

OÜ Inseneribüroo STEIGER

**Harju maakonna
Väo lubjakivimaardla
Väo VIII uuringuruumi
geoloogilise uuringu aruanne**
(varu seisuga 01.07.2020)

Töö nr 20/2900

Tallinn 2020

Kinnitan:

Helis Vahtra
Juhatuse liige

/allkirjastatud digitaalselt/

Geoloogilise uuringu tegid:

Tiia Tuuling
Geoloogiainsener

/allkirjastatud digitaalselt/

Marge Uppin
Hüdrogeoloog

/allkirjastatud digitaalselt/

ANNOTATSIOON

Harju maakonna Vão lubjakivimaardla Vão VIII uuringuruumi geoloogilise uuringu aruanne (varu seisuga 01.07.2020).

Aruanne ühes köites, teksti 47 lk, 18 tekstilisa, 2 graafilist lisa, 5 elektroonilist lisa. OÜ Inseneribüroo STEIGER, aadress: Männiku tee 104, 11216 Tallinn, 2020.

Geoloogiline uuring tehti Eesti Killustik OÜ tellimisel. Vão VIII uuringuruum teenindusala pindalaga 13,78 ha asub Harju maakonnas Rae vallas Soodevahe külas riigile kuuluvatel kinnistutel Lagendiku (65301:001:4400), Vahemetsa (65301:001:5007) ja Metsavälu (65301:001:5006), mille volitatud asutuseks on Maaamet.

Tööde käigus rajati uuringuruumi 6 puurauku sügavusega kuni 22,5 m. Kvaternaarisetete paksuse kindlakstegemiseks puuriti käsipuuriga 4 puurauku sügavusega kuni 2,8 m ja turbalasundi paksus määrati 13 kuni 2,1 m sügavuse sondeerimispunktiga.

Uuringuruumi kasulik kiht on esindatud Ordoviitsiumi ladestu Viivikonna, Kõrgekalda, Vão, Kandle, Loobu ja 0,5 m paksuselt Toila kihistu lubjakividega.

Töö tulemusena arvutati varu uuringuruumi teenindusala 13,43 ha pindalal. Sõltuvalt kivimi kvaliteedist eraldati vertikaalses läbilõikes 2 plokki: täitelubjakivi läbilõike ülas osas Viivikonna ja Kõrgekalda kihistute mahus (plokk 40) ja kõrgemargiline ehituslubjakivi selle all (plokk 41) Vão, Kandle, Loobu ja 0,5 m paksuselt Toila kihistu mahus.

Ploki 40 lubjakivist valmistatud killustiku purunemiskindlus Los Angelese katsel on keskmiselt LA 33, vastates LA kategooriale 35 ja külmakindlus keskmiselt 4,1%, vastates külmakindluskategooriale F. Ploki kasuliku kihi keskmine paksus on 7,8 m ja kattekihi keskmine paksus 2,4 m.

Ploki 41 lubjakivist valmistatud killustiku purunemiskindlus Los Angelese katsel on keskmiselt LA 26, vastates LA kategooriale 30 ja külmakindlus keskmiselt 0,9%, vastates külmakindluskategooriale F₁. Ploki kasuliku kihi keskmine paksus on 10,7 m.

Maa-ametile esitatakse kinnitamiseks täiendavalt Vão lubjakivimaardla varu järgmiselt (seisuga 01.07.2020):

- täitelubjakivi aktiivset tarbevaru 13,43 ha pindalal 1050 tuh m³ (plokk 40, kogumahus veealune);
- kõrgemargilise ehituslubjakivi aktiivset tarbevaru 13,43 ha pindalal 1435 tuh m³ (plokk 41, ploki 40 lamamis, kogumahus veealune).

Võtmesõnad: geoloogiline uuring, Eesti Killustik OÜ, Harju maakond, Rae vald, Soodevahe küla, Vão maardla, Viivikonna, Kõrgekalda, Vão, Kandle, Loobu ja Toila kihistu, aktiivne tarbevaru, kõrgemargiline ehituslubjakivi, täitelubjakivi.

Koostas:

Tiia Tuuling

SISUKORD

ANNOTATSIOON.....	3
1. SISSEJUHATUS.....	6
2. UURINGUPIIRKONNA ÜLDISELOOMUSTUS	7
3. GEOLOOGILINE UURITUS	11
4. UURINGUMETOODIKA JA MAHT	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.....	17
4.6. Kameraaltööd.....	17
4.7. Geoloogiliste tööde mõju keskkonnale.....	17
5. GEOLOOGILINE EHITUS	19
6. MAAVARA KVALITEET	30
7. HÜDROGEOLOOGILISED TINGIMUSED.....	34
7.1. Vee juurdevool karjääri.....	35
7.2. Veetaseme alandamise mõju veevarustusele.....	38
7.3. Mõju põhja- ja pinnavee kvaliteedile.....	38
8. MÄENDUSLIKUD TINGIMUSED	39
9. VARU ARVUTUS.....	41
9.1. Plokk 40 aT varu arvutus	42
9.2. Plokk 41 aT varu arvutus	42
10. KOKKUVÕTE.....	44
11. KASUTATUD KIRJANDUS.....	45

TEKSTILISAD

1. Geoloogilise uuringu luba HARMG-151.....	48
2. Puuraukude ja sondeerimispunktide kataloog	51
3. Proovide kataloog	52
4. Puuraukude ja sondeerimispunktide kirjeldused ja fotod	53
5. Killustiku füüsikalis-mehaaniliste katsetuste protokollid.....	74
6. Dolokivi füüsikalis-mehaaniliste omaduste kaalutud keskmiste arvutused kihistute lõikes	78
7. Dolokivi füüsikalis-mehaaniliste omaduste kaalutud keskmiste arvutused plokkide lõikes	80
8. Kivimi keemilise analüüsi tulemused	81
9. Kivimi keemilise koostise kaalutud keskmiste arvutused puuraukude lõikes	82
10. Kivimi keemilise koostise kaalutud keskmiste arvutused kihistute lõikes	83
11. Kivimi keemilise koostise kaalutud keskmiste arvutused plokkide lõikes.....	85
12. Katte- ja kasuliku kihi paksused varuplokkides.....	86

13. Varu arvutuse tulemused.....	87
14. Topograafilise mõõdistamise seletuskiri.....	91
15. Vastus kooskõlastuse taotluse kohta varu kinnitamiseks RB trassi koridoris	93
16. Puurakude likvideerimisakt	96
17. KKA korraldus maa korrastamisakti heakskiitmise kohta.....	101
18. Tellija arvamus.....	104
Maa-ameti peadirektori käskkiri varu kinnitamise kohta	

GRAAFILISED LISAD

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

ELEKTROONILISED LISAD

1. Varuplokkide ruumikujud.dgn
2. Katendi lamam.dgn
3. Plokkide lamam.dgn
4. Puursüdamike fotod ja kataloog.jpg
5. Tellija arvamus.asice

1. SISSEJUHATUS

Geoloogiline uuring Vão VIII uuringuruumis tehti Eesti Killustik OÜ tellimisel. Töö eesmärgiks oli täpsustada uuringuruumis leviva maavaralasundi paksust, selle kvaliteeti ja kaevandamistingimusi detailsusega, mis lubaks hinnata maavara kogust aktiivse tarbevaruna, et hiljem taotleda sellele alale maavara kaevandamisluba.

Vão kihistu lubjakivist valmistatud kvaliteetset ehituskillustikku vajatakse Tallinna ja selle ümbruses paiknevate ehitusobjektide varustamiseks. AS Teede Tehnokeskus poolt 2017. aastal tehtud tööst „Rail Balticu ehitamiseks vajalike ehitusmaavarade varustuskindluse uuring“ (Johanson jt., 2017) selgub, et Harjumaal on kõrgema kvaliteediga ehitusotstarbelise karbonaatkivimi kaevandatavat varu kriitiliselt vähe, jätkudes 4 - 5 aastaks. Töös on märgitud, et Harju maakonnas kõrgema kvaliteediga ehitusotstarbelise karbonaatkivimi varustuskindluse tõstmiseks rahuldavale tasemele tuleb laiendada olemasolevaid karjääre ja avada uusi.

Samale järeldusele jõutakse ka Eesti Geoloogiateenistuse poolt 2018. aastal koostatud ülevaates „Ehitusmaavarade levik, kaevandamine ja kasutamine Harju maakonnas“ (Bauert jt., 2018), milles märgitakse, et Harjumaa tähtsamates lubjakivimaardlates olevate mäeeraldiste kaevandatav varu on kriitilises seisus ning varu jätkub vaid kolmeks kuni kaheksaks aastaks. Seetõttu on vajalik laiendada kaevandamisalasid eelkõige Vão kihistu levikualal.

Käesolev uuring, mille tulemusena esitatakse kinnitamiseks täiendavat lubjakivi varu, sealhulgas kõrgekvaliteedilist Vão kihistu lubjakivi, aitab osaliselt lahendada eespoolmainitud probleemi

Keskkonnaameti 28.11.2019 korralduse nr 1-3/19/2288 alusel väljastati Eesti Killustik OÜ-le Vão VIII uuringuruumi geoloogilise uuringu luba HARMG-151 kehtivusajaga kolm aastat. Geoloogilise uuringu tegi OÜ Inseneribüroo STEIGER (lisa 1).

Välitööl 2020. a veebruaris ja aprillis puuriti südamikpuurimise meetodil uuringuruumi teenindusalale kokku 6 puurauku, sealhulgas 1 puurauk hüdrogeoloogiliseks katsepumpamiseks. Puurimistööd tehti OÜ Salveesia poolt. Hüdrogeoloogilistest töödest mõõdeti põhjavee tasemed puuraukudes ja tehti katsepumpamine ühest puuraukude paarist. Puursüdamikud kirjeldati ja fotografeeriti ning võeti proovid lubjakivist 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 : 2 000. Topotööd tehti OÜ Inseneribüroo STEIGER poolt.

Välitöid organiseeris ja viis läbi geoloogiainsener Tiia Tuuling, kes koostas ka uuringu-aruande. Graafilised lisad vormistas ja varu arvutas joonestaja Kaja Paat. Ala hüdrogeoloogilise hinnangu ning vee juurdevoolu arvutused rajatavasse karjääri võimaliku veetaseme alanduse juures tegi hüdrogeoloog Marge Uppin. Fotode autor on T. Tuuling.

2. UURINGUPIIRKONNA ÜLDISELOOMUSTUS

Vão VIII uuringuruum teenindusala pindalaga 13,78 ha asub Harju maakonnas Rae vallas Soodevahe külas riigile kuuluvatel kinnistutel Lagendiku (65301:001:4400), Vahemetsa (65301:001:5007) ja Metsavälu (65301:001:5006), mille volitatud asutuseks on Maa-amet. Katastriüksuste sihtotstarbeks on valdavalt maatulundusmaa, Vahemetsa katastriüksusest on 25% sihtotstarbeta. Uuringuruum on ümbritsetud valdavalt eramaadega: Sepa-Hindreku (65301:011:0059), Uus-Tammiku (65301:011:0083), Saluste tee 5 (65301:001:4295), Suurtammiku (65301:001:4291), Viikmanni-Soodevahe (65301:011:0077), Põlendiku (65301:011:0091), Kassisaba (65301:011:0131) ja lõunast riigimaaga Tallinn-Tapa 115,0 - 118,2 km (65301:011:0054). Uuringuruumi teenindusala jääb paarisaja meetri kaugusele Tallinna linna Lasnamäe linnaosa piirist, vaid lääneosas ligikaudu 50 m pikkusel lõigul langeb kokku Tallinna linna piiriga. Uuringuruum asub Ülemiste-Maardu ja Tallinn-Tapa raudtee harude vahelises kolmnurgas (joonis 2.1).

Uuringuruumi teenindusala maapinna reljeef on tasane, jäädes abs kõrguste ~39 - 41 m vahemikku. Ligikaudu 50% uuringualast (idaosa) paikneb soos, kus on levinud nii madal soo- kui ka rabamullad. Linnaaru rabas on valdavaks puuliigiks mänd ja kask, madal soo on roostunud ja kaetud pajuvõsaga, servaalal kasvab ka kask (fotod 2.1; 2.2). Rohkesti on surnud puid ja lamapuitu. Raba ja madal soopiirile ning soo lõunaserva on rajatud kuivenduskraavid, mis praegu oma funktsioone kibraste poolt rajatud tammide tõttu korralikult ei täida (foto 2.3). Suures osas on soostunud ka uuringuala lääneosa, mida katab lepa-lodumets (foto 2.4).



Foto 2.1. Linnaaru raba uuringuruumi idaosas (foto T. Tuuling, 05.02.2020, N 59°25'15" ja E 24°53'6").

Foto 2.2. Madal soo (foto T. Tuuling, 05.02.2020, N 59°25'16" ja E 21°52'51").

Ligikaudu 60% ulatuses on uuringuruumi teenindusala maakasutuselt tegu metsamaaga. Uuringuala põhjaossa, ligikaudu 1,3 ha suurusele alale on linnaelanike poolt rajatud peenramaad, ehitatud aiamajakesed, kasvuhooned ja kuurid, kuhjatud olmeprügi (fotod 2.5; 2.6). Lähim elamu jääb uuringuruumist ~140 m kaugusele põhja suunas kinnistule Uus-Tammiku (65301:011:0083).

Vão VIII uuringuruumi teenindusala ei kattu arvel oleva maavaravaruga. Lähim maardla, Vão lubjakivimaardla (registrikaart nr 0046), jääb taotletava uuringuruumi teenindusala ~630 m kaugusele põhja suunda.

Uuringuruumi teenindusala loodeserv külgneb Elering AS 35 - 110 kV pingega elektrihõuliinide Aruküla-Lasnamäe (VID koodid L164 ja L165) kaitsevööndiga (25 m liini

teljest) ning ~57 m kaugusele jäävad Elering 35 - 110 kV pingega elektriõhuliinid Iru-Lasnamäe ning Lasnamäe-Ida (VID koodid L167 ja L008; kaitsevööndid 25 m liini teljest).



Foto 2.3. Kobraсте poolt paisutatud kraav uuringuala lõunaosas (foto T. Tuuling, 13.04.2020, N 59°25'10" ja E 24°53'5").



Foto 2.4. Lodumets Metsavälu kinnistul (foto T. Tuuling, 10.04.2020, N 59°25'16" ja E 24°52'31").



Foto 2.5. Peenramaad uuringuala põhjaosas (foto T. Tuuling, 10.04.2020, N 59°25'20" ja E 24°52'33").



