri keskkonnaloa taotluse kohta	94
15. Puuraukude likvideerimise akt	96
16. KKA korraldus maa korrastamisakti heakskiitmise kohta	100
17. Tellimiskiri	103
18. Tellija arvamus	105
Korraldus varu kinnitamise kohta	

GRAAFILISED LISAD

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

ELEKTROONILISED LISAD

1. Varuplokkide ruumikujud.dgn
2. Katendi lamam.dgn
3. Plokkide piiripunktid
4. Puursüdamiku fotod ja kataloog.jpg
5. Protokoll 25-9461 K.asice
6. Katseprotokoll nr 1894-24.asice
7. Riigi Kaitseinvesteeringute Keskuse kooskõlastus uuringuks.asice
8. Kaitseministeeriumi arvamus Kareda dolomiidikarjääri keskkonnaloa taotluse kohta.bdoc
9. Puuraukude likvideerimise akt.asice
10. KKA korraldus maa korrastamisakti heakskiitmise kohta.bdoc
11. Tellimiskiri.asice
12. Tellija arvamus.asice

1. SISSEJUHATUS

Geoloogiline uuring Kareda uuringuruumis tehti OÜ Vão Paas tellimisel, kelle põhitegevuseks on paekivist killustiku tootmine. Üheks karjääriks, kus paekivikillustikku toodetakse, on Kareda dolomiidikarjäär. Kaevandamise luba L.MK/300504 Kareda dolomiidikarjääri mäeeraldisel (pindala 77,62 ha) on välja antud 2009. aastal. Keerulistest hüdroteoloogilistest tingimustest tulenevalt saadi luba ainult veepealse dolokivi kaevandamiseks. Mäeeraldises lasuv kivi vastab kvaliteedilt madalamargilise ehitusdolokivi nõuetele (2005. a määrus nr 44).

Varasemate uuringute andmed on näidanud, et mäeeraldisel lamamis lasub kvaliteetsem kivi, mis keskkonnaministri 2005. a määruse nr 44 järgi vastab kõrgemargilise ehitusdolokivi nõuetele. OÜ Vão Paas soovis olemasolevat mäeeraldist laiendada sügavuse suunas, et kaevandada ka mäeeraldisel lamamisse jäävat kvaliteetsemat ehituskivi (plokid 1 aT ja 7 aT) ning esitas selleks Keskkonnaametile mäeeraldisel laienduse taotluse. Mäeeraldist sooviti laiendada sügavuti selliselt, et veetasel alandamata kaevandatakse ka keskmiselt 4,7 m paksune veealune dolokivi kiht. Keskkonnaloa taotluse menetluse käigus soovitas Keskkonnaamet teha esmalt kindlaks maavara kvaliteet täna kehtiva keskkonnaministri 17.12.2018. a määruse nr 52 nõuete kohaselt, et vältida olukorda, kus võimaliku taotletava mäeeraldisel laiendusega nõustumise järgselt leitakse, et ka olemasoleva mäeeraldisel lamamis on tegemist siiski madalamargilise ehituskivi või täitematerjaliga. Loa taotlemise protsessis pöördui ka Keskkonnaministeeriumi (KKM) ning Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi (MKM) poole, et selgitada riigi huvi olemasolu või selle puudumist. Vastustes tõdeti, et Kareda dolomiidikarjääri sügavuti laienduseks riigi huvi varustuskindluse aspektist puudub, kuid on maavarade säästliku ja jätkusuutliku kasutamise tagamisel osaliselt olemas. Kuid arvestades asjaoluga, et Kareda maardla varusid ei ole viidud kooskõlla keskkonnaministri 17.12.2018 määrusega nr 52, oldi seisukohal, et ülekaalukas riigi huvi, mis tingiks vajaduse Kareda dolomiidikarjääri sügavuti laienduseks, käesoleval hetkel puudub.

Seepärast soovis OÜ Vão Paas uurida täiendavalt olemasoleva mäeeraldisel lamamisse jäävat karbonaatkivimit ning hinnata selle kvaliteeti keskkonnaministri 17.12.2018. a määruse nr 52 nõuete kohaselt. Sama määruse järgi täpsustati ka maavara kasutusala olemasoleva mäeeraldisel piires. Majanduslikel põhjustel soovis kaevandaja täiendavat uuringut teha mäeeraldisel osaliselt, valides selleks välja Kareda dolomiidikarjääri mäeeraldisel lääne-edelaosa.

Geoloogiline uuring tehti Keskkonnaameti poolt väljastatud geoloogilise uuringu loa L.MU/521022 alusel (lisa 1).

Välitööl 2024. a juunis puuriti südamikpuurimise meetodil uuringuruumi kokku 6 puurauku. Puurimistööd tegi OÜ Inseneribüroo STEIGER. Hüdroteoloogilistest töödest mõõdeti põhjavee tasemed puuraukudes ning kivimite hüdroteoloogiliste omaduste kohta täiendava informatsiooni saamiseks ka katsepumpamine kahest puuraugust. Puursüdamikud kirjeldati ja fotografeeriti ning võeti proovid dolokivist valmistatava killustiku kvaliteedi määramiseks. Killustiku katsed tehti OÜ Inseneribüroo STEIGER laboris. Kivimi keemilise koostise iseloomustamiseks võeti proovid ühest puuraugust, keemilised analüüsid tehti Teede Tehnokeskuse laboris. Puuraukude asukohad ja suudme abs kõrgused mõõdistati instrumentaalselt, topograafilise plaani koostamisel kasutati viimast markšeiderimõõdistust (seisuga 01.07.2024). Mõõdistas OÜ Inseneribüroo STEIGER geodeet Allan Koger.

Välitöid organiseeris ja viis läbi geoloogiainsener Tiia Tuuling, kes koostas ka uuringu-aruande. Puurtööd toimusid OÜ Inseneribüroo STEIGER puurimise osakonna juhataja Meelis Peetrise juhtimisel. Graafilised lisad vormistas ja varu arvutas joonestaja Kaja Paat. Ala hüdrogeoloogilise hinnangu ning vee juurdevoolu arvutused rajatavasse karjääri võimaliku veetaseme alanduse juures tegi hüdrogeoloog Kaarel Mänd.

Geoloogilise uuringu tegemisel lähtuti keskkonnaministri 17.12.2018. a määrusest 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 arvelevõtmiseks”.

2. UURINGUPIIRKONNA ÜLDISELOOMUSTUS

Kareda uuringuruum teenindusala pindalaga 39,48 ha asub Järva maakonnas Järva vallas Koigi külas riigile kuuluval katastriüksusel Kareda dolomiidikarjäär (katastritunnus 32501:001:0106). Riigivara valitsejaks on Regionaal- ja Põllumajandusministeerium ja volitatud asutuseks Maa- ja Ruumiamet. Sihtotstarbelt on tegu 100% mäetööstusmaaga. Uuringuruumi teenindusala kattub osaliselt Kareda dolokivimaardla (maavarade registri registrikaart nr 793) ehitusdolokivi aktiivse tarbevaru plokkidega 1, 5, 6 ja 7, ehitusdolokivi aktiivse reservvaru plokiga 2 ning Kareda dolomiidikarjääri mäeeraldisega (loa nr L.MK/300504, loa omaja OÜ Vao Paas, kehtiv kuni 23.03.2029). Uuringuruumi teenindusala kattub täielikult olemasoleva Kareda dolomiidikarjääri mäeeraldise teenindusmaaga. Kareda uuringuruumi teenindusala kagu-, lõuna- ja lääneosa kattub osaliselt Kareda dolokivimaardla juures kirjeldatud ehitusdolokivi prognoosvaru plokiga 3.

Kareda uuringuruumi teenindusala külgneb järgmiste katastriüksustega: läänest ja lõunast Türi metskond 51 (32501:001:0105), põhjast Kopli (56504:002:0064) (Paide linn Suurpalu küla), kagunurgas väikesel lõigul katastriüksusega Metsa (32501:001:0610) (Järva vald Väike-Kareda küla), mujal uuringuruumi teenindusosalal naaberkatastriüksustega vahetut piirnemist ei ole. Taotletavast uuringuruumist ida, lõuna ja lääne poole jäävad metsaga kaetud maaüksused (osaliselt raiesmikud), põhja poole põllu- ja rohumaad.

Kareda uuringuruumi lähiümbrusesse, kuni 1 km kaugusele jääb 6 talu: lähim on Väike-Kareda külla jääv Kännu talu (32501:001:0650), mis paikneb idapiirist 460 m kaugusel, 500 m kaugusele lääne suunas jääb Metsavahi (32501:001:0047), loodesse jäävad 720 m kaugusele Aru (56504:002:0621), 800 m kaugusele Tuleviku (56504:002:0288) ja 870 m kaugusele Nurgaääre (56504:002:0312) talud ning 1 km kaugusele kirde suunda jääb Nurme talu (32501:001:0360) (joonis 2.1). Suurematest asustatud punktidest jääb maakonnakeskuseks olev Paide linn 12 km kaugusele lääne-loode suunda, Koigi küla-keskus paikneb ligikaudu 5 - 6 km lõuna, Sargvere külakeskus 2,5 km loode ning Väike-Kareda külakeskus 2,5 km ida suunas (joonis 2.1).

Killustiku väljaveoks karjäärist on rajatud Laiakivi tee (5650244), mida mööda saab sõita 2,7 km põhja poole jäävale Mäeküla - Koeru - Kapu riigimaanteele nr 25, sealt omakorda on Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa maanteele (nr 2) ~5 km (joonis 2.1). Uuringuruumi lõunaservas, samas ka Kareda dolomiidikarjääri teenindusmaa lõunaservas kulgeb Kolga tee nr 3250005 (foto 2.1), mis teenindusmaast lääne ja ida pool on metsatee, kuid teenindusmaaga kattuv asos on eratee.

Maastikuliselt asub Kareda uuringuruum Pandivere kõrgustiku edelanõlval, kus valdavaks pinnavormiks on suhteliselt tasane lainjas moreentasandik. Kareda uuringuruum paikneb aktiivsel mäeeraldisel, kus lääneosas on ligikaudu 14 hektarilt kivi ära kaevandatud ja siia jääb ~6 m sügavune karjäärisüvend, kus karjääri põhi jääb ~64 - 64,5 m abs kõrgusele (mäeeraldise lamamiks on 64,2 m abs kõrgus) (foto 2.1). Sügisese ja kevadise suurvee ajal on karjääri põhi üle ujutatud. Uuringuruumi keskosas on kohati katend eemaldatud, idaosas on mets raadatud (foto 2.2). Kaevandamata alal jäävad maapinna abs kõrgused 71,5 - 73 m tasemele. Uuringuruumi (mäeeraldise teenindusmaa) edelanurka jääb kuni ~13 m kõrgune katendi hunnik. Uuringuruumi teenindusosalale looduslikke veekogusid ei jää. Ligikaudu 4 km edelasse jäävad Prandi allikad, mis on Pärnu jõe vasakpoolse lisajõe, Prandi jõe, lähteks (joonis 2.1). Koigi küla läbiv Neeva kanal, mis suubub Prandi jõkke, jääb uuringuruumist samuti ~4 km kaugusele.



— Kareda dolomiidikarjäär

Joonis 2.1. Kareda uuringuruumi asukohaplaan. Kasutatud on Maa- ja Ruumiameti kaardirakendust.



Foto 2.1. Uuringuruumi lääneossa jääb tegutsev Kareda dolomiidikarjäär. Vaade Kareda karjäärile lõunast põhja suunas (foto T. Tuuling 29.08.2024; N 58°52'10" ja E 25°45'32").



Foto 2.2. Uuringuruumi idaosast on mets raadatud. Vaade kagust loodesse (foto T. Tuuling 29.08.2024; N 58°52'15" ja E 25°46'16").



Foto 2.3. Uuringuruumi lõunaserva jääv Kolga tee (foto T. Tuuling 29.08.2024; N 58°52'12" ja E 25°45'42").

Kareda uuringuruumi teenindusmaa piires pole muinsuskaitse ja looduskaitse üksikobjekte ning kaitsealasid. Uuringuruumi teenindusala loodepiiri lähedusse jääb vääriselupaik VEP nr.211607 (vana mets lamapuidu ja häiludega). Vääriselupaik on moodustatud olemas-olevale mäeeraldisele ja see on registrisse kantud 2022. a lõpus. Uuringuruumi teenindusala paikneb osaliselt kaitsmata põhjaveega alal (LTA1000314) ning täielikult Pandivere ja Adavere-Põltsamaa nitraaditundlikul alal (keskkonnaregistri kood LTA1000001). Kareda uuringuruumi teenindusala kattub täielikult riigikaitse ehitise Nurmsi õppevälja piiranguvööndiga. Riigi Kaitseinvesteeringute Keskus ei näinud geoloogilise uuringu teostamisel negatiivset mõju riigikaitse ehitise tööväimele (lisa 13). Kareda dolomiidikarjääri keskkonnaloa taotlemisel 2021. a andis Kaitseministeerium oma arvamuse kaevandamise kohta (lisa 14).

