

OÜ Inseneribüroo STEIGER

**Pärnu maakonna
Massiaru II uuringuruumi
üldgeoloogilise uurimistöö aruanne**
(varu seisuga 01.06.2018)

Töö nr 18/2178

Tallinn 2018

Kinnitan:

Erki Niitlaan
Juhatuse liige

Geoloogilise uuringu tegid:

Mairy Tammekänd
Geoloogiainsener
Diplomeeritud mäeinsener, tase 7
Maardlate uurimine, projekteerimine
(kutsetunnistus nr 116663)

Marge Uppin
Hüdrogeoloog
(Hüdrogeoloogiliste tööde
tegevusluba KHY000011)

Erki Vaguri
Mäeinsener
Diplomeeritud mäeinsener, tase 7
Maavarade pealmaakaevandamine ja
projekteerimine
(kutsetunnistus nr 127132)

ANNOTATSIOON

Pärnu maakonna Massiaru II üldgeoloogilise uurimistöö aruanne (varu seisuga 01.06.2018).

Aruanne ühes köites, teksti 37 lk, 12 tekstilisa, 4 graafilist lisa. OÜ Inseneribüroo STEIGER, aadress: Männiku tee 104, 11216 Tallinn, 2018.

Massiaru II uuringuruumi üldgeoloogilise uurimistöö tegi OÜ Inseneribüroo STEIGER üldgeoloogilise uurimistöö loa nr 329131 alusel. Uuringuruumi teenindusala pindalaga 346,79 ha asub Pärnu maakonnas Häädemeeste vallas nii Penu küla kui ka Massiaru küla territooriumil vastavalt riigimaadel Orajõe metskond 4 (katastritunnus 21303:001:0512, pindala 1437,00 ha) ja Orajõe metskond 63 (katastritunnus 21303:001:0228, 12,79 ha). Massiaru II uuringuruum jääb Massiaru liivamaardlast (registrikaart nr 0853) (sh Massiaru liivakarjäärast) vahetult põhja, ida ja lääne suunda, mis kanti 2009. a keskkonnaregistri maardlate nimistusse kohaliku tähtsusega liivamaardlana.

Üldgeoloogilises uurimistöös rajati 38 kaevandit ja 20 puurauku. Uuringupunktide võrk oli tihedam uuringuruumi kesk- ja lõunaosas. Uuringuakudest võeti kokku 99 proovi materjali terastikulise koostise ja 8 proovi filtratsiooniomaduste määramiseks ning üks koondproov kruuskillustiku füüsikalise-mehaaniliste näitajate määramiseks. Uuringuruumi teenindusala osalisel pindalal tehti topograafiline mõõdistamine mõõtkavas 1 : 2000. Kõikide uuringuaukude suudmete absoluutkõrgused mõõdistati instrumentaalselt.

Massiaru II uuringuruum paikneb madalal ja lamedal, üsna ulatuslikul Antsülusjärve rannavallil. Uuringuruumis levib liivsavimoreenil liiva, kohati kruusaka liiva ja kruusa kompleks, kus kihi paksus ulatub 5 m-ni. Uuringuruumi katendi paksus jääb vahemikku 0,1 - 1,2 m, keskmiselt 0,4 m. Katend on esindatud kasvukihiga, ülipeene-teralise orgaanikarikka liivaga või valkjashalli tolmlüvaga. Kasuliku kihi paksus jääb uuringuruumi kesk- ja lõunaosas vahemikku 1,2 - 4,9 m, ida ja lääne suunas aga väheneb 1 meetrini, suidudes täielikult välja uuringuruumi lääneosas. Kasuliku kihi lamam jääb uuringuruumi piires abs kõrguste vahemikku 24 - 31 m, järgides maapinnareljeefi ning olles tõusuga ida ja kirde suunas. Uuringuagne põhjaveetase jääb abs kõrguste vahemikku 23,6 - 33,5 m. Suurem osa kasulikust kihist uuringuruumi kesk- ja lõunaosas jääb põhjaveetasemest madalamale.

Tellijal lähteülesanne geoloogilistele töödele oli otsida ja uurida kavandatava Rail Balticu raudtee muldkeha ja teenindava infrastruktuuri ehitustöödeks sobivat täitematerjali. Tehtud töödega selgitati välja Massiaru II uuringuruumis paiknev liiva ja kruusa varu ja levik ning kvaliteet. Tööde tulemuste kohaselt rahuldab leiduv maavara ehitustöödeks nõutud kvaliteedinormid.

Üldgeoloogilise uurimistöö tulemusena piiritleti Massiaru II uuringuruumi teenindusala kesk- ja lõunaosas kogupindalal 77,06 ha 9 maavaravaru plokki nii üleval- kui ka allpool keskmist uuringuagset põhjaveetaseme abs kõrgust 30,0 m.

- Plokis 5 pindalaga 23,15 ha hinnati veepealset ehitusliiva varu 211 tuh m³ ja selle lamamis plokis 6 pindalaga 33,86 ha veealust ehitusliiva varu 883 tuh m³;
- Plokis 7 pindalaga 10,57 ha hinnati veepealset täiteliiva varu 105 tuh m³ ja selle lamamis plokis 8 pindalaga 10,57 ha veealust täiteliiva varu 250 tuh m³;

- Plokis 9 pindalaga 28,45 ha hinnati veepealset täiteliiva varu 299 tuh m³ ja selle lamamis plokis 10 pindalaga 23,42 ha veealust täiteliiva varu 504 tuh m³ ning plokis 11 pindalaga 5,03 ha veealust ehituskruusa varu 100 tuh m³;
- Plokis 12 pindalaga 4,18 ha hinnati veepealset ehitusliiva varu 101 tuh m³ ja selle lamamis plokis 13 pindalaga 4,18 ha veealust ehitusliiva varu 73 tuh m³.

Lisaks eraldati ülejäänud Massiaru II uuringuruumi 236,23 ha pindalal täiteliiva prognoosvaru 4016 tuh m³, mis on aluseks edasise geoloogilise uuringu suunamisel.

Alates 01.01.2017. a hakkas kehtima uus maapõueseadus. Kuna antud seaduse määrus, mis käsitleb üldgeoloogilise uurimistöö korda ning nõudeid, ei ole seisuga 31.05.2018. a veel ilmunud, siis kasutatakse käesolevas töös kuni 31.12.2016. a kehtinud keskkonnaministri 26.05.2005. a nr 44 määruse „Üldgeoloogilise uurimistöö ja maavara geoloogilise uuringu tegemise kord“ nõudeid, mille järgi on üldgeoloogiline uurimistöö maavarade otsing, mille käigus uuritakse otsinguala piires maavara levikut ja omadusi, rajatakse kaevandeid ja puurauke, võetakse proove laborimääranguteks, piiritletakse ja arvutatakse maavara reservvaru ning prognoosvaru ning antakse soovitusi uuringutöödeks.

Kuna Massiaru II uuringuruumi kesk- ja lõunaosas piiritletud maavara varu uuringuvõrgu tihedus on piisav maavara hindamiseks tarbevaruna, kasuliku kihi materjal vastab nii ehitusliivale, täiteliivale kui ka ehituskruusale esitavatele nõuetele ning piirangud kaevandamiseks alal puuduvad, siis uurimistöös hinnatud varu soovitatakse kinnitada vastavalt ehitusliiva, täiteliiva ja ehituskruusa aktiivse tarbevaruna ning lülitada saadud varu Massiaru liivamaardla (registrikaart nr 0853) koosseisu. Nimetatud varu kogused esitatakse Maa-ametile kinnitamiseks keskkonnaregistri maardlate nimistus.

Võtmesõnad: Pärnu maakond, Hädemeeste vald, Massiaru liivamaardla, Massiaru II uuringuruum, ehituskruus, ehitusliiv, täiteliiv, aktiivne tarbevaru.

Koostas: Mairy Tammekänd

SISUKORD

1. SISSEJUHATUS	6
2. UURINGUPIIRKONNA ÜLDISELOOMUSTUS JA UURITUS....	7
3. UURIMISTÖÖ METOODIKA, MAHT JA KESKKONNAMÕJU	11
3.1 Kaevandite ja puuraukude rajamine	11
3.2 Proovide võtmine ja laboratoorsed uuringud.....	11
3.3 Topograafilised tööd	12
3.4 Kameraaltööd.....	12
3.5 Uuringu keskkonnamõju.....	13
4. GEOLOOGILINE EHITUS JA HÜDROGEOLOOGILISED TINGIMUSED.....	15
4.1 Geoloogiline ehitus	15
4.2 Hüdrogeoloogilised tingimused	18
5. MAAVARA KVALITEET	22
6. MÄENDUSLIKUD TINGIMUSED	25
7. VARU ARVUTUS	27
8. KOKKUVÕTE	36
9. KASUTATUD KIRJANDUS	37

TEKSTILISAD

1. Tellimiskiri	38
2. Üldgeoloogilise uurimistöö luba 329131	39
3. Kaevandite ja puuraukude kataloog	41
4. Loodusliku materjali granulomeetrilise koostise tabel (GOST 8735).....	45
5. Väljasõelutud liiva fr. sisalduse ja keskmiste näitajate tabel (GOST 8735)	50
6. Kaevandite ja puuraukude geoloogilised kirjeldused.....	60
7. Katseprotokoll nr 18/2289 K (OÜ Inseneribüroo STEIGER).....	78
8. Uuringuruumi ja varuplokkide piiripunktide koordinaadid ja pindalad.....	94
9. Topograafilise mõõdistamise seletuskiri	99
10. Kaevandite ja puuraukude likvideerimise akt.....	100
11. Varu arvutuse tulemused	102
12. Tellija arvamus tehtud tööde kohta	105

GRAAFILISED LISAD

1. Ülevaateplaan. Mõõtkava 1 : 10 000
2. Geoloogiline läbilõige A - A'. Mõõtkava hor. 1 : 10 000, vert. 1 : 100
3. Topograafiline ja varu arvutuse plaan. Mõõtkava 1 : 2000
4. Geoloogilised läbilõiked I - I'...V - V'. Mõõtkava hor. 1 : 2000, vert. 1 : 100

1. SISSEJUHATUS

Massiaru II uuringuruumi üldgeoloogilise uurimistöö tegi OÜ Inseneribüroo STEIGER osaühingu Eesti Killustik tellimusel (lisa 1) ja üldgeoloogilise uurimistöö loa nr 329131 alusel (lisa 2).

Pärnust lõunas, Massiaru II uuringuruumist riigipiirini jääv ala on liiva ja kruusa leviku suhtes piiratud ning potentsiaalsed maavara levikualad on valdavalt looduskaitse all (nt Laulaste looduskaitseala, Kiusumetsa hoiuala jt). Massiaru II üldgeoloogilise uurimistöö eesmärk oli ulatuslikum ehituseks sobiliku maavara, st liiva ja kruusa otsing piirkonnas selgitamiseks, kas antud koht või osa sellest on perspektiivne Massiaru liivamaardla laiendamiseks. Uurimistöö käigus selgitati välja uuringuruumi geoloogiline ehitus, maavara potentsiaalne levik, kasuliku kihi paksus ja kvaliteet. Uuringuruum valiti suurem seetõttu, et oleks võimalik täpsustada kasuliku kihi levikut ja välja suidumist rannaastangu servaaladel ning piiritleda uuringuruumis väiksemal pindalal kaevandamiseks kõige perspektiivsem asukoht.

Üldgeoloogilise uurimistöö tegemine oli ajendatud suurte ehitusmaavara koguste vajadusega Rail Balticu raudtee ehitamisel, mille trassikoridor jääb uuringuruumist ~1,8 km kaugusele loode suunda. Seetõttu oli oluline otsida ja uurida uusi ehitusmaavarade (liiva-kruusa) leiukohti või olemasolevate maardlate laiendamisvõimalusi.

Üldgeoloogilise uurimistöö välitööd tehti kolmes etapis, mille raames rajati uuringuruumi 38 kaevandit ja 20 puurauku. Puurtööd telliti OÜ-lt Geotehnika Inseneribüroo G.I.B, ekskavaatori rent AS-ilt Zebra. Uuringuakudest võeti kokku 99 proovi materjali terastikulise koostise ja 8 proovi filtratsiooniomaduste määramiseks ning üks koondproov kruuskillustiku füüsikalise-mehaaniliste näitajate määramiseks. Proovid analüüsiti OÜ Inseneribüroo STEIGER akrediteeritud laboratooriumis. Uuringuruumi keskosas, piiritletud perspektiivsemal alal tehti topograafiline mõõdistamine mõõtkavas 1:2000. Kõikide uuringuaukude suudmete absoluutkõrgused mõõdistati instrumentaalselt. Topogeodeetilise mõõdistamise tegi OÜ Inseneribüroo STEIGER.

Uurimistööd juhtis, kameraaltööd tegi ning aruande koostasid geoloogiainsener Mairi Tammekänd ja hüdrogeoloog Marge Uppin. Uuringuruumi topograafilise plaani koostas markseider Peeter Koll ja graafilised lisad joonestaja Kaja Paat.

