



EESTI  
GEOLOOGIAATEENISTUS

KINNITATUD

Eesti Geoloogiateenistuse

Teadusnõukogu otsusega nr. 19-4

**OJAMAA KAEVEVÄLJA PÕHJAVEESEIRE JA MURAKA SOOSTIKU  
ÖKOSÜSTEEMI SEIRE 2018. AASTAL**

Töögrupi juht: Andres Marandi

Eesti Geoloogiateenistuse direktor: Alvar Soesoo

## Annotatsioon

Joonas Pärn, Siim Tarros, Maile Polikarpus, Madis Osjamets, Valle Raidla. **Ojamaa kaevevälja põhjaveeseire ja Muraka soostiku ökosüsteemi seire 2018. aastal.** Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere.

Aruanne koostati VKG Kaevandused OÜ poolt Eesti Geoloogiateenistusele (EGT) tehtud tellimuse alusel. Uuringu aluseks on Euroopa Liidu Veepoliitika raamdirektiivi (2000/60/EÜ) nõuded ja põlevkivi kasutamise riiklik arengukava 2016–2030, mis sätestavad vajaduse täpsemalt hinnata inimtegevuse keskkonnamõju pinna- ja põhjaveele ning põhjaveest sõltuvatele maismaaökosüsteemidele. Tähtsad survetegurid põlevkivibasseini põhjaveekihtidele ning nendest sõltuvatele pinnaveekogudele ja maismaaökosüsteemidele on põhjaveetaseme alandamine ja sellest tingitud põhjavee kvaliteedi muutused.

Ojamaa kaevevälja põhjaveeseire ja Muraka soostiku ökosüsteemi seire viidi läbi, et hinnata VKG Kaevandused OÜ Ojamaa põlevkivikaevanduse võimalikku mõju kaevandust ümbritseva ala põhjaveerežiimile ja põhjaveest sõltuvatele maismaaökosüsteemidele. Seire aluseks oli OÜ Eesti Geoloogiateenistuse poolt väljatöötatud ja Keskkonnaministeeriumi keskkonnakorralduse ja -tehnoloogiaosakonna poolt heakskiidetud meetodika (Perens & Savitski, 2010; Perens jt., 2013). Põhjaveetasemeid ja keemilist koostist seirati Ojamaa kaevevälja Arvila ja Muraka vaatluspuurkaevude gruppides (edaspidi aruandes lühivalt „Arvila ja Muraka vaatluspost“) ja Muraka soostiku Ratva raba vaatluspunktides 2017. aasta novembrist kuni 2019. aasta jaanuarini.

Suuremad põhjaveetasemete langused (>2,5 m perioodil 2017-2019) esinesid Muraka vaatlusposti Keila-Kukruse veekihti avavas vaatluskaevus (katastri nr. 20980). Muraka vaatlusposti Nabala-Rakvere veekihti avavas vaatluskaevus (katastri nr. 20979) ja Arvila vaatlusposti Keila-Kukruse veekihti avavas vaatluskaevus (nr. 20976) on põhjaveetaseme seireperioodil langenud ~1 m võrra. Põhjaveetasemete languse põhjuseks uuringualal võib olla põlevkivi kaevandamine. Põhjaveetasemete langust vaatluskaevudes ei saa seostada ainult Ojamaa põlevkivikaevanduse mõjuga, sest põhjaveetasemete kiire langus Muraka vaatlusposti vaatluskaevudes viitab ka läheduses asuva AS Enefit Kaevandustele kuuluva Estonia kaevanduse võimalikule mõjule. Ojamaa ja Estonia kaevanduse lähimad kuivendusstrekid paiknevad Muraka vaatluspunktist peaaegu võrdsel kaugusel. Samas ei saa väita, et veetasemete suur langus oleks üheselt kaevandustegevuse tulemus, sest 2018. aasta oli alates 1961. aastast kuivuselt neljas aasta sademete vaatlusreas. Lisaks võib Ahtme tektooniline rikkevöönd takistada Ojamaa kaevandamistegevusest tingitud põhjavee alandusleetri arengut piirkonnas.

Keemiliselt koostiselt on seireperioodi jooksul kõige rohkem muutunud Kvaternaari vaatluskaevude (katastri nr. 20975, 20978) vesi, mida iseloomustavad looduslikust foonist suuremad  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , Fe(üld), PHT ja  $\text{NH}_4^+$  kontsentratsioonid. Veetasemete alanemisega on kaasnenud sulfaadi kontsentratsiooni suurenemine Arvila vaatlusposti Keila-Kukruse veekihti avava vaatluskaevu vees (väärtuseni 90,5 mg/L 2018. aasta augustis). Veetasemete langus Arvila vaatlusposti Keila-Kukruse ja Lasnamäe-Kunda vaatluskaevudes ja muutused põhjavee keemilises koostises on tõenäoliselt tingitud Ojamaa põlevkivikaevanduse tekitatud alandusleetri mõju laienemisest Arvila vaatlusposti vaatluskaevudeni.

Muraka soostiku vaatluspunktide veetasemed on seotud sademete hulga muutustega ja nende keemilises koostises ei avaldu kaevandustegevuse mõju. Kõrged  $\text{NH}_4^+$ , PHT ja üldraua kontsentratsioonid lähedalasuvate puurkaevude vees viitavad pigem rabavee mõjule maapinnalt esimesele aluspõhjalisele veekihi. Oluline märk kaevandustegevuse mõju suurenemisest seiratavale Ratva raba piirkonnale on veetasemete langus Muraka vaatlusposti Nabala-Rakvere veekihti avavas vaatluskaevus (katastri nr. 20979). Põhjaveetaseme langemisega Nabala-Rakvere veekihi võib tulevikus kaasneda veetasemete langus esmalt mineraalses pinnakattes ja seejärel juba ka soosetetes.

Järgmiseks seireperioodiks tuleks Ojamaa kaevevälja põhjaveeseire Arvila ja Muraka vaatluspostidesse rajada uued Kvaternaari veekihti avavad vaatluskaevud. Praegused vaatluskaevud paiknevad kuivenduskraavide nõlval ning on mõjutatud kraavides tsirkuleerivast pinnaveest. Kuivenduskraavide mõju ulatub rabalaama suunas u 100 m kaugusele. Lisaks on kaevude suudmed metsaveomasinate poolt kas vigastatud või lausa purustatud.

Võimaliku veetaseme languse tuvastamiseks Muraka soostikus, tuleks soostiku seirepunktide võrku täiendada soosetete alust mineraalset pinnakatet avavate piesomeetritega. Need võimaldaksid registreerida veetaseme langust enne, kui selle mõju jõuab avalduda soostiku pinnavee vaatluspunktides.

Adekvaatsemaks pinna- ja põhjaveerežiimi ning keemilise koostise muutuste seireks, tuleks praegu erinevate põlevkivikaevandjate poolt eraldi teostatavad pinna- ja põhjaveeseired integreerida üheks komplekseks seireprogrammiks. See peaks sisaldama nii põhjaveetasemete ja põhjavee keemilise koostise seiramist kui ka hüdrodünaamilist modelleerimist.

2018. aasta seire käigus tuvastatud põhjaveetasemete režiimi ja keemilise koostise muutusi tuleb järgnevate seirete käigus kindlasti edasi uurida, et tuvastada nende põhjused. Seepärast on vajalik jätkata Ojamaa kaevevälja ja Muraka soostiku ökosüsteemi seiret vähemalt varem sätestatud mahus. Siiski on soovitatav kaaluda seirevõrgu täiendamist, et oleks võimalik anda selgem hinnang sellele, kuidas põlevkivikaevandamine on mõjutanud uuringuala põhja- ja pinnaveerežiimi ning põhjaveega seotud maismaaökosüsteemide seisundit.

**Soovitatav viitamise vorm käesolevale aruandele.** Tekstis: Pärn jt., 2019.

Viitena: Pärn, J., Tarros, S., Polikarpus, M., Osjamets, M., Raidla, V., 2019. Ojamaa kaevevälja põhjaveeseire ja Muraka soostiku ökosüsteemi seire 2018. aastal. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere.