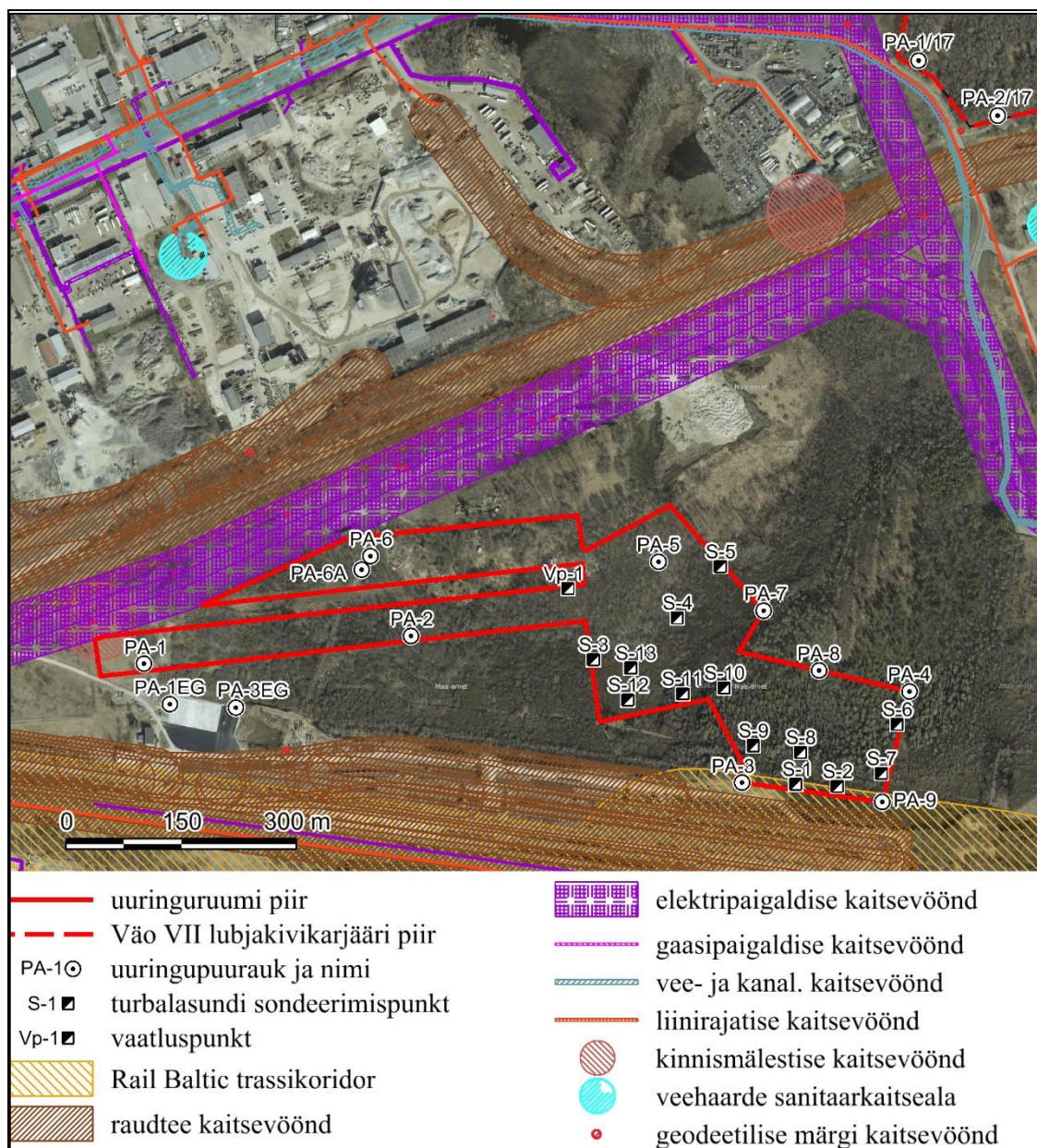
Foto 2.6. Prügi aiamaa piirkonnas (foto T. Tuuling, 10.04.2020, N 59°25'20" ja E 24°52'39").

Uuringuruumi teenindusala lääneosast ~20 m kaugusel paikneb kinnismälestis Kultusekivi (VID kood 2616; kaitsevöönd 50 m objekti keskmest), mille kaitsevöönd jääb teenindusala 30 m ulatuses (foto 5.1). Muinsuskaitseamet teavitas 05.11.2019 kirjaga nr 1.1-7/2625-1, et uuringuruumi alale jääb Muinsuskaitseametile teada olev, kuid mitte veel kaitse alla võetud noorema kiviaja asulakoht. Selguse huvides andis Muinsuskaitseamet teada, et kuna tegemist on arheoloogiamälestiste leviku poolest potentsiaalselt tiheda piirkonnaga, tuleb sõltumata geoloogilisest uuringust enne karjääri rajamist alal teostada arheoloogilised eeluuringud võimaliku seni teadmata arheoloogiapärandi välja selgitamiseks ja väärtuslike objektide ja kihtide hävimise vältimiseks.

Uuringuruumi teenindusala lõunaosa kattub Rail Baltic raudtee kavandatava trassi koridoriga kuni 11 m ulatuses.



Joonis 2.1. Vão VIII uuringuruumi teenindusala asukohaplaan. Plaani koostamisel on kasutatud Maa-ameti kaardirakendust.



Joonis 2.2. Vão VIII uuringuruumile lähimad piirangud ja uuringupunktide asukohad. Plaani koostamisel on kasutatud Maa-ameti kaardirakendust.

Uuringuruumi teenindusala lõunaservast kuni ~40 m kaugusele jääb laiarööpmeline raudtee (tunnus 4075220) kaitsevööndiga 30 m äärmise rööpa teljest.

Vão VIII uuringuruumi teenindusale ei jää ühtegi Natura 2000 võrgustiku ega looduskaitseala.

3. GEOLOOGILINE UURITUS

Esimesed suuremahulised ehituslubjakivi uuringud tehti Vão piirkonnas trusti “Lengeolnerud” poolt 1955. - 56. a (Sidorova, 1956, EGF 728) (joonis 3.1). Tookord lõpetati puuraugud põhiliselt Aseri või Kunda lademes, üksikud ulatusid Volhovi lademesse.

1963. a tegi EGV Ehitusmaterjalide Rühm uuringu Vão maardla laiendamiseks (Remmel, 1964, EGF 2228). Uuringuala asus Vão karjääri ja Pirita jõe vahelisel alal (joonis 3.1). Kasulikuks kihiks olid Uhaku, Lasnamäe, Aseri ja Kunda lademe lubjakivid.

1969. - 70. a toimunud geoloogilise uuringu käigus detailiseeriti 1963. a uuringut Vão karjääri ja Pirita jõe vahelisel alal ning täiendav ehituslubjakivi varu Uhaku, Lasnamäe, Aseri ja Kunda lademete mahus anti Pirita jõest ida pool (Loo alal) (Remmel, 1970, EGF 3116) (joonis 3.1).

1994. a tegi Tallinna Tehnikaülikooli Mäeinstituut olemasolevate andmete põhjal Vão lubjakivimaardla jääkvaru ja Vão karjääriga külgnevate alade lubjakivi varu arvutuse. Selle tööga kanti maha Aseri ja Kunda lademe lubjakivi varu mahus ~1,3 mln m³, kui majanduslikult kaevandamiseks ebaotstarbeline varu (Adamson jt., 1994, EGF 4802).

Edaspidi ongi Vão maardla lubjakivivarude ümberhindamisel ja täiendavate varude arvele võtmisel karjääriga külgnevatel aladel kasutatud enamasti 1955. - 1970. a uuringu andmeid. Vähesel määral on puuritud ka uusi, valdavalt madalaid puurauke karjääri põhja lamamipiiride täpsustamiseks ja ka kasulikku kihti kogupaksuses läbivaid puurauke maardla laiendamise eesmärgil. Põhimõtteliselt võib pärast 1994. a varude ümberhindamist liigitada Vão maardlal tehtud uuringud järgmiselt:

- kaevandamistehnoloogia muutmisest ning piiranguvööndite vähenemisest või kadumisest tingitult on arvatud passiivsed varud aktiivseks (Adamson jt., 1996, EGF 5494; Adamson jt., 1997, EGF 5692, 5834; Kattai, 2004, EGF 7598; Tammekänd, 2008, EGF 8035) või ka vastupidi – aktiivsed varud passiivseks seoses taristu rajamisega (Kattai jt., 2006, EGF 7815);
- Aseri ja Kunda lademete lubjakivi kaevandamine osutus majanduslikult otstarbekaks ja võeti taas varuna arvele (Jürgenson, 2004, EGF 7596; Korbut jt., 2009, EGF 8216; Jürgenson jt., 2010, EGF 8263);
- korrigeeriti olemasolevaid varusid mäeeraldiste sees (liideti varuplokke, võeti varu arvele või kanti maha (Vahtra, 2012, EGF 8381; Rohtla jt., 2012, EGF 8455; Vahtra, 2016, EGF 8722; Tammekänd jt., 2016, EGF 8733; Tammekänd jt., 2018, EGF 8897);
- geoloogilised uuringud mäeeraldistega külgnevatel aladel maardla laiendamise eesmärgil (Tammekänd jt., 2008, EGF 8063; Tammekänd, 2015, EGF 8682; Tammekänd jt., 2016, EGF 8756; Valling, 2015, EGF 8685; Tammekänd jt., 2017, EGF 8833).

Konkreetselt Vão VIII uuringuruumi teenindusalale ei jää ühtegi varasema uuringu puurauku. Küll on aga käesolevas töös kasutatud lähimaid, Vão VII uuringu käigus rajatud puurauke PA-1/17 ja PA-2/17 (joonis 2.1) (Tammekänd jt., 2017, EGF 8833). Vão VII uuritud varu võeti aktiivse tarbevaruna arvele Vão lubjakivimaardla plokina 39

(joonis 3.1). Sarnaselt Vão VII-le, on ka Vão VIII uuringuruumi läbilõikes noorimateks kivimiteks Viivikonna kihistu lubjakivid, samuti on mõlemas uuringuruumis väga sarnased kihistute paksused, mis võimaldas antud puurauke kasutada käesoleva uuringuobjekti aluspõhja geoloogilise ehituse kolmemõõtmelise mudeli koostamisel.

Ümbruskonnas on tehtud rohkesti ka ehitusgeoloogilisi uuringuid, kus uuringupuuraukudega on läbitud kvaternaarisetted, ulatudes kohati ka aluspõhjakiivimitesse. Reeglina jäävad antud objektid Vão VIII uuringuruumi teenindusalast liiga kaugemale, mis ei võimalda nende andmeid kasutada küllaltki muutliku kvaternaarisetete paksuse ja koostise iseloomustamisel. Lähimad puuraugud, mis paiknevad käesoleva uuringuruumi edela-lõunapiirist ~50 m kaugusel, on rajatud EVR-i laohoone ehitusgeoloogilise uuringu käigus (Eller, 2018, MAEGF 34549). Nendest kahe puuraugu andmeid (PA-1EG ja PA-3EG, joonis 2.1) on kasutatud kattekihi paksuste ja aluspõhja pealispinna modelleerimisel.

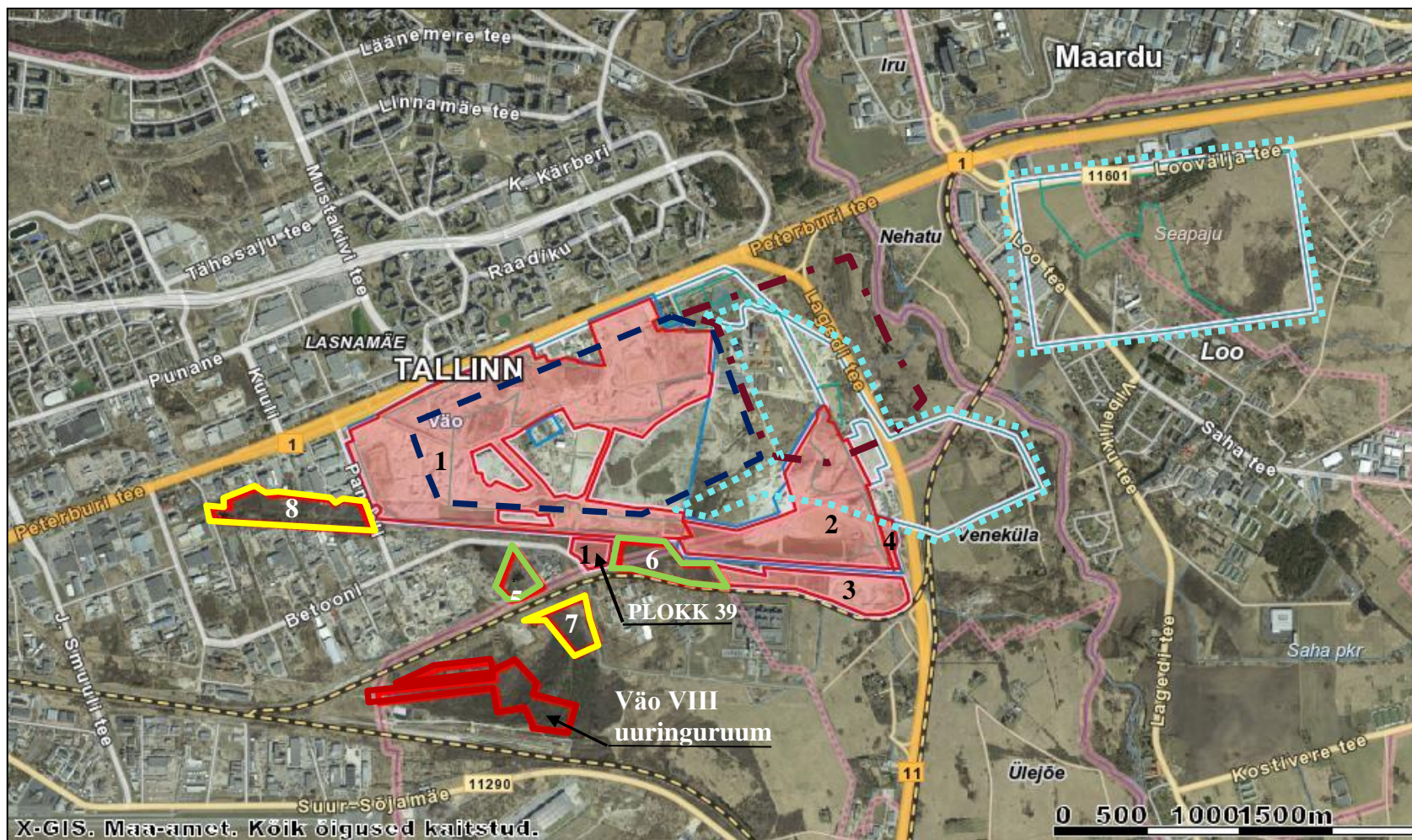
Maavarvarude koondbilansis seisuga 31.12.2019. a on Vão lubjakivimaardlas (392,34 ha) arvel kõrgemargilise ehituslubjakivi aktiivset tarbevaru 10 334,7 tuh m³ ja passiivset tarbevaru 7239,0 tuh m³ (Roosalu, 2020).

Vão lubjakivimaardlas kaevandatakse käesoleval ajal lubjakivi neljal mäeeraldisel (joonis 3.1):

- Vão lubjakivikarjäär (Paekivitoodete Tehase OÜ, maavara kaevandamise luba HARM-154, kehtib kuni 13.01.2039, aT jääk 2409,8 tuh m³ seisuga 31.12.2019);
- Vão V lubjakivikarjäär (OÜ Vão Paas, maavara kaevandamise luba KMIN-137, kehtib kuni 16.12.2028, aT jääk 1263,4 tuh m³ seisuga 31.12.2019,);
- Tondi-Vão lubjakivikarjäär (OÜ Vão Paas, maavara kaevandamise luba KMIN-061, kehtib kuni 06.05.2022, aT jääk 184,2 tuh m³ seisuga 31.12.2019);
- Tondi-Vão III lubjakivikarjäär (AS TREF Nord, maavara kaevandamise luba KMIN-128, kehtib kuni 06.05.2025, aT jääk 11,7 tuh m³ seisuga 31.12.2019).

2019. a kaevandati Paekivitoodete Tehase OÜ ja Vão Paas OÜ poolt kokku 487,1 tuh m³ ehituslubjakivi. Mäeeraldiste jääkvaru 2020. a alguse seisuga oli 3869,1 tuh m³, mida jätkuks antud kaevandamismahtude juures vähem kui 8 aastaks.

Kuna rajatud taristu piiranguvöönditest tingitult on olemasoleva maardla laiendamine vahetult mäeeraldistega külgnevatele aladele problemaatiline, on kaevandajad muutnud kaevandamistehnoloogiat, asendades lõhketööd kivimi raimamisega. See võimaldab kõrgekvaliteedilise lubjakivi arvele võtta aktiivse tarbevaruna ja kaevandada ka kommunikatsioonide vahele jäävatel kitsastel maaribadel. Kuna nõudlus kivi järele on suur, on kaevandajad huvitatud maavara maksimaalsest väljamisest. Kuid ka antud varudest ei piisa, leevendamaks kvaliteetse ehituslubjakivi pöuda Harjumaal. Seepärast on esitatud mitmeid taotlusi geoloogilise uuringu tegemiseks Vão maardla piirkonnas. Lisaks Vão VIII uuringuruumile, on väljastatud ka load geoloogilise uuringu tegemiseks Vão IX ja Lõuna-Vão II uuringuruumis (joonis 3.1). Menetlusse on võetud geoloogilise uuringu taotlused Vão X ja XI ning Vão XII uuringuruumis (joonis 3.1).