Käesolevas töös kasutatakse kuni 31.12.2016. a kehtinud keskkonnaministri 26.05.2005. a nr 44 määruse „Üldgeoloogilise uurimistöö ja maavara geoloogilise uuringu tegemise kord“ nõudeid, mille järgi käsitletakse liiva (välja arvatud tehnoloogiline liiv) ja kruusa maavara kasutusala seisukohalt järgnevalt:

- ehitusliiv – peensusmoodul vähemalt 1,3, savi- ja tolmusisaldus mitte üle 10% ja osakesi üle 5 mm mitte rohkem kui 35%;
- ehituskruus – savi- ja tolmusisaldus mitte üle 20% ja osakesi üle 5 mm mitte vähem kui 35%;
- täiteliiv – peensusmoodul väiksem kui 1,3; savi- ja tolmusisaldus üle 10% ja osakesi üle 5 mm mitte rohkem kui 35%.

2. UURINGUPIIRKONNA ÜLDISELOOMUSTUS JA UURITUS

Massiaru II uuringuruumi teenindusala pindalaga 346,79 ha asub Pärnu maakonnas Häädemeeste vallas Penu ja Massiaru külade territooriumitel riigimaadel Orajõe metskond 4 (katastritunnus 21303:001:0512, pindala 1437,00 ha) ja Orajõe metskond 63 (katastritunnus 21303:001:0228, 12,79 ha), millede kasutamise sihtotstarve on maatulundusmaa, valitsejaks Keskkonnaministeerium ja volitatud asutuseks Riigimetsa Majandamise Keskus.

Massiaru II uuringuruumi paikneb Häädemeeste alevikust ~12 km kaugusel kagus ning Massiaru külast ~500 m kaugusel läänes. Uuringuruumist ~50 m kaugusel lõunas kulgeb Kabli-Massiaru riiklik kõrvalmaantee (nr 19336) ja ~600 m kaugusel põhja suunas Jaagupi-Urissaare riiklik kõrvalmaantee (nr 19335), mis mõlemad ühinevad Tallinn-Pärnu-Ikla riikliku põhimaantee (T-4) uuringuruumist ligikaudu 4 km kaugusel idas. Uuringuruumist põhja suunas kulgeb avalikus kasutuses olev Pendi-Veski tee nr 2130224, mille äärmise sõiduraja välimine serv jääb uuringuruumi piirist ~5 m kaugusele.

Uuringuruumi teenindusala keskosa läbib kohalik metsatee Raudtee (nr 7560543), mis on kunagi 1920ndatel olnud peamiselt Laiksaare metsade veoks rajatud kitsarööpmeline raudtee (Foto 2.1). Nimetatud tee ääres paikneb kunagine Massiaru raudteejaam (213:RTR:002), mille esialgsest funktsionaalsusest on säilinud tänaseks alla 20%. Uuringuruumi lõunaosas paikneb ehitisel olev geodeetiline märk n/ta (VID kood 101854) kaitsevööndiga 0,5 m. Uuringuruumi teenindusalal hooneid ei asu. Lähim hoonestus asub ~200 m kaugusel kagus Massiaru külas Saadu kinnistul (katastritunnus 21302:003:0003) ja ~300 m kaugusel kirdes Urissaare külas Metsatuka kinnistul (katastritunnus 21302:002:0018).



Foto 2.1. Vaade Kabli-Massiaru kõrvalmaanteelt Massiaru II uuringuruumile ja uuringuruumi läbivale metsateele (Raudtee). N 57°59'51''; E 24°33'41'';
Foto: Google Maps, Street View.

Massiaru II uuringuruum külgneb lõunast vahetult Massiaru liivamaardla (reg nr 0853) ehitusliiva aktiivse tarbevaru 1 ja 3 plokiga, täiteliiva aktiivse tarbevaru 2 ja 4 plokiga ning kehtiva kaevandamisloaga mäeeraldisega Massiaru liivakarjäär (loa nr L.MK/320352; loa omaja Riigimetsa Majandamise Keskus) ja selle teenindusmaaga.

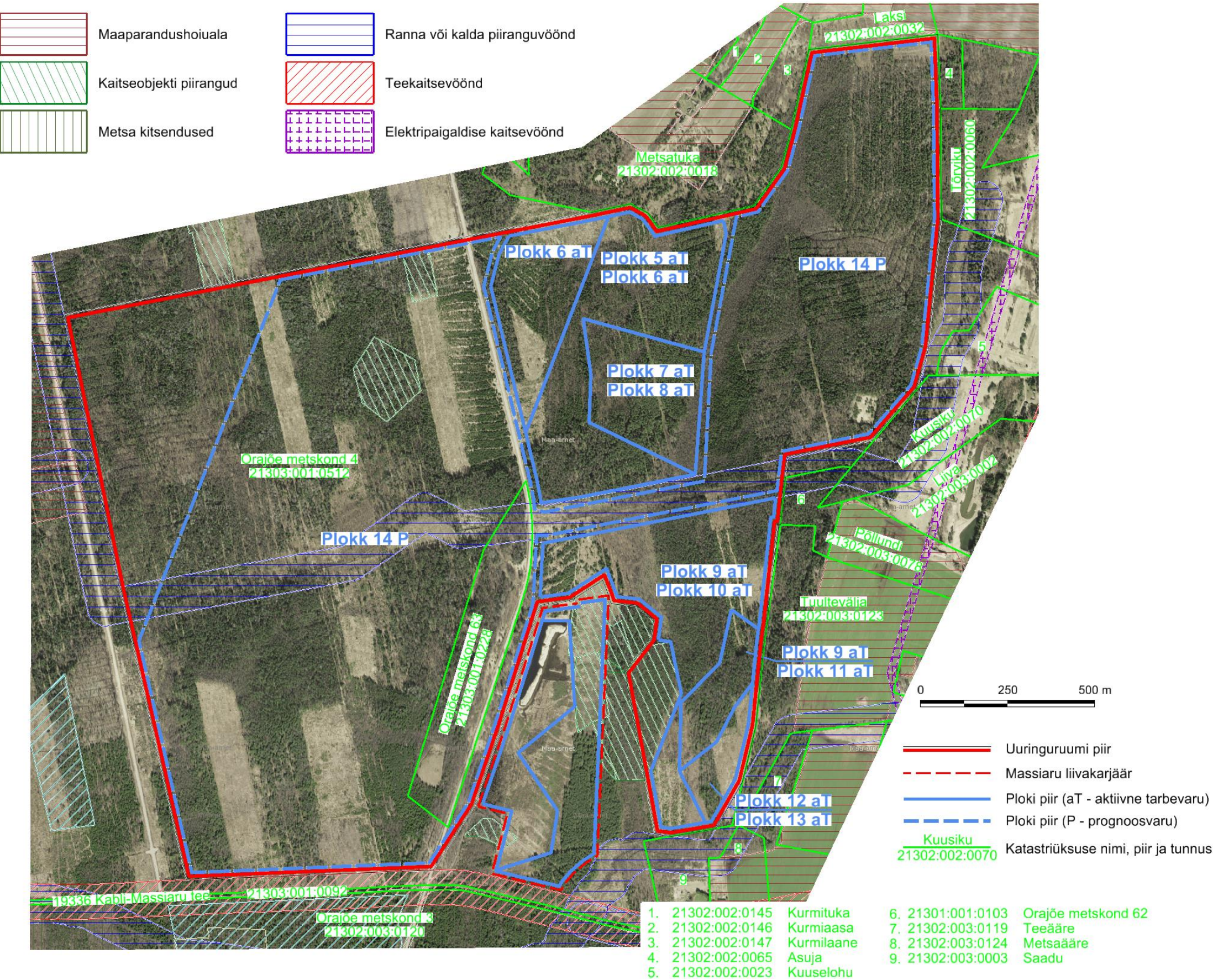
Uuringuruumi keskosa läbib Kadaka oja (keskkonnaregistri kood VEE1151700) kalda piiranguvööndiga 50 m veekogu kaldast. Uuringuruum kattub põhjanurgas ~0,6 m ulatuses maaparandussüsteemiga, mille kood maaparandussüsteemide registris on 6115150020100001. Uuringuruum külgneb lõunast ja kagust Priivitsa jõe (keskkonnaregistri kood VEE1151800) kalda piiranguvööndiga.

Uuringuruumi põhjaosas paiknevad vääriselupaigad VEP nr 117036 (keskkonnaregistri kood VEP117036) ja VEP nr 117056 (keskkonnaregistri kood VEP117056), kus tuleb hoiduda majandamisest ja kuivendamisest. Uuringuruumi lõunaosasse ja vahetus lähedusse jäävad II kategooria kaitsealuste liikide *Carex disperma* (õrn tarn; keskkonnaregistri kood KLO9338490), *Carex irrigua* (sagristarn; KLO9338495) ja III kategooria kaitsealuste liikide *Huperzia selago* (harilik ungrukold; KLO9338623), *Menegazzia terebrata* (harilik poorsamblik; KLO9700847), *Thelotrema lepadinum* (harilik koobassamblik; KLO9700866) kasvukohtadega ning III kategooria kaitsealuse liigi *Dryocopus martius* (musträhn; KLO9113818) elupaigad. Uuringuruumist ~20 m lõunas asub vääriselupaik VEP nr 117001 ning ~60 m lõunas Laulaste looduskaitseala (keskkonnaregistri kood KLO1000318).

Massiaru II uuringuruumi teenindusalal ja selle ümbruses kasvab valdavalt segamets. Kohati jääb alale raiesmikke ning heinamaad (Foto 2.2). Maapinna reljeef on tõusuga ida suunas, jäädes absoluutkõrguste vahemikku 24 - 34 m. Maapind on paiguti pehme ja liigniiske.



Foto 2.2. Vaade Kabli-Massiaru kõrvalmaanteelt Massiaru II uuringuruumi lõunaosale. N 57°59'51''; E 24°33'8''; Foto: Google Maps, Street View.



Joonis 2.1 Massiaru II uuringuruum, selles moodustatud varuplokid ja alale ning ümbrusesse jäävad piirangud (aluskaardina kasutatud Maa-ameti WMS kaardirakendust)

Uuringuruum jääb Eesti 1 : 50 000 baaskaardi lehele nr 5314. Ala keskosa geograafilised koordinaadid on 58°0'29" pl ja 24°33'53" ip.

Massiaru II uuringuruum jääb osaliselt 1982 - 1984. a ENSV Geoloogia Valitsuse Keila Geoloogiaekspeditsiooni Ehitusmaterjalide töökonna teostatud Lääne-Eesti kruusliiva ja liiva otsingulis-hinnanguliste tööde alale (Jõgi, V., jt 1984). Uuringuruum kattub osaliselt töö raames eraldatud prognoosse ressursi alaga. Uuringu andmete põhjal moodustab ala kasuliku kihi peene- kuni keskmiseteraline kruusakas liiv ja lamamiks on liivsavi.

Aastal 2008 tehti Riigimetsa Majandamise Keskuse (RMK) tellimusel Massiaru uuringuruumis 22,78 ha alal geoloogiline uuring, mille käigus selgitati uuringuruumis kaevandamiseks sobiliku maavara levikut, kasuliku kihi paksust, materjali kvaliteeti ja kaevandamistingimusi. Uuringu tulemuste alusel eraldati Massiaru uuringuruumis 22,07 ha pindalal kokku kaks aktiivse tarbevaru plokki 1 ja 2, millest esimeses pindalaga 10,12 ha hinnati ehitusliiva aktiivset tarbevaru 375 tuh m³ (sh 343 tuh m³ allpool keskmist põhjaveetaset) ja teises pindalaga 11,95 ha eriotstarbelise liiva aktiivset tarbevaru 448 tuh m³ (sh 333 tuh m³ allpool keskmist põhjaveetaset). Töö alusel võeti Massiaru arvele keskkonnaregistri maardlate nimistus kohaliku tähtsusega liivamaardlana. 02.05.2011. a väljastas Keskkonnaameti Pärnu-Viljandi regioon RMK-le maavara kaevandamise loa nr L.MK/320352 Massiaru liivakarjääris, kehtivusega kuni 01.05.2032. a. Massiaru II uuringuruum külgneb lõunast vahetult Massiaru liivakarjääri mäeeraldisega.

Keskkonnaregistri maardlate nimistu põhjal on seisuga 04.12.2017. a Massiaru liivamaardlas (22,08 ha) arvel ehitusliiva aktiivset tarbevaru 373,683 tuh m³ ja täiteliiva aktiivset tarbevaru 447,7 tuh m³.

3. UURIMISTÖÖ METOODIKA, MAHT JA KESKKONNAMÕJU

3.1 Kaevandite ja puuraukude rajamine

Üldgeoloogilise uurimistöö välitööd tehti kolmes etapis ajavahemikel 22. - 25. august 2017, 16. - 20. oktoober 2017 ja 22. - 24. november 2017.