# Sisukord

<b>1. Sissejuhatus</b> .....	5
<b>2. Uuringuala iseloomustus</b> .....	6
<b>2.1 Uuringuala paiknemine ja maastikuline iseloomustus</b> .....	6
<b>2.2 Geoloogiline ehitus</b> .....	8
<b>2.3 Hüdroloogiline režiim ja hüdrogeoloogiline iseloomustus</b> .....	9
<b>2.4 Põhjavee ja maismaaökosüsteemide vahelised seosed</b> .....	12
<b>3. Materjal ja meetodika</b> .....	14
<b>4. Tulemused ja arutelu</b> .....	18
<b>4.1 Pinna- ja põhjaveetasemed</b> .....	18
4.1.1 Muraka-Ratva soostiku pinnaveerežiim .....	18
4.1.2 Ojamaa kaevälja põhjaveerežiim .....	21
<b>4.2 Pinna- ja põhjavee keemiline koostis</b> .....	31
4.2.1 Muraka soostiku pinnavee keemiline koostis .....	31
4.2.2 Ojamaa kaevälja põhjavee keemiline koostis .....	33
<b>5. Järeldused ja soovitused</b> .....	44
<b>6. Kokkuvõte</b> .....	46
<b>7. Kasutatud kirjandus</b> .....	47
<b>LISAD</b> .....	51

# 1. Sissejuhatus

Aruanne on koostatud VKG Kaevandused OÜ poolt Eesti Geoloogiateenistusele (EGT) tehtud tellimuse alusel. Seoses Euroopa Liidu Veepoliitika raamdirektiivi (2000/60/EÜ) nõuete ja põlevkivi kasutamise riikliku arengukava 2016–2030 täitmisega on vaja täpsemalt hinnata inimtegevuse keskkonnamõju.

Aruanne keskendub VKG Kaevandused OÜ Ojamaa põlevkivikaevanduste võimaliku mõju hindamisele kaevandust ümbritseva ala põhjaveerežiimile ja põhjaveest sõltuvatele maismaaökosüsteemidele. Tähtsad survetegurid põlevkivibasseini põhjaveekihtidele on põhjaveetaseme alandamine ja sellest tingitud põhjavee kvaliteedi muutus. Põhjaveetasemete alandamine mõjutab nii põlevkivi tootsa kihiga kattuvat Keila-Kukruse veekihti, kui ka selle all lamavaid ja sellel lausvaid põhjaveekihte.

Põhjavee koguselises seisundis ja kvaliteedis toimuvate muutuste tõttu on ohustatud põhjaveest sõltuvad pinnaveekogud ja maismaaökosüsteemid. Põlevkivikaevanduse veekõrvaldus võib mõjutada Ojamaa kaeveväljast lõuna pool paiknevate Arvila sihtkaitsevööndi (SKV) ja Muraka looduskaitseala ökosüsteeme. Veerežiim ja vee kvaliteet on peamine soode talitlust mõjutav abiootiline tegur. Taimekoosluste struktuur soostikus on suurel määral sõltuv veetasemest, selle sesoonest kõikumisest ning pinnavee keemilisest koostisest. Abiootiliste tingimuste vähene, kuid püsiv muutumine võib põhjustada drastilisi muutusi sookoosluse liigilises struktuuris, talitluses ja seisundis.

Muraka soostiku veetaset mõjutavad otseselt muutused ilmastikus ja sademete režiimis, aga kaudset mõju soostiku veetasemetele võib avaldada ka Ojamaa ja Estonia allmaakaevandamisega kaasnev põhjaveetaseme alandamine. Varasemad hüdroteoloogilised uuringud on näidanud, et Muraka soostiku ümbruse aluspõhjaliste veekihtide põhjavee seisund on kaevandustegevuse poolt mõjutatud (nt. Hang jt., 2012; Marandi jt., 2013; Kohv, 2019). Muraka ökosüsteemi seire on senise Ojamaa kaevevälja põhjaveeseire programmi täiendus, mis võimaldab täpsemalt seostada põhjaveetasemete režiimi muutusi soostiku veerežiimiga.

Seire viidi läbi Eesti Geoloogiakeskuse poolt väljatöötatud ja Keskkonnaministeeriumi keskkonnakorralduse ja -tehnoloogiaosakonna poolt heakskiidetud meetodika kohaselt (Perens & Savitski, 2010; Perens jt., 2013). Kuni 2017. aastani esitati Ojamaa kaevevälja põhjaveeseire ja Muraka soostiku ökosüsteemiseire tulemused eraldi aruannetena (nt. Perens jt., 2017a, b). Vastavalt töö tellija ja Eesti Geoloogiateenistuse vahelisele kokkuleppele esitatakse 2018. aasta Ojamaa kaevevälja põhjaveeseire ja Muraka soostiku ökosüsteemi seire tulemused ühe aruandena.

Ojamaa kaevevälja põhjaveeseire vaatluskaevudes ja Muraka soostiku vaatluspunktides toimusid veetasemete mõõtmised puuraukudesse paigaldatud automaatanduritega. Veetasemeid mõõtsid, veeproovid võtsid ja vee keemilised väliparameetrid määrasid hüdroteoloogid Joonas Pärn, Valle Raidla, Siim Tarros, Maile Polikarpus ja Magdaleena Männik. Vee laboratoorsed analüüsid tehti atesteeritud Eesti Geoloogiakeskuse laboris ja Tallinna Tehnikaülikooli geoloogia instituudi massispektromeetria teaduslaboris.

## 2. Uuringuala iseloomustus

### 2.1 Uuringuala paiknemine ja maastikuline iseloomustus

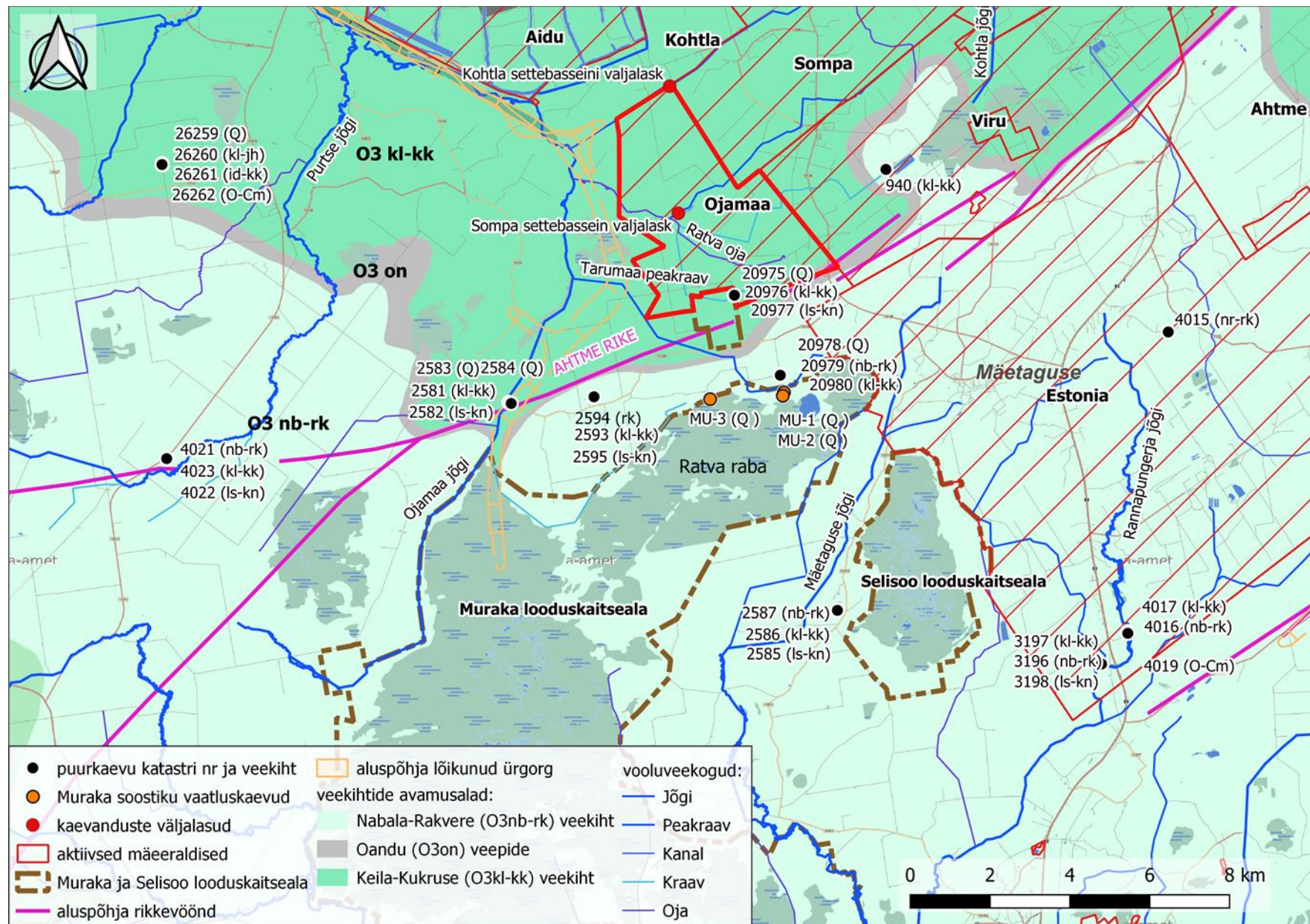
Uuringuala paikneb Alutaguse maastikurajoonis Ida-Viru maakonna keskosas, Pandivere kõrgustiku ja Jõhvi kõrgustiku vahelises nõos (joonis 1). Ala jääb Soome lahe ja Narva jõe vesikonna veelahkmealale, kus maapinna absoluutkõrgused varieeruvad vahemikus 35-75 m. Uuringuala lõunaosas paikneb Muraka-Ratva soostik. Selle kirdepoolne osa, Ratva raba on rahvusvahelise tähtsusega märgala (Ramsari ala). Raba pealispind kerkib kuni 5 m ümbritsevast mineraalmaast kõrgemale ja selle keskosa asub absoluutkõrgusel 59,6 m. Uuringuala põhjaosas langeb reljeef Põhja-Eesti ranniku suunas.