- 1955. - 56. a uuring (Sidorova, 1965); — 1963. a uuring (Remmel, 1964); — 1969. - 70. a uuring (Remmel, 1970)
- Mäeeraldis: 1-Vão lubjakivikarjäär HARM-154; 2-Tondi-Vão lubjakivikarjäär KMIN-061; 3-Vão V lubjakivikarjäär KMIN-137; 4-Tondi-Vão III lubjakivikarjäär KMIN-128;
- Geoloogilise uuringu ala: 5-Vão IX uuringuruum; 6-Lõuna-Vão II uuringuruum
- Taotletav geoloogilise uuringu ala: 7-Vão X, XI uuringuruum; 8-Vão XII uuringuruum

Joonis 3.1. Vão maardla geoloogilise uurituse plaan. Plaani koostamisel on kasutatud Maa-ameti kaardirakendust.

4. UURINGUMETOODIKA JA MAHT

4.1. Uuringumetoodika

Uuringuruumi asukoha valikul oli oluliseks teguriks vajadus laiendada kaevandamisalasid Vão kihistu levikualal, kuna kõrgema kvaliteediga ehitusotstarbelise karbonaatkivimi kaevandatava varu on Harju maakonnas kriitiliselt väike. Olemasolevate mäeeraldiste laiendamist Vão lubjakivimaardlas ei võimalda maardlat ümbritsevad kommunikatsioonid. Vão VIII uuringuruumi paikneb katastriüksustel, kus on geoloogilised ja ka maakasutuslikud eeldused karjääri rajamiseks.

Uuringu sügavuse planeerimisel arvestati varasemate uuringute käigus Vão lubjakivimaardla lõunaserva rajatud puuraukude andmetega. Täpsem sügavus selgus pärast esimese puuraugu rajamist Vão VIII uuringuruumi lääneserva, mil läbiti karbonaatkivimiline aluspõhi kogupaksuses kuni Leetse kihistu glaukonitliivakivini. Saadud informatsiooni põhjal planeeriti ka ülejäänud puuraukude sügavus, milleks kujunes ~20,5 - 22,5 m.

Uuringuvõrgu planeerimisel lähtuti aktiivse tarbevaru kinnitamise nõudest, kus uuringupunktide maksimaalne vahekaugus on kuni 400 m. Uuringuruumi paiknemine soisel alal raskendas ligipääsu planeeritud puuraukudele. PA-4 oli kavas puurida pärast maapinna külmumist, kuid soe talv seda ei võimaldanud. Rajatud 5 puuraugu andmetel oli piirkonna geoloogiline ehitus väljapeetud (nii kihistute paksused kui ka kihtide lasumus) ning hästi korreleeritavad uuringuruumist ~ 650 m kaugusele jäävate 2017. a Vão VII uuringu puuraukudega (Tammekänd jt., 2017). Kasutades ka viimati nimetatud uuringu puuraukude andmeid, võimaldas see aluspõhjakihtide mudeli modelleerida kogu uuringuruumi piires. Kui aluspõhjakihtide geoloogilisest ehitusest andsid olemasolevad andmed väga hea ülevaate, siis saamaks detailsemat infot kvaternaari-setete paksuse ja koostise (maavara katendi) kohta, rajati raskesti ligipääsetavatesse kohtadesse puuraugud ja sondeerimispunktid käsitsi.

4.2. Välitööd

Puurimistööd tegi OÜ Salveesia 2020. a veebruaris ja aprillis. Puuraugud rajati puurpingiga URB-2a südamikpuurimise meetodil. Puurotsiku jahutamiseks ja puurtolmu väljatoomiseks kasutati õhku. Puuriti 6 puurauku sügavusega 20,8 - 22,5 m, sealhulgas 1 puurauk hüdrogeoloogiliseks katsepumpamiseks (kokku 129,3 m). Puurimise diameeter kvaternaari setetes oli 132 mm ja karbonaatkivimeis maksimaalselt 112 mm. Puursüdamiku väljatulek lubjakivi osas oli 90 - 98%, keskmiselt 95%, sealhulgas kasuliku kihi osas 91 - 98%, keskmiselt 94% (lisa 4). Hüdrogeoloogiline puurauk PA-6A puuriti südamikuta. Antud puuraugu diameeter kvaternaari setetes oli 190 mm ja karbonaatkivimeis kuni 140 mm.

Puuragregaadiga rajatud puuraukudest PA-3 likvideeriti 13.04.2020. a, ülejäänud puuraugud 14.05.2020. a. Puuraukude vettandev osa täideti killustikuga ning ülejäänud osa täideti kaljuses kivimis tsemendi seguga, purdsetete osas killustiku sõelmetega. Puuraukudest on manteltorud eemaldatud. Maapind tasandati, korrastati ning taastati uuringueelne seisund.

Uuringuruumi põhja-idaosas, kuhu puuragregaadiga ei olnud võimalik sõita, puuriti **käsipuuriga** 4 puurauku sügavusega kuni 2,8 m, kokku 9,2 m. Puurimise diameeter oli 65 mm. Puuraukudega läbiti turbalasund ja liivsavimoreen kuni aluspõhjani.



Foto 4.1. Südamikpuurimine (PA-2) (foto T. Tuuling, 06.02.2020, N 59°25'16" ja E 24°52'37").



Foto 4.2. Puuraugu PA-7 rajamine käsi-
puuriga (foto T. Tuuling, 13.04.2020, N 59°25'17" ja E 24°53'3").

Sondeerimispunktid: kuna pehme pinnas ei võimaldanud ekskavaatoriga kaevandeid rajada, siis kvaternaarisetete, eelkõige turbalasundi paksuse täpsustamiseks tehti turbapuuriga 13 sondeerimispunkti diameetriga 30 mm ning sügavusega kuni 2,1 m (kokku 19,5 m). Sondeerimispunktides läbiti turbalasund kuni liivsavini või liivsavi-moreenini, aluspõhjakeivimeid ei avatud.

Käsipuuriga rajatud puuraugud ja sondeerimispunktid likvideeriti vahetult pärast nende rajamist. Kuna nimetatud uuringupunktid rajati plastsesse moreeni ja turbasse, täitusid need pärast puuri väljatõstmist setetega ning täiendavad tööd nende likvideerimiseks ei olnud vajalikud.

Puuraukude likvideerimise kohta koostati akt (lisa 16), mille on heaks kiitnud Keskkonnaamet oma 09.07.2020. a korraldusega nr 1-3/20/681 (lisa 17).

4.3. Puursüdamiku kirjeldamine ja laboratoorsed tööd

Saadud puursüdamikku kirjeldati puursüdamiku tulbas ja tulba saetud pinnal. 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 külg on 2800 pikslit. Samas on ka fotode kataloog Exceli tabelina. Illustreerimaks puursüdamike kirjeldusi, on tekstiis 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 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. Kukruse lademe Viivikonna kihistu lubjakivi ülemine osa, milles kukersiidi kihid olid oluliselt paksemad ja kukersiidi sisaldus neis oluliselt suurem, prooviti eraldi. Viivikonna kihistu alumine osa, mis visuaalsel hinnangul sarnaneb kvaliteedilt pigem lamava Uhaku lademe

Kõrgekalda kihistuga, võeti ühte proovi koos viimasega. Eraldi võeti proovid Vão kihistu ülaosas lasuvast lubjakivist ning alumises pooles lasuvast dolomiidistunud lubjakivist. Piiriks oli Vão kihistu Pae kihistiku dolomiidistunud lubjakivikihi pealispind. Aseri lademe Kandle kihistu ooidlubjakivi ja Kunda lademe Loobu kihistu lubjakivi prooviti nende väikese paksuse tõttu koos Vão kihistu alumise osaga.

Tegutsevas Vão lubjakivikarjääri mäeeraldises on kasuliku kihi hulka arvatud ka Volhovi lademe Toila kihistu glaukoniitlubjakivi 0,45 m paksuselt. Selleks, et saada teavet kas ja kuivõrd mõjutab killustiku kvaliteeti glaukoniitlubjakivi lisamine kasuliku kihi hulka, võeti kahe puuraugu puhul (PA-1 ja PA-3) alumisse proovi lisaks ka glaukoniitlubjakivi vastavalt 0,9 ja 0,4 m paksuselt.

Seega võeti ühest puuraugust 4 proovi, kokku 20 proovi killustiku purunemis- ja külma-kindluse määramiseks. Proovimise intervallid jäid 1,1–6,45 m vahemikku, keskmine proovipikkus oli 4,6 m. Katsete jaoks vajamineva fraktsiooni saamiseks purustati puursüdamikust võetud proovid eelnevalt laboratoorses lõugpurustis. Killustiku purunemiskindlus LA katsel määrati fr 10/14 mm ja külma-kindlus fr 8/16 mm. Katsetuste tulemused on toodud lisas 5.

Purunemiskindlus Los Angelese meetodil määrati proovi pööritamisel trumlis koos teraskuulidega ning seejärel kaaluti materjali jääk 1,6 mm avadega sõelal. Külma-kindlus 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. Terade tihedus ja veeimavus määrati püknomeetri meetodil. Püknomeetrit (klaaskolvi) vee ja sõelatud materjaliga hoitakse 24 tundi veevannis temperatuuril 22°C, mille järel materjal kuivatatakse ja kaalutakse.

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. Vão VIII uuringuruumis võeti proovid kivimi keemiliseks analüüsiks kolmest puuraugust. Puuraukude valikul arvestati sellega, et uuringuruum saaks pindalaliselt võimalikult ühtlaselt iseloomustatud. Kokku võeti 23 proovi. Proovimise intervallid jäid 0,4 - 6,45 m vahemikku, keskmine proovipikkus oli 2,4 m. Kivimi keemilised analüüsid tehti Eesti Geoloogiateenistuse laboratooriumis ja analüüsides tulemused on toodud tekstilis 8.

4.4. Hüdrogeoloogilised tööd

Hüdrogeoloogilistest töödest teostati veetasemete mõõtmised rajatud puuraukudes ning katsepumpamine puuraugus PA-6 põhjavee juurdevoolu hindamiseks kavandatavasse karjääri. Samaaegselt pumpamiskatsega mõõdeti veetaset puuraugust PA-6 ~20 m kaugusele rajatud puuraugus PA-6A. Katsepumpamiseks kasutati süvaveepumpa SQ 7-40. Puuraukudes mõõdeti veetase enne katsepumpamise algust ning jooksavalt kogu katse vältel. Veetaseme mõõtmiseks kasutati automaatseid pidevandureid (Van Essen CTD-Diver), mis mõõtsid veetaset 30 sek intervalliga. Veetaseme kontrollmõõtmised tehti Eijkelkampi põhjavee taseme mõõtjaga. Usaldusväärsete tulemuste saamiseks prooviti katsepumpamisel saavutada vähemalt 1 meetrine veetaseme alandus. Uuringuruumi hüdrogeoloogilisi tingimusi on kirjeldatud peatükis 7.

4.5. Topograafilised tööd

Uuringuruumi teenindusala ja selle lähiümbruse topograafilise mõõdistuse tegi 2020. a jaanuaris OÜ Inseneribüroo STEIGER, mille alusel koostati topograafiline plaan mõõtkavas 1 : 2 000. Mõõdistamine tehti reaajas 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 ja uuringuruumi pindala määrati nurgapunktide koordinaatide alusel programmiga Bentley PowerCivil V8i (litsents 70000661800020). Varu arvutamiseks kasutati nimetatud programmi. Plaani koostamisel olid aluseks põhikaardi vektoriseeritud lehed nr 63844 63853 ning baaskaardi lehed nr 6334 ja 6343. Täpsemad andmed topograafilise mõõdistuse kohta on esitatud topograafilise mõõdistamise seletuskirjas (lisa 14).

4.6. Kameraaltööd

Kameraaltööde käigus töötati läbi geoloogilise uuringu käigus saadud välitöö kivimiline materjal ja laboriuuringute andmed. Saamaks täiendavaid andmeid uuringuruumi ja selle lähiümbruse geoloogilisest ehituses, töötati läbi ka varasemad geoloogiliste ja ehitusgeoloogiliste uuringute aruanded. Puuraugud, mida kasutati Vão VIII uuringuruumi geoloogilise ehituse iseloomustamisel ja kolmemõõtmelise mudeli koostamisel, on esitatud puuraukude kataloogis (lisa 2) ja asukohad näidatud joonisel 2.2.

Kuna käesoleval juhul on kivimi kvaliteet selgelt korrelatsioonis kihistutega, on uuringuruumi geoloogilist ehitust kirjeldatud litostratigraafiliste üksuste tasemel. See puudutab eelkõige Uhaku ja Lasnamäe ladet, kus kvaliteetne ehituskivi on seotud Vão kihistuga, mis geoloogiliselt vanuselt kuulub nii Uhaku kui ka Lasnamäe lademesse. Ehkki 2017. a Vão VII uuringu puhul, mille andmeid käesolevas töös kasutati, oli geoloogilist ehitust kirjeldatud lademetel tasemel, võimaldasid puursüdamike fotod määrata ka Vão kihistu piiri. Samuti oli proovide võtmisel järgitud kihistu piiri.

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”.

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

Vão VIII 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) 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. Puuragregaat, geoloog ja abilised liikusid geoloogilise uuringu punktide vahel enamasti mööda olemasolevaid teid. Metsas liikumiseks võeti maha üksikud puud kooskõlastatult RMK ja maaomanikuga. Geoloogiliste, hüdrogeoloogiliste ja muude töödega olulist mõju keskkonnale ei avaldatud.