Kõigepealt rajati Massiaru II uuringuruumi teenindusalale 13 kaevandit (Š-1, Š-2, Š-8...Š-14, Š-14a, Š-16...Š-18) iseloomustamiseks ja piiritlemaks kasuliku kihi üldist levikut. Kaevandite sügavused jäid vahemikku 2,0 - 5,5 meetrit ja vahekaugus 300 - 900 m. Kaevandid rajati olemasolevatele metsasihtidele pöördkopp-ekskavaatoriga Komatsu 210LC. Kaevandid rajati ekskavaatori maksimaalse ammutussügavuseni või kuni kasuliku kihi lamamini. Kuna uurimistöö ala põhjaosas on kasulikuks kihiks peeneteraline liiv ja põhjavee tase kõrgel, siis kaevandid varisesid ning kõikjal ei suudetud avada lamamit. Tööde esimese etapiga sai selgeks, et kasuliku kihi paksus on kõige perspektiivsem uuringuruumi kesk- ja lõunaosas ning kasuliku kihi paksus väheneb idaosas ja suidub välja uuringuruumi lääneosas. Sellest tulenevalt planeeriti järgnevad uurimistöö etapid, kus keskenduti peamiselt uurimistöö ala kesk- ja lõunaosale, kus kasulik kiht oli eelduste kohaselt kõige esinduslikum.

Kuna uuringuruumi keskosas levib valdavalt peeneteralist liiva, siis teises etapis rajati uuringuruumi keskosasse 20 puurauku. Puuraukude sügavused jäid vahemikku 2,2 - 5,0 m, puurimise kogumetraaz oli 68,9 m. Kõikide puuraukudega avati kasuliku kihi lamam. Puurimine toimus 1,8 m pikkuste šnekkidega, mille puurotsmiku läbimõõt on 135 mm. Puuraukude vahekaugused uurimistöö ala keskosas varieeruvad valdavalt 60 - 200 m piires. Puuraukud rajas tigupuurimise meetodil Geotehnika Inseneribüroo G.I.B. OÜ iseliikuva roomikpuurpingiga.

Kolmandas etapis rajati uurimistöö alale 25 kaevandit. Kaevandid rajati peamiselt uuringuruumi lõunaosasse (Š-15, Š-19...Š-38), kus esimese etapi välitööst lähtuvalt levib liiv ja kruus. Lisaks tehti mõned kaevandid uurimistöö ala põhjaosasse (Š-3...Š-7). Kuna ka seal oli eeldada materjali teralisuse jämenemist, siis oli puurimine seal mõnevõrra raskendatud. Kaevandite sügavused jäid vahemikku 1,8 - 5,0 meetrit ja vahekaugus jäi vahemikku 100 - 200 m. Kaevandid rajati ekskavaatori maksimaalse ammutussügavuseni või kuni kasuliku kihi lamamini. Mitmes kaevandis ei olnud võimalik avada lamamisetteid, kaevandiseinte varisemise tõttu. Kaevandite varisemine toimus põhjaveetaseme ilmnemisel.

Kõikides uuringupunktides fikseeriti põhjaveetase. Kõikide välitööde etappide kaevandid ja puuraukud likvideeriti koheselt pärast proovide võtmist ja veetaseme mõõtmist pinnasega täitmise teel ning ümbrus korrastati (foto 3.1, 3.2, lisa 5).

3.2 Proovide võtmine ja laboratoorsed uuringud

Proovid on võetud kogu kasuliku kihi ulatuses litoloogiliste erimite kaupa. Proovide võtmiseks kaevanditest tõsteti iga proovi jaoks materjal kopaga kuhilasse ning proovid (1 - 2 proovi ühest kaevandist) võeti punktmeetodil. Puuraukudest võeti proovid (1 - 2 proovi ühest puuraukust) šnekilt kasuliku kihi ulatuses.

Välitöödel võeti 99 proovi materjali terakoostise määramiseks, millest 69 proovi võeti kaevanditest ja 30 proovi puuraukudest. Proovid on võetud pikkusega 0,8 - 4,2 m

(keskmise 1,7 m), proovitud üldpikkus 171,6 m. Suurema intervalliga proovid on võetud puuršnekilt, kus materjal oli ühtlane ja mis kvarteerimise meetodil vähendati vajaliku kaaluni (3 - 4 kg).

Liiva filtratsioonikoefitsiendi määramiseks võeti kokku kaheksa proovi kaevanditest Š-12, Š-13 (2 proovi), Š-14a, Š-17, Š-30, Š-33 (üksikproovid kas kogu kasuliku kihi ulatuses või puhta ja kruusaka liiva erimistest) ning üks koondproov kaevandite Š-24; Š-25 ja Š-26 ülemiste intervallide ühtlase liiva erimist. Üks koondproov võeti kõikidest kaevanditest välja tõstetud veeriste ja munakate osas, millest määrati kruuskillustiku füüsikalise-mehaanilised näitajad (purunemiskindlus ja külmakindlus).

Kõik laboratoorsed analüüsid tehti OÜ Inseneribüroo STEIGER laboratooriumis (EAK L202). Terakoostise määramiseks kasutati vastavalt GOST 8735 ja GOST 8269 standarditele sõelu ava läbimõõduga: >70; 40; 20; 10; 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 ja 0,05 mm. Liiva filtratsioonimooduli määramine tehti vastavalt standardile EVS 901-20. Kruuskillustiku (fraktsioon 10/14) purunemiskindlus määrati Los Angelese katsel (EVS-EN 1097-2:2010) ja külmakindlus (fraktsioon 8/16 mm) vahetul külmutamisel (EVS-EN 1367-1:2007). Laboratoorsete analüüside tulemused ja arvutused on esitatud lisades 4 – 5, 7.

3.3 Topograafilised tööd

Topograafiline mõõdistamine uurimistöö ala kesk- ja lõunaosas, mis on aluseks varu arvutusele, on tehtud 2018. a veebruaris. Mõõdistamistööd (GPS-mõõdistus ja tahhümeetiline) tegi OÜ Inseneribüroo STEIGER mõõtkavas 1 : 2000. Lähtekoordinaadid on määratud L-Est 97 süsteemis ja kõrgused EH2000 süsteemis. Topograafiline plaan on koostatud arvutitarkvaraga Bentley PowerCivil V8i (litsents 70000661800020). Täiendavad andmed on esitatud topograafilise mõõdistamise seletuskirjas (lisa 9).

3.4 Kameraaltööd

Kameraaltööde käigus töödeldi läbi välitöödel saadud materjal ja laboriuuringute andmestik ning varasemate uuringute tulemused.

Alates 01.01.2017. a hakkas kehtima uus „Maapõueseadus“. Kuna antud seaduse määrus, mis käsitleb geoloogilise uuringu korda ja nõudeid, ei ole seisuga 31.05.2018. a veel ilmunud, siis kasutatakse käesolevas töös kuni 31.12.2016. a kehtinud keskkonnaministri 26.05.2005. a nr 44 määruse „Üldgeoloogilise uurimistöö ja maavara geoloogilise uuringu tegemise kord“ nõudeid, mille alusel käsitletakse liiva ehitusliivana, kui ta vastab järgmistele põhinõuetele:

- peensusmoodul üle 1,3;
- savi- ja tolmuosakesi mitte üle 10%;
- osakeste sisaldus läbimõõduga üle 5 mm (kruus) alla 35%.

Kruusa käsitletakse ehituskruusana, kui ta vastab järgmistele põhinõuetele:

- osakeste sisaldus läbimõõduga üle 5 mm mitte alla 35%;
- savi- ja tolmuosakesi mitte üle 20%.

Kruusa hulka on loetud ka veerised ja munakad.

Nendele nõuetele mittevastavat materjali vaadeldakse vastavalt kui eriotstarbelist kruusa (täitekruusa) ja eriotstarbelist liiva (täiteliiva).

Kameraaltööde käigus koostati uuringuruumi ülevaateplaan ja geoloogiline läbilõige ning uuringuruumi kesk- ja lõunaosa topograafiline ning varu arvutuse plaan, plaani juurde kuuluvad geoloogilised läbilõiked ja geoloogilise uuringu aruanne. Nii ülevaateplaan (mõõtkava 1 : 10 000), varu arvutuse plaan (mõõtkava 1 : 2000) kui ka geoloogilised läbilõiked on koostatud programmiga Bentley PowerCivil V8i (litsents 70000661800020). Pinnamudelid ja mahumäärangud on tehtud triangulatsiooni-meetodiga.

3.5 Uuringu keskkonnamõju

Üldgeoloogilise uurimistöö raames tehtud välitööd – topogeodeetilised tööd, kaevandite ja puuraukude rajamine ning nende likvideerimine – ei muutnud märkimisväärselt looduskeskkonda. Tööde tegemisel järgiti kõiki keskkonnakaitse ja ohutustehnika nõudeid. Tööde teostamiseks kasutatud ekskavaator ja puurmasin olid tehniliselt korras. Geoloogilise uuringu tegemisel keskkonnaohtlikke materjale ega aineid ei kasutatud ning põhjavett ei reostatud.

Kaevandamisjätmeid uuringu tulemusel ei tekkinud. Maavara kvaliteedi määramiseks eraldati vaid proovideks vajalik kogus materjali. Kaevandid ja puuraugud likvideeriti kohe pärast geoloogilise läbilõike kirjeldamist ja proovide võtmist. Kaevandite ja puuraukude likvideerimiseks kasutati samast kohast väljatõstetud materjali, mis tihendati. Maapind tasandati ning taastati uuringueelne seisund (foto 3.1, 3.2). Likvideerimise kohta on koostatud akt, mille on heaks kiitnud Keskkonnaamet (lisa 10).



Foto 3.1. Likvideeritud kaevand Š-23. N 58°0'8''; E 24°34'35''; Foto: Mairiy Tammekänd; 22.11.2017.



Foto 3.2. Likvideeritud puurauk PA-5. N 58°0'30''; E 24°34'14''; Foto: Mairy Tammekänd; 16.10.2017.

4. GEOLOOGILINE EHITUS JA HÜDROGEOLOOGILISED TINGIMUSED

4.1 Geoloogiline ehitus

Massiaru II uuringuruum paikneb madalal ja lamedal, üsna ulatuslikul kirde- ja edelasuunalisel Antsülusjärve rannavallil. Rannaastangu piires levib liivsavimoreenil liiva, kohati kruusaka liiva ja kruusa kompleks. Kasuliku kihi paksus väheneb uuringuruumi ida- ja lääneosas, suidudes lääne- ja loodeosas välja. Kasuliku kihi paksus ulatub uuringuruumi keskosas kuni 4,9 m, millest keskmiselt 1 - 3 m jääb allapoole põhjaveetasel. Maapinna reljeef on tõusuga ida ja kirde suunas, jäädes absoluutkõrguste vahemikku 21 - 34 m. Kasuliku kihi lamam järgib maapinnareljeefi, olles tõusuga ida ja kirde suunas, jäädes vahemikku 22 - 31 m. Maapind on paiguti liigniiske. Massiaru II uuringuruumi ülevaateplaani mõõtkavas 1 : 10 000 on toodud graafilisel lisal 1 ja sinna juurde kuuluv geoloogiline läbilõige graafilisel lisal 2.

Kuna uurimistöö algfaasis selgus, et kasulik kiht suidub välja uuringuruumi äärealadel, siis keskenduti edasi detailsemalt uuringuruumi kesk- ja lõunaosale, kus kasuliku kihi paksus ja kvaliteet olid eelduste kohaselt kõige perspektiivsemad. Järgnevalt antakse ülevaade uuringuruumi kesk- ja lõunaosa üldistatud geoloogilisest ehitusest.

Katendi paksus on 0,1 - 1,2 m (keskmise 0,4 m), millest kasvukiht moodustab keskmiselt 0,2 m. Ülejäänud osa katendist moodustab ülipeeneteraline orgaanikarikas punakaspruun liiv või valkjashall tolmlüiv.

Kasulik kiht on esindatud ülipeene- kuni peeneteralise (peensusmoodul 0,7 - 1,8, keskmine 1,3), vähese savi- ja tolmuosakeste sisaldusega (0,8 - 7,2%, keskmine 2,2%) liivaga. Vertikaalses läbilõikes on kasuliku kihi materjal kohati ühtlane, kohati mitte, olles rohkem või vähem kruusakam (Foto 4.1; 4.2; 4.3).

Uuringuruumi keskosas võib läbilõikes täheldada terasuuruse jämenemist sügavuti, kus kasulik kiht on sügavamates intervallides esindatud kohati kõrgendatud kruusafraktsiooni sisaldusega liivaga (sisaldus üksikproovis 30,7%) või veeristerohke kruusaga (kruusafr sisaldus üksikproovis 82,2%). Kruusaterad on hästi ümardatud, valdavalt karbonaatse, väiksema läbimõõduga terad kristalliinse koostisega. Uuringuruumi keskosas esines mitmes kaevandis (Š-4, 6, 7) veeriserohke kruus, kus munakad olid läbimõõduga kuni 10 cm, kohati kuni 40 cm, moodustades põhimassiast ~10%. Kasuliku kihi levik ja terasuuruse muutus on vastavuses maapinnareljeefiga. Reljeefi kõrgemates kohtades ala keskosas (PA-6, 7, 8, 10, 11) lasuvad üli- ja väga peeneteralised liivad (peensusmoodul keskmiselt 1,1), natukene madalamal väga peene ja peeneteralised liivad keskmise peensusmooduliga 1,5 (PA-1, 2, 3, 12, 14, 14a; Š-3, 4, 5, 10, 11, 12, 16) ning madalamates kohtades kohati veeriselised kruusad (Š-4, 6, 7).



Foto 4.1 Puhas väga peeneteraline liiv (Š-12). N 58°0'41''; E 24°34'22''; Foto: Mairiy Tammekänd; 23.08.2017.