Kareda maardlas, mille pindala on 93,1 ha, on praegu arvel ehitisdolokivi aktiivset tarbevaru viies plokis (plokid 1, 4, 5, 6, 7) kokku 6440,45 tuh m³, sealhulgas Kareda dolomiidikarjääri mäeeraldisel 2750,45 m³ (pindala 77,62 ha, plokid 5 ja 6) (seisuga 31.12.2024). Maardla aktiivse reservaru kogus on 1277 tuh m³ (plokk 2, pindala 15,43 ha) ja ploki 3 prognoosvaru 319,65 ha pindalal on 28129 tuh m³.

3. GEOLOOGILINE UURITUS

1988. - 1990. a tegi TK "Eesti Geoloogia" Järvamaa lõunaosas, Kareda maardla piirkonnas, otsingu- ja otsinguhinnangutöid (Brutus, 1990, EGF 4420). Töö tulemusena arvutati killustiku tootmiseks sobiva dolokivi varu kahes plokis pindalaga 235,3 ha C₂ kategoorias 18,93 mln m³. Kahe ploki vahele jääval 167,3 hektarisel alal hinnati ehitusdolokivi prognoosseks varuks 14,2 mln m³. Tookord välja eraldatud prognoosvaru levikualale jääb ka Kareda maardla.

2002 - 2004. a tegi OÜ Eesti Geoloogiakeskus Kareda uuringualal dolokivi geoloogilise uuringu (Korbut jt., 2004, EGF 7585). Uuringualal pindalaga 77,67 ha puuriti 21 puurauku, sealhulgas 4 dubleerivat puurauku hüdrogeoloogilisteks katsetöödeks ja killustiku katsetusteks vajamineva proovikoguse saamiseks. Uuringuvõrgu tiheduseks kujunes ~200 × 200 m. Puuraukude keskmiseks sügavuseks oli 13,6 m. Kivimi füüsikalismehaanilisteks katseteks võeti 12 proovi viiest puuraugust. Kõigis proovides määrati kivimi mahumass, veeimavus ja survetugevus kuivalt. 8 proovis määrati täiendavalt kivimi tihedus, poorsus, külmakindlus ja survetugevus vees immutatult ja peale külmutamist. Kivimi katsed tehti Tallinna Tehnikaülikooli Katsekoja ehitusmaterjalide katselaboris GOST 9479-84 ja GOST 8269-87 nõuete kohaselt. Puursüdamikust valmistatud killustiku füüsikalismehaanilisteks katseteks võeti 37 proovi, kõigil neil määrati killustiku mahumass, veeimavus ja survetugevus silindris. 10 proovis määrati täiendavalt killustiku puistemahumass, savi- ja tolmuosakeste ning nõrkade kivimite sisaldus, külma-, kulumis- ja löögikindlus, terastikuline koostis, plaatjate ja nõeljate terade sisaldus (katsed tehti Tallinna Tehnikaülikooli Katsekoja ehitusmaterjalide katselaboris ja AS-i Teede Tehnokeskus laboris). Killustiku katsed tehti GOST 8269-87 nõuete kohaselt, plaatsustegur 8 proovil määrati EVS-EN 933-3 meetodika kohaselt ja 1 proovil, mis oli segatud kahe puuraugu erinevate intervallide kivimist, määrati purunemiskindlus Los Angelese katsel EVS-EN 1097-2 meetodika kohaselt. Kivimi ja sellest valmistatud killustiku füüsikalismehaanilisi omadusi iseloomustati küll eraldi ka litoloogiliste erimite kaupa, kuid lõplik hinnang maavarale anti kasuliku kihi keskmiste näitajatenä kogu maardlal, mille tulemusena hinnati Kareda maardla kivimit tervikuna kõrgemargiliseks, mille garanteeritud purustatavuse margiks oli „600” ja külmakindlus „25”. Purustatavuse markide sagedusjaotuste iseloomustamisel kasutati katsetulemusi, mis iseloomustasid vaid kõige kvaliteetsemat killustiku fraktsiooni – 10/20 mm. Kivimi keemilise koostise määramiseks võeti 19 proovi silikaatanalüüsiks. Keemiliselt koostiselt oli Kareda uuringualal tegemist kõrge MgO sisaldusega dolokiviga (MgO 17,81 - 21,40%, keskmiselt 19,19%), kuid väga ebaühtlaselt jaotunud lahustumatu jäägi sisalduse tõttu (1,12 - 13,92%, keskmiselt 5,96%) tehnoloogilise dolokivi varusid kinnitamiseks ei esitatud.

Maardla kuivendamise tingimusi hinnati väga raskeks, kuna vee juurdevool karjääri põhja- ja sadevete arvel võis arvutuslikult ulatuda kuni 85 tuh m³ ööpäevas. Veealanduse mõjuraadiuseks hinnati arvutuste kohaselt kuni 3,5 km. Varudest 50% jäi põhjavee tasemest allapoole. Uuringutöö tulemusel kinnitati keskkonnaministri 29.03.2005. a käskkirjaga nr 356 Kareda dolokivimaardlal kõrgemargilise ehitusdolokivi aktiivset tarbevaru 7184 tuh m³ 77,67 ha pindalal ja kõrgemargilise ehitusdolokivi aktiivset reservvaru 1277 tuh m³ 15,43 ha pindalal. Kasuliku kihi keskmine paksus tarbevaruplokis oli 9,25 m, millest 4,66 m jäi vee alla. Kattekihi paksus oli keskmiselt 2,92 m, mille moodustas valdavalt moreeni keskmise paksusega 2,03 m. Kasvukihi paksus oli keskmiselt 0,31 m ja kattekihi hulka arvati ka keskmiselt 0,58 m paksune murenenud dolokivikiht.

06.04.2009. a anti välja Keskkonnaameti Harju-Järva-Rapla regiooni poolt OÜ-le Vão Paas maavara kaevandamise luba L.MK/300504. Ehkki arendaja taotles kaevandamisluba kogu aktiivse tarbevaruna kinnitatud maavarale, anti keskkonnakaitselistel kaalutlustel luba kaevandamiseks vaid veepealse varu osas, võttes mäeeraldise alumiseks piiriks 64,0 m absoluutkõrguse (BK), mis oli 0,5 m kõrgemal põhjavee taseme keskmisest absoluutkõrgusest.

2009. a alustas OÜ Vão Paas kaevandamist Kareda dolomiidikarjääri mäeeraldiselt. Kaevandamise käigus selgus, et mäeeraldises lasuva kivimi füüsikalise-mehaanilised omadused ei ole sellised, mis garanteeriks kõrgemargilise ehituskivi olemasolu. Sellest tingitult hinnati 2010. a mäeeraldise lääne-edelaosas kivimi ja killustiku omadusi täiendavalt, võttes vaatluse alla ja analüüsid vaid veetasemest kõrgemale jääva kivimi ja sellest valmistatud killustiku katsete andmeid (Rammo jt., 2010, EGF 8190). Olemasolevast karjäärist ja kaevandist, mis rajati mäeeraldise lõunaossa, võeti täiendavad proovid killustiku füüsikalise-mehaanilisteks katseteks. Täiendavalt tehtud geofüüsikaliste uuringute abil interpreteeriti kivimite kvaliteeti puuraukude vahelisel alal. Töö tulemusel eraldati mäeeraldise lääne-edelaosa 12,46 ha suurusel alal madalamargilise ehitusdolokivi aktiivse tarbevaru plokk (5. plokk), mille varu, 718 tuh m³, kinnitati keskkonnaministri 01.06.2010. a käskkirjaga nr 789. Ploki 5 varu arvutati uuringuaegse (2004. a) veetasemeni, mitte mäeeraldise lamamiks oleva 64,0 m absoluutkõrguseni (BK) (64,2 m EH2000). Seega ei jäänud tookord plokk 5 kogumahu mäeeraldisse. Praeguseks on mäeeraldise lamamist sügavamale jäänud ploki 5 osa võetud arvele ploki 7 koosseisus.

Kuna senine kaevandamine ja toodangu katsete andmed ei viidanud kivimi kvaliteedi paranemisele ida-kagu suunas, palus arendaja OÜ-l Eesti Geoloogiakeskus täiendavalt hinnata eraldi ainult mäeeraldises lasuva (kuni 64,0 m absoluutkõrguseni BK; 64,2 m EH2000) maavara kvaliteeti 1. ploki piires (Tuuling, 2014, EGF 8383). Proovide võtmiseks puuriti mäeeraldisse 4 puurauku. Selleks, et killustiku omadused oleksid võrreldavad ka varasema uuringuga, määrati puursüdamikust valmistatud killustikul lisaks purunemiskindlusele Los Angelese katsel ka killustiku purustatavus GOST-i nõuetest lähtuvalt. Katsete tulemused kinnitasid, et Kareda maardla ülaosas lasuva dolokivi puhul ei ole garanteeritud kõrgemargilise ehituskivi olemasolu – Kareda dolomiidikarjääri mäeeraldise piiresse jääva 1. ploki dolokivi ja temast valmistatud killustik olid madalamargilised, garanteeritud survetugevusega „400” ja külmakindlusega „25”. Töö tulemusel moodustati mäeeraldise piires madalamargilise ehitusdolokivi plokk (6. plokk) pindalaga 65,16 ha ja varuga 2801 tuh m³, mille varu kinnitati keskkonnaministri 11.11.2014. a käskkirjaga nr 858. Los Angelese katsel (EVS-EN 1097) määratud killustiku purunemiskindlusel oli kaalukadu 41 - 46%, mille põhjal klassifitseeruks maavara praegu kehtiva määru nr 52 kohaselt täitedolokiviks.

Seisuga 31.12.2024. a on Kareda dolomiidikarjääri mäeeraldise jääkvaru 2750,45 m³.

4. UURINGUMETOODIKA JA MAHUD

4.1. Uuringumetoodika

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“.

Uuringu ehk puuraukude sügavuse planeerimisel oli arvestatud sellega, et tulevikus hakkaks kaevandamine toimuma veetasel alandamata ehk ~6 m olemasoleva mäeeraldise lamamist sügavamal. Selleks, et oleks rohkem informatsiooni ka potentsiaalse tulevase mäeeraldise lamamiks olevate kivimite kohta, planeeriti uuringu sügavuseks horisontaaltasapind ligikaudu abs kõrgusel 57 m. Sellest tulenevalt kujunes puuraukude sügavuseks maksimaalselt kuni 15,8 m. Lubatud oli rajada kuni 10 puurauku sügavusega kuni 16 m.

4.2. Välitööd

Puurimistööd tegi OÜ Inseneribüroo STEIGER. Puuraugud rajati 2024. a juunis puurpingiga Fraste Multidrill PL.G trosstõmbega südamikpuurimise meetodil topelt või kolmekordse toruga (nn *triple barrel wireline method*) (foto 4.1).

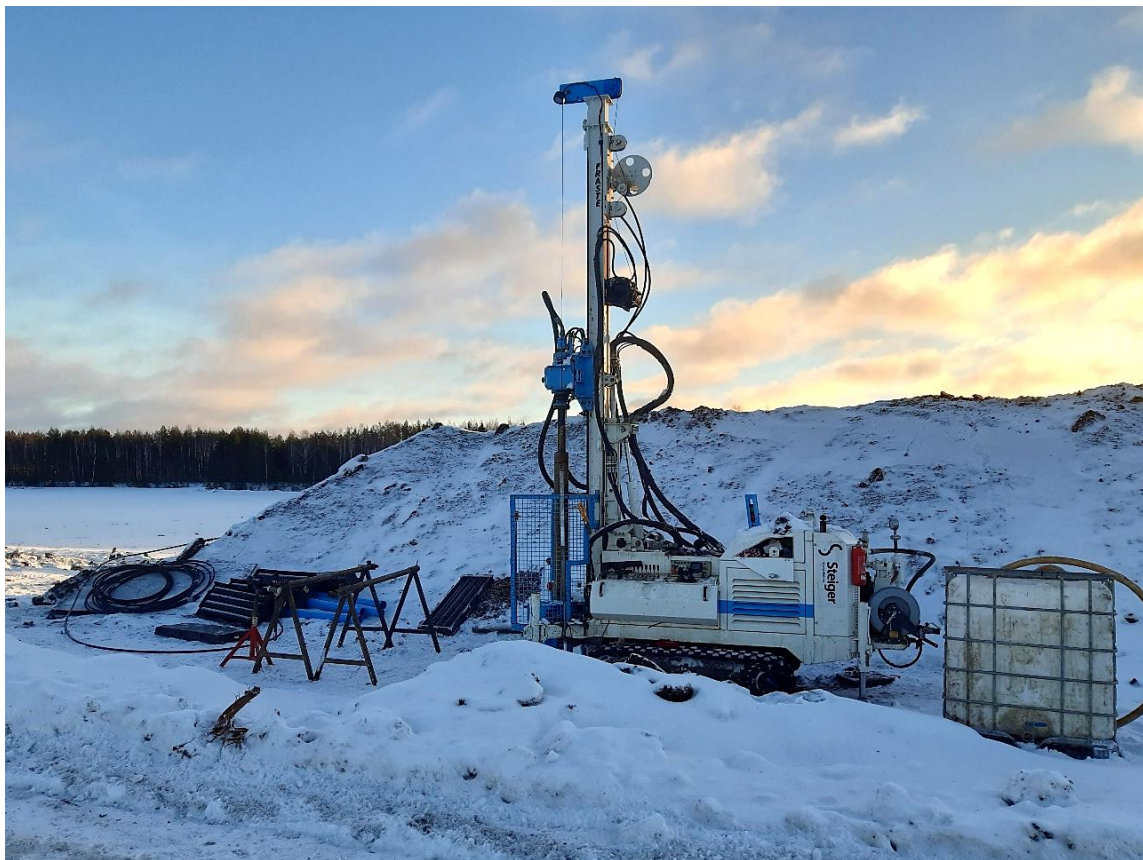


Foto 4.1. Puuraugud puuriti puurpingiga Fraste Multidrill PL.G. Puurtööd Rae uuringuruumis 2024. a jaanuaris (Foto T. Tuuling, 09.01.2024, N 59°23'53", E 24°54'16").