Muraka-Ratva soostik kuulub Kesk- ja Ida-Eesti suurte soode valdkonda ja Peipsi nõo põhjaosa allvaldkonda (Masing, 1988). Valdkonnale on iseloomulik vettpidavate setete, otsamoreenide ja rannamoodustiste rohkus, mis on äravoolutõketena oluliselt kiirendanud tasandikulise ala soostumist (Allikvee & Masing, 1988). Soostik on kujunenud limnoglatsiaalsete nõgude soostumisel (Perens jt., 2013). Selle moodustavad viis suuremat rabamassiivi: Ratva, Lipu, Muraka, Seli ja Virunurme (Loopmann, 1988).

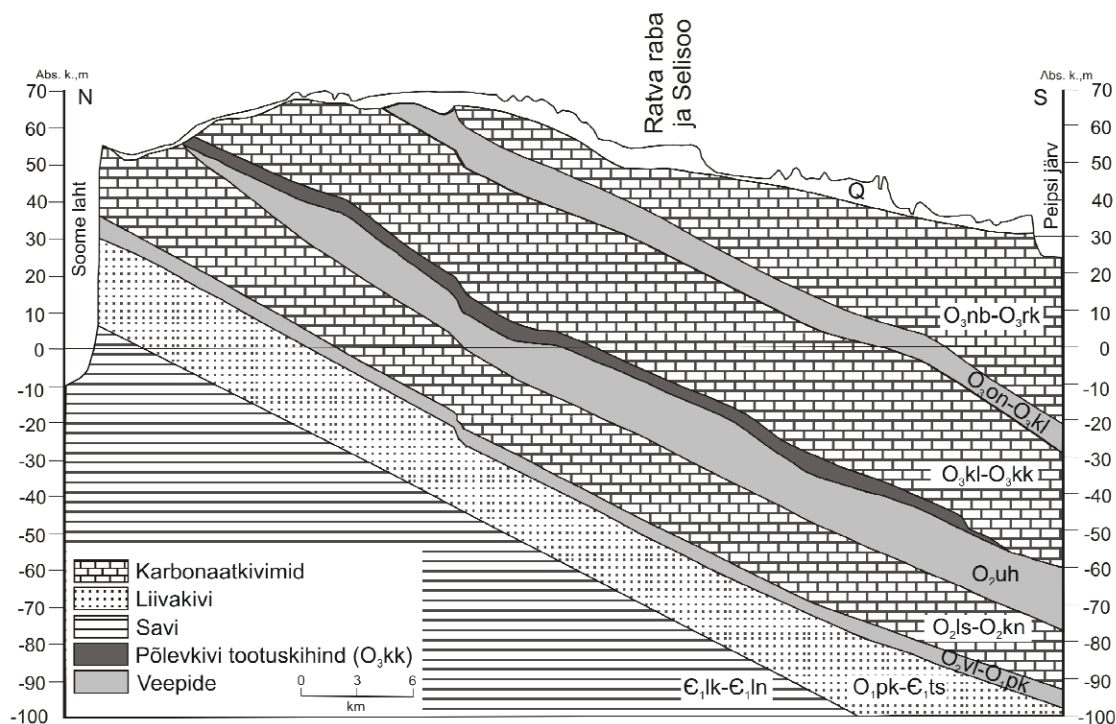
Uuringuala seostub Muraka-Ratva soostiku rabamassiividest Ratva raba. Selle pindala on digitaliseeritud turbakontuuri järgi 3529 ha (Hang jt., 2012). Rabamassiivi kirdeosas asub 1-1,5 m sügavune Ratva järv, mille veepeegli pindala on 25 ha (Hang jt., 2012). Raba kuulub Ida-Eesti tüüpi rabade hulka, mida iseloomustab kumer reljeef, selgesti välja kujunemata nõlv ja suur männikute osakaal (Valk, 2005). Raba ümbritsevad siirde- ja madalsoomassiivid, mis on II maailmasõja järgsel perioodil rajatud ulatusliku kuivenduskraavide võrgu poolt praeguseks valdavalt kuivendatud.

Piirkonna loodusmaastike ja ökosüsteemide kaitseks on loodud mitmeid looduskaitsealasid (joonis 1). Ratva raba kuulub Muraka looduskaitseala (KLO1000536) koosseisu. Kaitseala on loodud et kaitsta, säilitada, uurida ning tutvustada Muraka soostikku kui Eesti üht suurimat loodusmaastikukompleksi koos selle põliste loodusmetsade, kaitsealuste liikide ja nende elupaikadega (EELIS, 2010a). Muraka looduskaitseala on elupaigaks mitmetele kaitstavatele looma- (lendorav, kaljukotkas ja must-toonekurg) ja taimeliikidele (I kategooriasse kuuluv lehitu pisikäpp) ning see kuulub Eesti väärtuslikemate linnualade hulka (IBA ala; EELIS, 2010a). Ratva raba hõlmab Muraka looduskaitseala koosseisu kuuluv sihtkaitsevöönd (KLO1100180). Ratva rabast u 1 km kaugusel põhjas paikneb Arvila metsise püsielupaik, milles asub 76 ha pindalaga metsise püsielupaiga sihtkaitsevöönd (KLO3000027; EELIS, 2010b). Kõik nimetatud kaitsealad kuuluvad 2018. aasta lõpus moodustatud Alutaguse rahvuspargi koosseisu.

Piirkond on tugevalt mõjutatud põlevkivi kaevandamisest. Uuringualale ja selle vahetusse lähedusse jääb kaks töötavat põlevkivikaevandust (Ojamaa ja Estonia) ning kolm suletud või sulgemisel olevat kaevandust ja karjääri (Sompa, Viru, Aidu; joonis 1). Põlevkivi tootuskiht uuringualal paikneb umbes 40-45 meetri sügavusel (Perens & Savitski, 2010; joonis 2).