Nii võib ka ala lõunaosas täheldada materjali terasuuruse jämenemist sügavuti, kus kohati esineb sügavamates intervallides kõrgendatud kruusafraktsiooni sisaldusega liiva (sisaldus üksikproovis 33,0%) või kruusa. Vastupidiselt uuringuruumi keskosaga, levivad siin pinnavormi kõrgemas kohas ala kagunurgas (Š-15, 20, 21, 22, 24) ja loodenurgas (PA-1A, Š-13) väga peeneteralised liivad (peensusmoodul 1,4) ning ülejäänud alal, reljeefi madalamates kohtades (Š-14, 14a, 19, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 37, 38) ülipeene- ja väga peeneteralised liivad (peensusmoodul 1,1).

Kasulik kiht suidub välja uuringuruumi lääneosas (Š-1, 2, 8, 9) ja kihipaksus väheneb kirde- ja edelasuunas (PA-M1, M2, M3, 20) (Foto 4.4). Kasuliku kihi paksus uuringuruumi kesk- ja lõunaosas jääb vahemikku 1,2 - 4,9 m, olles keskosas keskmiselt 3,1 m ja lõunaosas 3,4 m. Põhjaveetase jääb keskmiselt 1,3 m sügavusele maapinnast ja sellest tulenevalt keskmiselt 2,2 m kasulikust kihist lasub allpool põhjaveetaset.



Foto 4.2 Kruusakas liiv (PA-13). N 58°0'51''; E 24°34'16''; Foto: Mairy Tammekänd; 16.10.2017.



Foto 4.3 Kruusakas liiv (Š-31). N 58°0'17''; E 24°34'34''; Foto: Mairy Tammekänd; 22.11.2017.



Foto 4.4 Kasuliku kihi välja suidumine uuringuruumi põhjaservas (Š-9). N 58°0'52''; E 24°33'53''; Foto: Mairy Tammekänd; 23.08.2017.

Kasuliku kihi lamamiks on pruun, kohati pruunikashall liivsavimoreen, milles jämpurdu on suhteliselt vähe. Lamam avati käesoleva üldgeoloogilise uurimistöö kõikide puuraukudega. Lamamit ei õnnestunud avada kõigi kaevanditega (Š-15, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 31) kaevandiseinte varisemise tõttu. Lamam tõuseb ida suunas, järgides maapinna reljeefi, varieerudes uuringuruumi piires abs kõrguste vahemikus 22,2 - 31,5 m (keskmise 27,4 m). Uuringuruumi keskosas jääb lamam uuringupunktide põhjal absoluutkõrguste vahemikku 26,0 - 29,5 m (keskmise 27,3 m) ja lõunaosas 26,7 - 28,8 m (keskmise 27,8 m).

4.2 Hüdrogeoloogilised tingimused

Hüdrogeoloogilises läbilõikes on piirkonnas maapinnalt esimeseks veekihi Kvaternaari veekompleksi. Veekompleksi ülemine osa koosneb kunagisest Antsülusjärve rannavalli moodustavatest liivadest ning kruusakatest liivadest. Liivakate setete lamamiks on vähese veeandvusega liustikusetted (liivsavimoreen). Vahetult pinnakatte all levivad Aruküla lademe liivakivid moodustavad maapinnalt esimese aluspõhjalise veekihi – Kesk-Devoni veekompleksi, mis on peamiseks veevarustusallikaks piirkonnas.

Geoloogilise uuringu raames mõõdeti 2017. a augustis ja novembris veetasemed kaevandites ning 2017. a oktoobris mõõdeti veetasemed puuraukudes. Veetaseme abs kõrgus jäi vahemikku 27,2 - 31,3 m, olles keskmiselt 1,3 m sügavusel maapinnast (tabel 4.1). Keskmiselt jäi põhjaveetaseme uuringuruumis abs kõrgusele 30 m, mis võeti aluseks ka varuplokkide määramisel. Sellest lähtuvalt on uuringuruumis hinnatud maavaravarust 72% veealune. Veealuse varu keskmine paksus on kogu veealuse varu ja pindala jagatisest tuletatuna ~2,2 m.

Tabel 4.1. Mõõdetud veetasemed uuringupuuraukudes ja -kaevandites.

Kaevandi/puuraugu			Veetaseme		
nr	suudme abs, m EH2000	lamami abs, m EH2000	sügavus maapinnast, m	sügavuse abs, m EH2000	mõõtmise aeg
Š-3	28,61	26,91	1,4	27,21	23.11.2017
Š-4	29,36	26,36	0,8	28,56	23.11.2017
Š-5	30,41	26,41	1,8	28,61	23.11.2017
Š-6	30,06	26,66	1,0	29,06	23.11.2017
Š-7	30,23	26,73	1,0	29,23	23.11.2017
Š-10	31,06	27,06	1,3	29,76	23.08.2017
Š-11	28,99	25,99	-	-	23.08.2017
Š-12	31,70	26,70	-	-	23.08.2017
Š-13	32,08	26,68	-	-	23.08.2017
Š-14	31,26	27,26	-	-	23.08.2017
Š-14a	31,59	27,59	2,0	29,59	23.08.2017
Š-15	32,80	29,20	1,5	31,30	22.11.2017
Š-16	31,34	27,34	-	-	23.08.2017
Š-17	32,72	27,72	2,2	30,52	23.08.2017
Š-19	30,96	27,96	-	-	22.11.2017
Š-20	33,34	28,34	2,5	30,84	22.11.2017
Š-21	33,55	28,55	2,5	31,05	22.11.2017
Š-22	32,33	27,63	2,0	30,33	22.11.2017
Š-23	32,64	28,14	2,0	30,64	22.11.2017
Š-24	33,10	28,60	2,0	31,10	22.11.2017
Š-25	32,86	28,16	2,2	30,66	22.11.2017
Š-26	32,96	28,46	3,0	29,96	22.11.2017
Š-27	32,72	28,22	2,5	30,22	22.11.2017
Š-28	31,36	28,56	1,5	29,86	23.11.2017
Š-29	30,46	28,66	1,1	29,36	23.11.2017
Š-30	31,13	27,13	1,6	29,53	23.11.2017
Š-31	31,67	27,97	1,5	30,17	22.11.2017
Š-32	31,90	27,70	1,8	30,10	23.11.2017
Š-33	31,34	28,24	1,6	29,74	24.11.2017
Š-34	31,00	28,80	1,4	29,60	23.11.2017
Š-35	30,86	28,36	0,9	29,96	23.11.2017
Š-37	30,23	26,73	2,0	28,23	23.11.2017
Š-38	30,61	27,31	2,5	28,11	23.11.2017
PA-1	30,21	26,91	0,5	29,71	16.10.2017
PA-1A	31,05	27,55	1,0	30,05	16.10.2017
PA-2	30,29	27,09	0,5	29,79	16.10.2017
PA-3	30,08	26,78	0,8	29,28	16.10.2017
PA-5	31,99	27,39	1,4	30,59	16.10.2017
PA-6	31,65	27,35	0,8	30,85	16.10.2017
PA-7	31,45	27,95	0,7	30,75	16.10.2017
PA-8	30,76	27,26	0,5	30,26	16.10.2017
PA-8A	30,47	27,17	0,2	30,27	16.10.2017
PA-10	30,58	28,48	0,3	30,28	16.10.2017
PA-11	32,12	27,72	0,9	31,22	16.10.2017
PA-12	31,30	27,90	0,2	31,10	16.10.2017
PA-13	30,63	27,03	0,2	30,43	16.10.2017
PA-14	31,55	27,85	0,5	31,05	16.10.2017
PA-14A	32,00	27,60	0,8	31,20	16.10.2017
PA-15	31,35	28,05	0,3	31,05	16.10.2017
PA-1/08	31,03	26,73	1,0	30,03	23.09.2008
PA-3/08	31,31	27,51	1,0	30,31	23.09.2008
Min	28,6	26,0	0,2	27,2	
Maks	33,6	29,2	3,0	31,3	
keskm	31,3	27,6	1,3	30,0	

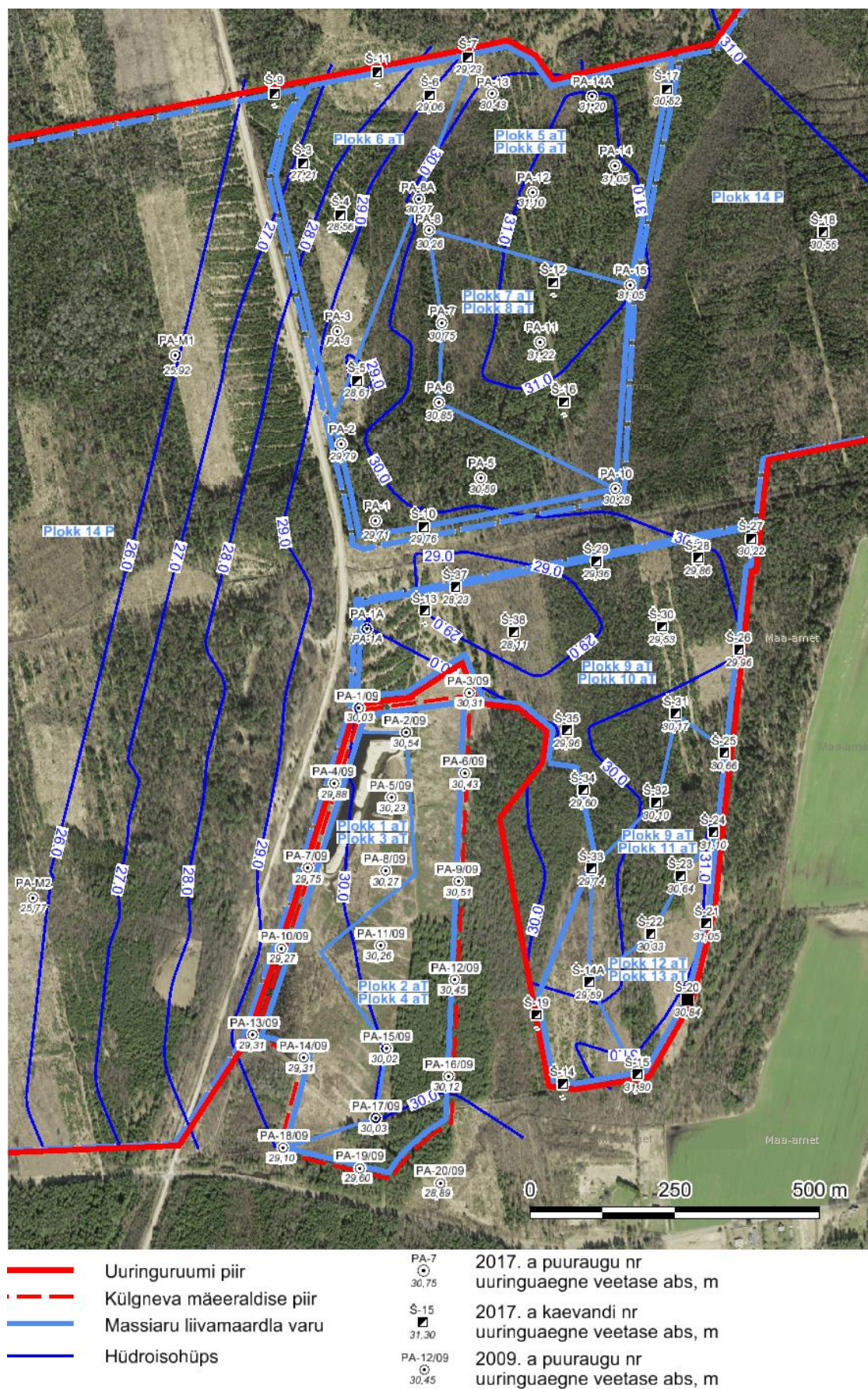
Veetaseme abs kõrgus uuritud alal järgib üldiselt maapinnareljeefi, tõustes ida suunas ning on madalaim välja eraldatud varuplokkide loodeosas. Erinevatel uuringuetappidel mõõdetud veetasemete väärtustes olulisi muutuseid ei täheldatud ehk märgatavat veetaseme sesoonset kõikumist ei esinenud. Seega võib järeldada, et veetase püsib maapinna lähedal kogu aasta vältel.

Veealust varu saab väljata karjääri kogunevat vett ära juhtimata ning põhjaveetasel alandamata, tõstes materjali selleks ettenähtud kohta nõrguma, kust vesi infiltreerub tagasi karjääri kujunenud veekokku. Siiski alaneb kaevandamise ajal karjääris kvaternaarisetete veetase väljatava maavaravaru arvelt. Vee hulk setetes sõltub materjali poorsusest (liivade puhul ~30 - 45%). Samas kogu materjalis olev vesi tagasi ei infiltreeru, kuna liivade veeand on ~0,26, lisaks osa veest nõrguma pandud materjalis aurustub. Arvestades veealuse varu paksust ja kaevandamise aastast mahtu, on veetaseme alanemine karjäärialal ja selle vahetus läheduses minimaalne (kuni 1 m) ja lühiajaline ning see kompenseeritakse sademe ja lumesula veega.