Tegemist on kõige kõrgemat kvaliteeti võimaldava puurimismeetodiga, mis tagab südamiku kõrge väljatuleku. Võrreldes varasemate uuringutega, kus kivimi lõhelisusest ja karstumisest tingitult oli puursüdamiku väljatulek madal, oli seekord puursüdamiku väljatulek kasuliku kihi osas kõrge – 86 - 100%, keskmiselt 95% (lisa 4). Puurotsiku jahutamiseks ja puurtolmu väljatoomiseks kasutati vett. Puurimise diameeter kvaternaarisetetes oli 144 mm ja karbonaatkivimites 123 mm. Puuraugu püsivuse tagamiseks ja purdsetete sissevarisemise vältimiseks puuraugud kvaternaarisetete osas manteldati. Kokku puuriti 6 puurauku sügavusega 8,2 - 15,8 m (kokku 82,7 m).

Puuraukudes mõõdeti veetasemed vahetult peale puurimist ning enne likvideerimist 26. ja 27.06.2024. Puurauk PA-3/24, millest tehti katsepumpamist likvideeriti 08.11.2024. a. Puuraukude vett andev osa täideti killustikuga ning ülejäänud osa täideti savigraanulitega. Puuraukudest on manteltorud eemaldatud. Maapind tasandati, korrastati ning taastati uuringueelne seisund. Puuraukude likvideerimise kohta koostati akt (lisa 15), mille on heaks kiitnud Keskkonnaamet oma 17.12.2024. a korraldusega nr DM-130164-4 (lisa 16). Kareda uuringuruumis jäeti hüdrogeoloogilisteks vaatlusteks avatuks 1 hüdrogeoloogiline uuringupuurauk PA-1/24. Antud puurauku on jäetud manteltoru, mis on pealt suletud kaanega. Vahetult enne uuringuloa lõppemist otsustatakse, kas puurauk likvideeritakse või jäetakse see pikemaajaliseks seireks. Juhul kui otsustatakse puurauk likvideerida, tehakse seda nõuetekohaselt, mille kohta koostatakse akt ja esitatakse heakskiitmiseks Keskkonnaametile või siis võtetakse puurkaev arvele EELISes.

4.3. Puursüdamiku kirjeldamine ja laboratoorsed tööd

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

Laboriuuringud kivimi füüsikalise-mehaaniliste omaduste selgitamiseks tehti OÜ Inseneribüroo STEIGER laboratooriumis. Laboritööde puhul tehti keskkonnaministri 17.12.2018. a määruses nr 52 ettenähtud katsed: 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. Ühest puuraugust võeti reeglina 4 proovi. Proovide võtmisel ei lähtunud kivimi litoloogiast, vaid olemasoleva ja potentsiaalse mäeeraldise piiridest, võttes kummagi läbilõikest 2 proovi jaotades kasuliku kihi füüsiliselt pooleks. Kokku võeti 20 proovi killustiku purunemis- ja külmakindluse määramiseks. Proovimise intervallid jäid 1,9 - 3,8 m vahemikku, keskmine proovi pikkus oli 3,1 m. Katsete jaoks vajamineva fraktsiooni saamiseks purustati puursüdamikust võetud proovid eelnevalt laboratoorses lõugpurustis Teede Tehnokeskuse laboris. Killustiku purunemiskindlus LA katsel määrati fr 10/14 mm ja külmakindlus fr 8/16 mm. Katsete tulemused on toodud lisa 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. Tsükkel koosneb vees külmutamisest temperatuuril -17,5 °C ja seejärel veevannis sulatamisest temperatuuril +20 °C. Terade tihedus ja veeimavus määrati

püknomeetri meetodil. Püknomeetrit (klaaskolvi) vee ja sõelutud materjaliga hoitakse 24 tundi veevannis temperatuuril 22°C, mille järel materjal kuivatatakse ja kaalutakse.

Kivimi keemilise koostise määramiseks võeti 6 proovi ainult 1 puuraugust, milles määrati CaO, MgO ja 10% soolhappes lahustumatu jääk. Proovimise intervallid jäid 0,8 - 2,6 m vahemikku, keskmine proovipikkus oli 1,8 m. Kivimi keemilised analüüsid tehti Teede Tehnokeskuse laboratooriumis ja analüüside tulemused on toodud tekstilisas 7. Lisaks kasutati ka uuringualale jääva kolme varasema uuringu puuraugu andmeid.

4.4. Hüdrogeoloogilised tööd

Hüdrogeoloogilistest töödest teostati veetasemete mõõtmised rajatud puuraukudes. Veetasemed mõõdeti juunis vahetult peale puuraugu puurimist ning enne likvideerimist 26. ja 27.06.2024. a. Kivimite hüdrogeoloogiliste omaduste kohta täiendava informatsiooni saamiseks tehti katsepumpamine kahest puuraugust (PA-3/24 ja PA-1/24).

Uuringuruumist väljapoole, olemasolevast karjäärist ligikaudu 500 m lääne-kagu suunas puuriti põhjavee seireks 1 puurkaev, mille rajamisel lähtuti Ehitusseadustikus esitatud nõuetest. Lisaks jäeti põhjavee seireks ka üks karjääri teenindusmaale rajatud geoloogilise uuringu puurauk (PA-1/24). Vahetult enne uuringuloa lõppemist otsustatakse, kas puurauk likvideeritakse või jäetakse see pikemaajaliseks seireks. Seireks jäetud puuraugul mantlitagune osa isoleeriti saviga ja manteltoru kaeti kaanega.

4.5. Topograafilised tööd

Instrumentaalselt mõõdistati puuraukude asukohad ja suudmete abs kõrgused. Uuringuala topograafilist mõõdistust ei tehtud, kasutati markšeiderimõõdistuste andmeid. 01.07.2024. a markšeiderimõõdistuse topograafilise mõõdistamise seletuskiri on esitatud lisas 12. Alal, kus mäetöid pole teostatud, kasutati 2014. a uuringu graafilisi materjale (Tuuling, 2014, EGF 8383).

4.6. Kameraaltööd

Kameraaltööde käigus töötati läbi geoloogilise uuringu käigus saadud välitöö ja laboriandmed. Saamaks täiendavat informatsiooni uuringuruumi ja selle lähiümbruse geoloogilisest ehitusest, töötati läbi ka varasemad geoloogiliste uuringute aruanded. Puuraugud, mida kasutati piirkonna geoloogilise ehituse iseloomustamisel ja kolme-mõõtmelise mudeli koostamisel, on esitatud puuraukude kataloogis (lisa 2).

Geoloogilise uuringu tegemisel lähtuti keskkonnaministri 17.12.2018. a määrusest nr 52. Karbonaatkivim võetakse arvele kõrgemargilise ehitusdolokivina, kui sellest valmistatud killustiku purunemiskindluse kategooria Los Angelese katsel on 30 või väiksem ja külmakindluse kategooria kuni F₂ ning madalamargilise ehitusdolokivina, kui purunemiskindluse kategooria on Los Angelese katsel 31 - 35 ning külmakindluse kategooria kuni F₄ ning keemilise koostise järgi ei vasta kivim tehnoloogilise karbonaatkivimile esitavatele nõuetele.

4.7. Geoloogiliste tööde mõju keskkonnale

Kareda 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 tehti mäetööstusmaal, kehtival mäeeraldisel, kus toimub kaevandamine alates 2009. a. Tootsa kihi eelnev kobestamine toimub puur-lõhketöödega, karjääris paiknevas mobiilses purustus-sorteerimissõlmes kivi purustatakse ning sõelutakse erinevatesse fraktsioonidesse. Seega toimuvad mäetööde põhiprotsessid seal juba ligikaudu 15 aastat. Uuringuks vajalikud puurtööd, mis toimusid lühiajaliselt 3 - 4 päeva, ei põhjustanud täiendavat müra või õhusaastet. Puuraugud rajati spetsiaalselt selleks ettenähtud, tehniliselt korras agregaatidega. Kütuse ega õli mahajooksu ei olnud. Puurotsiku jahutamiseks ja puurtolmu väljatoomiseks kasutati vett. Kattekiht isoleeriti manteltorudega. Pärast puurimise lõppu puuraugud likvideeriti nõuetekohaselt ja taastati uuringueelne seisund. Koostati puuraukude likvideerimisakt. Geoloogilise uuringu puurauk (PA-1/24) jäeti kuni uuringuloa kehtivuseni seireks. Selle mantlitagune osa isoleeriti saviga ja manteltoru kaeti kaanega. Geoloogiliste töödega olulist mõju keskkonnale ei avaldatud.

5. GEOLOOGILINE EHITUS

Kareda dolokivimaardla/uuringuruum paikneb Pandivere kõrgustiku edelanõlval, kus valdavaks pinnavormiks on suhteliselt tasane lainjas moreentasandik. Kareda maardla pinnakatte moodustavad kvaternaarisetted, mis on esindatud ebaühtlaselt veeriseid ja munakaid sisaldava pruunikashalli liivsavi-, saviliivmoreeniga (Q1jr_g) ja ka rähkse lokaalmoreeniga (foto 5.1). Uuringuruumi läänepoolisel alal paikneb karjäärisüvend, kus kvaternaarisetteid enam ei ole, samuti on kvaternaarisetted dolokivilt ära kooritud uuringu-ala keskosas. Uuringuruumi idaosas, kus katend on veel koorimata, ulatub kvaternaarisetete paksus kirdenurgas ligikaudu 4 meetrini (puurauk 1-13), vähenedes edela-lõuna suunas 1 meetrini (PA-5/24). Kasvukihi paksus on 0,2 - 0,4 m, keskmiselt 0,3 m. Kvaternaarisetete lamam, samas aluspõhja pealispind on küllaltki ebatasane, jäädes ~67 m absoluutkõrgusele uuringuruumi kirdeosas ning ulatudes 71,5 meetrini uuringuruumi kaguosas, puuraugu PA-5/24 piirkonnas. Aluspõhja reljeefi tõus peegeldub siin ka maapinna reljeefis.



Foto 5.1. Kvaternaarisetted on esindatud ebaühtlaselt veeriseid ja munakaid sisaldava pruunikashalli liivsavimoreeniga ja ka rähkse lokaalmoreeniga (PA-4/24).

Kareda maardla paikneb Alam-Siluri karbonaatkivimite avamusalal. Raikküla lademe kivimid Kesk-Eestis on kujunenud fatsiaalselt muutlikes tingimustes, iseloomulik on mudaliste ja teraliste lubjakivide tsükliline vaheldumine. Sageli on kivim tugevalt ümber kristalliseerunud, nagu ka Kareda maardlas, kus uuritud paksuses lasuvad valdavalt kõrge MgO sisaldusega dolokivid. Dolomiidistumise käigus on muutunud kivimi struktuur ja tekstuur ning on tekkinud dolokivile iseloomulik kavernoossus ja poorsus.

Kareda maardla kasulikuks kihiks on Raikküla lademe Raikküla kihistu (S1rk) dolokivid. Käesoleva töö käigus detailsemat stratigraafilist liigestust ei tehtud, kuid varasemate uuringute käigus on Kareda maardla kasulikku kihti moodustavad kivimid arvatud Mõhküla ja Imavere kihtide koosseisu kuuluvaks.

Uuringuruumi/maardla läbilõike ülaosa moodustab valkjasbeež peenekristalliline, peene-teraline, keskmise- kuni paksukihiline dolokivi, milles esinevad 10 - 15 cm paksused kavernoossed ja poorsed vahekihid, mis on algselt olnud lausdetriitsed/biomorfsed (fotod 5.2; 5.3). Kirjeldatud kompleksi paksus on 1,9 - 4,6 m, keskmiselt 3,7 m, olles paksem uuringuruumi lõunaosas. Selle all lasub hallikaskollane/sinakashall mikrokristalliline kuni afaniitne savikas dolokivi, tekstuurilt valdavalt keskmisekihiline, kihid on plaatjad,

kihipinnad tasased. Jälgitav on vöödilis-peenekihiline tekstuur, kus vahelduvad mõne mm paksused heledamad ja tumedamad dolokivikihid (fotod 5.2; 5.6). Kompleksi paksus on 1,5 - 2,6 m, keskmiselt 2,0 m. Mõlemas kirjeldatud kompleksis esineb kohati mõne sentimeetri paksusi ränimugulaid ja -vahekihte. Varasemates maardla detailuuringute aruannetes on neid kahte kihti kirjeldatud ühe kompleksina. Kuna aga mikrokristallilise dolokivi kihti oli võimalik välja eraldada kõigis puuraukudes ning see on jälgitav ka karjääri seinas, olles väljapeetud leviku ja paksusega kogu uuringuruumi piires, on see käesolevas uuringus kirjeldustes ja geoloogilistel läbilõigetel eraldi välja toodud.