Joonis 1. Uringuala ülevaatekaart koos tähtsamate geoloogiliste üksuste avamusalade, seirepunktide asukohtade, Muraka ja Selisoo looduskaitsealade ning piirkonnas asuvate mäeeraldiste piiridega.



**Joonis 2.** Uuringuala üldistatud üldgeoloogiline ja hüdrogeoloogiline läbilõige koos Ratva raba ja Selisoo tingliku asukohaga (Savitski, 2000; Hang jt., 2012). Lühendite seletused: Q – pinnakate (Kvaternaari setted);  $O_3nb-O_3rk$  – Nabala-Rakvere veekiht;  $O_3on-O_3kl$  – Oandu veepide;  $O_3kl-O_3kk$  – Keila-Kukuruse veekiht;  $O_2uh$  – Uhaku veepide;  $O_2ls-O_2kn$  – Lasnamäe-Kunda veekiht;  $O_2vl-O_1pk$  – Alam-Ordoviitsiumi veepide;  $O_1pk-€_1ts$  – Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekompleks;  $€_1lk-€_1ln$  – Lükati-Lontova veepide.

## 2.2 Geoloogiline ehitus

Uuringuala paikneb Ordoviitsiumi karbonaatsete kivimite levikualal, mida katab õhuke 5-10 m paksune Kvaternaari setetest moodustunud pinnakate (Hang jt., 2012). Ordoviitsiumi läbilõige koosneb maapinnalt sügavuse suunas Nabala, Rakvere, Oandu, Keila, Haljala, Kukuruse, Uhaku, Lasnamäe, Aseri ja Kunda lademe kivimitest, mille all levivad Alam-Ordoviitsiumi liivakivid ja argilliit (joonis 2). Viimase all lamavad Kambriumi ja Ediacara terrigeensed settekivimid (liivakivi, aleuroliit, savi).

Mineraalse pinnakatte paksus uuringualal on varieeruv. Ala kirdeosas, Jõhvi kõrgendiku nõlvadel on pinnakatte paksus vaid 1-2 m ja see kasvab lõuna suunas ~5 meetrini (Hang jt., 2012). Ojamaa kaevälja seireks rajatud vaatluskaevude läbilõigete põhjal jääb pinnakatte paksus vaatluskaevude ümbruses vahemikku 2-6 m (tabel 1). Uuringuala põhjaosas moodustavad pinnakatte viimase jäätumise saviliiv- või liivsavi moreenid. Raba lõuna- ja lääneservas katavad moreeni peeneteralised jääjärvelise tekkega liivad koos aleuriidi ja kohatiste savi vahekihtidega (Hang jt., 2012). Moreen on hall, kollakasbeež või pruunikas ja sisaldab suures hulgas klibu ja munakaid (Perens & Savitski, 2010). Muraka soostiku põhjaosas Tarumaa külast läänes esineb ka väikese pindalaga (<1 km<sup>2</sup>) pinnakatteta alasad, kus avaneb karbonaatkivimitest aluspõhi (Perens & Savitski, 2010).

Uuringuala lõunaosas katavad terrigeenseid Kvaternaari setteid soosetted. Ratva rabas on turbakihi paksuseks hinnatud maksimaalselt 7,4 m ja turba paksus väheneb järsult kuni 2 meetrini rabalaamade servaladel (Hang jt., 2012). Seal esinevad kuni paarimeetrise turbakihiga siirde- ja madalsoolad (Hang jt., 2012). Turba bioloogiline koostis on mitmekesine, varieerudes madalsoo puu-rohuturbast kuni rabafaasis ladestunud sfagnumvillpea turbani (Hang jt., 2012). Turba läbilõikes vahelduvad erineva lagunemisastmega kihid. Rabaturba lamamiks on keskmiselt kuni hästi lagunenu siirdesoo puu-pilliroo ja puu-villpea turvas ning paiguti ka madalsoo puurohu- ja puuturvas (Loopmann, 1988).

Karbonaatkivimite läbilõike kogupaksus uuringualal on 100-120 m (joonis 2, Perens & Savitski, 2010; Hang jt., 2012). Vahetult pinnakatte all avanevad uuringuala põhjaosas Ordoviitsiumi ladestu Keila lademe ning lõunaosas Rakvere ja Nabala lademe erineva dolomiidistumise astmega lubjakivid. Viimaste paksus uuringualal on kuni 25 m. Rakvere ja Nabala lademe lamamiks on Oandu lademe tugevalt savikas lubjakivi ja mergel. Keila lademes ja selle all paiknevates Haljala ja Kukruse lademetes esineb lõheline ja kohati kavernoosne dolomiidistunud lubjakivi. Selle all levib geoloogilises läbilõikes savikast ja tihedast lubjakivist koosnev Uhaku lade, mis lasub Lasnamäe, Aseri ja Kunda lademete lubjakividel ja dolomiitidel. Karbonaatkivimite kompleksi all paiknevad Alam-Ordoviitsiumi Volhovi lademe savikas glaukoniitlubjakivi ja -liivakivi, Varangu lademe savi ja Pakerordi lademe argilliit. Põlevkivi kaevandamine ei mõjuta otseselt sügavamaid settekomplekse ja sealseid põhjaveekihte ning sellepärast neid käesolevas aruandes täpsemalt ei käsitleta.

Uuringualal esinevad ka tektoonilised rikked, mille piires on kivimid lõheline ja dolomiidistunud. Kivimite lõheline asimuut on valdavalt 45°–80° NO, leviku pikkus 0,5–8,6 km ja purustustsoonide laius 100–200 m (Perens & Savitski, 2010). Uuringuala lõikab tinglikult kaheks umbes 50 km pikkune ja 0,5-2 km laiune Ahtme tektooniline rikkevöönd, mis jääb Ojamaa kaevanduse ja Muraka raba vahele (Hang jt., 2012; joonis 1). Suletud kaevanduste seire raames tehtud vaatluste põhjal on väidetud, et see rikkevöönd takistab kaevandamistegevusest tingitud põhjavee alanduslehtri arengut piirkonnas (Perens & Savitski, 2010). Uuringuala põhjaosas, Ratva rabast läänes lõikab aluspõhja kuni 40 m sügavune ja ~600 m laiune Savala ürgorg. Ratva rabast idas paikneb mõnesaja meetri laiune tsoon, kus karbonaatkivimid on tugevalt karstunud (Hang jt., 2012).

### 2.3 Hüdroloogiline režiim ja hüdrogeoloogiline iseloomustus

Uuringuala hüdroloogiline režiim on mõjutatud põlevkivikaevanduste veeärastuse, suletud kaevandustes toimivate veetaseme muutuste, kuivenduskraavide võrgu ja looduslike tegurite (sademed, evapotranspiratsioon, taimkate) koosmõjust. Kõik nimetatud tegurid on muutnud ümbritsevate jõgede, järvede ja soode veerežiimi (Hang jt., 2012).

Metsakuivenduse kraavid ümbritsevad Ratva raba peaaegu kogu selle ulatuses ning selle tulemusena on metsastumine toimunud kõikjal soo piirialadel. Looduslikku siirde- ja madalsood raba servaaladel praktiliselt enam ei esine ning endistest madalsoo- ja siirdesoometsadest on kujunenud kõdusoometsad (Hang jt., 2012). Raba ise on kuivendusest vähem mõjutatud ja kuivenduskraavide mõju ulatub rabalaama suunas u 100 m kaugusele (Hang jt., 2012). Kraavitatud alal on rabavee depressioonikõver järsk ja kõige intensiivsem mõju veetasemetele ulatub üksikust kuivenduskraavist vaid 10-15 m kaugusele (Valk, 2005).