Arvestades uuringuala maapinna ja maavaravaru lamami abs kõrguseid, maapinna kallakust ja põhjaveetasel, on karjääriala tulevikus soovitatav korrastada tehisveekoguks ja osaliselt metsamaaks.

Varuplokkid piirnevad põhjast ja lõunast Massiaru II uuringuruumi keskosa läbiva Kadaka ojaga (keskkonnaregistri kood VEE1151700), mille valgala suurus on üle 25 km² ja millele on kehtestatud Looduskaitseaduse § 37 järgi 100 m laiune kaldapiiranguvöönd (veekogu kaldast mõlemas suunas 50 m), kus maavara kaevandamine ei ole lubatud. Kuna maavara kaevandamisel veetasel ei alandata ning veetase alaneb karjäärialalal vaid vähesel määral ning lühiajaliselt väljatava maavaramahu arvelt, siis eeltoodud kaldapiiranguvöönd on piisav, et vältida karjääris veetaseme alanemise mõju ulatumist Kadaka ojani.

Kadaka ojas oli uuringu ajal veetase abs kõrgustel ~28,5 - 29,5 m, langedes lääne suunas. Uuringuruumi loodeosas olevas kraavis mõõdeti veetaseme abs kõrguseks 25,74 m ning lääneosas olevas teeäärses kraavis 29,34 m.



Joonis 4.1 Massiaru II uuringuruumi kesk- ja lõunaosa hüdroisohüpside skeem (aluskaardina kasutatud Maa-ameti WMS kaardirakendust).

5. MAAVARA KVALITEET

Massiaru II uuringuruumi teenindusala kesk- ja lõunaosas moodustab kasuliku kihi ülipeene- kuni peeneteraline, vähese savi- ja tolmusisaldusega, kohati kruusakas liiv, mis vastab kas ehitusliivale esitatavatele nõuetele või kvalifitseerub täiteliivaks ning kohati kruus, mis kvalifitseerub ehituskruusaks.

Uuringuruumi kesk- ja lõunaosas piiritletud maavara kvaliteedi hindamiseks kasutati 2017. a geoloogilise uuringu kaevanditest ja puuraukudest võetud proovide tulemusi (90 proovi) ja osaliselt 2008. a Massiaru geoloogilise uuringu puuraukude andmeid (4 proovi). Proovide laboratoorsete uuringute tulemused ning nendega tehtud arvutused on esitatud tekstilisades 4 – 5, 7 ja kokkuvõtlikud tulemused on tabelis 5.1.

Loodusliku materjali kvaliteedinäitajad uuringuruumi kesk- ja lõunaosas kaevanditest ja puuraukudest võetud 94 (välja on jäetud puuraugud ja kaevandid, mis jäävad väljapoole varu kontuuri) proovi põhjal on toodud alljärgnevas tabelis 5.1.

Tabel 5.1 Kasuliku materjali põhinäitajad Massiaru II uuringuruumi kesk- ja lõunaosas puuraukude ja kaevandite kaalutud keskmiste põhjal.

Näitajad	Ehituskruus	Ehitusliiv	Täiteliiv
Proovide arv	17	41	36
Proovide pikkus, m	29,6	72,0	61,2
Loodusliku materjali koostis kogu materjali peale (kesk- ja lõunaosa)			
Kruusa sisaldus (fraktsioon >5 mm), %	2,0 - 66,0 (keskmine 17,8)		
Liiva sisaldus (0,05 - 5,0 mm), %	33,0 - 96,3 (keskmine 80,1)		
Savi- ja tolmuosakeste sisaldus (<0,05 mm), %	0,8 - 7,2 (keskmine 2,1)		
Liiva peensusmoodul	0,7 - 1,8 (keskmine 1,3)		
Liiva filtratsioon, m/ööp	1,3 - 3,6 (2,3)		

Alljärgnevalt iseloomustatakse maavara kvaliteeti eraldi uuringuruumi kesk- ja lõunaosas, mida eraldab Kadaka oja ning selle kaldapiiranguvöönd 50 m veekogu kaldast.

Uuringuruumi keskosas moodustab kasuliku kihi vähese savi- ja tolmusisaldusega, ülipeene- kuni peeneteraline liiv, mille kruusasisaldus on üldiselt madal, aga muutlik ning mis vastab kas ehitusliivale esitatavatele nõuetele või kvalifitseerub täiteliivaks. Liiv on uuringupunktide geoloogiliste läbilõigete vertikaalses ulatuses (nii veetasemest kõrgemal kui ka madalamal) suhteliselt ühtlase terastikulise koostisega. Kohati võib täheldada teralisuse jämenemist sügavuse suunas, kus loodenurgas üksikutes kaevandites (Š-4, 6, 7), maapinnareljeefi madalamas kohas, on kasulik kiht esindatud veeristerohke kruusaga (kaalutud keskmine kruusafraktsiooni sisaldus kaevandis 39 - 66%).

Uuringuruumi keskosa kasuliku kihi kvaliteet 25 puuraugu ja kaevandi kaalutud keskmiste põhjal on järgmine:

- kruusafraktsiooni sisaldus 2,1 - 66,0% (keskmiselt 15,1%);
- savi- ja tolmuosakeste sisaldus 1,0 - 7,2% (keskmiselt 2,6%);
- väljasõelutud liiva peensusmoodul 0,9 - 1,8 (keskmiselt 1,4 ehk väga peeneteraline liiv).

Kruusaterad on hästi ümardatud, valdavalt karbonaatse, väiksema läbimõõduga terad ka kristalliinse koostisega. Uuringuruumi keskosas esines mitmes kaevandis (Š-4, 6, 7) veeristerohke kruus, kus munakad olid läbimõõduga kuni 10 cm, moodustades põhimassiast ~10%. Materjali pinnase omaduste iseloomustamiseks võeti kahest uuringuauugust (Š-12, Š-17) kaks proovi filtratsioonimooduli määramiseks, mille tulemustel on uuringuruumi keskosa materjali filtratsioon 2,4 - 2,7 m/ööp.

Uuringuruumi lõunaosas moodustab kasuliku kihi valdavalt vähese savi- ja tolmu sisaldusega, ülipeene- kuni peeneteraline liiv, mille kruusasisaldus on üldiselt madal, vastates kas ehitusliivale esitatavatele nõuetele või kvalifitseerudes täiteliivaks. Uuringuruumi lõunaosa äärmises kaguservas, reljeefi kõrgemates kohtades esineb üksikutes uuringupunktides (Š-15, 20, 21, 22, 23, 24) puhast väga peeneteralist liiva (peensusmoodul keskmiselt 1,3) ja keskosas (Š-14A, 22, 23, 24, 25, 31, 32, 33) peamiselt allpool keskmist põhjaveetasel abs 30,0 m esineb kruusa, kus kruusafraktsiooni sisaldus looduslikus materjalis üksikproovis ulatub 49%-ni. Ülejäänud alal on liiv vertikaalses ulatuses (nii veetasemest kõrgemal kui ka madalamal) suhteliselt ühtlane, olles peensusmooduliga 1,1 ja kruusafraktsiooni sisaldusega 16,5%. Uuringuruumi lõunaosasse jääva 26 uuringupunkti kaalutud keskmiste põhjal on kogu lõunaosa kasuliku kihi kvaliteet järgmine:

- kruusafraktsiooni sisaldus 2,0 - 41,0% (keskmiselt 18,9%);
- savi- ja tolmuosakeste sisaldus 0,8 - 4,0% (keskmiselt 1,6%);
- väljasõelutud liiva peensusmoodul 0,7 - 1,6 (keskmiselt 1,2 ehk väga peeneteraline liiv).

Kruusaterad on hästi ümardatud, valdavalt karbonaatse, väiksema läbimõõduga terad ka kristalliinse koostisega. Materjali pinnaseomaduste iseloomustamiseks uuringuruumi lõunaosas võeti seitsmest kaevandist (Š-13, 14, 24, 25, 26, 30, 33) kuus proovi filtratsioonimooduli määramiseks, mille tulemustel on uuringuruumi lõunaosa materjali filtratsioon 1,3 - 3,6 m/ööp (keskmine 2,2 m/ööp).

Kruusa purunemiskindluse ja külmakindluse määramiseks võeti uuringuruumi kesk- ja lõunaosa kaevandite peale üks koondproov veeristest ja munakatest. Katsete jaoks vajaminevate fraktsioonide saamiseks proov purustati laboratooriumis lõugpurustis. Los Angelese katsel (EVS-EN 1097-2) oli fraktsioonis 10 - 14 mm kaalukadu 29% (kategooria LA₃₀) ja vahetul külmutamisel (EVS-EN 1367-1) fraktsioonis 8 - 16 mm kaalukadu 3,1% (kategooria F₄) (lisa 7).

Massiaru II uuringuruumi teenindusala kesk- ja lõunaosas piiritletud varuplokkide liiv on ühtlase koostisega, madala savi- ja tolmuosakeste sisaldusega, hea filtratsiooniga ja sobib kasutada teede ehituses mullete rajamiseks, drenaažialuseks kihiks ning ehitusalustes täiteks. Uuringuruumis esinevat kruusa (veeriseid ja munakaid) saab kasutada kruuskillustiku valmistamiseks. Vastavalt kivimist valmistatud killustiku füüsikalise-mehaanilistele näitajatele (purunemiskindluse kategooria LA₃₀ ja külmakindluse kategooria F₄) alusel saab kruusast valmistatud killustikku kasutada teedeehituses peamiselt täitematerjalina.

Lähtuvalt filtratsioonimoodulist (1,3 - 3,6 m/ööp) sobib materjal kasutamiseks teedeehituses nii muldkeha kui ka katendi ehitamisel. Majandus- ja taristuministri määruses „Tee ehitamise kvaliteedi nõuded“ toodule peab muldkeha töökihis kasutatava täitematerjali filtratsioonimoodul olema vähemalt 0,2 m/ööp ning tee katendi ehitamisel peab drenkihi filtratsioonimoodul olema vähemalt 0,5 m/ööp. Samuti sobib materjal filtratsioonimooduli kohaselt kasutamiseks Rail Balticu raudtee muldkeha ehitustöödeks (filtratsioon >0,5 m/ööp).

6. MÄENDUSLIKUD TINGIMUSED

Mäenduslikud tingimused Massiaru II uuringuruumis välja eraldatud varuplokkide piires asuva liiva ja kruusa kaevandamiseks on soodsad - geoloogiline ehitus ja hüdrogeoloogilised tingimused on kaevandamiseks soosivad. Samuti paikneb võimalik tulevane karjäär logistiliselt heas asukohas, kus metsa- ja kohalike teedevõrk on tihe. Juurdepääsu tee saab rajada uuringuruumi keskosa läbivalt kohalikult metsateelt Raudtee (nr 7560543), millelt on väljasõit põhjaosas Jaagupi-Urissaare kõrvalmaanteele (tee nr 19335) ja lõunaosas Kabli-Massiaru kõrvalmaanteele (tee nr 19336), mis on ühendatud ~4 km kaugusel idas kulgeva Tallinn-Pärnu-Ikla riigi põhimaantee (T-4). Nimetatud metsateelt on sissesõit ka olemasolevasse Riigimetsa Majandamise Keskusele kuuluva Massiaru liivakarjääri mäeeraldisele (maavara kaevandamise loa number L.MK/320352).

Kuna Massiaru II uuringuruumi geoloogilised tööd on otseselt ajendatud kavandatava Rail Balticu ehitustöödest, siis on mõistlik tulevasel kaevandamise loa taotlejal välja pakkuda lahend otseühenduse rajamiseks raudteetrassile. Sellisel juhul vähendatakse oluliselt kohaliku teedevõrgu koormust ja soosivatel asjaoludel on võimalik rajataval ligipääsuteel, vähemalt ehitustööde vältel, kasutada suurema kandevõimega vedukeid, kui seda on lubatud avalikel teedel. Sarnast lahendust on kasutatud Tallinn-Tartu maantee ehitustöödel, kus sarnaselt kõnealusele olukorral paiknevad karjäärid ehitusobjekti vahetusläheduses. Massiaru II uuringuruumi lähedus raudteetrassile annab võimaluse optimeerida ehitustööde kulukust. Ehitustööde valmimise järgselt saab rajatud teed kasutada riigimetsa majandamiseks.

Võimalikul tulevasel kaevandamisel kasvab sega- ja okaspuumets, kohati jääb alale raiesmikke ja heinamaad. Maapind on paiguti liigniiske. Maapinna reljeef on tõusuga ida suunas, jäädes absoluutkõrguste vahemikku 29 - 34 m. Seega enne kaevandamise alustamist tuleb teha metsaraie ja rajada vahetult uuritud alale teed, kuna looduslik maapind ei ole liigniisketest piirkondades kandev.