Foto 5.2. Uuringuruumi läbilõike ülaosas lasub keskmiselt 3,4 m paksuselt valkjashall peenekristalliline peeneteraline dolokivi (fotol int 2,2 - 3,25 m) ja selle all keskmiselt 2 m paksuselt beežikas afaniitne dolokivi (int 3,25 - 4,05 m).



Foto 5.3. Läbilõike ülemine osa karjääri seinas – valkjasbeež peenekristalliline, peeneteraline, keskmise- kuni paksukihiline dolokivi, milles esinevad kavernoossed ja poorsed vahekihid (foto T. Tuuling okt.2013; N 58°52'16" ja E 25°45'27").



Foto 5.4. Afaniitne savikas dolokivi (foto T. Tuuling okt.2013; N 58°52'18" ja E 25°45'26").



Foto 5.5. Läbilõige karjääri seinast, kus ~5 m kõrguses seinas paljanduvad ~2,0 m paksuselt peenekristalliline-peeneteraline kavernoossete vahekihtidega dolokivi, selle all ~1,5 m paksuselt afaniitne dolokivi ning ~1,5 m paksuselt bretšalaadse tekstuuriga dolokivi (foto T. Tuuling 29.08.2024; N 58°52'22" ja E 25°45'29").

Afaniitse dolokivi lamam jääb ligikaudu 66 m abs kõrgusele uuringuruumi põhjaosas, langedes edelas-lõunas 61,6 meetrini puuraugus PA-1/24. Kaks eespoolkirjeldatud kompleksi moodustavad kasuliku kihi peamiselt olemasolevas mäeeraldises ning kirjeldatud kihid paljanduvad ka karjääri seinas (foto 5.5). Karjääri põhjaosas paljandub afaniitse dolokivi all ka ~1 m paksuselt tumedam hall või ka kollakashall bretšalaadse ilmega dolokivi (fotod 5.5; 5.6; 5.7), kus halli peitkristallilise dolokivi tükid ja rohked dolomiidistunud faunajäänused on tsementeeritud peenekristallilise dolomiidiga. Kivim on ebaselge tekstuuriga, kihilisus puudub, mis arendaja andmeil raskendab kaevandamisel mäeeraldise alumise piiri järgimist. Kivim on ebaühtlaselt kavernoosne – kohati paljandub seinas tihe, kavernideta kivim, samas on puursüdamikus (ja ka karjääriseinas) küllalt sagedased rohkete suurte kavernidega intervallid. Reeglina on kavernoossem läbilõike ülemine pool. Kompleksi ülemisele poolele on iseloomulikud ka püriidistunud mudasööjakäigud (fotod 5.6; 5.8).



Foto 5.6. Bretšalaadse ilmega kavernide ja mudasööjakäikudega dolokivi puuraugus PA-3/24 (int 4,9 - 6,0 m), mille lasumis on afaniitne peenekihilise tekstuuriga plaatjas savikas dolokivi.



Foto 5.7. Bretšalaadne dolokivi karjääri seinas (foto T. Tuuling okt. 2013; N 58°52'18" ja E 25°45'25").



Foto 5.8. Bretšalaadse dolokivi ülemises pooles esinevad sageli mudasööjate käigud, mis on randitud püriitse impregnatsiooniga (vasakul kihi horisontaaltasapinnal, paremal läbilõikes).

Kui bretšalaadse dolokivi kompleksi ülemine piir on terav, siis alumine piir on üleminekuline, kus bretšalaadne dolokivi läheb sujuvalt üle peeneteraliseks dolokiviks, milles esineb kavernoosseid vahekihte (sarnane eespoolkirjeldatud 1. kompleksiga). Läbilõike alumise osa moodustab jällegi afaniitne peenekihtiline tekstuuriga dolokivi (foto 5.9). Seega vahelduvad maardla läbilõikes tsükliliselt afaniitsed, peenekristallilised, peeneteralised, biomorfed/biohermsed dolokivid.

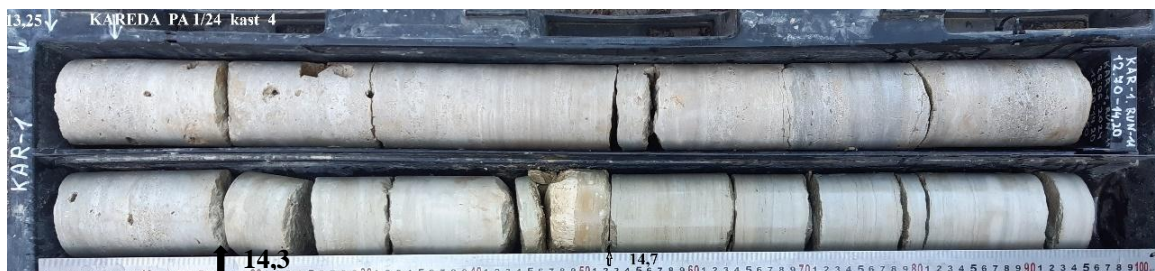


Foto 5.9. Uuringuruumi läbilõike allosas lasub jällegi afaniitne peenekihtiline dolokivi

Uuringuruumi lõunaosas lasub peenekristallilisel, peeneteralisel dolokivil kuni ~2,7 m paksuselt biohermne dolokivi: kollakashall, suurte kavernidega ja väga kavernoosne dolokivi (fotod 5.10; 5.11). Lasudes vahetult kvaternaarisetete all, on ta murenemisprotsessidest mõjutatult porsunud ja muutunud pudedaks, ning arvatud seepärast enamasti kattekihi hulka (nn kaljukatend).



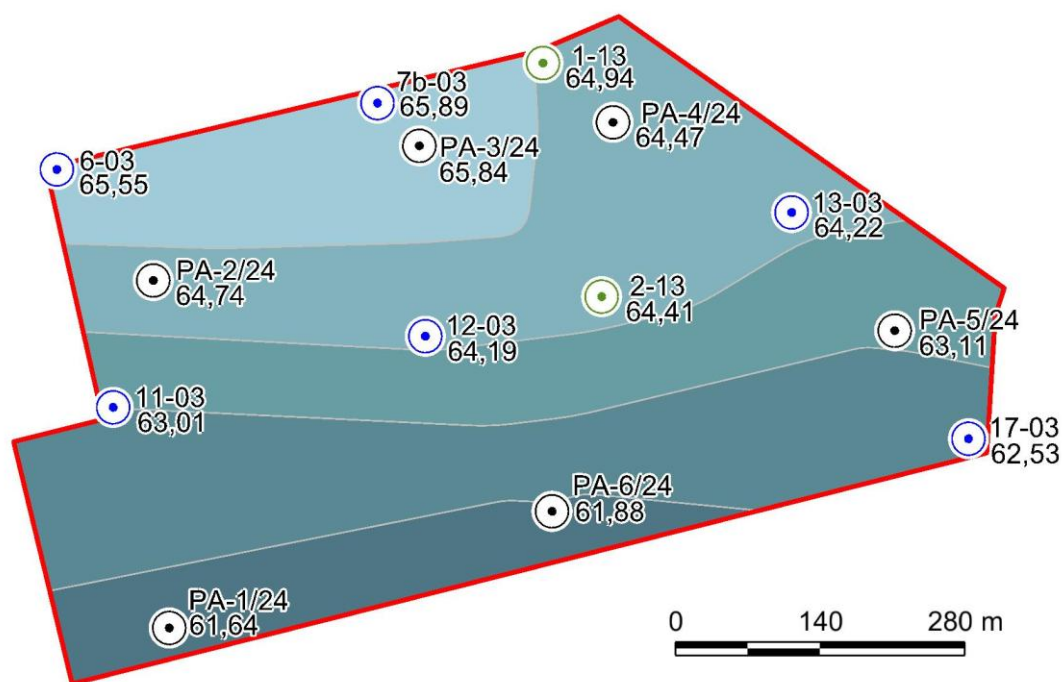
Foto 5.10. Porsunud ja murenenud biohermne dolokivi karjääri lõunaosas



Foto 5.11. Biohermne dolokivi puuraugus PA-5/24.

Puursüdamike detailne geoloogiline kirjeldus ja fotod on toodud tekstilisas 4 ning geoloogilised läbilõiked graafilisel lisal 2.

Alljärgnevalt on iseloomustatud kihtide lasumust bretšalaadse dolokivi lasumi põhjal (joonis 5.1). Kihtide lasumus järgib üldjoontes Eesti aluspõhja geoloogilise ehituse põhi-jooni, kus aluspõhjakivimid on väikese lõunasuunalise kallakuga. Kui reeglina on kihtide langus 1 kilomeetri kohta 2 - 4,4 m, siis Karedas on kallakus veidi suurem – üksteisest 400 m kaugusel olevates puuraukudes on kihtide langus lõunasse ~4 m.



Bretšalaadse dolokivi lasumi abs kõrgus, m

	61,0 - 62,0
	62,0 - 63,0
	63,0 - 64,0
	64,0 - 65,0
	65,0 - 66,0

- uuringuruumi piir
- PA-1/24 puuraugu asukoht, nr ja
61,64 bretšalaadse dolokivi lasumi abs kõrgus, m
- 2003. a uuringu puurauk
- 2013. a uuringu puurauk
- 2024. a uuringu puurauk

Joonis 5.1. Bretšalaadse dolokivi lasumi reljeef.

Kivim puursüdamikus oli lõheline ja purustatud (foto 5.12). Kohati oli puursüdamiku väljatulek madalam, kus puurijad kirjeldasid puurkolonni takistuseta kukkumist (nt

PA-1/24 intervallis 8,2 - 9,7 m; PA-4/24 int 5,7 - 7,5 m). Samuti oli karjääri seinas näha kivimite karstumist (foto 5.13).



Foto 5.12. Vertikaalsetest lõhedest läbitud kivim puuraugus PA-5/24.



Foto 5.13. Karstinähtused karjääri seinas (foto T. Tuuling 29.08.2024; N 58°52'20" ja E 25°45'35").

6. MAAVARA KVALITEET

Käesoleva töö eesmärgiks oli hinnata Kareda dolokivimaardla, sealhulgas olemasoleva mäeeraldise kivimi kvaliteeti keskkonnaministri 17.12.2018. a määruse nr 52 nõuete kohaselt. Kvaliteeti hinnati ümber maardla ja mäeeraldise lääneosas, Kareda uuringuruumi piires. 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 külmaskindlus määrati EVS-EN 1367-1 standardi järgi. Labori katseprotokollid on esitatud lisas 5. Andmed on koondatud proovide kataloogi (lisa 3).

Nagu meetoodika peatükis kirjeldatud, siis proovide võtmisel ei lähtunud kivimi litoloogiast vaid olemasoleva ja potentsiaalse mäeeraldise piiridest, võttes kummagi läbilõikest 2 proovi, jaotades kasuliku kihi füüsiliselt pooleks. Kokku võeti 20 proovi killustiku purunemis- ja külmaskindluse määramiseks.

Olemasoleva mäeeraldise kasuliku kihi moodustavad valdavalt kaks ülemist kivimkompleksi: peenekristalliline, peeneteraline kavernoossete vahekihtidega dolokivi ja afaniitne dolokivi. Geoloogilisest ehitusest tingitult, kus kihid langevad lõuna suunas, on antud kompleks uuringuruumi lõunaosas oluliselt sügavamal ja afaniitne dolokivi jääb seal juba olemasoleva mäeeraldise lamamisse.

Iseloomustades olemasoleva mäeeraldise (**plokk 8**) kivimi kvaliteeti, siis killustiku purunemiskindlus Los Angelese katsel on väga muutlik, kus purunemiskindluse tegur jääb LA32 ja LA50 vahele, olles valdavalt suurem kui LA40 (62% proovidest). Keskmise purunemiskindluse tegur on LA42, vastates purunemiskindluse kategooriale LA45 (lisa 6). Olemasoleva mäeeraldise kivimi kvaliteeti detailsemalt analüüsides, on madalama purunemiskindlusega näitajad uuringuruumi põhjaosas lasuval kivimil, kus puuraugus PA-3/24 moodustavad kasuliku kihi nii peenekristalliline, afaniitne kui ka bretšalaadne dolokivi. Kaalukadu purunemiskindluse katsel on siin 48% ja 41%, kusjuures LA48 iseloomustab peenekristallilise, peeneteralise dolokivi purunemiskindlust (proov 3/24-1), LA41 aga afaniitset ja bretšalaadset dolokivi koos proovituna. Ka puuraugus PA-4/24 iseloomustab proov 4/24-1 ainult peeneteralise dolokivi purunemiskindlust (LA41) ja proov 4/24-2 afaniitse dolokivi purunemiskindlust (LA50). Uuringuruumi lõunaossa jääva puuraugu PA-6/24 proovid, mis iseloomustavad olemasolevat mäeeraldist, on mõlemad võetud peeneteralisest dolokivist – purunemiskindlus on LA32 ja LA37. Ehkki proove litoloogiliste erimite lõikes ei võetud, siis vaadates seda, milline kivimkompleks moodustas proovist põhilise osa, võiks litoloogiliste erimite kvaliteeti ka eraldi hinnata. Kuid vaadates laboriandmeid, siis purunemiskindlus on ühe erimi lõikes väga muutlik ja selget kvaliteedi erinevust ei ole siin litoloogiliste erimite puhul võimalik välja tuua. Suur erinevus kivimi kvaliteedis võib olla tingitud ka sekundaarsetest protsessidest (karstumisest, leostumisest).