5. GEOLOOGILINE EHITUS

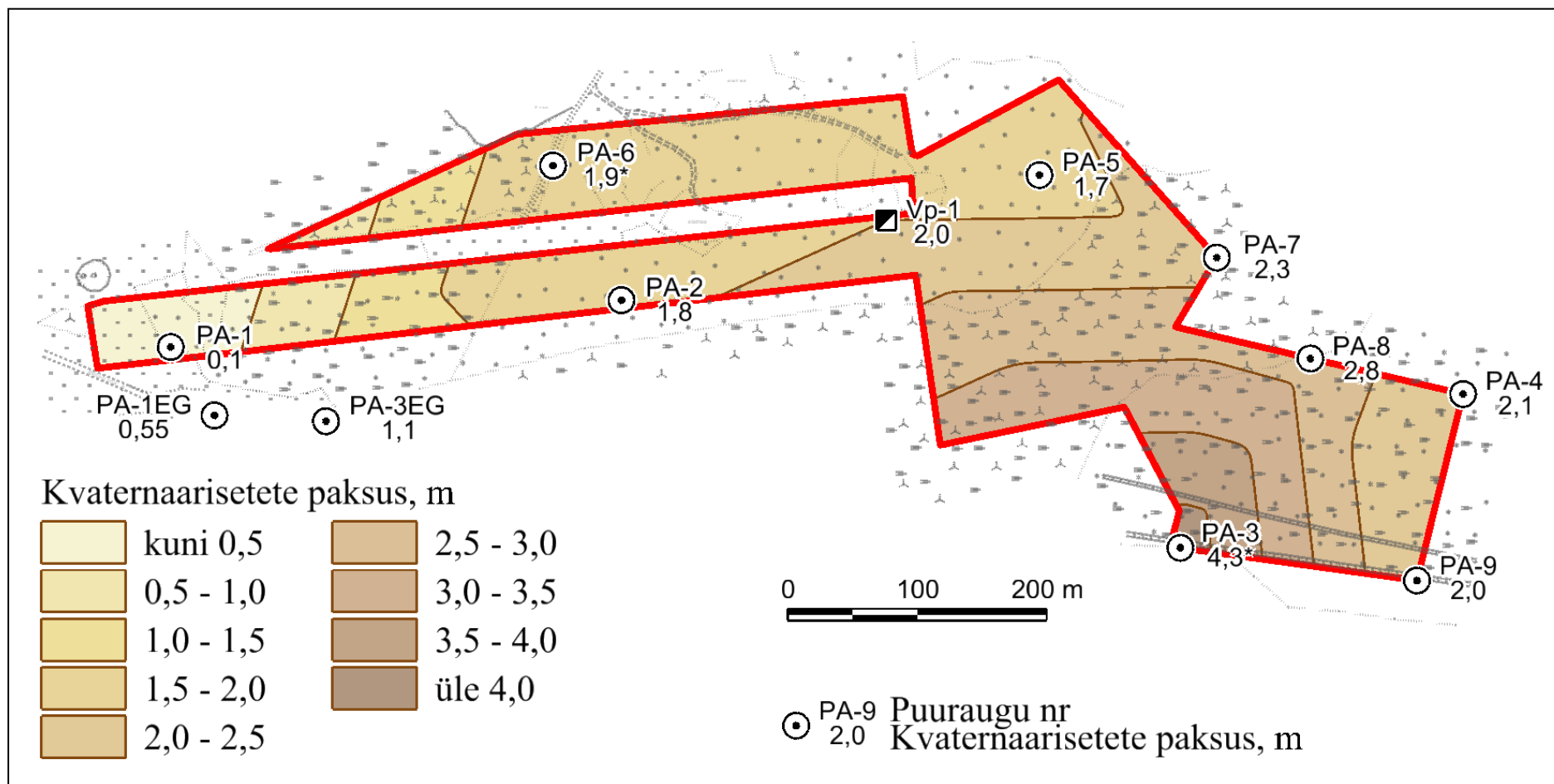
Vão VIII uuringuruum paikneb Põhja-Eesti platool. Uuringuruumi lääneserv väikesel pindalal jääb alvarile, kus aluspõhjakeivimeid katab vaid 0,1 m paksune klibune kasvukiht (foto 5.1). PA-1 andmeil on paeplatool lubjakivi ülaosa kuni 1 m paksuselt porsunud ja murenenud.



Foto 5.1. Uuringuruumi lääneserv jääb alvarile. Fotol on uuringuruumi läänepiirist 20 m kaugusele jäävad kultusekivid, mille ümbrusest on 10 cm paksune kasvukiht kooritud.

Enamasti ulatub aga kvaternaarisetete paksus 2 - 3 meetrini, uuringuruumi lõunaservas maksimaalselt 4,3 meetrini (joonis 5.1), keskmine paksus on 2,1 m. Lokaalselt esineb uuringualal tehnogeenseid setteid: kitsal ribal (~100 m²) keskmiselt 1,2 m paksuse kihina uuringuruumi lõunaservas PA-3 piirkonnas ja Vahemetsa kinnistut läbiva tee all kuni 0,5 m paksuselt. Kuid tühiselt väikese leviku tõttu ei ole neid keskmise kihipaksuse arvutuses ja ka joonise 5.1 kootamisel kasutatud.

Uuringuruumi põhja-lääneosas, puuraukude PA-2, PA-6 ja PA-5 piirkonnas lasuvad küllaltki paksu (0,5 - 1,0 m) turbaseguse mullakihi all glatsiaalsed setted, mis on esindatud hallikaspruuni liivsavimoreeniga. Selle ülaosas esineb kulutamata, valdavalt karbonaatset purdosa diameetriga 1 - 2 cm 5 - 7%. Alumises, ligikaudu 0,5 m paksuses osas ulatub kuni 7 sentimeetrise diameetriga jämepeurru sisaldus 35%-ni. Sageli võib olla murenenud ka aluspõhjakeivimite ülemine osa kuni 0,9 m paksuselt, sarnanedes lasuva lokaalmoreeniga (PA-5).



Joonis 5.1. Vão VIII uuringuruumi kvaternaarisetete paksus.

Uuringuruumi idaosas on levinud soosetted. Linnaaru raba keskosas, puuraukude PA-3 ja PA-8 piirkonnas ulatub turbakihi paksus maksimaalselt 1,6 - 1,7 meetrini, vähenedes raba servaalal (PA-4, PA-9, S-6) 0,9 - 1,4 meetrini. Turbalasund sisaldab rohkesti puujuuri ja oksarisu. Rabapiirkonnas lasub läbilõike ülaosas ligikaudu 0,5 m paksuselt puu-sfagnumiturvas, mille lagunemisaste on ~15 - 20%, selle all 0,5 m paksuse kihina hästilagunenud puu-rohuturvas lagunemisastmega ~35%. Läbilõike alumises osas on hästilagunenud madalsooturvas 0,5 – 0,6 m paksuselt mineraliseerunud ja savi sisaldusest tingitult veidi plastne (foto 5.3).



Foto 5.2. Rabalasundi ülemine osa. PA 8, int 0,0 – 0,6 m.



Foto 5.3. Turbalasundi allosas lasuv hästilagunenud turvas on nõrgalt savikas. PA-8, int 1,0 - 1,5 m.



Foto 5.4. Turbalasundi lamamis olev sinakashall liivsavimoreen on vähese peene purdosa. PA-7, int 1,3 – 1,9 m.

Turbalasundi lamamiks on reeglina 0,3 m paksune limniline sinakashall plastne liivsavi ja selle all omakorda sinakashall liivsavimoreen, mis sisaldab kuni 1 cm jämedust purdosa ligikaudu 7% (foto5.4). Kohati esineb turba ja liivsavi vahel ka kuni 0,5 m

paksune järvemuda kiht, mis on pruunikasbeež ja sisaldab rohkesti terveid karpe ja nende fragmente (foto 5.5). Raba ümbritsevas madalsoos on mineraliseerunud turbakihi paksus kuni 1 m ja selle lamamiks on sinakashall liivsavi (foto 5.6). Moreeni paksust ei õnnestunud madalsoos kindlaks määrata.



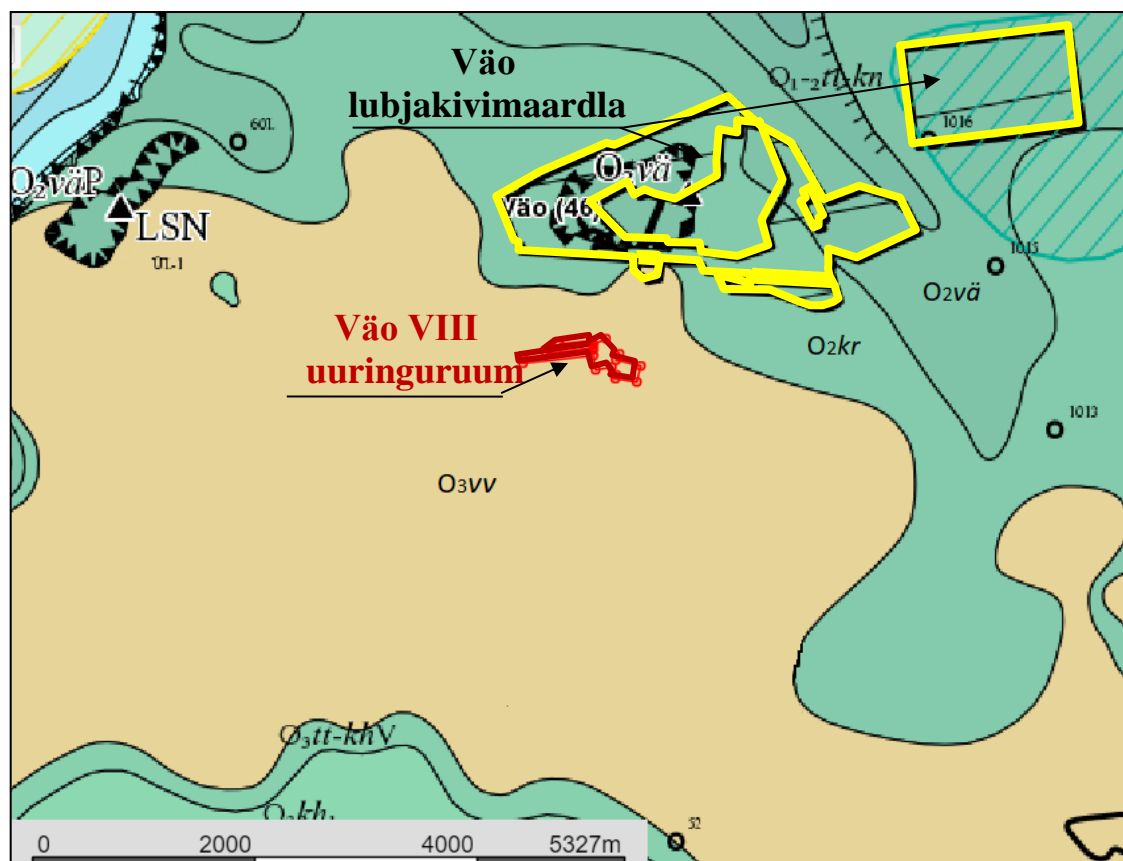
Foto 5.5. Kohati esineb turba lamamis järvemuda ja selle all sinakashall liivsavi. S-9, int 1,6 – 2,1 m.



Foto 5.6. Mineraliseerunud madalsooturvas sondeerimispunktis S-5. Turba lamamiks on sinakashall liivsavi. S-5, int 0,5 - 1,0 m.

Uuringuruum paikneb **Ülem-Ordoviitsiumi ladestiku Kukruse lademe Viivikonna kihistu (O_{3vv})** avamusel. Kui Vão lubjakivimaardla on seni jäänud vaid Vão ja Kõrgekalda kihistu avamustele, siis maardla laienemisel lõuna suunas ilmuvad läbi-lõikes ka Viivikonna kihistu lubjakivid. Esimest korda on Vão maardlas Viivikonna kihistu lubjakivisid kirjeldatud Vão VII uuringuruumi geoloogilise uuringu käigus (Tammekänd, 2017) (maardla plokk 39), kus kihistu paksus oli keskmiselt 2 m, lasudes ~4 - 6 meetri paksuse kattekihi all. Viivikonna kihistu lamam jääb ploki 39 äärmises lõunaservas 34 - 35 m abs kõrguse tasemele, kiiludes välja ploki 39 põhjapiiril. Vão VII uuringu andmeil Vão karjääri seinas Viivikonna kihistu kivimit ei paljandu. Ka aluspõhja geoloogilise kaardi andmeil sopistub Viivikonna kihistu maardla lõunaossa, ning avaneb maardlast lõuna pool juba ligikaudu 4 km laiuse vööndina (joonis 5.2).

Vão VIII uuringuruumis on Viivikonna kihistule iseloomulik sinakashalli rohkem või vähem savika lubjakivi vaheldumine pruunikashalli kukersiitse lubjakiviga. Kivimis esineb lainjaid hargnevaid pruuni kukersiidi kelmeid ja õhukesi vahekihte paksusega 1 - 2 cm, andes kivimile võrkja tekstuuri. Suurem on kukersiidi sisaldus Viivikonna kihistu ülaservas, kus torkab silma uuringuruumis nii vertikaalselt kui ka lateraalselt välja peetud kaks ~0,2 ja ~0,5 m paksust kihti, milles esinevad kuni 10 cm paksused puhtamad kukersiidi kihid (foto 5.7).



Joonis 5.2. Vão VIII uuringuruum jääb Kukruse lademe Viivikonna kihistu avamusele. Plaani koostamisel on kasutatud Maa-ameti kaardirakendust.



Foto 5.7. Kukruse lademe Viivikonna kihistu ülemine osa. Intervallides 4,1 - 4,5 m ja 4,7 - 4,9 m esinevad paksemad kukersiidikihid. PA-1, int 3,4 - 5,5 m.

Viivikonna kihistu alumises osas on kukersiidi sisaldus oluliselt väiksem. Vahekihtidena esineb kuni 10 cm paksusi beežikashalle, nõrgalt kukersiitse lubjakivi vahekihte (foto 5.8). Sagedased on mergli vahekihid, mis on kontrastsed, lainjad ja õhukesed, jäädes reeglina alla 1 cm. Viivikonna kihistu kivim on õhukese- kuni keskmisekihiline ja iseloomulikud on rohked püriitse impregnatsiooniga katkestuspinnad. Kihistu alumisel piiril on püriitse impregnatsiooniga tasane, väikeste soppidega katkestuspind (foto 5.9). Kihistu paksus uuringuruumis jääb 3,6 - 7,5 m vahemikku, olles keskmiselt 5,4 m. Lamam jääb abs kõrgustele 31,6 - 32,8 m, langusega lõuna suunas.



Foto 5.8. Viivikonna kihistu alumises osas (sügavuselt 5,25 m) on kukersiitsete lubjakivide sisaldus oluliselt väiksem. PA-5, int 4,4 - 6,1.

Kesk-Ordoviitsiumi ladestiku Uhaku lademe Kõrgekalda kihistu (O₂kr) on esindatud helehalli peenekristallilise, sagedaste mergli vahekihtidega, õhukese- kuni keskmisekihilise nõrgalt savika lubjakiviga (foto 5.9). Kihistu ülemises osas esineb lubjakivides vähesel määral kukersiiti, andes kivimile kohati pruunika varjundi. Esineb ka üksikuid savika kukersiidi kelmeid. Kihistu paksus on puuraukude andmeil 2,5 - 2,9 m, keskmiselt 2,7 m. Kõrgekalda kihistu lamam jääb 28,9 - 30,1 m abs kõrgusele. Kihistu alumiseks piiriks on kuue - seitsme sopilise püriidistunud katkestuspinnaga, ligikaudu 0,5 m paksuse lubjakivikompleksi ülemine kahekordne katkestuspind (foto 5.10).



Foto 5.9. Uhaku lademe Kõrgekalda kihistu mergli vahekihtidega lubjakivi. Sügavusel 7,6 m markeerib katkestuspind Viivikonna ja Kõrgekalda kihistute vahelist piiri. PA-5, int 7,1 – 9,0 m.



Foto 5.10. Katkestuspindadega ~0,5 m paksune lubjakivikompleks, kus ülemine kahekordne katkestuspind on Kõrgekalda ja Vão kihistu piiriks.

Vão kihistu (O₂vä) lubjakivi, mis on tuntud enam Lasnamäe ehituspaena, on üheks Eesti paremaks ja vanima kasutustraditsiooniga ehituskiviks. Kihistu ülemine osa kuulub **Uhaku lademe**, valdav enamus aga **Lasnamäe lademe** koosseisu. Kihistu koosneb valkjashallist, detriitjast, pisi- kuni mikrokristallilisest, keskmise- kuni paksukihilisest, juusjaid merglikelmeid ja stüoliitpindu sisaldavast lubjakivist. Kihistule on iseloomulikud rohked nõrga fosfaatse impregnatsiooniga lainjad katkestuspinnad. Suurem osa kihistust (~6 m) langeb Kostivere kihistiku kesk- kuni paksukihilise lubjakivi arvele (foto 5.11). Vão kihistu alumises kolmandikus on reeglina ~0,4 m

paksuse tumehalli, tugevalt dolomiidistunud lubjakivi kiht - Pae kihistik. Puuraugus PA-2 oli tugevalt dolomiidistunud lubjakivikihi paksus 1,0 m (foto 5.11). Vão kihistu alumises, ligikaudu 2 m paksuses lubjakivilasundis, mis kannab Rebala kihistiku nime, on mergli kelmeid ja vahekihte tihedamalt. Sarnaselt Pae kihistikuga, võib ka see olla kohati dolomiidistunud. Vão kihistule tervikuna on iseloomulik püriidistunud detriidi ja umbes 1 - 2 cm jämeduste vertikaalsete ussikäikude esinemine. Vão kihistu kogupaksus uuringuruumis on 8,6 - 9,4 m, keskmine paksus 9,2 m. Kihistu lamam jääb põhjaosas abs kõrgusele 21,3 m, langedes lõuaosas 19,5 m abs kõrgusele. Vão kihistu kontakt lamamiks oleva Kandle kihistuga ei ole terav, kuid on selgelt määratletav – Kandle kihistule on iseloomulikud raudooidid.