Kaevandamistehniliselt sobib uuritud liiva- ja kruusalasund kaevandamiseks. Kasuliku kihti katab keskmiselt vaid 0,4 m paksune katendikiht, mis on 0,2 m ulatuses muld. Kuigi katendikiht ulatub kuni 1,2 m, paikneb see vaid uuritud piirkonna servaalade, kus kasulik kiht suidub välja. Uuritud kasuliku kihi keskmine paksus on 3,3 m, samas ulatub see kuni 4,9 m. Kasulikust kihi on keskmiselt 2,2 m vee all. Prognoositud kaevandamise järgse keskmise veetaseme (abs 30,0 m) korral ulatub veealuse varu maksimaalne paksus ~ 4 m. Arvestades uuritud liiva- ja kruusalasundi geoloogilist ja hüdrogeoloogilist situatsiooni on mõistlik maavara kaevandamiseks kasutada kombineeritult ekskavaatorit ja pinnasepumpa. Pinnasepumba kasutamine on võimalik suuremal osal uuritud alast. Vaid ala loodeosas, kus levib kruusa, milles suurimad kivid on läbimõelduga ~ 40 cm, ei ole võimalik pumba kasutamine. Samas, kuna antud piirkonnas on kasuliku kihi paksus ~ 2 m, saab varu väljata ekskavaatoriga. Lõpliku kaevandamise lahend määratakse vastavas projektis, arvestades juba ka kavandatava materjali kvaliteedijuhtimist ja majanduslikke aspekte.

Maavara varu ammendamise järgselt kujuneb uuritud alale kaks eraldisseisvat regiooni, mida eraldab uuringuruumi keskosa läbiv Kadaka oja (keskkonnaregistri kood VEE1151700) ja selle 100 m laiune kaldapiiranguvööndi laiune tervik. Kuna Looduskaitseaduse § 37 järgi on kaldapiiranguvööndis maavara kaevandamine keelatud, siis ei ole võimalik antud maa-ala kasutusele võtta kui karjääri. Samas antud

terviku olemasolu võimaldab reguleerida uuritud ala põhja- ja lõunaosa veekogude taset, selliselt, et varu ammendamise järgselt saab kogu ala korrastada vastavalt kehtivale praktikale. See tähendab lõunaosasse saab rajada veekogu, mille keskmine veesügavus on üle 2 m ja põhjaosa kas kuivendada või siis täita, selliselt, et sinna saab istutada metsa. Põhjaosasse veekogu moodustamisele seab piiranguid asjaolu, et looduslik maapind langeb idast läände ja põhjavee tase jälgib maapinna reljeefi. Kuna põhjaosa lahustüki loodeosa maapinna kõrgused on madalamad kui sama lahustüki idaosa lamamikõrgused, siis kogu maavaravaru väljamisel ei saa nõuete kohast veekogu rajada. Samas on võimalik põhjaosa lahustükile rajada kaevandamise järgselt kuivendussüsteemi, millega saab alanda veetaseme kõrgusele ~ 25 - 26 m. Sellisel juhul tuleb ammendatud ja kuivendatud ala katta vaid eemaldatud katendiga. Kuivendussüsteemi välja ehitamise aeg tuleb määrata kaevandamise projektis sõltuvalt majanduslikest kaalutlustest, kuna teatud tingimustel (maavara kvaliteedi tõstmine, suurema tootlikkuse tagamine, ligipääsuteede rajamine) on maavara kaevandamise pinnasepumbaga veealt soodam, kui kuivendatud alalt liiva ja kruusa kaevandamine ekskavaatoriga.

Kadaka ojust põhjapoolse ala korrastamisel võib kaaluda ka madalates veekogudes elavate liikide elupaiga moodustamisele. Juttselg-kärnkonn ehk kõre eelistab sigimiseks madalaveeliseid laugete kallastega ja vähese taimestikuga veekogusid, mis on päikesele avatud. Harivesilikule sobib kudemiseks ka enam kui 0,5 m sügavune vesi. Karjäärialast loode suunda jäävate madalamate alade liigniiskeks muutumist saab vältida kaevandatud alale tammide või kuivenduskraavide rajamisega (Rammul jt, 2017).

Korrastatava maa plaan esitatakse kaevandamise loa taotluses. Kaevandamise loa taotluses ja karjääri kaevandamisprojekti täpsustatakse kaevandamisjärgselt kujuneva veekogu piire ja vajadusel võimalusi vee osaliseks ärajuhtimiseks, samuti kaevandamise võimalikku mõju inimeste elukeskkonnale ja ümbritsevale looduskeskkonnale.

7. VARU ARVUTUS

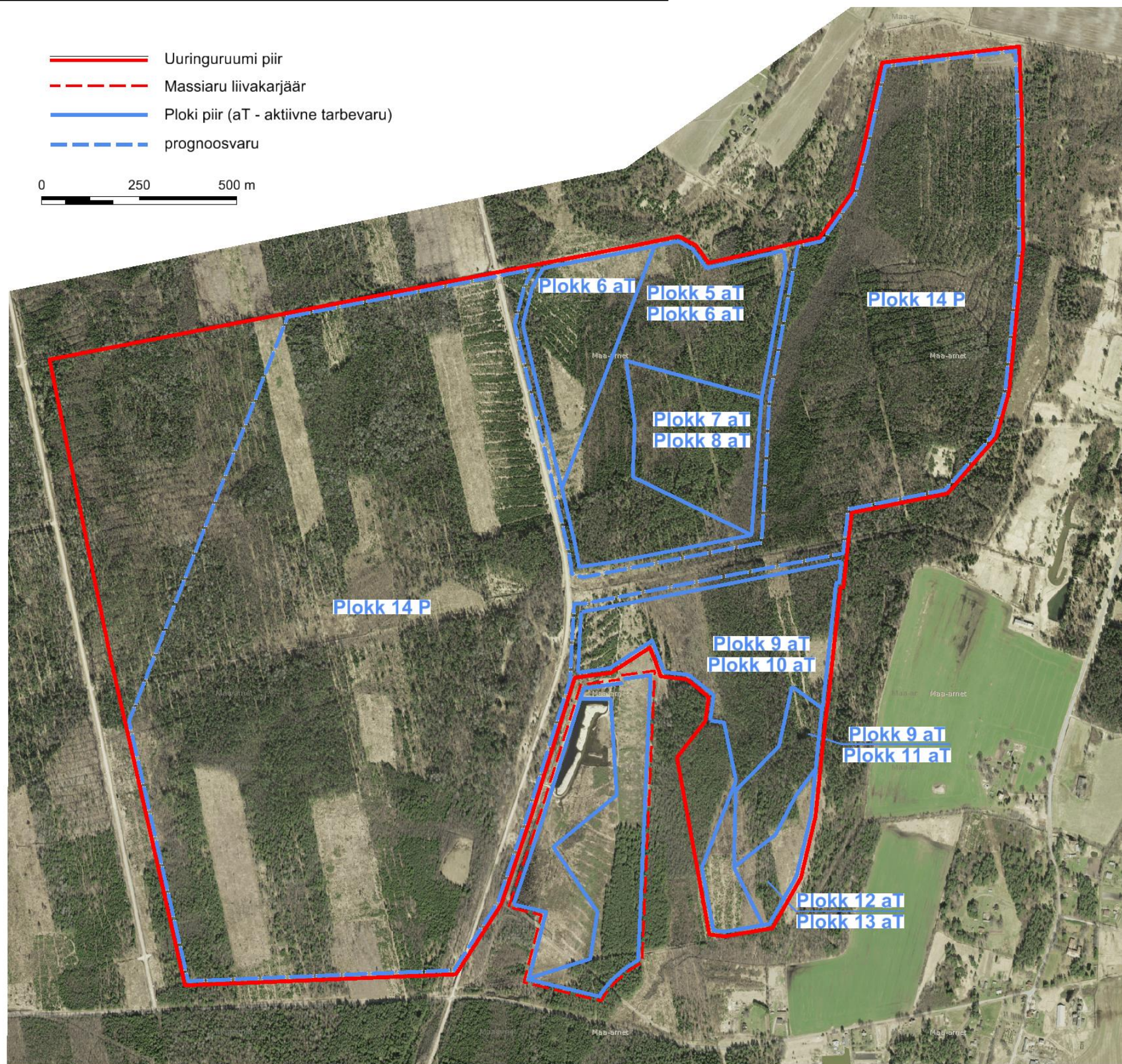
Maavaravaru arvutus on pindalaliselt tehtud ainult Massiaru II uuringuruumi (pindala 346,79 ha) kesk- ja lõunaosas 77,06 ha pindalal. Varu arvutuse aluseks on topograafiline plaan mõõtkavas 1 : 2000 (graafiline lisa 3) ja 2008. a geoloogilise uuringu ning 2017. a üldgeoloogilise uurimistöö välitöö andmed ja laboratoorsete määrangute tulemused. Vertikaalses läbilõikes on maavaravaru arvutus tehtud puuraukudes ja kaevandites avatud lamamini või uuritud sügavuseni (Joonis 7.2). Lisaks on eraldi arvutatud veepealne ja -alune varu vastavalt üleval- ning allpool uuringuaegset keskmist põhjaveetaset, milleks on abs kõrgus 30,0 m.

Maavara levik on Massiaru II uuringuruumi kesk- ja lõunaosas vahelduv ning vastavalt maavara omadustele ja kvaliteedile on moodustatud 73,00 ha pindalal kokku 9 aktiivse tarbevaru plokki (Joonis 7.1):

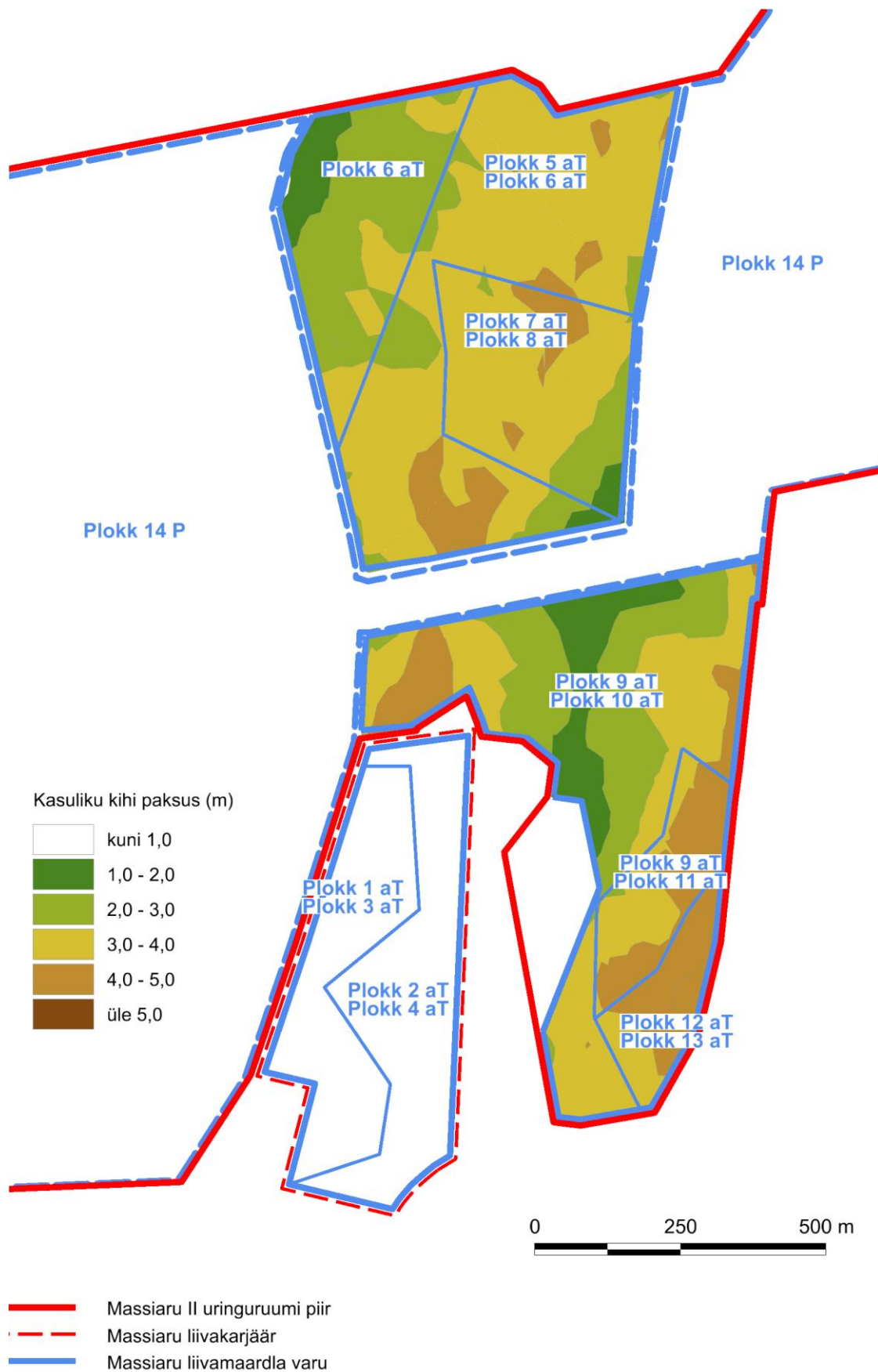
- plokk 5 (23,15 ha), mille lamamis veealune plokk 6 (33,86 ha);
- plokk 7 (10,57 ha), mille lamamis veealune plokk 8 (10,57 ha);
- plokk 9 (28,45 ha),
mille lamamis veealune plokk 10 (23,42 ha) ja plokk 11 (5,03 ha);
- plokk 12 (4,18 ha), mille lamamis veealune plokk 13 (4,18 ha).