Kui purunemiskindluselt on kivim väga muutlik, siis külmaskindluselt on kivim stabiilselt hea, jäädes reeglina alla 1% (0,2 - 1,8%, keskmiselt 0,7%), vastates külmaskindluse kategooriale F1 (lisa 6). Kui siin iseloomustada eraldi litoloogilisi erimeid, võib välja tuua afaniitse dolokivi veidi madalamat külmaskindlust (1,8% proovil 4/24-2), mis tõenäoliselt on seotud ka lahustumatu jäägi suurema sisaldusega.

Samuti on muutlik olemasoleva mäeeraldise lamamisse (**plokk 9**) jääva kivimi purunemiskindlus, jäädes LA31 - LA45 vahemikku, keskmiselt LA38, vastates purunemiskindluse kategooriale LA40 (lisa 6). Võrreldes lasuva plokiga 8, on ploki 9 kivim kvaliteetsem ja

kvaliteedilt ühtlasem – 75% proovidest on purunemiskindlus alla LA40. Püüdes ka siin litoloogiliste erimite lõikes purunemiskindlust iseloomustada, siis proovide 2/24-1, 3/24-3, 4/24-3, 5/24-4, 6/24-4 ja 1/24-4 andmeil, mis koosnevad valdavalt bretšalaadsest dolokivist, on purunemiskindlus LA31 - LA45, keskmiselt LA37. Bretšalaadse dolokivi lamamissse jäävat kivimit iseloomustab 3 proovi (2/24-2, 3/24-4 ja 4/24-4), mille andmeil on kivimi purunemiskindlus LA38 - LA42 (keskmiselt LA39). Seega litoloogiliste erimite lõikes on purunemiskindlus küllaltki sarnane. Pigem võiks siin välja tuua erinevuse pindalaliselt, kus uuringuruumi edelanurka jääva puuraugu PA-1/24 purunemiskindluse näitajad (LA45 ja LA42) olid mõnevõrra kehvemad ülejäänutest.

Sarnaselt plokiga 8 on ka plokis 9 kivimi külmakindluse näitajad väga head. Kaalukadu külmutamisel-sulatamisel oli 0,4 - 1,8%, keskmiselt 0,9%, vastates külmakindluse kategooriale F1.

Ehkki mõlema ploki kivim vastab määruse nr 52 alusel kvaliteedilt täitedolokivi nõuetele, siis võib esile tuua ploki 9 mõnevõrra paremat kvaliteeti. Moodustatud plokkide füüsikalise-mehaaniliste omaduste kaalutud keskmiste näitajate arvutus on esitatud lisas 6 ja koondatud tabelisse 6.1.

Tabel 6.1. Killustiku füüsikalise-mehaaniliste näitajate koondtabel plokkide lõikes

Plokk	Maavara	LA tegur	LA kateg	Külmakindlus F, %	F kateg
Plokk 8	täitedolokivi	32-50/42	45	0,2-1,8/0,7	F1
Plokk 9	täitedolokivi	31-45/38	40	0,4-1,8/0,9	F1

Käesoleva uuringu käigus võeti täiendavad proovid kivimi keemilise koostise määranguteks vaid ühest puuraugust (PA-6/24). Täiendavalt on kasutaud 2004. a uuringu andmeid (Korbut jt, 2004), kus kolmest puuraugust võetud proovid iseloomustavad ka käesoleva uuringu objekti. Proovid keemiliseks analüüsiks võeti litoloogiliste erimite lõikes. Labori protokoll analüüsides tulemustega on esitatud lisas 7 ja kivimi keemilise koostise arvutused litoloogiliste erimite ja plokkide lõikes on esitatud lisades 8 ja 9.

Kuna uuringuruumi läbilõike moodustavad erinevad litokompleksid, on uuringuruumi kivim keemiliselt koostiselt vertikaalses läbilõikes muutlik, eriti lahustumatu jäägi sisalduse osas (tabel 6.2). Üldiselt võib öelda, et keemiliselt koostiselt on Kareda uuringuruumis (ja ka maardlas tervikuna) tegemist kõrge MgO sisaldusega dolokiviga, milles on ebaühtlaselt jaotunud terrigeensed lisandid. Terrigeensete lisandite sisaldus jääb vahemikku 1,86 - 13,97%. Keemiliselt puhtam ja suurema lahustumatu jäägi sisaldusega dolokivid lasuvad läbilõikes vaheldumisi, kus puhtamad on läbilõike ülaosas lasuv peenekristalliline, peeneteraline dolokivi ja keskel lasuv bretšalaadne dolokivi. Ebaühtlase keemilise koostise tõttu on Kareda dolokivimaardla kivim arvele võetud ehituskivina ning tehnoloogilise dolokivina huvi ei paku.

Kivimi keemiline koostis litoloogiliste erimite lõikes ja varuplokkides on koondatud alljärgnevasse tabelisse 6.2.

Tabel 6.2. Kivimi keemilise koostise koondtabel

Litol. erim	CaO, %			MgO, %			Lahustumatu jääk, %		
	min	max	keskm	min	max	keskm	min	max	keskm
peenekristalliline, peeneteraline	27,14	30,27	29,44	19,00	21,40	20,54	2,20	10,08	3,77
afaniitne	25,67	30,22	27,02	17,77	21,06	18,61	1,86	13,97	10,98
bretšalaadne	28,52	30,22	29,48	18,91	21,06	20,33	1,86	6,64	3,74
peenekristalliline kuni afaniitne	27,67	29,20	28,27	18,12	20,14	19,53	3,80	9,87	6,98
Plokk 8 (täitedolokivi)									
	27,14	29,86	28,97	19,00	21,40	20,26	2,20	10,08	4,96
Plokk 9 (täitedolokivi)									
	26,67	30,27	29,07	17,77	21,06	19,89	1,86	13,29	5,18

Kareda uuringuruumis lasuv dolokivi esitatakse kinnitamiseks täitedolokivina kahes plokis: olemasoleva mäeeraldise piires (plokk 8) on maavara kasutuselaks täitedolokivi, mille kaalukadu purunemiskindluse katsel LA meetodil on 42%, vastates kategooriale LA45 ja kaalukadu külmakindluskatsel 0,7%, vastates kategooriale F1 ning plokis 9 (plokki 8 lamamis) täitedolokivi, mille kaalukadu purunemiskindluse katsel LA meetodil on 38%, vastates kategooriale LA40 ja kaalukadu külmakindluskatsel 0,9%, vastates kategooriale F1.

7. HÜDROGEOLOOGILISED TINGIMUSED

7.1. Piirkonna hüdrogeoloogiline iseloomustus

Kareda uuringuruumi pinnakatte moodustavad vähese veeandvusega liivsavimoreen ja rähkne lokaalmoreen paksuses ~1 - 4 m. Uuringuruumi ümbruses laiemalt on kvaternaarisetete paksus keskmiselt ligikaudu 2 m (Eesti Geoloogiateenistuse 1 : 50 000 geoloogiline kaart). Tulenevalt pinnakatte filtratsiooniomadustest ja paksusest, ei moodusta see eraldiseisvat väljapeetud veekihti, vaid käitub pigem aeratsioonivööna lamavale Siluri-Ordoviitsiumi veekompleksile (Korbut jt, 2004). Sõltuvalt sademetest ja lumesulaveest võivad kvaternaarisetted olla ka veerikkad. Piirkonna salvkaevud saavad toituda kvaternaarisetetest vaid kohtades, kus pinnakate on keskmisest paksem.

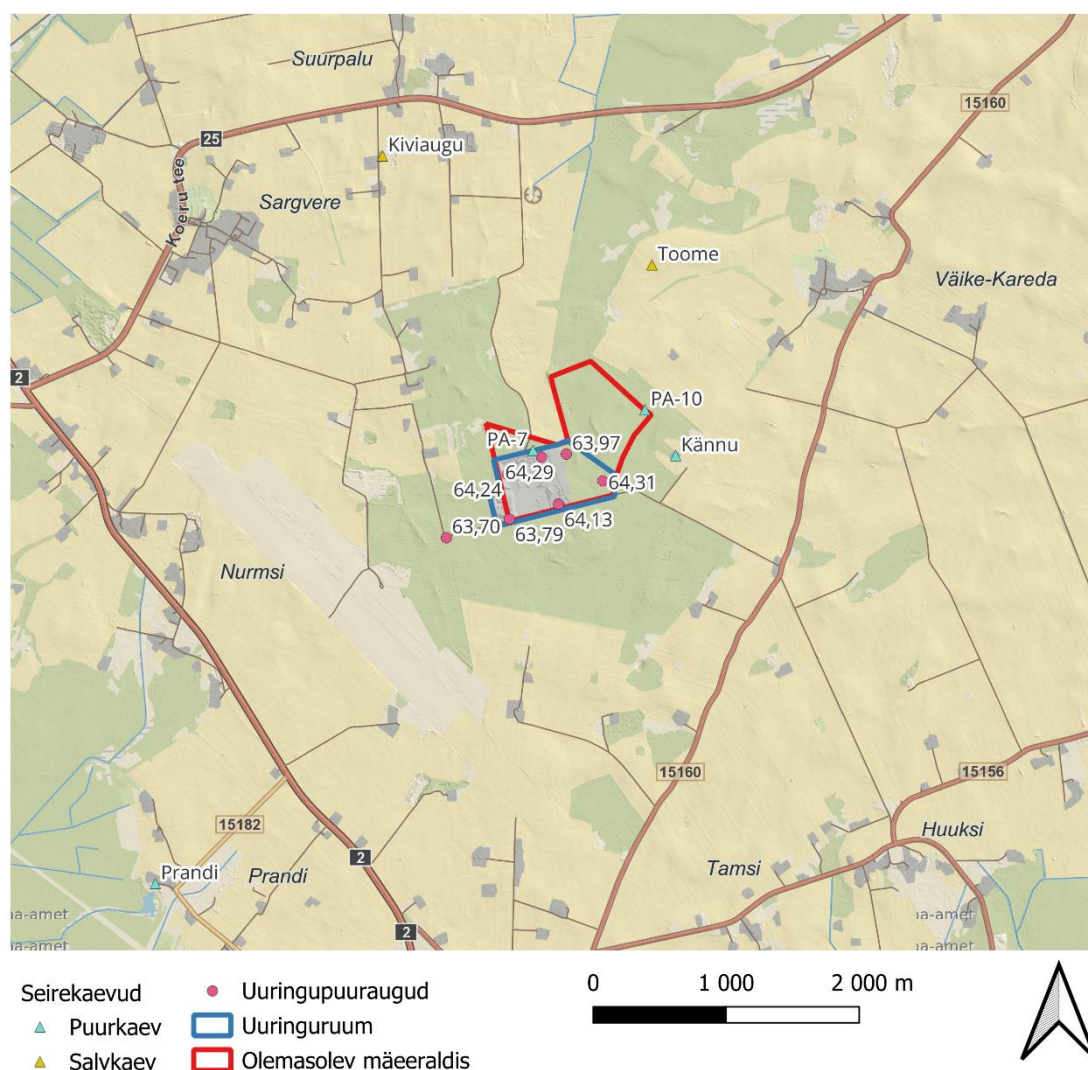
Kvaternaarisetete all lasub Siluri-Ordoviitsiumi veekompleks, mis on liigestatud suure veeandvusega lõhestunud ja karstunud vettandvateks veekihtideks ning savisema lubjakivi/dolokivi või mergli moodustatud veepidemeteks. Maapinnalt esimeseks vettandvaks kihiks saab lugeda Siluri veekihti, mille paksus on 60 - 70 m (Korbut jt, 2004). Kareda maardlas lasuvad uuritud sügavuses (kuni 20 m) Raikküla lademe nii pindalaliselt kui ka läbilõikes erineva lõhelisusega dolokivid. Puurimistööde andmete põhjal on kõige murenenum ja lõhelisem läbilõike ülemine 5 - 8 m paksune osa, mille all lasub mõõdukalt lõheline dolokivi. Olulist lõhelisust ja kavernoossust ilmestavad ka puuraukudes (PA-1/24) täheldatud puurkolonni vabalt kukkumine ning avatud kavernide olemasolu karjääriseinas (Foto 5.13).