Foto 5.11. Vão kihistu Kostivere (int 16,0 – 16,9 m) ja Pae (int 16,9 – 17,9 m) kihistiku lubjakivi puuraugus PA-2.



Foto 5.12. Vão kihistu Rebala kihistiku lubjakivis on mergli kelmeid ja vahekihte tihedamalt. PA-6, int 17,2 - 18,2 m.

Aseri lademe Kandle kihistu (O₂kn) on esindatud pruunikashalli, nõrgalt savika, keskmise- kuni paksukihilise, pisi- kuni mikrokristalse, detriidika, raudoode sisaldava lubjakiviga (foto 5.13). Ooide on reeglina rohkem kihistu üla- ja alumises osas, keskosas vähem. Ooidide läbimõõt on valdavalt <1,0 mm. Kihistus esinevad limoniitse impregnatsiooniga katkestuspinnad. Kihistu alumisel piiril on kahekordne, tugeva fosfaatse ja püriitse impregnatsiooniga ja sügavate taskutega katkestuspind. Kihistu paksus uuringuruumis on 0,35 - 0,5 m, keskmiselt 0,45 m.



Foto 5.13. Aseri lademe Kandle kihistu ooidlubjakivi. PA-1, int 19,2 - 19,55 m.

Kunda lademe Loobu kihistu (O₂lb) koosneb tumedamast hallist, nõrgalt savikast, mikro- kuni peenekristallilisest, detriitsest, keskmise- kuni paksukihilisest lubjakivist.

Loobu kihistule on iseloomulikud rohked lainjad või konarlikud fosfaatse impregnatsiooniga katkestuspinnad (foto 5.14) ja nautiliidide ja trilobiitide kivistised. Kihistu alumist piiri markerib tugeva limoniit-fosfaatse impregnatsiooniga katkestuspind (foto 5.15). Kihistu paksus jääb 0,55 - 0,65 m vahemikku, keskmine paksus on 0,6 m. Loobu kihistu lamami abs kõrgus on uuringuruumi põhjaosas 20,4 m, langedes uuringuruumi lõunaservas 18,4 m abs kõrgusele.



Foto 5.14. Kunda lademe loobu kihistu rohkete fosfaatsete katkestuspindadega lubjakivi. PA-3, int 21,4 - 21,6 m.



Foto 5.15. Loobu-Toila kihistu vahelist piiri markerib tugeva limoniit-fosfaatse impregnatsiooniga katkestuspind. PA-3, int 21,8 - 22,0 m.

Uuringu käigus avatud läbilõike alumise osa moodustab **Volhovi lademe Toila kihistu (O2tl)**, mis on esindatud rohekashalli pisikristallilise glaukoniiti sisaldava lubjakiviga. Kihistu läbiti täielikult vaid puuraugus PA-1, kus selle paksuseks oli 2,2 m. Glaukoniidisaldus ja terade suurus on läbilõikes erinev. Toila kihistu ülemises, ligikaudu 1 m paksuses lasundis esineb lubjakivis võrdlemisi vähe peent glaukoniiti. Rikkalikult esineb glaukoniiditerasid 2 - 3 cm paksustes mergli vahekihtides (foto 5.16).



Foto 5.16. Toila kihistu ülemises pooles lasub mergli vahekihtidega peeneteralise glaukoniidiga lubjakivi. PA-5, int 20,5 – 20,9 m.



Foto 5.17. Jämedate glaukoniiditeradega dolomiidikas lubjakivi Toila kihistu alumises kolmandikus. PA-1, int 21,2 - 21,5 m.



Foto 5.18. Kirjuväriline dolomiidikas lubjakivi Toila kihistu alumises osas. PA-1, int 21,75 – 22,1 m.

Kihistu alumises kolmandikus lasub nõrgalt dolomiidikas suurte glaukoniiditeradega keskmisekristalliline lubjakivi (foto 5.17). Toila kihistu alumine 0,45 m on esindatud kirjuvärilise dolomiidika peenekristallilise lubjakiviga, milles glaukoniit on jaotunud

ebaühtlaselt, impregneerides tavaliselt katkestuspindu (Billingeni lademe Päite kihistik, foto 5.18). PA-1 andmeil jääb Toila ja Leetse kihistute vaheline piir 18,2 m abs kõrgusele.

Puuraugus PA-1 avati ka **Hunnebergi lademe Leetse kihistu (O₁lt)** 0,2 m paksuselt. Avatud osas on kihistu esindatud rohekashalli, rohkesti glaukoniiditerakesi sisaldava, võrdlemisi kõva lubiliivakiviga (joonis 5.19). Puurauk lõpetati pudedas glaukoniitliivakivis.



Foto 5.19. Puuraugus PA-1 avati 0,2 m paksuselt Leetse kihistu glaukoniit-lubiliivakivi. PA-1, int 22,2 – 22,5 m

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

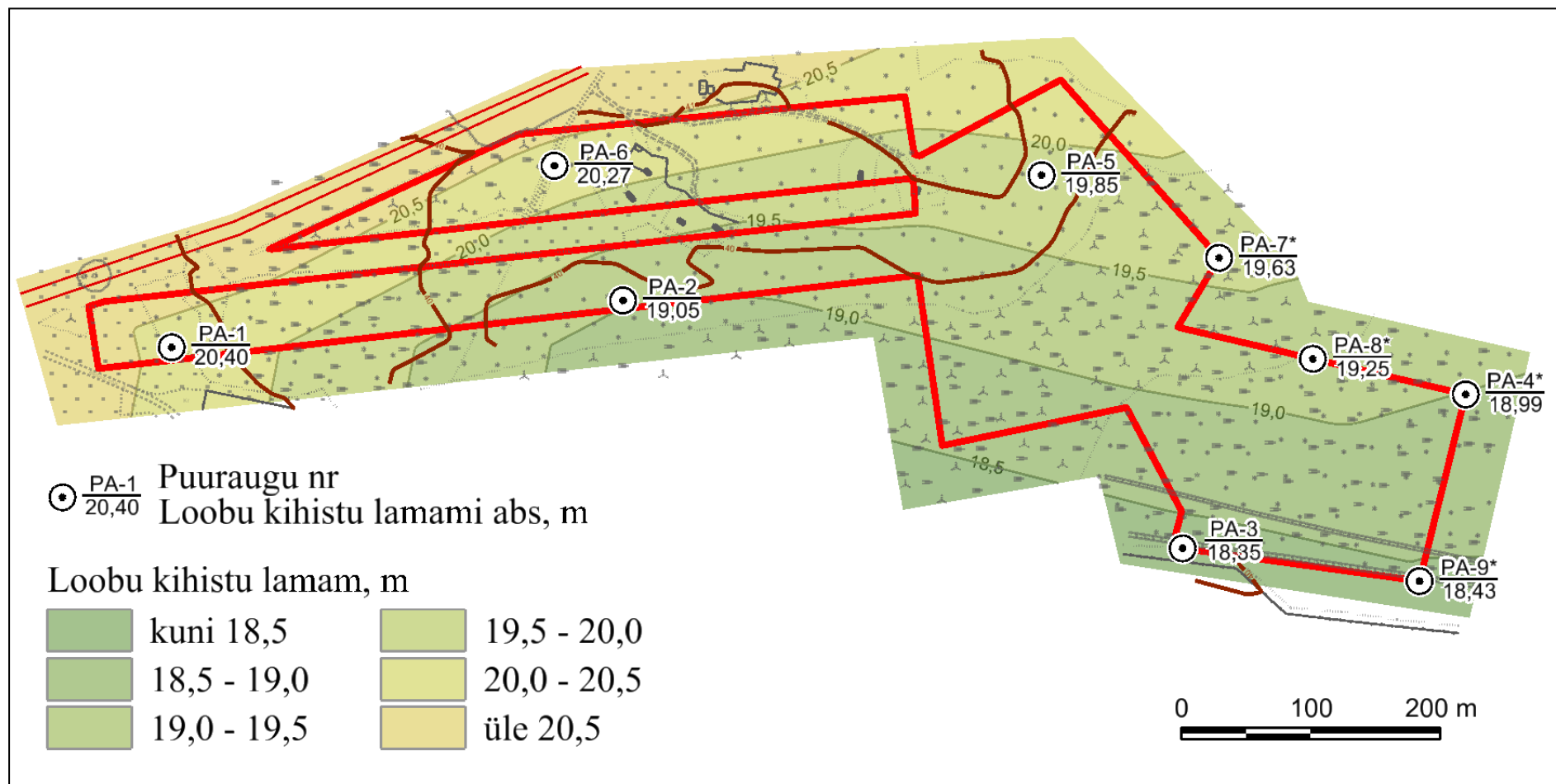
Tabel 5.1. Vão VIII uuringuruumi geoloogilise läbilõike koondtabel

Nimetus	Geoloogiline indeks	Kihi paksus (puuraukudes fikseeritud), m		
		miinimum	maksimum	keskmine
Muld	Q _{IV}	0,1	1,0	0,3
Turvas	b _{IV}	0,0	1,7	0,7
Liivsavimoreen	Qg _{III}	0,0	2,6	1,1
Kvaternaarisetted kokku*		0,1	4,3	2,1
Lubjakivi, kukersiidi vahekihtidega	O _{3vv}	3,6	7,5	5,4
Lubjakivi, mergli vahekihtidega	O _{2kr}	2,5	2,9	2,7
Lubjakivi, paksukihiline	O _{2vä}	8,6	9,4	9,2
Lubjakivi, raudooididega	O _{2kn}	0,35	0,5	0,45
Lubjakivi, detriitne	O _{2lb}	0,55	0,65	0,6
Glaukoniitlubjakivi	O _{2tl}	2,2	2,2	2,2
Glaukoniitlubiliivakivi, glaukoniitliivakivi	O _{1lt}	0,2+		

* ei ole arvestatud tehnogeensete setetega

Alljärgnevalt on iseloomustatud kihtide lasumus Loobu kihistu lamami põhjal (joonis 5.3). Kihtide lasumus järgib Eesti aluspõhja geoloogilise ehituse põhijooni, kus aluspõhjakivimid on väikese lõunasuunalise kallakuga (2 - 4,4 m/km). Vão lubjakivimaardla lõunaservas paiknevates puuraukudes PA-1/17 ja PA-2/17 jääb Loobu kihistu

lamam vastavalt 21,9 ja 21,7 m abs kõrgusele. Nimetatud puuraukudest ~950 m lõuna pool, Vão VIII uuringuruumi lõunaservas paiknevas puuraugus PA-3 on Loobu kihistu lamam 18,4 m abs kõrgusel. Seega on kihtide langus 950 m pikkusel lõigul 3,4 m. Vaadates Vão VIII uuringuruumi piiresse jäävate puuraukude andmeid, siis üksteisest ~650 m kaugusele jäävates puuraukudes PA-6 ja PA-3 on lamami abs kõrguste erinevus ligikaudu 2 m. Antud näitajad on igati reeglipärased ning geoloogilistele riketele viitavat järsku muutust kihtide lasumuses ei ole. Samuti ei täheldatud intensiivset lõhelisust ja purustatust puursüdamikus, mis lubaks kahtlustada tektooniliste rikete olemasolu.



*-andmed saadud kolmemõõtmelisest mudelist

Joonis 5.3. Vão VIII uuringuruumi kihtide lasumus Loobu kihistu lamami põhjal.

6. MAAVARA KVALITEET

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida Vão VIII 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 määrati EVS-EN 1367-1 standardi järgi. Labori katseprotokollid on esitatud lisas 5.

Nagu meetodika peatükis kirjeldatud, lähtuti proovide võtmisel kivimi litoloogiast. Kuna uuringuruumi läbilõikes on litoloogilisi erimeid palju, milledest osad väikese paksusega, siis ühte proovi koondati visuaalsel hinnangul sarnaste füüsikalise-mehaaniliste omadustega kivim, arvestades samas ka varasemate uuringute andmetega.

Proovid võeti viiest puuraugust, igast 4 proovi. Ühte proovi koondati:

- Viivikonna kihistu ülemine osa (O_{3VV1});
- Viivikonna kihistu alumine osa + Kõrgekaldal kihistu kogupaksuses ($O_{3VV2}+O_{2kr}$);
- Vão kihistu ülemine osa (Kostivere kihistik) ($O_{2v\bar{a}1}$);
- Vão kihistu alumine osa (Pae ja Rebala kihistik) + Kandle ja Loobu kihistud kogupaksuses ($O_{2v\bar{a}2}+O_{2kn}+O_{2lb}+O_{2tl}$).

PA-1 ja PA-3 puhul lisati viimase proovi hulka ka Toila kihistu glaukoniitlubjakivi vastavalt 0,9 ja 0,4 m paksuselt.

Alljärgnevalt on iseloomustatud loetletud kivimkomplekside füüsikalise-mehaanilisi omadusi. Kaalutud keskmiste arvutused on esitatud lisas 6 ja andmed koondatud tabelisse 6.1.

Viivikonna kihistu ülemise osa (O_{3VV1})

Kukersiitse lubjakivi vahekihtidega paekivist valmistatud killustikku iseloomustab üldjoontes muutlik purunemiskindlus kuid samas stabiilselt madal külmakindlus – kaalukadu LA katsel oli 27 - 37%, keskmiselt 33%, vastates LA kategooriale 35 ning külmakindluskatsel 4,9 - 6,9%, keskmiselt 5,4%, andes külmakindluskategooriaks F₄.

Olgu võrdlusena toodud Vão VII uuringu käigus tehtud katsetuste tulemused, kus Viivikonna kihistu (proovi oli võetud kihistu kogumahus) purunemiskindlus oli LA 36 ja kaalukadu külmakindluskatsel 7,0%. Madala külmakindluse ja purunemiskindluse tõttu arvati Viivikonna kihistu kogumahus katendi hulka (Tammekänd jt, 2017).

Viivikonna kihistu alumine osa + Kõrgekaldal kihistu kogupaksuses ($O_{3VV2}+O_{2kr}$)

Vastupidiselt eelmisele, iseloomustab antud intervalli ühtlane purunemiskindlus ja muutlik külmakindlus – kaalukadu LA katsel oli 32 - 35%, keskmiselt 33%, vastates LA kategooriale 35 ning külmakindluskatsel 0,6 - 6,2%, keskmiselt 3,3%, andes külmakindluskategooriaks F₄.

Vão lubjakivimaardla varasemate uuringute käigus on Kõrgekaldal kihistu lubjakivi fikseeritud väikestes paksustes ning seetõttu on seda reeglina proovitud koos Vão kihistuga (ja ka kaevandatud koos viimasega). Eraldi proovid Kõrgekaldal kihistust on võetud Vão V ja Vão VII uuringu käigus, mille andmeil on lubjakivikillustiku purunemiskindlus LA 34 - 36 ja külmakindlus 3,2 - 4,6% (Rohtla jt, 2012, Tammekänd jt, 2017).

Seega on antud kompleksile iseloomulik üldiselt madal külmakindlus, jäädes reeglina 3,5 - 5% vahele. Käesolevas töös proovi 1-1F saadud tulemus 0,6% on pigem erandlik.

Vão kihistu ülemine osa (Kostivere kihistik) (O₂vä₁)

Antud kompleks on füüsikalis-mehaanilistelt näitajatelt läbilõike kvaliteetsem, olles ühtlaselt hea nii purunemis- kui ka külmakindluselt – kaalukadu LA katsel oli 25 - 26%, keskmiselt 26%, vastates LA kategooriale 30 ning külmakindluskatsel 0,6 - 0,9%, keskmiselt 0,7%, andes külmakindluskategooriaks F₁.