Varu arvutus on tehtud arvutiprogrammiga Bentley PowerCivil V8i, mille abil koostati maapinna ja kasuliku kihi lasumi ning lamami (uuritud sügavuse) mudelid. Nimetatud mudelite alusel arvutati uuringuruumi kesk- ja lõunaosas varu maht (lisa 12). Uuringuruumis moodustatud plokkide kontuurid on toodud joonisel 7.1. Moodustatud plokkide piiripunktide koordinaadid on toodud lisa 8.

Kuna Massiaru II üldgeoloogilise uurimistöö tulemusena ilmnes, et maavara levik jätkub valdavalt ka väljapool uuringuruumis piiritletud varu, siis eraldati ülejäänud uuringuruumis leviv maavara kui prognoosvaru. Prognoosvaru võimaldab tulevikus hinnata maardla varu suurendamise võimalust ning on aluseks edasise geoloogilise uuringu suunamisel. Prognoosvaru ei hinnatud vaid Massiaru II uuringuruumi loodenurgas, kus rajatud kaevandite põhjal (Š-1, 2, 8) kasulik kiht puudub. Prognoosvaru on arvutatud kasuliku kihi keskmise paksuse ja pindala korrutisena.



Joonis 7.1 Massiaru II uuringuruumis moodustatud varuplokid ja kontuuritud prognosvaru (aluskaardina kasutatud Maa-ameti WMS kaardirakendust).



Joonis 7.2 Kasuliku kihi paksus Massiaru II uuringuruumi varuplokkides .

Plokk 5 (pindala 23,15 ha) ja 6 (pindala 33,86 ha)

Plokid 5 ja 6 on kontuuritud uuringuruumi keskosasse, millest plokk 5 veepealne ja 6 veealune. Plokid on piiritletud uuringuruumi piiriga, Kadaka oja kaldapiiranguvööndiga, puuraukude ja kaevanditega, uuringuruumi läbiva tee (Raudtee) kaitsevööndiga ja plokki 6 loodenurgast kasuliku kihi paksuse 1,0 m järgi. Kuna maavara levik jätkub uuringuruumi idaosas, siis plokki piiri lihtsustamiseks tugineb see uuringupunktidele Š-17 ja PA-15. Lähtuvalt nii maapinnareljeefist kui ka üksikutest idaosasse tehtud uuringupunktidest (Š-18 ja PA-20) võib eeldada maavara jäkumist ida suunas.

Kasuliku kihi kvaliteedinäitajad (uuringupunktide PA-2, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 14A, Š-5, 10, 17 põhjal) plokis 5 on järgmised:

- kruusa fraktsiooni (>5 mm) sisaldus 0,4 - 21,0% (keskmine 6,4%);
- liiva fraktsiooni (0,05 - 5 mm) sisaldus 77,4 - 98,2% (90,7%);
- savi- ja tolmuosakesi (<0,05 mm) 1,3 - 5,6% (2,9%);
- liiva peensusmoodul 0,9 - 1,7 (1,3).

Kasuliku kihi kaalutud keskmiste näitajate andmetel vastab enamuse materjal ehitusliivale esitavatele nõuetele.

Varu arvutuse tulemusena on veepealses plokis 5 pindalaga 23,15 ha:

- katendi maht 92 tuh m³ ning keskmine paksus: $92 \text{ tuh m}^3 / 23,15 \text{ ha} = 0,4 \text{ m}$;
- ehitusliiva maht 211 tuh m³ ning sellest tulenevalt keskmine paksus: $211 \text{ tuh m}^3 / 23,15 \text{ ha} = 0,9 \text{ m}$.

Plokk 6 on piiritletud Massiaru II uuringuruumi keskosasse allpool keskmist uuringuaegset põhjaveetaset pindalale 33,86 ha. Kuna maapinnareljeef uuringuruumi keskosas langeb loode suunas allapoole abs kõrgust 30,0 m, siis sinna veepealset plokki 5 ei moodustatud. Seega esineb veealuse plokki 6 loodeosas 10,72 ha pindalal plokki lasumis ka kattekiht, mille keskmine paksus on 0,4 m. Vertikaalses lõikes on varu arvutatud plokki 6 varu uuringuaegsest keskmist põhjaveetaset kuni lamamini või uuritud sügavuseni, mis jääb plokki jäävate uuringupunktide põhjal vahemikku 26,0 - 28,5 m (keskmine 27,2 m).

Kasuliku kihi kvaliteedinäitajad (PA-1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 8A, 10, 12, 13, 14, 14A, 15 ja Š-3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 17) plokis 6 on järgmised:

- kruusa fraktsiooni (>5 mm) sisaldus 2,3 - 66,0% (keskmine 16,8%);
- liiva fraktsiooni (0,05 - 5 mm) sisaldus 33,0 - 95,5% (80,4%);
- savi- ja tolmuosakesi (<0,05 mm) 1,0 - 7,2% (2,8%);
- liiva peensusmoodul 0,9 - 1,8 (1,4).

Isegi kui kasulik kiht allpool põhjaveetaset on esindatud üksikutes kaevandites veeristerohke kruusaga, vastab materjal plokis 6 kaevandite ja puuraukude kaalutud keskmiste näitajate andmetel enamuses ehitusliivale esitavatele nõuetele.

Veealuses plokis 6 pindalaga 33,86 ha:

- katendi maht osalisel plokki pindalal (10,72 ha) 48 tuh m³ ning keskmine paksus: $48 \text{ tuh m}^3 / 10,72 \text{ ha} = 0,5 \text{ m}$;
- ehitusliiva maht 883 tuh m³ ning sellest tulenevalt keskmine paksus: $883 \text{ tuh m}^3 / 33,86 \text{ ha} = 2,6 \text{ m}$.

Plokk 7 ja 8 (pindala 10,57 ha)

Plokid 7 ja 8 on kontuuritud uuringuruumi keskosasse, millest plokk 7 veepealne ja plokk 8 veealune. Plokid tuginevad puuraukudele ja kaevanditele ning on kontuuritud uuringuruumi keskosasse eraldi varuna, kuna plokkidesse jäävate uuringupunktide kaalutud keskmiste põhjal ei vasta kasulik kiht ehitusliivale esitavatele nõuetele madala peensusmooduli tõttu ning seetõttu käsitletakse materjali kui täiteliiva. Kuna maavara levik jätkub uuringuruumi idaosas, siis plokki piiri lihtsustamiseks tugineb see uuringupunktidele PA-15 ja PA-10. Nii maapinnareljeefi tõusu kui ka üksikute idaosasse tehtud uuringupunktide põhjal (Š-18 ja PA-20) võib eeldada maavara jätkumist ida suunas.

Plokkide 7 ja 8 piiresse jääb kokku kaheksa 2017. a uuringu puurauku ja kaevandit (PA-6, 7, 8, 10, 11, 15 ja Š-12, 17), millest 0,1 - 1,7 m (keskmiselt 0,9 m) jääb ülespoole keskmist uuringuaegset põhjaveetasest ja 1,5 - 3,3 m (keskmiselt 2,4 m) allapoole. Kattekihi paksus nimetatud uuringupunktide põhjal on 0,3 - 0,7 m (keskmiselt 0,4 m). Kuigi tegemist on sama liivaga, siis mõnevõrra erinevad veepealse ja veealuse materjali kvaliteedinäitajad.

Kasuliku kihi kvaliteedinäitajad plokis 7 (uuringupunktide PA-6, 7, 8, 10, 11, 15 ja Š-12, 17 põhjal) on järgmised:

- kruusa fraktsiooni (>5 mm) sisaldus 0,5 - 8,2% (keskmine 3,2%);
- liiva fraktsiooni (0,05 - 5 mm) sisaldus 86,2 - 98,2% (94,4%);
- savi- ja tolmuosakesi (<0,05 mm) 1,3 - 5,6% (2,4%);
- liiva peensusmoodul 0,9 - 1,4 (1,2).

Kasuliku kihi kvaliteedinäitajad plokis 8 (uuringupunktide PA-6, 7, 8, 10, 11, 15 ja Š-12, 17 põhjal) on järgmised:

- kruusa fraktsiooni (>5 mm) sisaldus 2,3 - 12,3% (keskmine 6,0%);
- liiva fraktsiooni (0,05 - 5 mm) sisaldus 86,2 - 95,5% (91,4%);
- savi- ja tolmuosakesi (<0,05 mm) 1,3 - 5,6% (2,6%);
- liiva peensusmoodul 0,9 - 1,5 (1,2).

Moodustatud kolmemõõtmelise mudeli alusel on plokis 7 pindalaga 10,57 ha:

- katendi maht 53 tuh m³ ning keskmine paksus 53 tuh m³ / 10,57 ha = 0,5 m;
- täiteliiva maht 105 tuh m³ ning sellest tulenevalt keskmine paksus 105 tuh m³ / 10,57 ha = 1,0 m.

Veealuse plokki 8 maht arvutati uuringuaegse keskmise põhjaveetaseme ja varu lamami/uuritud sügavuse (plokki jäävate uuringupunktide põhjal 26,7 - 28,5 m, keskmine 27,7 m) vahelises ruumis. Moodustatud kolmemõõtmelise mudeli alusel on plokis 8 pindalaga 10,57 ha

- täiteliiva maht 250 tuh m³ ning sellest tulenevalt keskmine paksus 250 tuh m³ / 10,57 ha = 2,4 m.

Plokk 9 (pindala 28,45 ha), 10 (pindala 23,42 ha) ja 11 (pindala 5,03 ha)

Plokid 9, 10, 11 on kontuuritud Massiaru II uuringuruumi lõunaosasse, millest plokk 9 veepealne ja selle lamamis plokid 10, 11 veealused. Plokid tuginevad valdavalt uuringuruumi piirile ja puuraukudele ning kaevanditele. Plokid on piiritletud pindalaliselt Kadaka oja kaldapiiranguvööndiga põhjast ja kaitsealuste liikide levikualadega idast.

Plokk 9 piiresse jääb 22 2017. a puurauku ja kaevandit (PA-1A, Š-13, 14, 14A, 15, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38) ning piiri vahetus lähedusse kaks 2008. a puurauku (PA-1/08, 3/08), millest keskmiselt 1,2 m jääb ülespoole keskmist põhjaveetasest. Kuna piiritletud ploki keskosas on maapind madalam ja liigniiske, siis jääb mõne üksiku uuringupunkti lasum abs kõrgusele ~30 m, st keskmisele põhjaveetasemele) – Š-29, 34, 35, 37. Kuna tegemist on üksikute kaevanditega, siis ei hakatud neid punkte veepealsest plokist eraldi välja kontuurima. Katendi paksus plokis uuringupunktide põhjal on 0,3 - 1,0 m (keskm 0,5 m).

Kasuliku kihi kvaliteedinäitajad plokis 9 (ploki piiresse jäävate uuringupunktide põhjal) on järgmised:

- kruusa fraktsiooni (>5 mm) sisaldus 0,9 - 36,3% (keskmine 10,4%);
- liiva fraktsiooni (0,05 - 5 mm) sisaldus 62,9 - 98,7% (88,2%);
- savi- ja tolmuosakesi (<0,05 mm) 0,8 - 3,3% (1,4%);
- liiva peensusmoodul 0,2 - 1,6 (1,1).

Kasuliku kihi kaalutud keskmised näitajad plokis 9 ei vasta ehitusliivale esitavatele nõuetele madala peensusmooduli tõttu ning seetõttu kvalifitseerub materjal täiteliivaks.

Moodustatud kolmemõõtmelise mudeli alusel on plokis 9 pindalaga 28,45 ha:

- katendi maht 133 tuh m³ ning keskmine paksus 133 tuh m³ / 28,45 ha = 0,5 m;
- täiteliiva maht 299 tuh m³ ning sellest tulenevalt keskmine paksus 299 tuh m³ / 28,45 ha = 1,1 m.

Ploki 9 lamamisse allapoole keskmist põhjaveetasest on kontuuritud kaks varuplokki vastavalt kasuliku kihi omadustele ja kvaliteedile – plokk 10 pindalale 23,42 ha ja plokk 11 pindalale 5,03 ha. Plokk 10 piiresse jääb kokku 19 2017. a uuringu puurauku ja kaevandit (PA-1A, Š-13, 14, 14A, 15, 19, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38) ning piiri vahetus lähedusse kaks 2008. a geoloogilise uuringu puurauku (PA-1/08, 3/08), milles 1,2 - 3,3 m (keskmiselt 2,2 m) jääb allapoole keskmist uuringuaegset põhjaveetasest.

Kasuliku kihi kvaliteedinäitajad plokis 10 (ploki piiresse jäävate uuringupunktide põhjal) on järgmised:

- kruusa fraktsiooni (>5 mm) sisaldus 2,0 - 43,0% (keskmine 21,2%);
- liiva fraktsiooni (0,05 - 5 mm) sisaldus 56,0 - 95,8% (77,2%);
- savi- ja tolmuosakesi (<0,05 mm) 0,6 - 4,0% (1,6%);
- liiva peensusmoodul 0,8 - 1,5 (1,2).

Kasuliku kihi veealune (plokk 10) osa ei vasta kaalutud keskmiste näitajate andmetel ehitusliivale esitavatele nõuetele madala peensusmooduli tõttu ning seetõttu kvalifitseerub täiteliivaks. Veealuse ploki 10 maht arvutati uuringuaegse keskmise

põhjaveetaseme ja varu lamami/uuritud sügavuse (plokki jäävate uuringupunktide põhjal 26,7 - 29,2 m, keskmine 27,9 m) vahelises ruumis.