Piirkonna suuremad vooluveekogud saavad enamasti alguse Jõhvi kõrgustikult ja Alutaguse suurtest soodest. Ratva raba põhja- ja lääneosa kuivendab Murakaraba kraav, mis suubub Soome lahe valglasse kuuluvasse Ojamaa jõkke (Hang jt., 2012). Suuremad vooluhulgad esinevad raba ümbruses kevadisel lumesulamise ja sügisel rohkete sademetega perioodil (50-250 L/s; Hang jt., 2012). Veetasemete miinimumperiood Muraka soostiku hüdrooloogilises režiimis on talvel (veebruari-märts; Perens jt., 2017b) ja suvel intensiivsel vegetatsiooniperioodil (juuli-august), mil isegi rohked sademed ei pruugi kompenseerida evapotranspiratsiooni (Hang jt., 2012). Varem oli selle kraavi lähe Ratva järves, kuid tänaseks on kraavi Ratva järvega seotud osa suletud ja veetase Ratva järves on tõusnud.

Põhjaveeressursside majandamise seisukohast hõlmab enamiku uuringualast Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini põhjaveekogum (nr. 7). Uuringuala lõuna- ja edelaosa jääb Ordoviitsiumi Ida-Viru põhjaveekogumi (nr. 6) piiridesse. Mõlema kogumi seisund on hinnatud halvaks. Põhjaveekogum nr. 6 üldine seisund on hinnatud halvaks eelkõige kogumi halva keemilise seisundi tõttu (fenoolide, naftasaaduste kontsentratsioonid; Hartal Projekt OÜ, 2014). Põhjaveekogum nr. 7 on halvas seisundis kogumi halva keemilise (65% seirekaevudest ei vasta kehtestatud kvaliteedinõuetele) ja koguselise (kaevanduste ja karjäärade veeärastus ja veevõtt ületab looduslikku põhjaveeressurssi) seisundi tõttu (Hartal Projekt OÜ, 2014).

Uuringualal levivate põhjaveekihtide toitealaks on peamiselt Pandivere ja Jõhvi kõrgustikud. Esimene moodustab regionaalse toiteala, kus põhjaveevool on suunatud radiaalselt väljavoolualade, Soome lahe ja Narva jõe suunas (Perens & Vallner, 1997). Jõhvi kõrgustik on lokaalseks toitealaks, mis mõjutab põhjavee dünaamikat selle lähiümbruses (Hang jt., 2012). Lisaks sellele mõjutavad uuringuala hüdrogeoloogilisi tingimusi aluspõhja lõikunud ürgorud ja tektoonilised rikkevööndid. Mattunud ürgorud on looduslikes tingimustes põhjavee täiendavateks toiteallikateks, tektoonilised rikkevööndid on aga pigem lateraalset põhjavee voolamist takistavateks veepidemeteks (Savitski, 2000; Perens & Savitski, 2010).

Õhukestes Kvaternaari setetes esineb vabapinnaline põhjaveekiht, mille paksus ja levik on väga muutlik, sõltudes setete litoloogilistest omadustest, setete paksusest ja ilmastikutingimustest (Hang jt., 2012). Varasemad uuringud samas piirkonnas (Hang jt., 2012) on leidnud, et õhukeste ja väikese veejuhtivusega Kvaternaari setete esinemise korral mineraalses pinnakattes eraldi põhjaveekihti ei moodustu ja sellisel juhul on põhjaveetasemete režiim Kvaternaari setetes seotud esimese aluspõhjalise põhjaveekihtiga.

Muraka soostiku pinnavesi on mitmekesise päritoluga. Madalsood toituvad teatud ulatuses pinnakattes levivast vabapinnalisest või surveisest põhjaveest, rabamassiivid aga valdavalt sademetest (Perens jt., 2013). Soosetetes leviv pinnavesi on pehme, väga väikese mineraalsusega (50-150 mg/L) ja nõrgalt happelise kuni happelise reaktsiooniga (pH väärtused 4-7; Perens & Savitski, 2010).

Aluspõhjalise Ordoviitsiumi veekompleksi põhjaveekihtide veemahutavus ja veejuhtivus sõltub nende lõhelisusest ja karstumusest. Lõhede ja karstivormide pindalaline ja vertikaalne levik on ebaühtlane (Hang jt., 2012). Kuna karbonaatkivimite lõhelisus ja karstumus väheneb sügavuse suunas, siis väheneb sügavuse suunas ka veekihtide veejuhtivus (Perens & Vallner, 1997). Kivimikompleksi kuni 20 m sügavuseni ulatuva osa horisontaalne veejuhtivus on valdavalt 10-50 m/ööpäevas, sügavusel 20-50 m jääb see vahemikku 5-8 m/ööpäevas ja sügavusel 50-100 m vahemikku 1-2 m/ööpäevas (Perens & Vallner, 1997). Erinevate vett hästi juhtivate kihtide vahel esinevad Ordoviitsiumi ladestu geoloogilises läbilõikes savikas lubjakivi

ja mergel, mis on plastsemad ja vähem lõhelised ning moodustavad veekihtide vahel lokaalseid veepidemeid (Savitski, 2000).

Uuringuala lõunaosas Ahtme rikkast lõuna pool on esimeseks aluspõhjaliseks veekihtiks **Nabala-Rakvere veekiht ( $O_3nb-O_3rk$ )**, mis esineb Nabala ja Rakvere lademe lõhelistes, kavernoossetes, kohati dolomiidistunud ja karstunud lubjakivides. Veekihi paksus on kuni 25 m (Savitski, 2000; Perens & Savitski, 2010). Veekihi veetase paikneb 0,2-6 m sügavusel maapinnast ja veekihi filtratsioonikoefitsent muutub vahemikus 3-70 m/ööpäevas (Savitski, 2000; Perens & Savitski, 2010). Veekihis looduslikult esinev põhjavesi on väikese mineraalsusega (400-600 mg/L) ja Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> või Mg-Ca-HCO<sub>3</sub> tüüpi (Savitski, 2000; Boldõreva & Savitski, 2005). Nabala-Rakvere veekihi looduslikku veetaset piirkonnas on oluliselt mõjutanud põlevkivikaevandused, mis on muutnud veekihi kaevandatud alade ümbruses pideva veevarustuse seisukohalt praktiliselt kõlbmatuks (Boldõreva & Savitski, 2005). Nabala-Rakvere veekihist jõuab põhjavesi kaevandusse lamava veepideme, lokaalsete rikete, tehniliste puuraukude või ventilatsioonišurfide kaudu (Savitski, 2000). Veetaseme alanemise ulatust kirjeldava depressioonilehtri raadius Nabala-Rakvere veekihis ulatub umbes 0,5-1,5 km kaugusele kaevandustööde piirkonnast (Savitski, 2000; Boldõreva & Savitski, 2005).

Maapinnalt järgmine **Keila-Kukruse veekiht ( $O_3kl-O_3kk$ )** esineb Keila, Haljala ja Kukruse lademe lõhelistes ja kohati kavernoossetes dolomiidistunud lubjakivides (Savitski, 2000). Lasuvast Nabala-Rakvere veekihist eraldavad Keila-Kukruse veekihti Oandu lademe savikas lubjakivi ja mergel ( $O_3on-O_3kl$ ), mille transversaalne filtratsioonikoefitsent uuringualal on hüdrodünaamiliste mudelarvutuste järgi ~0.003 m/ööpäevas (Savitski, 2000; Marandi jt., 2013). Vettandva kihi paksus uuringualal muutub vahemikus 10-35 m ja veekihi filtratsioonikoefitsent on 1-6,5 m/ööpäevas (Savitski, 2000; Perens & Savitski, 2010). Kaevandustööde piirkonnas on Keila-Kukruse veekiht täielikult kuivendatud ja veetaseme alanemise tõttu moodustunud depressioonilehter ulatub 5-7 km kaugusele kaevandustööde piirist (Savitski, 2000; Boldõreva & Savitski, 2005). Looduslikult esineb veekihis mage, väikese mineraalsusega (200-600 mg/L) Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> tüüpi vesi (Savitski, 2000). Kaevandustegevuse tulemusena kasvavad nii töötavate kui suletud kaevanduste piirkonnas põhjavee kaltsiumi, magneesiumi, raua ja sulfaadi kontsentratsioonid, mis suurendavad põhjavee mineraalsust (Savitski, 2000; Erg, 2005; Reinsalu jt., 2006).