Vão kihistu alumine osa (Pae ja Rebala kihistik) + Kandle ja Loobu kihistud kogupaksuses (O₂vä₂+O₂kn+O₂lb+O₂tl)

Hõlmates litoloogiliselt erinevaid kivimkomplekse, millest tulenevalt ka veidi ebaühtlasem ja madalam kvaliteet võrreldes lasuva Kostivere kihistikuga, kuid siiski kvaliteetne kivim – kaalukadu LA katsel oli 25 - 27%, keskmiselt 26%, vastates LA kategooriale 30 ning külmakindluskatsel 1,0 - 1,7%, keskmiselt 1,2%, andes külmakindluskategooriaks F₂.

Võrreldes proovide 1-3F (PA-1) ja 3-4F (PA-3) tulemusi ülejäänud proovidega, siis Toila kihistu glaukoniitlubjakivi lisamine proovi hulka killustiku kvaliteeti ei muutnud. Nimetatud kahel proovil oli kaalukadu LA katsel 26% ja 27% ning külmakindluskatsel 1,1% ja 1,2%, vastates kompleksi keskmistele näitajatele.

Tabel 6.1. Vão VIII uuringuruumi kivimist valmistatud killustiku füüsikalis-mehaanilised näitajad kivimkomplekside lõikes

Kivimkompleks	LA tegur	LA kateg	Külmakindlus F, %	F kateg
O₃vv₁	27-37/33	35	4,9-6,9/5,4	F
O₃vv₂+O₂kr	32-35/33	35	0,6-6,2/3,3	F₄
O₂vä₁	25-26/26	30	0,6-0,9/0,7	F₁
O₂vä₂+O₂kn+O₂lb+O₂tl	25-27/26	30	1,0-1,7/1,2	F₂

Vaadates tabeli 6.1 andmeid, joonistub läbilõikes selgelt välja kvaliteedilt kaks erinevat kivimkompleksi – madalama kvaliteediga lubjakivi läbilõike ülaosas ja kvaliteetne lubjakivi alumises pooles. Sellest lähtuvalt moodustati vertikaalses läbilõikes kaks eraldi plokki, mille füüsikalis mehaaniliste omaduste kaalutud keskmiste näitajate arvutus on esitatud lisas 7 ja koondatud tabelisse 6.2.

Alljärgnevalt on kivimi kvaliteeti iseloomustatud plokkide kaupa.

Plokk 40 koosneb Viivikonna ja Kõrgekalda kihistu lubjakividest. Ploki kivimist valmistatud killustiku kvaliteeti on iseloomustatud 10 proovi põhjal (lisa 7). Killustiku purunemiskindluskatsel LA meetodil oli kaalukadu (LA tegur) 27 - 37%, keskmiselt 33%, vastates LA kategooriale 35. Purunemiskindluselt on kivim suhteliselt ühtlane (LA valdavalt vahemikus 31 - 35), vaid kahe proovi puhul erinevad näitajad oluliselt keskmisest (LA 27 ja LA 37). Killustiku külmakindluskatsel oli kaalukadu 0,6 - 6,9%, keskmiselt 4,2%, vastates külmakindluskategooriale F. Nagu kivimkomplekside füüsikalis-mehaaniliste omaduste kirjelduses mainitud, on külmakindlus 0,6% antud ploki puhul pigem erandlik. Keskmiste näitajate põhjal, mis on kokkuvõtlikult esitatud tabelis 6.2, vastab **ploki 40 kivim täitelubjakivi** nõuetele.

Plokk 41 koosneb Vão, Kandle, Loobu ja 0,5 m paksuselt Toila kihistu lubjakividest. Ploki kivimist valmistatud killustiku kvaliteeti iseloomustab samuti 10 proovi (lisa 7). Killustiku purunemiskindluskatsel LA meetodil oli kaalukadu (LA tegur) 25 - 27%, keskmiselt 26%, vastates LA kategooriale 30. Killustiku külmakindluskatsel oli kaalukadu 0,6 - 1,7%, keskmiselt 0,9%, vastates külmakindluskategooriale F₁. Nii purunemis- kui ka külmakindluselt on plokki kuuluv kivim kvaliteedilt väga ühtlane. Kuna Toila kihistu glaukoniitlubjakivi lisamine proovi hulka ei mõjutanud killustiku kvaliteeti, arvatakse sarnaselt Vão lubjakivikarjääri mäeeraldisega ploki 41 hulka glaukoniitlubjakivi 0,5 m paksuse kihina. Keskmiste näitajate põhjal, mis on kokkuvõtlikult esitatud tabelis 6.2, vastab **ploki 41 kivim kõrgemargilise ehituslubjakivi** nõuetele.

Tabel 6.2. Killustiku füüsikalise-mehaaniliste näitajate koondtabel plokkide lõikes

Plokk	Maavara	LA tegur	LA kateg	Külmakindlus F, %	F kateg
Plokk 40	täitelubjakivi	27-37/33	35	0,6-6,9/4,2	F
Plokk 41	kõrgemargiline lubjakivi	25-27/26	30	0,6-1,7/0,9	F₁

Kivimi **keemilise koostise** iseloomustamiseks tehti 23 analüüsi, milles määrati CaO, MgO ja lahustumatu jäägi sisaldus. Proovid võeti litoloogiliste erimite kaupa. Viivikonna kihistu puhul, sarnaselt füüsikalise-mehaaniliste katsetega, määrati eraldi ka keemiline koostis selle alumisest ja ülemisest osast. Analüüside tulemused on toodud lisa 8. Kivimi keemilise koostise arvutused puuraukude ja litoloogiliste erimite ning plokkide lõikes on esitatud lisades 9, 10 ja 11 ning koondatud tabelisse 6.3.

Kuna uuringuruumi läbilõike moodustavad erinevad litostratigraafilised üksused, on uuringuruumi kivim keemiliselt koostiselt vertikaalses läbilõikes muutlik (tabel 6.3). Samas on aga kivimi keemiline koostis kihistute piires lateraalselt väljapeetud. Ainsa erandina võib välja tuua Vão kihistu alumise osa, kus puuraugu PA-5 kivim on oluliselt vähem dolomiidistunud võrreldes puuraukudega PA-2 ja PA-3. Kui PA-2 puhul lasub Vão kihistu alumises osas dolokivi, mille MgO sisaldus on ligikaudu 15% ja puuraugus PA-3 tugevalt dolomiidistunud lubjakivi MgO sisaldusega 13,5%, siis PA-5 on tegemist nõrgalt dolomiidistunud lubjakiviga, milles MgO sisaldus on ~3%. Lahustumatu jäägi sisaldus on kõigis kirjeldatud proovides sarnane. Vão kihistu allosas lasuvale Rebala kihistikule ongi iseloomulik erineva intensiivsusega dolomiidistunud lubjakivi. Ka Pae kihistik, mis koosneb dolokivist, on nimetatud puuraukudes erineva paksusega – kui PA-5 on see 0,4 m, siis PA-2 ja PA-3 ~1 m.

PA-2 puhul on dolomiidistumisest mõjutatud ka Kandle kihistu lubjakivi (MgO 5,57%). Puuraukudes PA-5 ja PA-3 on Kandle kihistus MgO sisaldus vastavalt 0,74% ja 1,58%.

Võrreldes Viivikonna kihistu ülemist, suurema kukersiidisaldusega lubjakivi allosas lasuva, visuaalsel hinnangul puhtama lubjakiviga, on üllatuslikult suurema lahustumatu jäägi sisaldusega alumine osa. Kui ülaosas on lahustumatu jäägi sisaldus ~10,5 - 11,5%, siis allosas on see näitaja ~13 - 15%, sarnanedes Kõrgekalda kihistu näitajatega. Samuti on Viivikonna alumises osas veidi suurem MgO sisaldus (samuti sarnane lamava Kõrgekalda kihistuga).

Kivimi keemiline koostis kihistute lõikes ja varuplokkides on koondatud alljärgnevasse tabelisse 6.3.

Tabel 6.3. Kivimi keemilise koostise koondtabel

Kihistu	CaO, %			MgO, %			Lahustumatu jääk, %		
	min	max	keskmine	min	max	keskmine	min	max	keskmine
O_{3vv1}	44,93	45,98	45,31	0,92	2,07	0,99	10,34	11,40	10,87
O_{3vv2}	43,99	44,52	44,36	1,36	1,66	1,50	13,19	15,06	13,84
O_{2kr}	44,11	45,92	44,94	1,55	1,64	1,61	12,16	13,74	13,19
O_{2vä1}	49,26	50,08	49,65	1,49	1,89	1,67	5,32	6,74	5,93
O_{2vä2}	34,98	47,50	39,74	3,33	15,08	10,71	5,48	5,92	5,78
O_{2kn}	42,18	45,40	43,94	0,74	5,57	2,77	6,37	7,82	7,14
O_{2lb}	49,14	50,66	49,92	0,74	1,12	0,97	5,66	7,22	6,38
O_{2tl}	43,88	46,33	44,76	1,20	1,25	1,22	11,20	15,26	13,81
Täitelubjakivi (plokk 40)									
	43,99	45,98	44,89	0,92	1,66	1,37	10,34	15,06	12,61
Kõrgemargiline ehituslubjakivi (plokk 41)									
	34,98	50,66	46,59	0,74	15,08	4,06	5,32	15,26	6,29

Kui plokk 40 on keemiliselt koostiselt suhteliselt ühtlane, koosnedes savikatest lubjakividest, mida iseloomustab madal MgO sisaldus (0,92 - 1,66%), siis plokki 41 moodustavad muutliku MgO (0,74 - 15,08%) ja lahustumatu jäägi (5,32 - 15,26%) sisaldusega lubjakivid, kohati ka dolokivid.

Ülaltoodud andmetest nähtub, et Vao VIII uuringuruumi lubjakivi ei vasta tehnoloogilise lubjakivi nõuetele. Vastavalt 17.12.2018 määrusele nr 52 ei tohi tehnoloogilise lubjakivi puhul olla CaO sisaldus alla 50% ega lisandite ja lahustumatu jäägi (SiO₂ + R₂O₃) sisaldus üle 10%.

7. HÜDROGEOLOOGILISED TINGIMUSED

Vão lubjakivimaardla Vão VIII uuringuruum paikneb Ülem-Ordoviitsiumi ladestiku Kukruse lademe avamuslal. Kasuliku kihi moodustavad siin Kukruse, Uhaku, Lasnamäe, Aseri, Kunda lademetest ning Volhovi lademe ülemise osa lubjakivid. Kasuliku kihi lamamiks on üldjuhul Kesk-Ordoviitsiumi ladestiku Volhovi lademe savikas glaukoniitlubjakivi.

Maapinnalt esimese aluspõhjalise veekihi moodustavad siin Lasnamäe, Aseri, Kunda ning Volhovi lademetest lubjakivid (Siluri-Ordoviitsiumi veekompleks, Lasnamäe-Kunda veekiht). Veekiht toitub sademetest. Ordoviitsiumi veekompleksi lamamiks on Alam-Ordoviitsiumi ladestiku Toila kihistu alumise osa ning Leetse, Varangu ja Türisalu kihistute glaukoniitlubjakivid ja -liivakivid, aleuroliidid, merglid, savid ja diktüoneemakilt, mis moodustavad vettpidava kihi lubjakivilasundi all (Siluri-Ordoviitsiumi veepide). Seega kaevandamistegevusega mõjutatakse Ordoviitsiumi veekompleksi. Veevarustuse seisukohast omavad tähtsust Ordoviitsiumi veepidemest sügavamal levivad Ordoviitsiumi-Kambriumi ja Kambrium-Vendi veekompleksid. Siluri-Ordoviitsiumi veekompleksi vett ammutatakse vaid üksikute puurkaevudega.

Vão VIII uuringuruumist ~700 m põhjapool olevates Vão ja Tondi-Vão lubjakivikarjäärides on kaevandatud aastakümneid ning käesolevaks ajaks on karjäärides drenitud kogu Kvaternaari ja Ordoviitsiumi veekompleks ning veetasel on alandatud abs kõrguseni 23,0 m ehk kuni mäeeraldise lamamiks olevate vett mittejuhtivate kivimikihtideni (Niidas jt, 2016). Kuna kivimikihid on põhjalõunasuunalise kallakusega, siis olemasolevatest karjääridest lõunasuunas kasuliku kihi lamam paikneb sügavamal. Nimetatud karjääridest vahetult lõunas asub Vão V lubjakivikarjäär, kus kasuliku kihi lamam jääb keskmiselt abs kõrgusele 19,5 m (Toomik jt. 2016). Vão VIII uuringuruumi piires jääb kogu kasuliku kihi lamam abs kõrgustele 17,8 - 19,9 m (keskmiselt 18,9 m).

Erinevate uuringute tulemused näitavad, et olemasolevate karjääride mõjuraadius ulatub ~200 - 300 m (maksimaalselt 500 m) kaugusele karjääride servast (Niidas jt, 2016; Toomik jt. 2016; Tammekänd, 2017). Vão VIII uuringuruum jääb olemasolevatest karjääridest vähemalt 700 m kaugusel ehk karjääride veetaseme alandamise mõju ei ulatu Vão VIII uuringuruumini. Seda kinnitab ka käesoleva uuringu käigus tehtud veetasemete mõõtmised, mis näitasid, et uuringualale rajatud puuraukudes jääb põhjaveetase 0,4 - 1,0 m sügavusele maapinnast (abs kõrgustele 9,4 - 39,9 m). Veetaseme abs kõrgused vähenevad Pirita jõe suunas. Veetasemete mõõtmistulemused on toodud tabelis 7.1.

Tabel 7.1. Põhjavee tasemed geoloogilise uuringu puuraukudes (10.04.2020).

Puuraugu nr	Maapinna abs kõrgus, m	Puuraugu sügavus, m	Veetase maapinnast, m	Veetaseme abs kõrgus, m
PA-1	40,50	22,5	0,80	39,70
PA-2	39,85	21,1	0,35	39,50
PA-3	40,35	22,4	1,00	39,35
PA-5	40,45	21,5	0,55	39,90
PA-6	40,62	20,8	0,75	39,87
PA-6A	40,50	21,0	0,65	39,85

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 22 m. Katsepumpamiste tulemusena saadi kivimite filtratsiooni-koefitsiendiks 0,13 m/ööp ehk kivimite veeandvust võib pidada pigem väikeseks. Peamine vee juurdevool puurkaevu esines ~6 m ja ~10 m sügavusel. Katsepumpamise tulemused on toodud tabelis 7.2. Ka varasemate uuringute kohaselt on veekihti moodustavate kivimite filtratsioonikoefitsiendid jäänud valdavalt alla 0,3 m/ööpäevas.