Kareda maardlas ja selle lähiümbruses on Siluri veekiht surveta, vabapinnaline veetase jääb maapinnast 6 - 8,5 m sügavusele. Varasemate uuringute käigus mõõdeti veetaseme absoluutseteks kõrgusteks 62,0 - 65,4 m (Korbut jt, 2004). Käesoleva geoloogilise uuringu puuraukude veetasemed olid maapinnalt 0,5 - 8,2 m sügavusel (väiksemad sügavused mõõdetud karjääriseinavendi põhja rajatud puuraukudes), abs kõrgustel 63,7 - 64,3 m (tabel 7.1). Veetasemete erinevus mõõdetuna vahetult peale puurimist (18. - 20.06.2024) ning ~10 päeva hiljem enne likvideerimist (26. - 27.06.2024) oli kuni 30 cm, kuid aktiivsele mäeeraldisele rajatud seirekaevude keskkonnaloa kohase seire andmete alusel on veetaseme reaalne kõikumine aastas kuni 3 m (joonis 7.2, vt ptk 7.2), mis on ühelt poolt Pandivere piirkonnale tüüpiline (Marandi jt. 2019) ning lükkab ümber Korbut jt (2004) uuringus toodud seisukoha, et veetaseme kõikumine on piirkonnas vaid kuni pool meetrit.

Põhjaveevoolu regionaalne voolusuund on kirdest edelasse ehk Pandivere kõrgustiku nõlvalt alla. Väiksemal skaalal kontrollib voolusuunda pinnareljeef ning karstilõhede konkreetne asetus. Korbut jt (2004) täheldasid toonaste puuraukude veetasemete alusel, et põhjavee neeldumis- ja äravooluala jääb Kareda dolokivimaardla keskossa, käesolevas uuringus täheldati veetaseme langust pigem lõuna ja edela suunas (joonis 7.1). Põhjavee väljavool toimub maardlast 4 km edelas asuvast Prandi allikast (abs kõrgus 62 m), mis on samanimelise jõe lähteks. Piirkonnas võib esineda ka teisi välja- vooluallikaid. Maardlast 4 km lõuna pool kulgeb Prandi jõkke suubuv Neeva kanal. Siluri veekihi vett tarbivad enamus piirkonna puur- ja salvkaevudest (Korbut jt, 2004).

Tabel 7.1. Uuringupuuraukudes mõõdetud veetasemed

Puurauk	Maapinna kõrgus, m	Puurimisaegne veetase 18. - 20.06.2024, m		Veetase 26. - 27.06.2024, m	
		Maapinnalt	Abs	Maapinnalt	Abs
PA-1/24	71,74	7,95	63,79	7,95	63,79
PA-2/24	64,74	0,40	64,34	0,50	64,24
PA-3/24	70,74	6,40	64,34	6,45	64,29
PA-4/24	71,97	7,75	64,22	8,00	63,97
PA-5/24	72,51	8,15	64,36	8,20	64,31
PA-6/24	69,98	6,10	63,88	5,85	64,13
Seirekaev	70,65	6,95	63,70	6,95	63,70



Joonis 7.1. Uuringuruumi puuraukudes 26 - 27.06.2024 mõõdetud veetasemed (abs, m) ning olemasoleva mäeeraldis keskkonnaloa alusel teostatava seire kaevud. Alus: Maa- ja Ruumiamet 2025

Tulenevalt lõhede ja kavernide rohkusest iseloomustab Raikküla lademe dolokivi suur veerikkus. Puurkaevude erideebit ületab valdavalt 5 l/s·m ja deebit muutub 2 - 5 l/s, alandusel 0,1 - 2 m (Korbut jt, 2004). Korbut jt (2004) poolt läbiviidud pumpamiskatsete tulemusel leiti Kareda maardla kivimite veejuhtivuseks (km) 2622 ning 2635 $m^2/ööp$.

Võttes veekihi paksuseks uuringu sügavuse ~20 m, oleks vastav filtratsioonimoodul (K) ~131 m/ööp. Samas, kuna filtratsiooniparameetrid arvutati väga väikese veetaseme alanduse pealt (0,02 ja 0,05 m pumpamisel vastavalt vooluhulkadega 1 l/s või 1,95 l/s), tuleb antud tulemusi käsitleda kui suure veapiiriga. Siiski ilmestavad tulemused vee ülimalt kiiret filtreerumist tänu oluliste lõhe- ja karstisüsteemide olemasolule. Antud järeldust kinnitavad ka siinse uuringu puuraukudes 29.08.2024 läbi viidud pumpamiskatsed, kus vooluhulga 2,1 l/s puhul täheldati vastavalt veetaseme alandust 0,08 m puuraugus PA-1/24 ning 0,10 m puuraugus PA-3/24.

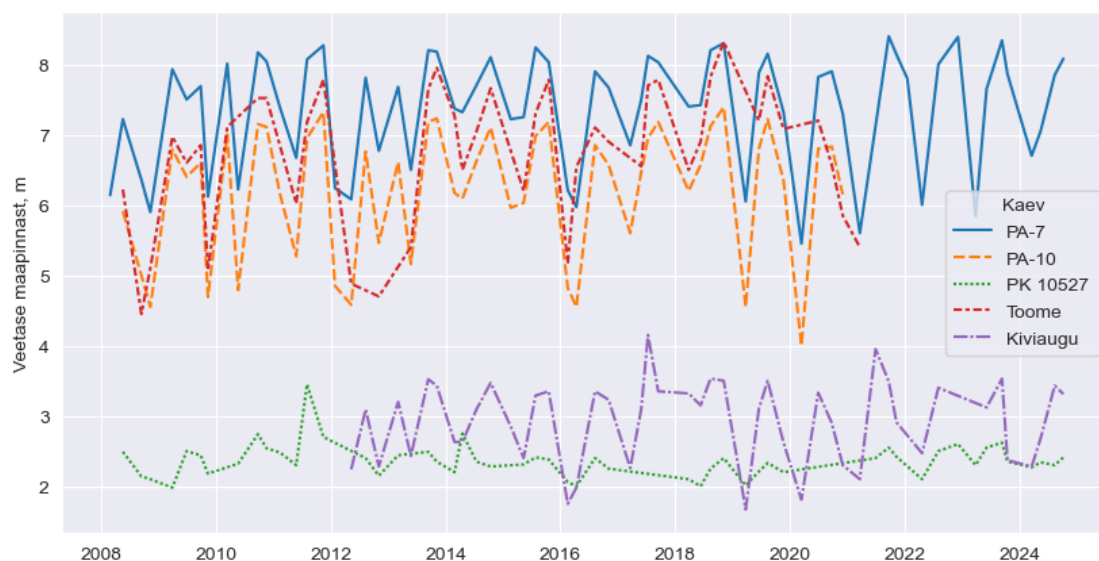
Piirkonna Siluri veekiht on määratud Siluri-Ordoviitsiumi Pandivere veekogumisse Lääne-Eesti vesikonnas. Veekogumis levib põhiliselt Ca-Mg-HCO₃ tüüpi vesi, mille mineraalainete sisaldus on 0,3 - 0,5 g/l (Marandi jt, 2019). Joogiveenormist kõrgemad on raua (kuni 6,5 mg/l, keskmine 0,4 mg/l) ja mangaani sisaldused (kuni 0,18 mg/l). Veekogumi keemiline seisund on hea, murekohtadeks on kohati kõrgenenud nitraadisaldus ja riiklikes seirekaevudes kohati piirväärtusi ületavad pestitsiidide ja ammoniumi piirväärtusi ületavad kontsentratsioonid. Tulenevalt ajalooliselt suurest põllumajanduslikust nitraadikoormusest, on piirkond arvatud Pandivere ja Adavere-Põltsamaa nitraaditundliku ala koosseisu (Nitraaditundliku..., 2021).

Siluri veekihi puudub konkreetset välja joonistuv lamav veepide. Karbonaatkivimite filtratsiooniomadused vähenevad sujuvalt sügavuse suunas ning alates sügavusest ~75 m lasuvaid Siluri-Ordoviitsiumi kompleksi karbonaatkivimeid võib käsitleda nende väheseevejuhtivuse tõttu Siluri-Ordoviitsiumi regionaalse veepideme koosseisu kuuluvaks (Perens ja Vallner, 1997). Veepide takistab vee filtreerumist sügavuse suunas järgmistesse veekompleksidesse, milleks on Ordoviitsiumi-Kambriumi ning Kambriumi-Vendi veekompleksid, ning isoleerib kõik karjääri potentsiaalsed mõjud Siluri veekihti.

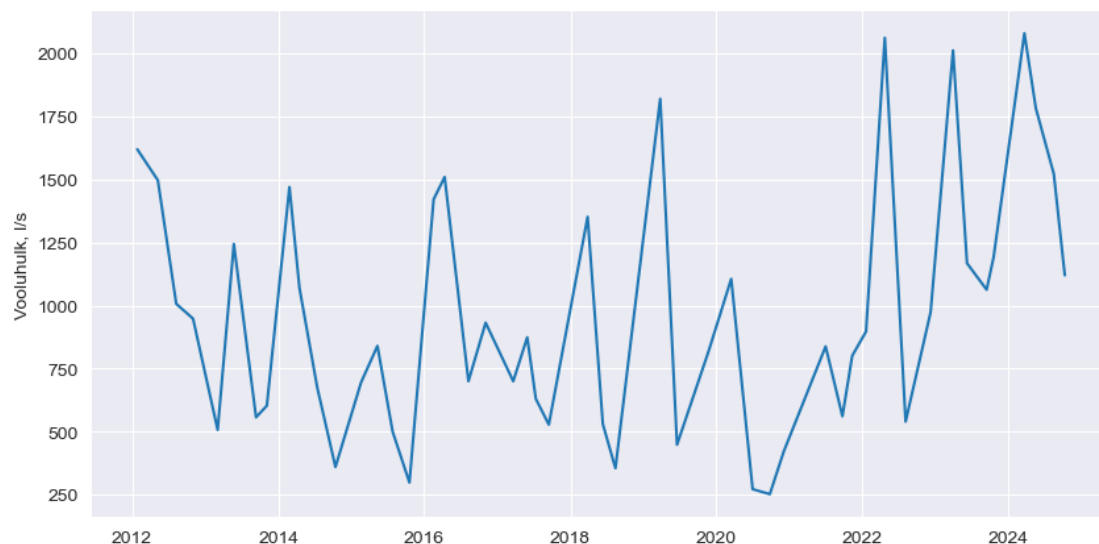
7.2. Mõju põhjavee režiimile ning kaevudele

Maardla lähiümbruses on talude salvkaevud ~7 - 9 m (Korbut jt, 2004) ning puurkaevud 9 - 60 m sügavused, neis tarbitakse põhiliselt Siluri veekihi põhjavett. Lähim majapidamine, Väike-Kareda küla Kännu talu (katastriüksus 32501:001:0650) jääb hetkel aktiivsest mäeeraldisest ~450 m kaugusele itta. Teine lähim, Koigi küla Metsavahi talu (32501:001:0047), jääb ~500 m kaugusele loodesse. Ülejäänud kinnistud asuvad enam kui poole kilomeetri kaugusel uuringuruumist.

Kehtiva kaevandamise loa alusel (L.MK/300504) teostatakse alates aastast 2008 iga kvartal veetasemete seiret karjääri lähipiirkonna Siluri veekihti avavates kaevudes. Pikad veetaseme seireread on olemas viies kaevus: puuraukudes 7-03 ja 10-03 olemasoleval mäeeraldisel, puurkaev 10527 Prandi küla Allika talus (32501:003:1140, ~4 km kaugusel edelas asuvate Prandi allikate juures), Väike-Kareda küla Toome talu salvkaev (32501:001:0151, uuringuruumist ~1,5 km kirdes) ning Suurpalu küla Kiviaugu talu salvkaev (56504:002:0341, ~2,4 km põhjas) (joonis 7.1). Veetaseme seire tulemused on toodud joonisel 7.2. Veepealse varu kaevandamise jooksul ei ole olnud märgata piirkonna põhjavee tasemete olulist negatiivset muutust. Samuti ei ole täheldatud negatiivseid muutusi Prandi allikatest lähtuva Prandi jõe vooluhulgas (joonis 7.3).



Joonis 7.2. Kareda karjääri keskkonnaloa tingimusena teostatud kaevude veetasemete mõõtmised



Joonis 7.3. Prandi jõe ülemjooksu vooluhulgad.

Kuna veealust plokki 9 aT plaanitakse kaevandada ilma veetaset aktiivselt alandamata, on mõju piirkonna põhjavee tasemetele hinnatud minimaalseks. Siiski on veealuse materjali väljamine teoreetiliselt põhjavee taset langetav tegevus tänu siinkohal kahele põhilisele faktorile: veealuse varu väljämist kompenseeriv külgnevatest kivimitest valguv põhjavesi ning suurenenud aurustumine karjäärijärvelt võrreldes maapinnaga.

Veealuse varu väljamine võib põhjustada vähesel määral põhjavee taseme languse, sest kivimi vee alt välja tõstmisel tekkivat tühimikku peab täitma külgnevatest kivimitest sisse voolav vesi, mis omakorda langetab külgnevates kivimites veetaset. Taoline veetaseme alandus võib levida väljapoole karjääri, sel puhul nimetatakse mõju maksimaalset ulatust karjääri põhjavee taseme alanduse mõjuraadiuseks.