Keila-Kukruse veekihi lamavaks veepidemeks on Uhaku lademe savikas ja tihe lubjakivi ( $O_2uh$ ), mille paksus on ~10-15 m ja vertikaalne filtratsioonikoefitsent 10<sup>-5</sup> m/ööpäevas (Savitski, 2000; Marandi jt., 2013). Uhaku veepideme all paikneb **Lasnamäe-Kunda veekiht ( $O_2ls-O_2kn$ )**, mis esineb Lasnamäe, Aseri ja Kunda lademe lubjakivides ja dolomiitides, mis jäävad maapinnast u 70-110 m sügavusele (Hang jt., 2012; joonis 2). Vettandva kihi paksus uuringualal jääb vahemikku 17-22 m ning veekihi filtratsioonikoefitsent on 0,1-3 m/ööpäevas (Savitski, 2000; Perens & Savitski, 2010). Kaevandamise tulemusena alanevad veetasemed ka põlevkivi kihi all paiknevas Lasnamäe-Kunda veekihis. Selle põhjuseks on Keila-Kukruse veekihi veetasemete alandamine, mille tulemusel sügavama Lasnamäe-Kunda veekihi põhjavesi tungib läbi rikete, ventilatsioonišahtide ja tehnoloogiliste puuraukude allmaakaevanduse veekraavidesse ja Uhaku lademe vett vähe läbilaskvatesse kivimitesse rajatud dreanažistrekidesse (Savitski, 2000). Lasnamäe-Kunda veekihi depressioonilehter on Ida-Viru põlevkivibasseini veekihtidest kõige ulatuslikum ulatudes kuni 25 km kaugusele kaevandustööde piirist (lõunas Peipsi järveni ja idas Narva jõeni, Savitski, 2000; Boldõreva &

Savitski, 2005). Veekihis leviv põhjavesi on oma looduslikult koostiselt väikese mineraalsusega (200-400 mg/L) ja valdavalt Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> tüüpi (Savitski, 2000).

Ordoviitsiumi karbonaatkivimites levivad veekihid on sügavamast liivakivikompleksist eraldatud Alam-Ordoviitsiumi veepidemega (*O<sub>2</sub>vl-O<sub>1</sub>pk*). See koosneb Volhovi lademe savikatest glaukoniitlubjakividest ja -liivakividest ning Pakerordi lademe argilliidist. Veepideme vertikaalne filtratsioonikoefitsient on ~10<sup>-6</sup> m/ööpäevas (Perens & Vallner, 1997; Marandi jt., 2013).

## 2.4 Põhjavee ja maismaaökosüsteemide vahelised seosed

Muraka-Ratva soostik on põhjaveest sõltuv maismaaökosüsteem, sest selle madalsood toituvad valdavas osas maapinnalähedasest põhjaveest (Perens jt., 2013). Seega on soostiku ökosüsteem tundlik põhjavee koguselises seisundis ja kvaliteedis toimuvate muutuste suhtes. Euroopa Liidu Veepoliitika raamdirektiivi (2000/60/EÜ) artikkel 1 sätestab, et riikidel tuleb luua põhjavee kaitse raamistik, mis hoiab ära veeökosüsteemide ning oma veevajaduse osas otseselt veeökosüsteemidest sõltuvate maismaaökosüsteemide ja märgalade seisundi halvenemise ning kaitseb ja parandab nende seisundit.

Muraka-Ratva soostikku ümbritseva ala põhjaveerežiimi mõjutab pindmine kuivenduskraavide võrk, aga võimalik mõju võib olla ka põlevkivi kaevandamisega seotud veeärastusel (TLÜ Ökoloogia Instituut, 2015). Muraka-Ratva soostik on seotud põlevkivikaevandamisest mõjutatud Ordoviitsiumi Ida-Viru (nr. 6) ja Ordoviitsiumi Ida-Viru põlevkivibasseini (nr. 7) põhjaveekogumitega (TLÜ Ökoloogia Instituut, 2015).

Lisaks madalsoodele on ka rabade taimkate tundlik pikaajalise veetasemete alanemise suhtes. Lageraba samblarinde seisundit hakkab mõjutab rohkem kui 5 aastat kestnud veetaseme alanemine, mis on suurem kui 10 cm võrreldes vegetatsiooniperioodi keskmise veetasemega (Hang jt., 2012). Kui veetasemete alanemine rabas on >20 cm 5-aastaselt perioodil, siis asenduvad turbasamblad metsasammaldega, katkeb turba moodustumine ja rabamännikut kujuneb kõdusoomännik (Weltzin jt., 2010; Hang jt., 2012).

Hüdrodünaamilise modelleerimise tulemused Selisoo rabas Muraka-Ratva soostiku lääneosas on näidanud, et kõige enam mõjutab raba veetaset põlevkivikaevanduste lähenemine rabale, sest veetasemete alanemine pinnakatte alustes veekihtides suurendab infiltratsioon läbi soosetete (Marandi jt., 2013). Kui kaevandatud ala on jõudnud raba vahetusse lähedusse, siis ei ole enam oluline, kas kaevandustegevus lõpetatakse raba piiril või jätkub see raba all, sest oluline muutus raba veetasemetes on juba toimunud (Marandi jt., 2013). Seepärast tuleb soostikus ja selle vahetusläheduses lisaks põhjaveeseirele teostada ka regulaarset pinnavee ja taimestiku seiret, et hinnata muutusi pinnaveetasemetes ja taimede liigilises koosseisus (Hang jt., 2012; Perens jt., 2013).

Rabaaluste põhjaveetasemete alanemise mõju raba veerežiimile ei pruugi avalduda koheselt, vaid alles pika viibeajaga, sest alumised, hästi lagununud turba kihid toimivad veepidemena, mis aeglustavad märgala kuivenemise protsessi (Marandi jt., 2013). Selisoo kahes turbaprofiilis mõõdetud turba filtratsioonikoefitsendid varieerusid vahemikus 0,1-10<sup>-4</sup> m/ööpäevas (Hang jt., 2012). Hang jt. (2012) oletavad, et sarnased väärtused võiksid olla omased ka Ratva raba turbaläbilõikele. Vee liikumist läbi turbalasuundi mõjutavad lisaks turba

veejuhtivusele ka lamavate terrigeensete setete omadused ja veejuhtivus. Turbalasundi all paikneva moreeni, aleuriidi ja liiva filtratsioonikoefitsendid (vastavalt  $\sim 0,005$  m/ööpäevas;  $\sim 0,05$  m/ööpäevas ja 1-30 m/ööpäevas) on turba minimaalsest filtratsioonikoefitsendist suuremad (Hang jt., 2012). Pinnavee infiltratsioon on soodustatud aladel, kus pinnakate on väga õhuke või puudub ja õhukese turbakihiga aladel, mis lasuvad hea veejuhtivusega liivastel setetel. Viimati kirjeldatud tingimused esinevad Ratva raba kirdeosas (Hang jt., 2012).