Tabel 7.2. Katsepumpamiste tulemused

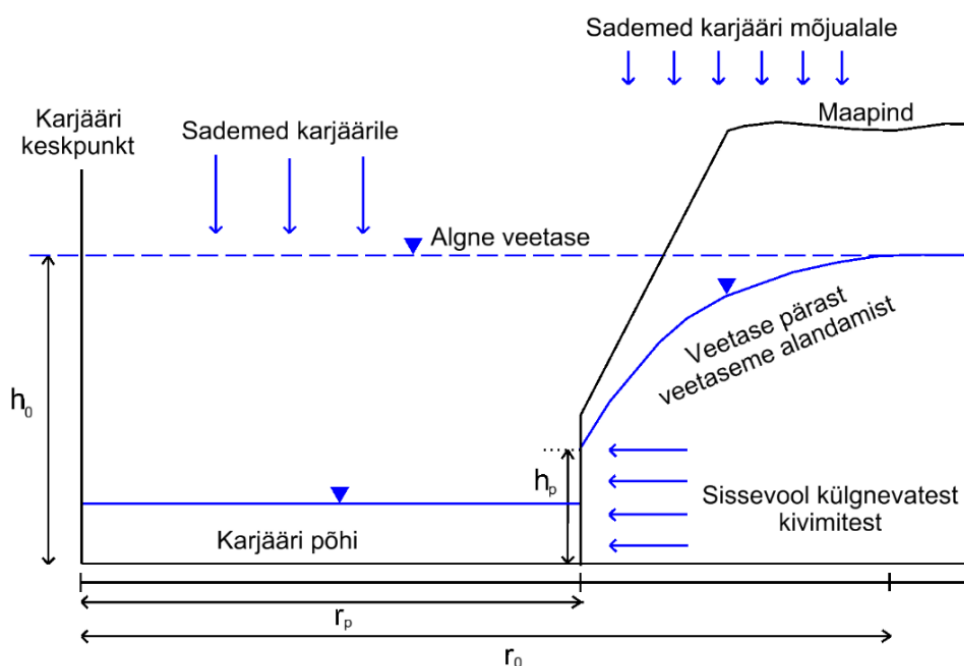
Puuraugu nr	PA-6 (pumbatav kaev)	PA-6A (vaatluskaev)
Katse toimumise aeg	09.03.2020	
Staatiline veetase, m	0,36	0.46
Tootlikus, l/s	0,17	-
Alandus, m	4,85	1,96
Erideebit, l/s×m	0,04	-
Veejuhtivus, m ² /ööp	2,78	
Filtratsioonikoefitsient, m/d	0,13	
Veeand	0,51	

Kuna kogu maavaravaru on veealune, siis maavara kaevandamiseks pumbatakse vesi karjäärisüvisest välja, alandades sellega põhjavee taset. Väljapumbatud vesi juhitakse suublaks olevasse vooluveekogusse. Vee ärajuhtimiseks on olemas kaks alternatiivi - uuringuruumi lõunaosas olevast kraavist Soodevahe peakraavi (KKR kood VEE1092700) ning ala põhjaosas olevast kraavist Põlluääre kraavi (KKR kood VEE1089234). Soodevahe peakraav ning Põlluääre kraav suubuvad Pirita jõkke (KKR kood VEE1089200).

7.1. Vee juurdevool karjääri

Veetaseme alandamine karjääris toob kaasa põhjavee taseme alanemise ka karjäärist väljaspool. Seetõttu kujuneb karjääri ümbritseval alal põhjavee taseme alanduslehter. Alanduslehtri 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 alanduslehtri kujunemise lihtsustatud skeem on toodud joonisel 7.1.

Selleks, et arvutada karjääri külgnevatest kivimitest juurde tuleva veehulga (Q_1) leiame esmalt valemi 7.1 abil karjääri alanduslehtri 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 tulemusele karjääri koguneva sademete hulga (Q_2). Selleks korrutame karjääri pindala sinna langevate sademete kogusega, millest on lahutatud aurumine (valem 7.3).



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

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

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

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

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

Järgnevalt arvutame vee juurdevoolu karjääri ning veetaseme alandamisel kujuneva alanduslehtri ulatuse vastavalt alltoodud situatsioonidele:

1. Kaevandamine veetaseme alandamisega ploki 41 lamamini;
2. Kaevandamine veetaseme alandamisega, kui alumised 5 m kaevandatakse vee alt.

Maavaravaru ploki 41 lamami abs kõrgus on 17,8 - 19,9 m vahemikus (keskmiselt 18,9 m). Keskmine veetase jääb uuringualal abs kõrgusele 39,7 m. Selleks, et lubjakivi pealispind oleks kuiv tegevuseks vajaliku taristu välja ehitamiseks ning karjäärimasinate liikumiseks, alandatakse veetaset kasuliku kihi lamamist 0,5 m sügavamale. Seega tuleb

kaevandamisel ploki 41 lamamini veetasel alandada 21,3 m. Juhul kui maavara väljatakse 5 m ulatuses vee alt, siis on vaja veetasel alandada 15,8 m.

Katsepumpamiste tulemusena saadi kivimite filtratsioonikoefitsientideks 0,13 m/ööp. Veekihti moodustavate kivimite vähest veejuhtivust kinnitavad ka varasemad uuringud.

Tallinn-Harku aeroloogiajaama andmetel oli piirkonna pikaajaline (1981 - 2010) aastane keskmine sademete hulk 704 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 ploki 41 lamamini	Kaevandamisel 5 m ulatuses vee alt
S	Karjääri pindala	m ²	134 300	
r_p	Karjääri efektiivne raadius	m	206,8	
h_0	Veetaseme alandus	m	21,3	15,8
h_p	Väljaaimbumise kõrgus karjääri külgedelt*	m	0	0
W	Infiltreeruv sademete maht	m/ööp	0.00067	
K	Filtratsioonikoefitsient	m/ööp	0,13	

* $h_p=0$ annab suurima mõjuraadiuse

Arvutuse tulemusena saame, et veetaseme alanduse 21,3 m juures kujuneb ümber karjääri veetaseme alanduslehter, mille raadius karjääri keskelt (r_0) on 467 m ning karjääri servast 259 m. Keskmine juurdevool kivimitest (Q_1) on ~367 m³/ööp, sademetest (Q_2) ~91 m³/ööp ning kogu juurdevool karjääri (Q_{kokku}) on 458 m³/ööp (~167 tuh m³ aastas).

Veetaseme alanduse 15,8 m juures kujuneb ümber karjääri veetaseme alanduslehter, mille raadius karjääri keskelt (r_0) on 407 m ning karjääri servast 199 m. Keskmine juurdevool kivimitest (Q_1) on ~257 m³/ööp, sademetest (Q_2) ~91 m³/ööp ning kogu juurdevool karjääri (Q_{kokku}) on 348 m³/ööp (~127 tuh m³ aastas).

Arvutuste tulemused võivad mõnevõrra erineda tegelikust väljapumbatava vee kogusest, mis omakorda mõjutab kujunevat veetaseme alanduslehtri ulatust. 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.

Võrdlusena on võimalik välja tuua Tondi-Vão (mäeeraldise pindala 42,17 ha) ja Vão (mäeeraldise pindala 127,66 ha) lubjakivikarjäärid, kus Keskkonnaregistri andmetele oli aastatel 2007 - 2017 keskmine väljapumbatav veemaht vastavalt 260 tuh m³ aastas ning ~330 tuh m³ aastas. Arvestades väljapumbatava vee mahtusid ja karjääride pindalasid on näha, et lubjakivide veeandvus on pigem väike. Tuginedes varasematele uuringutele, olemasolevate karjääride andmetele ning geoloogilise uuringu raames läbi viidud

katsepumpamise tulemustele, võib järeldada, et ka Vao VIII uuringuruumi piires ei ole oodata suurt vee juurdevoolu.

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 150 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). Arvutuste tulemusena saame, et kevadisel suurvee perioodil võib juurdevool karjääri (Q_{kevad}) veetaseme alandamisel ploki 41 lamamini olla 1816 m³/ööp (21,0 l/s) ning maavara kaevandmisel 5 m vee alt 1453 m³/ööp (16,8 l/s).

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 (21,3 m) kujuneb ümber karjääri alanduslehter ulatusega 259 m karjääri servast. Uuringuala lähiümbrusesse jäävad valdavalt tööstus- ja tootmishooned. Karjääri mõjualas keskkonnaregistrisse kantud puurkaevusid ei ole. Uuringuala vahetusse lähedusse (~155 m) jääb paar majapidamist, kus veevarustusallikas ei ole teada. Veetaseme alandamisel maavara kasuliku kihi lamamini alaneb ~150 m kaugusel karjäärist Siluri-Ordoviitsiumi veekompleksi veetase kuni 1m.

7.3. Mõju põhja- ja pinnavee kvaliteedile

Karjääri kogunev vesi moodustub karjääri mõjualasse jäävast põhjaveest ning sademete veest. Lubjakivi 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 veest välja karjääri vahetus läheduses.

Kuna kaevandamistöodel keskkonnaohtlikke ja mürgiseid aineid ei kasutata, siis oht veekeskkonna reostumiseks keskkonnaohtlike ainetega on minimaalne. Reostusohu pinna- ja põhjaveele võib tekkida karjäärimasinate avari 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.

8. MÄENDUSLIKUD TINGIMUSED

Kaevandamise mäetehnilised tingimused on kõrge põhjavee taseme ja loodusliku asukoha tõttu keerulised. Suur osa alast paikneb soos, kuhu ligipääs masinatega on raskendatud. Kogu ehitus- ja täitelubjakivi varu jääb põhjavee tasemest madalamale. Kasuliku kihi keskmine paksus on 18,5 m, sealhulgas kõrgemargilist ehituslubjakivi 10,7 m ja kattekihi paksus keskmiselt 2,4 m. Katenditegur on 1 : 7,7. Kasuliku kihi lamam jääb ligikaudu 20 m abs kõrgusele põhjaosas langedes ~18 meetrini lõunaosas.

Kuna valdav osa alast on liigniiske, eeldab ka kattekihi koorimine eelnevalt ala kuivendamist. Olemasolevad kraavid vajavad puhastamist ning vajadusel tuleb rajada uusi kuivenduskraave. Valides karjääri avamiseks kergemini kuivendatava ja väiksema katendiga ala, hakkab hilisemas kaevandamise etapis katendit drenima ka karjäärisüvend. Kaevandamisele asumisel tuleb koorida kattekiht. Metsa-alal tuleb eelnevalt langetada puud ja juurida kännud. Turvas ja muld, mis on samuti turbasegune, ladustatakse koos kuni 3 m kõrgustesse aunadesse. Turba ja mulla maht kokku on 129 tuh m³, sellest turvast 79 tuh m³. Turbakiht esineb katendis ligikaudu 6,4 ha pindalal (lisa 13). Arvestades sellega et turba mahust ligikaudu pool on mineraliseerunud (rabaturba läbilõike alumine ~0,5 m paksune kiht ja madalsooturvas kogupaksuses), siis Vao VIII puhul turvas maavarana tähtsust ei oma. Kaevandatud ala korrastamisel veekoguks, ei kulu kasvukiht (muld+turvas) kogumahu karjääri korrastamiseks. Täpsed mahud arvutatakse korrastamisprojekti koostamisel. Kasvukihi väljaveoks maaüksuselt ja selle realiseerimiseks peab kaevandaja saama loa Keskkonnaametilt. Moreen koos murenendunud lubjakiviga, mille maht on kokku 204 tuh m³, ladustatakse kasvukihist eraldi. Karjääri piirile vallitatud moreenpinnas ja rajatud piirdekraavid aitavad vähendada ümbritsevatelt aladelt karjääri valguva vee kogust.

Kasulik kiht jääb kogumahu vee alla. Kaevandamise puhul on vajalik vee väljapumpamine karjäärist. Vee ärajuhtimiseks on olemas kaks alternatiivi. Esiteks uuringuruumi lõunaosas olevate kraavide kaudu Soodevahe peakraavi, mis suubub uuringuruumist ligikaudu 3 km ida pool Pirita jõkke. Teine võimalus vee ärajuhtimiseks on ala põhjaosast Põlluääre kraavi kaudu Pirita jõkke. Mõlema variandi puhul on maapinna langus piisav vee juhtimiseks Pirita jõkke.

Mäetööde põhiprotsessiks on tootsa kihindi kobestamine lõhkamise abil ning kobestatud mäemassi töötlemine purustus-sorteerimissõlmes. Sarnaselt Vao maardla teiste karjääridega, kus ehitiste kaitsevööndis kaevandatakse hüdrovasaraga, on vastavalt vajadusele võimalik ka Vao VIII alal kasutada kombineeritult mõlemat meetodit (nt Eesti Raudtee laoplatsiga piirneval alal). Kaevandatakse kahe astanguga: esmalt keskmiselt 7,9 m paksune täitelubjakivi ja seejärel keskmiselt 10,7 m paksune kõrgemargiline ehituslubjakivi. Kaemis purustatakse ja sorteeritakse (sõelutakse) karjääri territooriumile paigaldatud mobiilse purustus-sorteerimissõlmes, mis paigutatakse karjääri süvendisse. Tarbimiseks ettevalmistatud toodangu ladustamine kuhilatesse (või vahetult tellijate kalluritele) ja kuhilatest kalluritele toimub kopplaaduri abil.

Kaevandamise loa taotluse koostamise etapis käsitletakse kaevandamise tehnoloogiat detailsemalt, mille käigus leitakse ka lahendus killustiku väljaveotee osas. Karjääri rajamiseks koostatakse vastav projekt ja arengukava.

Ammendatud kaevealale kujuneb veekogu, mida tulevikus võib kasutada puhke-, kalamajanduse või muul eesmärgil. Põhjavee eeldatav tase pärast maavara ammendamist

jääb ligikaudu 39 m abs tasemele. Kaevandamisega rikutud maa korrastatakse korrastamisprojekti alusel, mille koostamisel lähtutakse Keskkonnaameti, kohaliku omavalitsuse ja maaomaniku poolt esitatud tingimustest. Korrastamisprojekti koostamisel leitakse karjääri korrastamiseks läbimõeldult mõistlikud lahendused.

9. VARU ARVUTUS

Geoloogilise uuringu tulemusena arvutati Vão VIII uuringuruumi varu uuringuruumi teenindusala 13,43 ha pindalal. Kultusekivi kaitsevöönd uuringuruumi läänenurgas jäeti varust välja. Samuti ei saadud kooskõlastust Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumilt varu kinnitamiseks aktiivse tarbevaruna RB trassi koridoriga kattuvast osast (lisa 15).

Sõltuvalt kivimi kvaliteedist eraldati vertikaalses läbilõikes 2 plokki: täitelubjakivi läbilõike ülasaosas (plokk 40) ja kõrgemargiline lubjakivi (plokk 41) selle all. Plokkide vaheliseks piiriks on mergli vahekihtidega savika lubjakivi ja paksukihilise lubjakivi ehk Kõrgekaldal ja Vão kihistu vaheline piir. Uuringuruumi kasuliku kihi ehk ploki 41 alumine piir on samuti määratud litoloogiliselt – lamam jääb Toila kihistu glaukonii-lubjakivisse, Loobu kihistu lamamipinnast 0,5 m sügavamale. Toetudes senisele tootmispraktikale, kus Vão lubjakivikarjääri mäeeraldisel kaevandatakse Toila kihistu lubjakivi 0,45 m paksuselt; käesoleva töö katsetulemustele, kus Toila kihistu lisamine kasuliku kihi hulka kuni 0,9 m paksuselt ei halvendanud killustiku kvaliteeti; uuringuruumi ühtlasele ja väljapeetud geoloogilisele ehitusele ning tagades maavara ressursi maksimaalset kasutust, arvati Toila kihistu lubjakivi kasuliku kihi hulka 0,5 m paksuselt ühtlaselt kogu uuringuruumi piires, ka puuraukudes, mis Toila kihistusse antud paksuses ei ulatunud. Plokkide numeratsiooni jätkatakse Vão maardlas arvel olevatest plokkidest.

Plokkide 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). Maavara lasum ja lamam modelleriti puuraukude andmete põhjal (lisad 2 ja 12). Nagu meetodika peatükis kirjeldatud, võimaldas piirkonna väljapeetud geoloogiline ehitus aluspõhjakihtide mudeli modelleerida kogu uuringuruumi piires, ka uuringuruumi osas, kuhu ei olnud võimalik rajada kasulikku kihti läbivat puurauku. Selleks kasutati Vão VII uuringu puurauke PA-1/17 ja PA-2/17. Kirde-idaosas paiknevate puuraukude (PA-4, PA-7, PA-8 ja PA-9) aluspõhjaandmed on saadud mainitud mudelist. Maapinna mudeli modelleerimisel on kasutatud mõõdistamisandmeid.

Mulla ja turba maht arvutati koos ühiselt loodud mudelist (nn kasvukiht). Sealjuures konstrueeriti sondeerimispunktide ja puuraukude abil eraldi turbalasundi mudel, mille alusel arvutati eraldi turba maht. Mulla maht saadi aritmeetilise tehena lahutatuna üldmahust turba maht. Lokaalse lasundina esineva järvelise liivsavi ja järvemuda mahtu eraldi ei arvutatud, nende mahud on arvestatud moreeni hulka.