Mõjuraadiuse hindamiseks tuleb eelnevalt valida veevõtu kogus ajaühikus. Siinkohal hindame seda valemiga 7.1:

$$Q = \frac{(1 - n) \cdot V}{t} [7.1],$$

kus:

- n on kivimi poorsus, siinkohal konservatiivse eelduse kohaselt lõhestunud karbonaatkivimitele omane minimaalne väärtus ~7% (Morris ja Johnson, 1967);
- V on veealuse maavaraploki 9 aT ruumala, 1 708 000 m³;
- t on maavaraploki ammendamise aeg, lähtuvalt senistest kaevandamismahtudest ~30 aastat.

Tulemuseks on veevõtt ~145 m³/ööp.

Tingliku veevõttu tasakaalustavad esmajoonel karjäärile langevad sademed. Sademetest tulenev vooluhulk arvutati lähtuvalt valemist 7.2:

$$Q = (W_p - W_e) \times S [7.2],$$

kus:

- W_p on sademete hulk, Tallinn-Harku meteoroloogiajaama 1990 - 2020 kliimanormi andmete alusel keskmiselt 726 mm/a ehk 0,00198 m/ööp (Keskkonnaagentuur);
- W_e on aurumine, mis on Eestis ligikaudu 450 mm/a ehk 0,00123 m/ööp (Kink jt. 1998);
- S on ploki 9 aT pindala, 28,47 ha ehk 284 700 m².

Tulemuseks on sademete poolt kompenseeritud vooluhulk ligikaudu 215 m³/ööp. Seega tasakaalustavad kogu maavara väljamisest põhjustatud tingliku veevõtu karjäärile langevad sademed ning väljastpoolt ploki piire põhjavett täiendavalt karjääri valguma ei pea. Siiski võib põhjavee tase vähesel määral langeda, kuna praegune põhjavee tase on tekkinud sademetest tuleneva toitumise ja äravoolu tasakaalus ning tasakaalupunkt nihkub kaevandamistegevuse mõjul. Tõenäoliselt ei ole selline mõju reaalsuses tajutav, vähemasti kaugemal kui loetud meetrid karjääri piirist, eriti tulenevalt põhjavee taseme looduslikust kõikumisest aasta jooksul.

Suurenenud aurumise mõju karjäärijärvest võrreldes maapinnaga on raske hinnata, kuna aurumist mõjutavad suurtes piirides paljud lokaalsed nähtused, sh reljeef, haljastuse kõrgus ning muud lokaalset mikrokliimat mõjutavad faktorid. Siinkohal hinnatakse ka aurustumise mõju põhjavee tasemele siiski pigem marginaalseks, st tajutav mõju ei ulatu lähimate kaevudeni.

Kokkuvõttes ei ole oodata, et veealuse varu väljamine mõjutaks piirkonnas tajutaval määral veetasemeid, sh Prandi allikate vooluhulki, eriti kuna veetaseme looduslik kõikumine Siluri veekihis ulatub aastas ligikaudu 3 meetrini.

7.3. Mõju põhjavee kvaliteedile

Karjääri kogunev vesi moodustub looduslikust põhjaveest ning sademeveest. Kuna kaevandamine toimub mehhaanilisel moel, ei kasutata selleks keskkonnoahtlikke ja mürgiseid aineid. Lubjakivi kaevandamisest tulenev peamine saasteaine on tekkiv heljum (peenosis lubjakivitolm ning väikesed tükid), mis võib kanduda edasi

veekeskkonda, infiltreerudes põhjavette. Heljumi sattumine vette suurendab vee hägusust.

Heljumi levik põhjaveekihi on tüüpiliselt lokaalne, kuna võrdlemisi madal veevoolukiirus kivimilõhedes tagab heljumi osakeste kiire välja settimise või kivimiosakeste külge kleepumise. Samas iseloomustavad piirkonna hüdrograafiat karstisüsteemid, mille olulisust on näha ka uuringuruumi kivimite tugevas kavernoossuses. Suuremates karstilõhedes võib vee liikumiskiirus olla suurusjärgude võrra suurem kui kivimites üldiselt, sh veevool võib toimuda turbulentses režiimis, mille tõttu esineb oht heljumi levimiseks põhjaveekihi ka laialdasemalt. Heljum levib sellisel juhul põhiliselt põhjavee liikumissuunas edelasse ehk Prandi allika suunas.

Karjääri lähiümbruses võib kaevuvee hägusus suureneda ka lõhkamistöde tulemusena, kuna maapinna vibratsioon võib raputada lahti lubjakivilasundis leiduvaid väikseid kivimiosakeseid või kaevude põhjast setteid. Selline põhjavee häguseks muutumine on lühiajaline.

Karjääri tegevusega kaasneb ka rasketehnika avariide risk, mille realiseerumisel võivad kütte- ja määrdeõlid sattuda karjääripõhja ja sealt põhjaveekihti. Riski maandamiseks on oluline kasutada korras rasketehnikat, mis on läbinud perioodilise tehnilise ülevaatuse. Masinate teenindamine ja tankimine peab toimuma väljaspool karjäärisüvendit selleks spetsiaalselt ettevalmistatud platsil, kus leiduvad absorbendid, mille abil võimalikke lekkeid tõkestada. Mäetööde masinate tehnilise avarii korral, kui pinnasele või karjäärivette satub nafta- ja õliprodukte, on kaevandaja kohustatud viivitamatult keskkonnareostuse likvideerima.

Ainult kui kõik ettevaatusabinõud läbi kukuvad, on võimalik naftaproduktide reostuse levik Siluri põhjaveekihi. Reostus leviks siis vastavalt põhjavee voolusuunale Prandi allikate suunas ja Prandi jõe kaudu allavoolu. Reoainete kontsentratsioon väheneks järjepidavalt reoallikast allavoolu.

Dolokivi veealuse varu kaevandamine võib kaasa tuua Siluri põhjaveekihi keemilise koostise muutumise karjääri lähedal peamiselt sulfaatide, kaltsiumi, magneesiumi, raua ja üldise mineraalsuse tõusu arvel. Maavara väljamise tulemusel võib suureneda vaba hapniku juurdepääs seni vee all olnud kivimikihtidele ning aeratsiooni tõttu intensiivistub lubjakivides sisalduva püriidi oksüdatsioon. Selle tulemusena võib vesi muutuda sulfaatide- ja rauarikkamaks. Intensiivistunud karbonaatkivimite leostumise tulemusel suureneb ka kaltsiumi ja magneesiumi sisaldus vees ning suureneb vee karedus. Vee keemilise koostise muutumine eelkirjeldatud protsesside käigus ei tähenda, et põhjavee kvaliteet ei vastaks enam joogiveele sotsiaalministri 24.09.2019 määrusega nr 61 kehtestatud kvaliteedinõuetele ning ei sobiks kasutamiseks joogiveena. Küll võivad aga muutuda maitseomadused ja vett tarbivate seadmete hoolduskulud.

Kehtiva Kareda mäeeraldise keskkonnaloa tingimusena teostatakse veekvaliteedi seiret seirekaevus 7-03 mäeeraldisel, Prandi küla Allika talu puurkaevus, Väike-Kareda küla Kännu talu puurkaevus (katastriüksus 32501:001:0650, ~450 m uuringuruumist idas) ning Prandi jões. Kõigis seirekohtades on vee heljumi ja naftasaaduste sisaldused jäänud enamasti allapoole määramispiiri (vastavalt <2,0 mg/l ja <0,6 mg/l), negatiivseid trende ei ole täheldatud. Üksikud määramispiiri ületavad näitajad on jäänud reeglina alla karjääride väljalaskudele kehtestava 40 mg/l normi heljumi puhul ning 5 mg/l naftasaaduste puhul.

Võrreldes praeguse veepealse varu kaevandamisega on veealuse kaevandamise potentsiaalsed mõjud põhjavee kvaliteedile suuremad. Seega on oluline jätkata veekvaliteedi seiret. Seire tihendamiseks rajati ka karjäärast ~370 m edela suunas, põhjavee voolu suhtes allavoolu seirekaev.

8. MÄENDUSLIKUD TINGIMUSED

Maavara kaevandamise mäetehnilised tingimused ei ole keerulised, sest kaevandamine Kareda dolomiidikarjääri mäeeraldiselt toimub juba alates 2009. aastast. Olemasolevast mäeeraldisest kaevandamisel kasutatakse senist kaevandamise tehnoloogiat ning olemasolevat tehnikat ja taristut.

Katendi koorimist ja kaevandamist on alustatud mäeeraldise edelaosast, kus järk-järgult liigutakse metsa raadamise, katendi koorimise ja maavara kaevandamisega ida-põhja suunas. Katendi koorimisel kasutatakse ekskavaatorit, puistangutesse vedamisel frontaal-laadurit ja/või kallureid. Katendit on ladustatud kaeveala lääneossa ja mäeeraldisest lääne poole teenindusmaale, kus katendipuistangu kõrgus ulatub 12 meetrini. Mäetööde põhi-protsessiks on tootsa kihi eelnev kobestamine puur-lõhketöödega (toimub lõhketööde passi alusel, läbi viib vastavat litsentsi omav firma). Kobestatud mäemass laaditakse ekskavaatoriga mobiilsesse purustisse, kus see purustatakse ning sõelutakse erinevatesse fraktsioonidesse. Tarbimiseks ettevalmistatud toodangu ladustamine kuhilatesse (või vahetult tellijate kalluritele) ja kuhilatest kalluritele toimub kopplaaduri abil. Killustiku väljaveoteena kasutatakse tolmuvaabakattega Laiakivi teed nr 5650244, mida mööda saab sõita 2,7 km põhja poole jäävale Mäeküla - Koeru - Kapu riigimaanteele nr 25, sealt omakorda on Tallinn - Tartu - Võru - Luhamaa maanteele (nr 2) ~5 km.

Kaevandades dolokivi olemasoleva mäeeraldise lamamist, jääb kasulik kiht vee alla. Kuna Kareda dolomiidikarjääri piirkonna hüdrogeoloogilised ja keskkonnatingimused on keerulised ja selle tõttu põhjavee taset vee väljapumpamisega alandada ei saa, kavatakse ploki 9 varu väljata veetaset alandamata, st veealune dolokivi kobestatakse kuiva paepõranda tasemelt puur-lõhketööde abil ja seejärel tõstetakse kobestatud lasu paepõrandale nõrguma, peale mida see purustatakse ja sorteeritakse juba traditsioonilisel viisil, st töödeldakse mobiilses purustus-sorteerimissõlmes. Juba üle 15 aasta kaevandatakse kirjeldatud viisil veealust dolokivi edukalt Võrumaal Marinova dolokivikarjääris, kus veealuse dolokivikihi paksus ulatub 6 meetrini. Kobestatud lasu väljatakse seal 40 tonnise ekskavaatoriga, mille kaeveulatus on selleks piisav. Kasutades lõhketöödel veekindlaid ja vee sees lahustumatuid lõhkeaineid, mis ei eralda plahvatamisel mürgiseid gaase, ei reosta veealune kaevandamine põhjavett. Senine kaevandamine ja põhjavee seire on näidanud, et põhjavee tase pole Marinova karjääris alanenud ja põhjavee kvaliteet pole halvenenud. Veealuse maavaravaru kaevandamise loa taotluse koostamise etapis käsitletakse kaevandamise tehnoloogiat detailsemalt. Karjääri rajamiseks koostatakse vastav projekt.

Kuna Kareda maardlas on dolokivi kaevandatud juba ligikaudu 15 aastat, on looduskeskond antud piirkonnas senisest tegevusest juba suurel määral mõjutatud. Kui uute maardlate avamise puhul läbi viidud keskkonnamõjude hindamisel toetatakse sageli analoogiaid ja modelleerimisele, siis Kareda puhul on võimalik lähtuda juba olemasolevast kaevandamispraktikast ja teostada kaevandamist selliselt, et mõju ja häiring inimestele ning keskkonnale oleks võimalikult väike. Kareda maardlas toimuva kaevandamisega kaasneva keskkonnaseire ja mõõtmiste andmetest tulenevaid järeldusi saab rakendada ka edaspidi kaevandamise keskkonnamõju prognoosimiseks. Jätkates keskkonnamõju seiramist ja vastavate leevendusmeetmete rakendamist, on dolokivi Kareda dolokivimaardlast võimalik kaevandada nii, et negatiivsed mõjud oleksid võimalikult väikesed ja ei põhjustaks häiringuid. Inseneribüroo STEIGER OÜ poolt keskkonnaseire käigus tehtud mõõtmised on näidanud, et senise tegevusega ei ole ületatud õhusaastet ja müra taset juba karjääri piirilgi ja seega ei avaldata negatiivset mõju piirkonna talude elukeskkonnale ega inimeste tervisele (Põldvere jt, 2020). Kareda karjääri tegevuse keskkonnamõjude hindamiseks ja võimalike

negatiivsete mõjude tuvastamiseks seiratakse (vastavalt seirekavale) karjääri ja selle ümbruse pinna- ja põhjavett alates 2008. aastast.

Rikutud maastiku esteetiline ilme taastatakse ja kujundatakse hilisema korrastamisega. Juhul, kui väljata ka veealuse dolokivi varu, kujuneb ammendatud kaevealale ligikaudu 6 m sügavune veekogu, mida tulevikus võib kasutada puhke-, kalamajanduse või muul eesmärgil. Põhjavee eeldatav tase pärast maavara ammendamist jääb ligikaudu 64 m abs tasemele. Kevadisel lumesulamisperioodil võib olla aga ~2 - 3 m kõrgemal. Kaevandamisega rikutud maa korrastatakse korrastamisprojekti alusel, mille koostamisel lähtutakse Keskkonnaameti, kohaliku omavalitsuse ja maaomaniku poolt esitatud tingimustest.