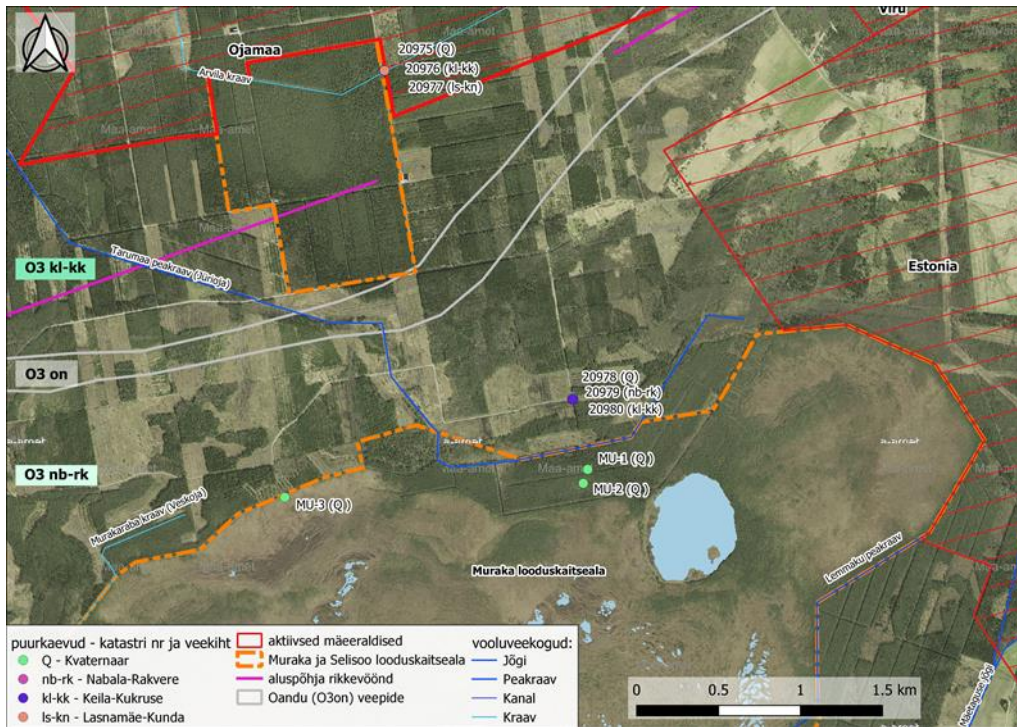
### 3. Materjal ja meetoodika

Seire viidi läbi Eesti Geoloogiakeskuse poolt väljatöötatud ja Keskkonnaministeeriumi keskkonnakorralduse ja -tehnoloogiaosakonna poolt heakskiidetud meetoodika kohaselt (Perens & Savitski, 2010; Perens jt., 2013). Vastavalt eelmistes aruannetes tehtud soovitusel ja täiendatud lepingule toimusid veetasemete mõõtmised puuraukudesse paigaldatud automaatanduritega.

Ojamaa kaevälja põhjaveeseire võrk koosneb kuuest vaatluskaevust, mis paiknevad kahes grupis – Arvila ja Muraka (joonis 3; tabel 1). Arvila vaatluskaevude grupi (edaspidi aruandes lühivalt „vaatluspost“) moodustavad kaevud nimega I-1 (katastri nr. 20975; *Kvaternaari veekiht*), I-2 (katastri nr. 20976; *Keila-Kukruse veekiht*), I-3 (katastri nr. 20977; *Lasnamäe-Kunda veekiht*). Muraka vaatluspostis paiknevad puurkaevud nimega II-1 (katastri nr. 20978; *Kvaternaari veekiht*), II-2 (katastri nr. 20979; *Nabala-Rakvere veekiht*) ja II-3 (katastri nr. 20980; *Keila-Kukruse veekiht*). Edaspidi viidatakse vaatluskaevudele aruandes nende katastrinumbriga järgi.

Vaatluskaevude veetasemeid on mõõdetud alates kuupäevast 30.03.2005 sagedusega kolm korda kuus. Alates 2008. aasta aprillist on kõik kaevud varustatud automaatsete veetasemeanduritega TD-Diver, mis mõõdavad põhjaveetaset ja põhjavee temperatuuri 8 korda ööpäevas.

Muraka soostiku ökosüsteemi seirevõrk Ratva rabas koosneb kolmest vaatluspunktist (joonis 3) – MU-1 (*madalsoomets*), MU-2 (*puis-siirdesoo*) ja MU-3 (*lageraba*). Kõikidesse vaatluspunktidesse on paigaldatud piesomeetrid, mis on varustatud automaatsete veetasemeanduritega. Andurid on mõõtnud veetaset ja vee temperatuuri 8 korda ööpäevas alates kuupäevast 08.12.2015. Muraka ökosüsteemi seire toimub kolmeaastase tsükliga. Seire algas 2016. aastal. Seire esimesel aastal viidi soostiku ökoloogilise seisundi määramiseks läbi taimkatte ja selle liigilise koostise seire. Taimestiku seire toimub seireprogrammis järgi kord kolme aasta jooksul. Aastatel 2017-2018 toimus Muraka soostikus hüdroloogiline seire. 2018. aasta seire on Muraka ökosüsteemi seire esimese kolmeaastase tsükli viimane. Järgmine kolmeaastane tsükkel algab 2019. aastal ja siis tuleb lisaks hüdroloogilisele seirele esimesel aastal läbi viia ka taimkatte ja selle liigilise koostise seire.



**Joonis 3.** Ojamaa kaevevälja põhjaveeseire vaatluskaevude ja Muraka ökosüsteemi seire vaatluspunktide paiknemine maastikul, Maa-ameti ortofoto taustal. Kaardil on esitatud ka esimeste aluspõhjaliste põhjaveekihtide ja Oandu veepideme avamusalad, Ahtme rikkevööndi paiknemine ning Ojamaa ja Estonia kaevanduste asukohad.

Töö käigus seirati Ojamaa kaevevälja vaatluskaevude ja Muraka soostiku Ratva raba vaatluspunktide veetasemeid ja keemilist koostist 2017. aasta novembrist kuni 2019. aasta jaanuarini. Põhjaveetaseme andmed automaatanduritelt ja proovid vee keemilise koostise määramiseks koguti kevadisel kõrgveeperioodil (18.04–19.04.2018) ja suvisel madalveeperioodil (21.08.2018–22.08.2018). 2019. aasta alguses (16.01.2019) viidi läbi täiendavad välitööd veetasemete mõõtmiseks ja andmete kogumiseks veetaseme automaatanduritelt aasta viimases kvartalis salvestatud mõõtmisandmete saamiseks.

Lähteülesande kohaselt (Perens & Savitski, 2010; Perens jt., 2013) võeti Muraka soostiku seirepunktidest kaks korda aastas vee üldkeemilised analüüsid ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}_{\text{üld}}$ , pH, PHT,  $\text{SiO}_2$ , vaba  $\text{CO}_2$ , üldkaredus, karbonaatne karedus, kuivjääk, värvus, läbipaistvus, elektrijuhtivus, hägusus, lõhn; tabel 2; lisa 1-2) ja seirati aastaringselt veetasemeid automaatsete veetasemeanduritega (lisa 7). Ojamaa kaevevälja vaatluskaevudest võeti suvisel madalveeperioodil proovid põhjavee üldkeemiliseks analüüsiks ja seirati aastaringselt veetasemeid automaatsete veetasemeanduritega (tabel 3; lisa 4-6). Iga üldkeemilise analüüsi võtmise ajal mõõdeti ka põhja- ja pinnavee väliparameetrid (pH, elektrijuhtivus, temperatuur ja lahustunud hapniku sisaldus) WTW MultiLine® Multi 3630 IDS Set F multimeetriga.

Lisaks lähteülesandes ettenähtule, mõõtsid EGT töötajad kuupäevadel 19.04.2018, 22.08.2018 ja 16.01.2019 põhjaveetasemeid ka uuringualal paiknevates uuringukaevudes, millest valdav osa kuulub riiklikku põhjaveekogumite seirevõrku. See andmestik oli vajalik töös esitatud hüdrodünaamilise mudeli loomiseks ja kalibreerimiseks. EGT töötajad võtsid Ojamaa

kaevvälja vaatluskaevudest lisaks üldkeemilise analüüsi proovid ka kevadisel kõrgveeperioodil (tabel 3; lisa 3). 2018. aasta aprillis ja augustis võeti proovid ka puurkaevude nr. 20976, 20977, 20979 ja 20980 põhjavee isotoopkoostise määramiseks (tabel 4). Põhjavee isotoopkoostise meetodika põhimõtete selgitus on esitatud lisa 8.

Veeproove võtsid ja veetasemeid mõõtsid hüdrogeoloogid Siim Tarros (põhjavee proovivõtja atesteerimistunnistus nr. 1471/17 ja joogiveeproove võtja atesteerimistunnistus nr. 740), Valle Raidla (joogivee atesteerimistunnistus nr. 734), Joonas Pärn ja Magdaleena Männik. Vee analüüsid tehti EAK poolt akrediteeritud Eesti Geoloogiakeskuse katselaboris (registreerimisnumbriga L093). Põhjavee isotoopkoostis määrati Tallinna Tehnikaülikooli geoloogia instituudi massispektromeetria teaduslaboris vanemteadur Tõnu Martma poolt. Proovid mõõdeti instrumendiga Picarro L2120-i Isotopic Water Analyser. Mõõtmistäpsus oli  $\pm 0,1\%$   $\delta^{18}\text{O}$  ja  $\pm 1\%$   $\delta^2\text{H}$  jaoks.