Puuraugud on rajatud kuni ~400 meetrise vahekaugusega, puursüdamik on kogu-paksuses proovitud, puursüdamik on esinduslik, hindamaks lubjakivi varu tarbevaru kategoorias. Kuna varualal puuduvad keskkonnakaitselised piirangud, esitatakse varu kinnitamiseks aktiivse tarbevaruna.

Põhjaveetase jääb maapinnast 0,35 - 1,0 m, keskmiselt 0,7 m sügavusele maapinnast (absoluutkõrgusele 39,35 – 39,90 m, keskmiselt 39,70 m). Kogu varu on veealune.

Varu arvutus tugineb järgmistel materjalidel:

- varu arvutuse plaan M 1 : 2000 (gr lisa 1);

- geoloogilised läbilõiked (gr lisa 2);
- puuraukude kirjeldused (lisa 4);
- laboraatorsete uuringute andmed (lisad 5 – 11);
- katte- ja kasuliku kihi paksused varuplokkides (lisa 12)
- mahtude arvutused arvutiprogrammis Bentley PowerCivil for Baltics V8i (lisa 13).

9.1. Plokk 40 aT varu arvutus

Ploki 40 aT pindala on 13,43 ha.

Kasuliku kihi paksus on 6,1 - 9,6 m, aritmeetiline keskmine 7,9 m.

Kasuliku kihi lamamiks on Kõrgekalda ja Vão kihistu piir, mis puuraukude andmeil jääb 28,85 - 30,1 m abs kõrguse vahele, langusega lõuna suunas.

Arvutiprogrammi Bentley PowerCivil for Baltics V8i abil moodustatud uuringuruumi kolmemõõtmelise mudeli alusel on ploki 40 ja selle katendi mahud ning kihipaksused järgmised (lisa 13).

Katendi maht on 326 tuh m³ ning keskmine paksus:

$$326 \text{ tuh m}^3 / 13,43 \text{ ha} = 2,4 \text{ m},$$

sealhulgas kasvukiht (muld+turvas) kokku 126 tuh m³ keskmise paksusega:

$$126 \text{ tuh m}^3 / 13,43 \text{ ha} = 0,9 \text{ m},$$

millest turvast 6,19 ha pindalal 76 tuh m³ keskmise paksusega:

$$76 \text{ tuh m}^3 / 6,19 \text{ ha} = 1,2 \text{ m ja}$$

mulda 7,24 ha pindalal 50 tuh m³ keskmise paksusega:

$$50 \text{ tuh m}^3 / 7,24 \text{ ha} = 0,7 \text{ m}.$$

Moreeni ja murenenud lubjakivi maht kokku 200 tuh m³ keskmise paksusega:

$$200 \text{ tuh m}^3 / 13,43 \text{ ha} = 1,5 \text{ m},$$

Millest moreeni 153 tuh m³ keskmise paksusega:

$$153 \text{ tuh m}^3 / 13,43 \text{ ha} = 1,1 \text{ m ja}$$

murenenud lubjakivi 47 tuh m³ keskmise paksusega:

$$47 \text{ tuh m}^3 / 13,43 \text{ ha} = 0,3 \text{ m}.$$

Eraldi ei ole koostatud mudelit väikesel pindalal ja tühises koguses lasuvate tehnogeensete setete mahu arvutamiseks. Hinnanguliselt esineb tehnogeenseid setteid Vahemetsa kinnistut läbiva tee all 400 m² pindalal 0,5 m paksuselt, koguses 200 m³. Katendi mudelis on tehnogeensed setted jäänud mulla ja turba hulka. Esitades mahud täpsusega 1 tuh m³, ei mõjuta tehnogeensete setete kogused eespool esitatud mulla ja turba mahtusid.

Ploki 40 aT täitelubjakivi varu on 1050 tuh m³ ning keskmine paksus:

$$1050 \text{ tuh m}^3 / 13,43 \text{ ha} = 7,8 \text{ m}.$$

9.2. Plokk 41 aT varu arvutus

Plokk 41 jääb ploki 40 lamamisse ja selle pindala on 13,43 ha.

Kasuliku kihi paksus on 10,1 - 11,0 m, aritmeetiline keskmine 10,7 m.

Kasuliku kihi lamam on Toila kihistu glaukoniitlubjakivis, 0,5 m Loobu kihistu lamapinnast allpool, mis puuraukude andmeil on 17,85 - 19,9 m abs kõrguste vahemikus, langusega lõuna suunas.

Arvutiprogrammi Bentley PowerCivil for Baltics V8i abil moodustatud uuringuruumi kolmemõõtmelise mudeli alusel on ploki 41 maht ja kihi paksus järgmised (lisa 13).

Ploki 41 aT kõrgemargilise ehituslubjakivi varu on 1435 tuh m³ ning keskmine paksus:

$$1435 \text{ tuh m}^3 / 13,43 \text{ ha} = 10,7 \text{ m.}$$

Tabel 9.1. Varu arvutuse koondtabel

Ploki nr, pindala	Maavara nimetus	Katendi maht, tuh m ³ / keskmine paksus, m	sh kasvukiht (muld+turvas), tuh m ³ / keskmine paksus, m	Maavaravaru, tuh m ³ / keskmine paksus, m
40 aT, 13,43 ha	täitelubjakivi	326 / 2,4	126 / 0,9	1050 / 7,8
41 aT, 13,43 ha	kõrgemargiline ehituslubjakivi	-	-	1435 / 10,7

Maa-ametile esitatakse kinnitamiseks täiendavalt Vão lubjakivimaardla varu järgmiselt (seisuga 01.07.2020):

- täitelubjakivi aktiivset tarbevaru 13,43 ha pindalal 1050 tuh m³ (plokk 40, kogumahus veealune);
- kõrgemargilise ehituslubjakivi aktiivset tarbevaru 13,43 ha pindalal 1435 tuh m³ (plokk 41, ploki 40 lamamis, kogumahus veealune).

10. KOKKUVÕTE

Geoloogiline uuring tehti Eesti Killustik OÜ tellimisel. Vão VIII uuringuruumi teenindusala pindalaga 13,78 ha asub Harju maakonnas Rae vallas Soodevahe külas riigile kuuluvatel kinnistutel Lagendiku (65301:001:4400), Vahemetsa (65301:001:5007) ja Metsavälu (65301:001:5006), mille volitatud asutuseks on Maaamet.

Töö eesmärgiks oli täpsustada uuringuruumis leviva maavaralasundi paksust, selle kvaliteeti ja kaevandamistingimusi detailsusega, mis lubaks hinnata maavara kogust aktiivse tarbevaruna, et hiljem taotleda sellele alale maavara kaevandamisluba.

Tööde käigus rajati uuringuruumi 6 puurauku sügavusega kuni 22,5 m. Kvaternaarisetete paksuse kindlakstegemiseks puuriti käsipuuriga 4 puurauku sügavusega kuni 2,8 m ja turbalasundi paksus määrati 13 kuni 2,1 m sügavuse sondeerimispunktiga.

Uuringuruumi kasulik kiht on esindatud Ordoviitsiumi ladestu Viivikonna, Kõrgekalda, Vão, Kandle, Loobu ja 0,5 m paksuselt Toila kihistu lubjakividega.

Töö tulemusena arvutati varu uuringuruumi teenindusala 13,43 ha pindalal. Sõltuvalt kivimi kvaliteedist eraldati vertikaalses läbilõikes 2 plokki: täitelubjakivi läbilõike ülaosas Viivikonna ja Kõrgekalda kihistute mahus (plokk 40) ja kõrgemargiline ehituslubjakivi selle all (plokk 41) Vão, Kandle, Loobu ja 0,5 m paksuselt Toila kihistu mahus.

Ploki 40 lubjakivist valmistatud killustiku purunemiskindlus Los Angelese katsel on keskmiselt LA 33, vastates LA kategooriale 35 ja külmaskindlus keskmiselt 4,1%, vastates külmaskindluskategooriale F. Ploki kasuliku kihi keskmine paksus on 7,8 m ja kattekihi keskmine paksus 2,4 m.

Ploki 41 lubjakivist valmistatud killustiku purunemiskindlus Los Angelese katsel on keskmiselt LA 26, vastates LA kategooriale 30 ja külmaskindlus keskmiselt 0,9%, vastates külmaskindluskategooriale F₁. Ploki kasuliku kihi keskmine paksus on 10,7 m.

Veetase jääb maapinnast keskmiselt 0,7 m sügavusele. Kogu lubjakivivaru on veealune.

Maa-ametile esitatakse kinnitamiseks täiendavalt Vão lubjakivimaardla varu järgmiselt (seisuga 01.07.2020):

- täitelubjakivi aktiivset tarbevaru 13,43 ha pindalal 1050 tuh m³ (plokk 40, kogumahus veealune);
- kõrgemargilise ehituslubjakivi aktiivset tarbevaru 13,43 ha pindalal 1435 tuh m³ (plokk 41, ploki 40 lamamis, kogumahus veealune).

11. KASUTATUD KIRJANDUS

1. Adamson, A., E., Hints, H., Komendant, M., Kruus, V., 1997. Taotlus Vão lubjakivimaardla ehituslubjakivi täiendava varu kinnitamiseks Vão karjääri lõunaserva ja Kohtla-Järve-Tallinn gaasitrassi vahelisel alal. EGF 5692.
2. Adamson, A., Hints, H., Kruus, M., 1997. Taotlus Vão lubjakivimaardla ehituslubjakivi täiendava varu kinnitamiseks Vão ja Tondi-Vão karjääri lõunaserva ja Kohtla-Järve - Tallinn gaasitrassi vahelisel alal. EGF 5834.
3. Adamson, A., Kaisla, E., Hints, H., Komendant, M., Kruus, V., 1996. Taotlus Vão lubjakivimaardla ehituslubjakivi jääkvarude osaliseks ümberhindamiseks ja kinnitamiseks Vão karjääri piires seisuga 01.01.1994. EGF 5494.
4. Adamson, A., Reinsalu, E., Hints, H., Komendant, M., Kruus, V., 1994. Seletuskiri. Vão lubjakivimaardla lubjakivi jääkvarude arvutus ja Vão karjääriga külgnevate alade lubjakivi varu. EGF 4802.
5. Eik, E., 2018. Harjumaa Rae valla Soodevahe küla EVR-i laohoone ehitusgeoloogilise uuringu aruanne. AS Maves. EGF 34549.
6. Johanson, J., Truu, M., Podgornov, A., Sööt, M., Freiberg, H., Jentson, M., 2017. Rail Balticu ehitamiseks vajalike ehitusmaavarade varustuskindluse uuring. Tallinn, 2017.
7. Jürgenson, V., 2004. Aruanne Paekivitoodete Tehase Vão karjääri Aseri ja Kunda lademe lubjakivi varu arvutuse kohta. EGF 7596.
8. Jürgenson, V. Valling, V., 2010. Aruanne Vão maardla Paekivitoodete Tehase OÜ Vão karjääri teenindusmaa kirdes ning keskosas Aseri ja Kunda lademe lubjakivi varu arvutuse kohta (varu seisuga 01.10.2010). EGF 8263.
9. Kattai, V., 2004. Lagedi tee 14 kinnistu piiridesse jääva Vão lubjakivimaardla passiivse tarbevaru ümberkvalifitseerimise seletuskiri. EGF 7598.
10. Kattai, V., Malm, I., 2006. Vão lubjakivimaardla varu ploki nr 17 osalise ümberhindamise seletuskiri (varu seisuga 01.10.2006). EGF 7815.
11. 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”.
12. 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”.
13. Korbut, S., Tammik, P., 2009. Aruanne Paekivitoodete Tehase OÜ Vão maardla põhjaosa Aseri ja Kunda lademe lubjakivi varu arvutuse kohta (varu seisuga 01.07.2009). EGF 8216.

14. Marinelli, F., Niccoli, W.L., 2000. Simple analytical equations for estimating groundwater inflow to a mine pit. *Ground Water*, 38 (2), 311 - 314.
15. Niidas, A., Toomik, A., Uppin, M., Kukk, R. Harju maakonna Tallinna linna Vão lubjakivimaardla Tondi-Vão ja Tondi-Vão II lubjakivikarjääride kaevandamise lõpetamise ja korrastamisega kaasneva keskkonnamõju hindamise aruanne. OÜ Inseneribüroo STEIGER, töö nr 13/1211, Tallinn 2016.
16. Remmel, P., 1964. Vão ehituslubjakivide maardlal (idaosas) 1963-1964.a.tehtud geoloogiliste uurimistööde aruanne. EGF 2228.
17. Remmel, S., 1970. Aruanne 1969. - 70. a. geoloogilistest uurimistöödest Vão - II lubjakivimaardlal. EGF 3116.
18. Rohtla, L., Kosenjov, R., 2012. Harju maakonna Vão lubjakivimaardla täiendava varu (plokkides 31 ja 32) arvele võtmise seletuskiri (varu seisuga 30.11.2012). Töö nr 12/1025. EGF 8455.
19. Sidorova, I., 1956. Ehituskivi uuring Vão maardlas 1955. a. EGF 728.
20. Tamm, J., Liivamägi, S., Bauert, H., Hade, S., Kaasik, T., Kattai, V., 2018. Ehitusmaavarade levik, kaevandamine ja kasutamine Harju maakonnas. Rakvere, 2018. EGF 8994.
21. Tammekänd, M., 2008. Vão lubjakivimaardla passiivse tarbevaru plokki 16 varu osalise ümberhindamise seletuskiri (varu seisuga 01.11.2008). EGF 8035.
22. Tammekänd, M., 2015. Vão lubjakivimaardla Vão V uuringuruumi geoloogilise uuringu aruanne (varu seisuga 01.10.2015.a). Töö nr 11/0733-2. EGF 8682.
23. Tammekänd, M., Koger, A., 2016. Vão lubjakivimaardla Vão lubjakivikarjääri geoloogilise järeluuringu aruanne (varu seisuga 01.04.2016). Töö nr 16/1636. EGF 8733.
24. Tammekänd, M., Koger, A., 2018. Vão lubjakivimaardla Vão lubjakivikarjääri jääkvaru osalise ümberhindamise seletuskiri (varu seisuga 31.12.2017). EGF 8897.
25. Tammekänd, M., Paat, K., 2016. Harju maakonna Vão lubjakivimaardla täiendava maavaravaru (plokis 37) arvele võtmise seletuskiri (varu seisuga 01.08.2016). Töö nr 16/1704. EGF 8756.
26. Tammekänd, M., Rannik, E., 2008. Vão lubjakivimaardla Ida-Vão uuringuruumi geoloogilise uuringu aruanne (varu seisuga 01.12.2008). EGF 8063.
27. Tammekänd, M., Uppin, M., 2017. Vão lubjakivimaardla Vão VII uuringuruumi geoloogilise uuringu aruanne (varu seisuga 01.09.2017). EGF 8833.
28. Theis, C.V. 1935. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage, *Am. Geophys. Union Trans.*, vol. 16, pp. 519-524.

29. Toomik, A., Kukk, R., Kallaste, P., Uppin, M. Maavara kaevandamisega kaasneva keskkonnamõju eksperthinnang Vão V lubjakivikarjääris. OÜ Inseneribüroo STEIGER, töö nr 16/1641, Tallinn 2016.
30. Vahtra, H., 2012. Vão lubjakivimaardla Tondi-Vão karjääri täiendav geoloogiline uuring (varu seisuga 01.04.2007). Töö nr 07/0217. EGF 8381.
31. Vahtra, H., 2016. Harju maakonna Vão lubjakivimaardla plokkide 31 ja 32 varu ümberhindamise seletuskiri (varu seisuga 30.11.2012). EGF 8722.
32. Valling, V., 2015. Vão lubjakivimaardla Vão VI uuringuruumi geoloogilise uuringu aruanne (varu seisuga 29.09.2015). Töö nr 15-020. EGF 8685.