9. VARU ARVUTUS

Uuringuruumi varu arvutatakse kahes üksteise kohal paiknevas plokis: olemasoleva mäeeraldise kontuuris 35,42 ha pindalal (plokk 8 aT) ja selle lamamis 28,47 ha pindalal (plokk 9 aT). Kui Kareda uuringuruumi teenindusala piir langes lõunas ja läänes kokku mäeeraldise teenindusmaa piiriga, siis plokki 8 varu väljapoole mäeeraldise piiri ei arvutata. Ploki 9 kontuurimisel on arvestatud tellija soovidega (lisa 17), kus kaevandamise tehnoloogiaga arvestades jäetakse mäeeraldise kagu- ja lõunapiirile ~20 m laiused tervikud, mis on vajalikud mäetööde masinate liikumiseks. Uuringuala lääneosa, kust olemasoleva mäeeraldise piires on maavara ammendatud ning sinna on ladustatud kuni 10 m paksuselt katendit, jäeti veealuse plokki (plokk 9) varukontuurist välja. Majanduslikult ei ole 10 m paksuse ladustatud katendi taaskordne ümberpaigutamine otstarbekas. Kuna plokki 9 varu kaevandamine toimuks vee alt ilma põhjavee taset alandamata ja praegune tehnoloogia võimaldab maavara kaevandada kuni 6 m sügavuselt vee alt, siis anti varu olemasoleva mäeeraldise lamamisse 6 m paksuse kihina.

Plokkide koordinaadid on esitatud varu arvutuse plaanil (gr lisa 1) ja elektroonilises lisa 3. Plokkide pindala arvutati arvutiprogrammi Bentley PowerCivil for Baltics V8i abil ning maavara ja kattekihi mahud arvutati sama programmi abil koostatud uuringuruumi kolmemõõtmelisest mudelist (lisa 11). Maavara lasum modelleriti puuraukude ja markseiderimõõdistuse andmete põhjal (lisa 2). Maapinna mudeli modelleerimisel on kasutatud mõõdistamisandmeid.

Kinnitamiseks esitatava plokki 8 varu on praegu arvel ehitusdolokivina (madalamargiline) plokki 5 ja osaliselt plokki 6 koosseisus (uuritud 2005. a määruse nr 44 järgi). Käesoleva uuringuga hinnati kivimi kvaliteeti 2018. a määruse nr 52 kohaselt, mille tulemusena esitatakse plokki 8 varu kinnitamiseks täitedolokivina. Plokkide numeratsiooni on jätkatud seni maardlas arvel olevatest plokkidest. Ploki varu arvutuse aluseks on viimane markseiderimõõdistus, mis teostati seisuga 01.07.2024, seepärast esitatakse ka varu kinnitamiseks antud seisuga.

Plokk 9 jääb plokki 8 lamamisse. Praegu Kareda maardlas arvel olevad plokid 7 ja 1 kattuvad osaliselt kinnitamiseks esitatava plokiga 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 - 9);
- katte- ja kasuliku kihi paksused varuplokkides (lisa 10)
- mahtude arvutused arvutiprogrammis Bentley PowerCivil for Baltics V8i (lisa 11).

9.1. Ploki 8 aT varu

Ploki 8 aT pindala on 35,42 ha. Ploki 8 maavaraks on täitedolokivi. Ploki 8 lamamiks on horisontaaltasapind 64,2 m absoluutkõrgusel.

Ploki 8 aT täitedolokivi varu on 1098 tuh m³ ning keskmine paksus:

$$1098 \text{ tuh m}^3 / 35,42 \text{ ha} = 3,1 \text{ m.}$$

Kogu varu on veepealne.

Ploki lääneosas, kus asub karjäärisüvend ja kaevandatud on olemasoleva mäeeraldise lamamini, on kasuliku kihi paksus kohati vaid 10 - 20 cm, või puudub üldsegi.

Plokilt on katendit osaliselt juba kooritud. Katendiks olev moreen ja kasvukiht on koorimata veel ploki idaosast ligikaudu 15,3 ha pindalalt. Kasvukihi ja moreeni maht on kokku 389 tuh m³, millest kasvukihti on 46 tuh m³. Kasvukihi maht on arvutatud kasvukihi keskmise paksuse ja pindala korrutisena ($0,3 \times 15,3$ ha; koorimata ala pindala – 15,3 ha).

Lisaks kvaternaarisettelisele katendile moodustab kattekihi ka murenenud dolokivi (nn kaljukatend). Murenenud dolokivi maht kokku on 182 tuh m³, mida esineb alal, kust kivi ei ole veel kaevandatud (~21,3 ha). Katendis oleva murenenud dolokivi keskmine paksus on 0,6 m ($182 \text{ tuh m}^3 / 21,3 \text{ ha}$).

Kokku on katendi maht 571 tuh m³ ja keskmine paksus 2,7 m (keskmise kihipaksuse arvutamisel on arvestatud pindalaga 21,3 ha).

9.1. Ploki 9 aT varu

Plokk 9 jääb ploki 8 lamamisse ja selle pindala on 28,47 ha. Ploki 9 maavaraks on täitedolokivi. Ploki 9 lamamiks on horisontaaltasapind 58,2 m absoluutkõrgusel. Ploki 9 varu jääb kahe horisontaaltasapinna, 64,2 m ja 58,2 m absoluutkõrguste vahele, kus kasuliku kihi paksus on 6,0 m.

Ploki 9 täitedolokivi aktiivne tarbevaru on:

$$6,0 \times 28,47 \text{ ha} = 1708 \text{ tuh m}^3.$$

Kogu varu on veealune.

Maavarade registri vastutavale täitjale esitatakse kinnitamiseks Kareda uuringuruumi piires Kareda dolokivimaardla varu järgmiselt (seisuga 01.07.2024):

- täitedolokivi aktiivset tarbevaru 35,42 ha pindalal 1098 tuh m³ (plokk 8, kogumahu veepealne);
- täitedolokivi aktiivset tarbevaru 28,47 ha pindalal 1708 tuh m³ (plokk 9, kogumahu veealune, ploki 8 lamamis).

Varu ümberhindamise tulemusena väheneb ploki 6 ja ploki 1 varu, plokk 5 läheb tervenisti ploki 8 ja plokk 7 ploki 9 koosseisu. Ümberhindamise tulemusel jääb plokkide 6 ja 1 pindalaks 42,21 ha. Ploki 6 kasuliku kihi keskmine paksus on maardlate registri andmeil 4,3 m, järelikult on ploki 6 varu pärast ümberhindamist 1815 tuh m³ ($4,3 \text{ m} \times 42,21 \text{ ha}$). Ploki 1 kasuliku kihi keskmine paksus on arvutuslikult 4,7 m (maardlate registris on ekslikult 9,3 m), järelikult on ploki 1 varu pärast ümberhindamist 1984 tuh m³ ($4,7 \text{ m} \times 42,21 \text{ ha}$). Reservvaru ja prognoosvaru ei muutunud.

Pärast varude ümberhindamist on Kareda dolokivimaardla varu järgmine (tabel 9.1 ja lisa 11):

Tabel 9.1. Kareda dolokivimaardla varu arvutuse koondtabel (seisuga 01.07.2024)

Ploki nr, pindala	Maavara nimetus	Katendi maht, tuh m ³ / keskmise paksus, m	sh kasvukiht, tuh m ³ / keskmise paksus, m	Maavaravaru, tuh m ³ / keskmise paksus, m
8 aT, 35,42 ha	täitedolokivi	571 / 2,7*	46 / 0,3**	1098 / 3,1
9 aT, 28,47 ha	täitedolokivi	-	-	1708 / 6,0
1 aT 42,21	ehitusdolokivi	-	-	1984 / 4,7
6 aT 42,21	ehitusdolokivi	1287 / 3,05***	131 / 0,31***	1815 / 4,3

*21,3 hektaril

**15,3 hektaril

***kihi keskmine paksus aruandest EGF 8383

10. KOKKUVÕTE

Kareda uuringuruumi geoloogiline uuring tehti Vao Paas OÜ tellimisel. Kareda uuringuruumi teenindusala pindalaga 39,48 ha asub Järva maakonnas Järva vallas Koigi külas riigile kuuluval katastriüksusel Kareda dolomiidikarjäär (katastritunnus 32501:001:0106).

Töö eesmärgiks oli uurida täiendavalt olemasoleva mäeeraldise lamamisse jäävat karbonaatkivimit ning hinnata selle kvaliteeti keskkonnaministri 17.12.2018. a määruse nr 52 nõuete kohaselt. Sama määruse järgi täpsustati ka maavara kasutusala olemasoleva mäeeraldise piires.

Tööde käigus rajati uuringuruumi 6 puurauku sügavusega kuni 15,8 m. Kivimist valmistatud killustiku füüsikalise-mehaaniliste omaduste määramiseks võeti 20 proovi ja kivimi keemilise koostise määramiseks 6 proovi.

Uuringuruumi kasulik kiht on esindatud Siluri ladestu Raikküla kihistu dolokividega.

Töö tulemusena arvutati varu kahes plokis: olemasoleva mäeeraldise piires 35,42 ha pindalal (plokk 8) ja selle lamamis 28,47 ha pindalal (plokk 9). Kahe ploki vaheliseks piiriks on horisontaaltasapind 64,2 m abs kõrgusel, mis on ka olemasoleva mäeeraldise lamamiks.

Ploki 8 dolokivist valmistatud killustiku purunemiskindlus Los Angelese katsel on keskmiselt LA 42, vastates LA kategooriale 45 ja külmakindlus keskmiselt 0,7%, vastates külmakindluskategooriale F₁. Ploki kasuliku kihi keskmine paksus on 3,1 m ja kattekihi keskmine paksus 2,7 m.

Ploki 9 dolokivist valmistatud killustiku purunemiskindlus Los Angelese katsel on keskmiselt LA 38, vastates LA kategooriale 40 ja külmakindlus keskmiselt 0,9%, vastates külmakindluse kategooriale F₁. Plokk 9 jääb kahe horisontaaltasapinna vahele: lasum on 64,2 m ja lamam 58,2 m abs kõrgusel. Ploki kasuliku kihi paksus on 6,0 m.

Eesti Geoloogiateenistusele esitatakse kinnitamiseks Kareda uuringuruumi piires Kareda dolokivimaardla varu järgmiselt (seisuga 01.07.2024):

- täitedolokivi aktiivset tarbevaru 35,42 ha pindalal 1098 tuh m³ (plokk 8, kogumahu veepealne);
- täitedolokivi aktiivset tarbevaru 28,47 ha pindalal 1708 tuh m³ (plokk 9, kogumahu veealune, ploki 8 lamamis).

11. KASUTATUD KIRJANDUS

1. Brutus, A., 1990. Ehituskivi otsingu ja otsingu-hinnangulised tööd Järva maakonna lõunaosas. Tartu. EGF nr. 4420.
2. 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 arvelevõtmiseks”.
3. 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 ”.
4. Kink, H., Andresmaa, E., Orru, M., 1998. Eesti soode hüdrogeoloogia (lk. 1–128). Teaduste Akadeemia Kirjastus.
5. Korbut, S., Peikre R., Savitski L., 2004. Järva maakonna Kareda uuringuala ehitusdolomiidi uuring (varu seisuga 15.04.2004. a.). Tallinn. EGF nr 7585.
6. Marandi, A., Osjamets, M., Polikarpus, M., Pärn, J., Raidla, V., Tarros, S., Vallner, L., 2019. Põhjaveekogumite piiride kirjeldamine, koormusallikate hindamine ja hüdrogeoloogiliste kontseptuaalsete mudelite koostamine. Eesti Geoloogia-teenistus. EGF 9110.
7. Morris, D.A., Johnson, A.I., 1967. Summary of hydrologic and physical properties of rock and soil materials as analyzed by the Hydrologic Laboratory of the U.S. Geological Survey, U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 1839-D, 42 lk.
8. Nitraaditundliku ala määramine ja põllumajandusliku tegevuse piirangud nitraaditundlikul alal. Keskkonnaministri määrus 05.11.2021 nr 49. RT I, 09.11.2021, 10.
9. Perens, R., Vallner, L., 1997. Water-Bearing formation. Geology and mineral resources of Estonia. Tallinn.
10. Põldvere, Ain, Erg, K., 2020. Kareda dolomiidikarjääri kaevandamise loa L.MK/300504 laiendamise taotlus. Maavarauuringud OÜ.
11. Rammo, M., Korbut, S., All, T., 2010. Kareda dolokivimaardla kõrgemargilise ehitusdolokivi aktiivse tarbevaru osaline ümberhindamine madalamargilise ehitusdolokivi varuks (varu seisuga 01.03.2010.a). Seletuskiri. EGF nr. 8190.
12. Tuuling, T., 2014. Kareda dolokivimaardla varu ümberhindamine (varu seisuga 31.03.2014). OÜ Eesti Geoloogiakeskus. EGF 8383.