Moodustatud kolmemõõtmelise mudeli alusel on plokis 10 pindalaga 23,42 ha:

- täiteliiva maht 504 tuh m³ ning sellest tulenevalt keskmine paksus
 $504 \text{ tuh m}^3 / 23,42 \text{ ha} = 2,2 \text{ m}.$

Plokk 11 piiresse jääb kaheksa 2017. a uuringu kaevandit (Š-14A, 22, 23, 24, 25, 31, 32, 33), milles 1,3 - 2,4 m (keskmiselt 1,8 m) jääb allapoole keskmist põhjaveetaset.

Kasuliku kihi kvaliteedinäitajad plokis 11 (ploki piiresse jäävate uuringupunktide põhjal) on järgmised:

- kruusa fraktsiooni (>5 mm) sisaldus 29,4 - 48,9% (keskmine 37,6%);
- liiva fraktsiooni (0,05 - 5 mm) sisaldus 47,9 - 69,2% (60,9%);
- savi- ja tolmuosakesi (<0,05 mm) 0,6 - 3,9% (1,5%);
- liiva peensusmoodul 1,1 - 1,6 (1,4).

Kasuliku kihi materjal plokis 11 vastab kaevandite kaalutud keskmiste näitajate andmetel ehituskruusale esitavatele nõuetele. Veealuse ploki 11 maht arvutati keskmise põhjaveetaseme ja varu lamami/uuritud sügavuse (plokki jäävate uuringupunktide põhjal 27,6 - 28,6 m, keskmine 28,0 m) vahelises ruumis.

Moodustatud kolmemõõtmelise mudeli alusel on plokis 11 pindalaga 5,03 ha:

- ehituskruusa maht 100 tuh m³ ning sellest tulenevalt keskmine paksus
 $100 \text{ tuh m}^3 / 5,03 \text{ ha} = 2,0 \text{ m}.$

Plokk 12 ja 13 (pindala 4,18 ha)

Plokid 12 ja 13 on kontuuritud uuringuruumi kagunurka, millest plokk 12 veepealne ja plokk 13 veealune. Plokid tuginevad uuringuruumi piirile ja kaevanditele ning on kontuuritud uuringuruumi kagunurka eraldi varuna, kuna plokkidesse jäävate uuringupunktide kaalutud keskmiste põhjal vastab kasulik kiht ehitusliivale esitavatele nõuetele, mis eristab kvaliteedi poolest seda plokki uuringuruumi lõunaosa materjalist (valdav enamus täiteliiv). Plokkide 12 ja 13 piiresse jääb kokku seitse 2017. a kaevandit (Š-14A, 15, 20, 21, 22, 23, 24), millest 0,8 - 3,0 m (keskmiselt 2,3 m) jääb ülespoole keskmist uuringuaegset põhjaveetaset ja 1,3 - 2,4 m (keskmiselt 1,8 m) allapoole. Kattekihi paksus nimetatud uuringupunktide põhjal on 0,3 - 0,5 m (keskmiselt 0,4 m). Kuigi tegemist on sama materjaliga, siis mõnevõrra erinevad veepealse ja veealuse liiva kvaliteedinäitajad.

Kasuliku kihi kvaliteedinäitajad plokis 12 (ploki piiresse jäävate uuringupunktide põhjal) on järgmised:

- kruusa fraktsiooni (>5 mm) sisaldus 13,2 - 34,2% (keskmine 21,4%);
- liiva fraktsiooni (0,05 - 5 mm) sisaldus 64,5 - 85,7% (77,0%);
- savi- ja tolmuosakesi (<0,05 mm) 1,1 - 2,1% (1,6%);
- liiva peensusmoodul 0,6 - 1,6 (1,3).

Kasuliku kihi kvaliteedinäitajad plokis 13 (ploki piiresse jäävate uuringupunktide põhjal) on järgmised:

- kruusa fraktsiooni (>5 mm) sisaldus 20,3 - 48,9% (keskmine 34,7%);
- liiva fraktsiooni (0,05 - 5 mm) sisaldus 47,9 - 78,0% (63,5%);

- savi- ja tolmuosakesi (<0,05 mm) 0,7 - 3,9% (1,8%);
- liiva peensusmoodul 1,2 - 1,6 (1,5).

Kuigi kaevandite üksikproovide põhjal vastab kohati materjal ehituskruusale esitavatele nõuetele või kvalifitseerub täiteliivaks, siis kaalutud keskmiste põhjal vastab kasulik kiht plokkides ehitusliivale esitavatele nõuetele, mistõttu hinnatakse plokkides olev varu ehitusliivana.

Moodustatud kolmemõõtmelise mudeli alusel on plokis 12 pindalaga 4,18 ha:

- katendi maht 19 tuh m³ ning keskmine paksus 19 tuh m³ / 4,18 ha = 0,5 m;
- ehitusliiva maht 101 tuh m³ ning sellest tulenevalt keskmine paksus 101 tuh m³ / 4,18 ha = 2,4 m.

Veealuse plokki 13 maht arvutati uuringuaegse keskmise põhjaveetaseme ja varu lamami/uuritud sügavuse (plokki jäävate uuringupunktide põhjal 27,6 - 29,2 m, keskmine 28,3 m) vahelises ruumis. Moodustatud kolmemõõtmelise mudeli alusel on plokis 13 pindalaga 4,18 ha:

- ehitusliiva maht 73 tuh m³ ning sellest tulenevalt keskmine paksus 73 tuh m³ / 4,18 ha = 1,8 m.

Kokkuvõtte Massiaru II uuringuruumi kesk- ja lõunaosa maavaravaru arvutuse tulemustest on toodud tabelis 7.1.

Tabel 7.1. Massiaru II uuringuruumi maavaravaru arvutuse tulemused.

Plokk	Pindala, ha	Katendi paksus / sh kasvukiht, m	Kasuliku kihi paksus, m	Katendi maht / sh kasvukihi, tuh m ³	Maavara-varu kogus, tuh m ³	Materjali nimetus
5 (aT)	23,15	0,4 / 0,2	0,9	92 / 46	211	EL
6 (aT)*	33,86	0,5** / 0,2	2,6	48** / 21	883	EL
7 (aT)	10,57	0,5 / 0,2	1,0	53 / 21	105	TL
8 (aT)*	10,57	-	2,4	-	250	TL
9 (aT)	28,45	0,5 / 0,2	1,1	133 / 57	299	TL
10 (aT)*	23,42	-	2,2	-	504	TL
11 (aT)*	5,03	-	2,0	-	100	EK
12 (aT)	4,18	0,5 / 0,2	2,4	19 / 8	101	EL
13 (aT)*	4,18	-	1,8	-	73	EL
Kokku				345 / 153	2526	EL, TL, EK
sh ehitusliiva					1268	EL
sh täiteliiva					1158	TL
sh ehituskruusa					100	EK

*varu allpool uuringuaegset keskmist põhjavee taset abs 30,0 m

** katend esineb vaid osalisel plokki pindalal (10,72 ha)

EL – ehitusliiv; TL – täiteliiv; EK – ehituskruus.

Massiaru II uuringuruumi üldgeoloogilise uurimistöö tulemusena piiritleti uuringuruumi kesk- ja lõunaosas 9 maavaravaru plokki, milles hinnati ehitusliiva, täiteliiva ja ehituskruusa varu. Kuna piiritletud plokkide uuringuvõrgu tihedus on piisav maavara hindamiseks ja keskkonnaregistris arvele võtmiseks tarbevaruna, kasuliku kihi materjal vastab nii ehitusliivale, täiteliivale kui ka ehituskruusale esitavatele nõuetele ning piirangud kaevandamiseks alal puuduvad, siis saadud varu soovitatakse kinnitada vastavalt ehitusliiva, täiteliiva ja ehituskruusa aktiivse tarbevaruna ning hinnata Massiaru liivamaardla koosseisu.

Kuna üldgeoloogilise uurimistöö tulemusena selgus, et maavara levik jätkub osaliselt ka väljapool uuringuruumis piiritletud varu, siis eraldati ülejäänud uuringuruumi alal (236,23 ha) välja prognoosvaru. Prognoosvaru ei hinnatud vaid Massiaru II uuringuruumi loodenurgas, kus rajatud kaevandite põhjal (Š-1, 2, 8) kasulik kiht puudub. Prognoosvaru on arvatatud kasuliku kihi keskmise paksuse ja pindala korrutisena.

Prognoosvaru ploki kasuliku kihi keskmine paksus on uuringupunktide alusel 1,7 m ja sellest tulenevalt prognoosse ressursi maht

$$1,7 \times 236,23 \text{ ha} = 4016 \text{ tuh m}^3.$$

Prognoosvaru on aluseks järgnevate geoloogiliste uuringute planeerimisel piirkonnas.

8. KOKKUVÕTE

Üldgeoloogilise uurimistööloa nr 329131 alusel teostas OÜ Inseneribüroo STEIGER uurimistöö Massiaru II uuringuruumis (pindala 346,79 ha), mille eesmärk oli ehituseks sobiliku maavara st liiva (sh täiteliiva) ja kruusa otsing, selgitamaks välja, kas antud koht või osa sellest on perspektiivne Massiaru liivamaardla laiendamiseks. Uuringuruum asub Pärnu maakonnas Hädemeeste vallas riigimaadel Orajõe metskond 4 (katastritunnus 21303:001:0512) ja Orajõe metskond 63 (katastritunnus 21303:001:0228). Uurimistöö käigus selgitati välja uuringuruumi geoloogiline ehitus, maavara potentsiaalne levik, kasuliku kihi paksus ja kvaliteet ja selle kasutatavus Rail Balticu raudteetrassi muldkeha ehitustöödeks ning lasundi kaevandamise perspektiivsus.

Üldgeoloogilise uurimistöö tulemusena piiritleti Massiaru II uuringuruumi teenindusala kesk- ja lõunaosas kogupindalal 77,06 ha 9 maavaravaru plokki nii üleval- kui ka allpool keskmist uuringuaegset põhjaveetaseme abs kõrgust 30,0 m.

- Plokis 5 pindalaga 23,15 ha hinnati veepealset ehitusliiva varu 211 tuh m³ ja selle lamamis plokis 6 pindalaga 33,86 ha veealust ehitusliiva varu 883 tuh m³;
- Plokis 7 pindalaga 10,57 ha hinnati veepealset täiteliiva varu 105 tuh m³ ja selle lamamis plokis 8 pindalaga 10,57 ha veealust täiteliiva varu 250 tuh m³;
- Plokis 9 pindalaga 28,45 ha hinnati veepealset täiteliiva varu 299 tuh m³ ja selle lamamis plokis 10 pindalaga 23,42 ha veealust täiteliiva varu 504 tuh m³ ning plokis 11 pindalaga 5,03 ha veealust ehituskruusa varu 100 tuh m³;
- Plokis 12 pindalaga 4,18 ha hinnati veepealset ehitusliiva varu 101 tuh m³ ja selle lamamis plokis 13 pindalaga 4,18 ha veealust ehitusliiva varu 73 tuh m³.

Lisaks eraldati ülejäänud Massiaru II uuringuruumi 236,23 ha pindalal täiteliiva prognoosvaru 4016 tuh m³, mis on aluseks edasise geoloogilise uuringu suunamisel

Kuna Massiaru II uuringuruumi kesk- ja lõunaosas piiritletud maavaravaru uuringuvõrgu tihedus on piisav maavaravaru hindamiseks tarbevaruna, kasuliku kihi materjal vastab nii ehitusliivale, täiteliivale kui ka ehituskruusale esitavatele nõuetele. Samuti on maavara sobilik Rail Balticu raudtee muldkeha ehitustöödeks. Lisaks puuduvad uuringuruumis piirangud kaevandamiseks. Sellest johtuvalt soovitatakse varu võtta arvele vastavalt ehitusliiva, täiteliiva ja ehituskruusa aktiivse tarbevaruna ning lülitada Massiaru liivamaardla (registrikaart nr 0853) koosseisu. Nimetatud varu kogused esitatakse Maa-ametile kinnitamiseks ja arvele võtmiseks seisuga 01.06.2018. a.

9. KASUTATUD KIRJANDUS

1. Jõgi, V., jt. 1984. Lääne-Eesti kruusliiva ja liiva otsingulis-hinnanguliste tööde aruanne. ENSV Geoloogia Valitsus. EGF 4081.
2. Tammekänd, M., Pärnu maakonna Häädemeeste valla Massiaru uuringuruumi geoloogilise uuringu aruanne (varu seisuga 01.02.2009). EGF 8079.
3. Keskkonnaministri 26.05.2005. a nr 44 määrus „Üldgeoloogilise uurimistöö ja maavara geoloogilise uuringu tegemise kord“
4. Rammul, Ü., Niitlaan, E., Reinsalu, E. ja Keerberg, L. 2017. Ehitusmaavarade uuringu- ja kaevandamisalade korrastamise käsiraamat. OÜ Inseneribüroo STEIGER.
5. Keskkonnaministri 07.04.2017. a 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