2018. aasta augustis ei olnud võimalik võtta üldkeemilise analüüsi proovi Ratva raba seirepunktist MU-1 (*madalsoomets*) väga madala veetaseme ja vee hulga tõttu piesomeetris. 2019. aasta jaanuaris ei pääsenud Eesti Geoloogiteenistuse töötajad ligi Ratva raba seirepunktile MU-3 (*lageraba*) raskete lumeolude ja läbimatute teede tõttu Muraka vaatluskaevude piirkonnas. Aruandes esitatakse punkti MU-3 veetasemete vaatlusrida kuni kuupäevani 21.08.2018. Perioodi 22.08.2019 kuni 31.12.2019 andmed vaatluspunktist esitatakse tellijale eraldi kevadel, kui on võimalik seirepunktile uuesti ligi pääseda.

2018. aasta augusti ja 2019. aasta jaanuari vahelisel perioodil on tõenäoliselt metsaveomasinate tegevuse tõttu oluliselt kannatada saanud vaatluskaev nr. 20978 Muraka vaatluspostis. Lõhutud on kaevu maapealne osa ning koos sellega on kadunud ka kaevus olnud veetasemeandur. Sellest tulenevalt on selle vaatluspunkti kohta võimalik esitada veetaseme mõõtmiste tulemused kuni kuupäevani 21.08.2018. 2019. aasta jaanuaris mõõtsid EGT töötajad kaevust põhjaveetaset käsitsi. Kevadel, juhul kui kaevus olnud veetasemete automaatandur õnnestub leida, esitatakse tellijale eraldi ka vaatlusrea andmed kuupäevast 21.08.2018 kuni kaevu lõhkumise hetkeni. 2019. aastal paigutatakse kaevu uus automaatandur veetasemete mõõtmiseks.

**Tabel 1.** Ojamaa kaevvälja seirekaevude ja Muraka soostiku vaatluspunktide asukohad ja konstruktsioon.

Katastri nr.	Vaatluspunkti nimi	Filtri sügavus (m)	Veekiht	Sete/kivim	Põhjalaius (L-Est)	Idapikkus (L-Est)
<b>Muraka-Ratva soostiku vaatluspunktid</b>						
100051	MU-1 (madalsoomets)	0-1,8	Kvaternaari	puu-tarnaturvas, hästi lagunenud	6569491	683561
100052	MU-2 (puis- siirdesoo)	0,5-1,8	Kvaternaari	puu-pillirooturvas	6569406	683534
100053	MU-3 (lageraba)	0-1,5	Kvaternaari	sfaagnumturvas, puu-pillirooturvas, hästi lagunenud	6569321	681713
<b>Ojamaa kaevvälja vaatluskaevud</b>						
<i>Arvila vaatluspost</i>						
20975	Arvila, I-1	0,06-2	Kvaternaari	Q <sub>IV</sub> -Q <sub>III</sub>	6571919	682312
20976	Arvila, I-2	8,5-37	Keila-Kukruse	O <sub>2kl</sub> -O <sub>2uh</sub>	6571922	682316
20977	Arvila, I-3	40,5-70,5	Lasnamäe- Kunda	O <sub>2uh</sub> -O <sub>1kn</sub>	6571924	682321
<i>Muraka vaatluspost</i>						
20978	Muraka, II-1	0,1-2,5	Kvaternaari	Q <sub>III</sub>	6569931	683469
20979	Muraka, II-2	3,7-8	Nabala-Rakvere	O <sub>2rk</sub>	6569925	683469
20980	Muraka, II-3	8,6-53,4	Keila-Kukruse	O <sub>2on</sub> -O <sub>2kk</sub>	6569921	683470

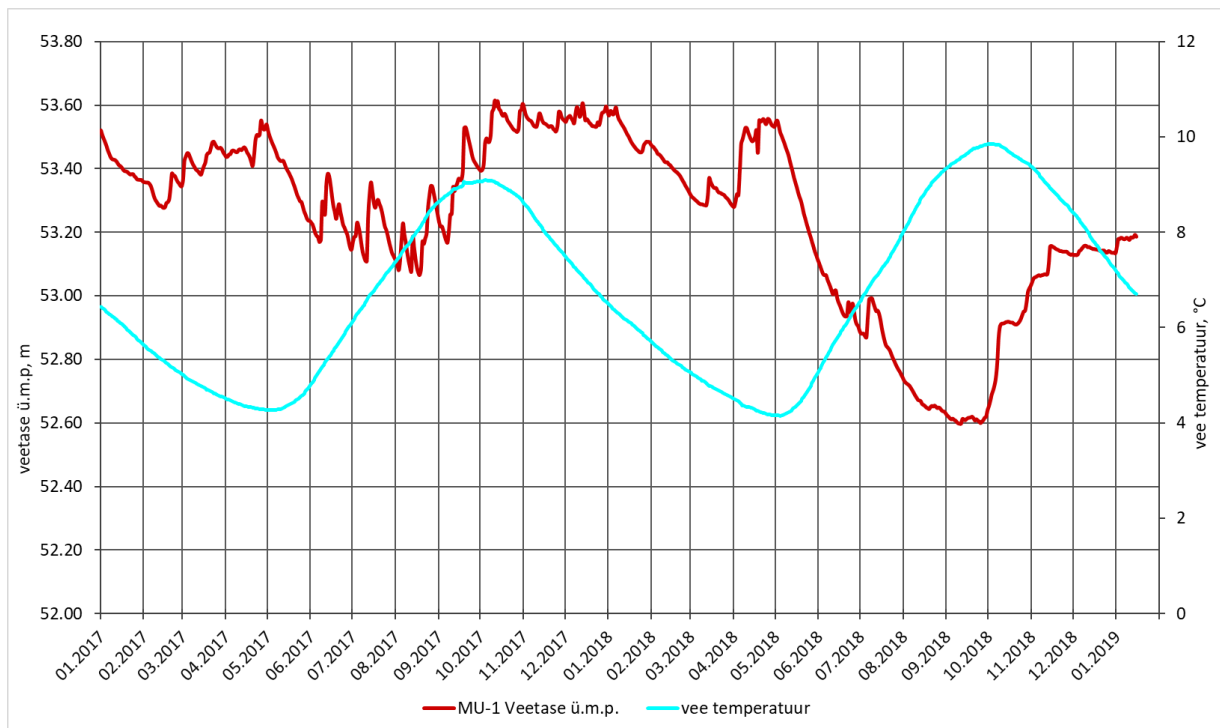
Põlevkivi kaevandamisest otseselt mõjutatud Keila-Kukruse veekihi survetasemete ja põhjavee liikumise modelleerimise aluseks 2018. aastal oli Tartu Ülikooli poolt loodud Virumaade mudel (Polikarpus, 2018). Mudelit täiendati uute vaatlusandmetega ja mudelisse sisestati detailselt nii Estonia kui ka Ojamaa kaevanduse kaevandatud alad kui ka väljaehitatud kuivendusstrekide ulatus. Vaatlusandmete põhjal kalibreeriti Ojamaa piirkonna põhjaveekihtide filtratsiooniparameetrid. Lähteandmed kaevandustegevuse modelleerimiseks võeti tellijalt saadud Ojamaa kaevanduse plaanilt seisuga 01.09.2018. Estonia kaevanduse tegevuse ja edenemise kohta kasutati plaani seisuga 01.06.2018. Ojamaa kaevanduse plaan sisaldab strekkide rajamise aega kvartali täpsusega, kuid Estonia kaevanduse mäetööde plaanil vastav teave puudub.

## 4. Tulemused ja arutelu

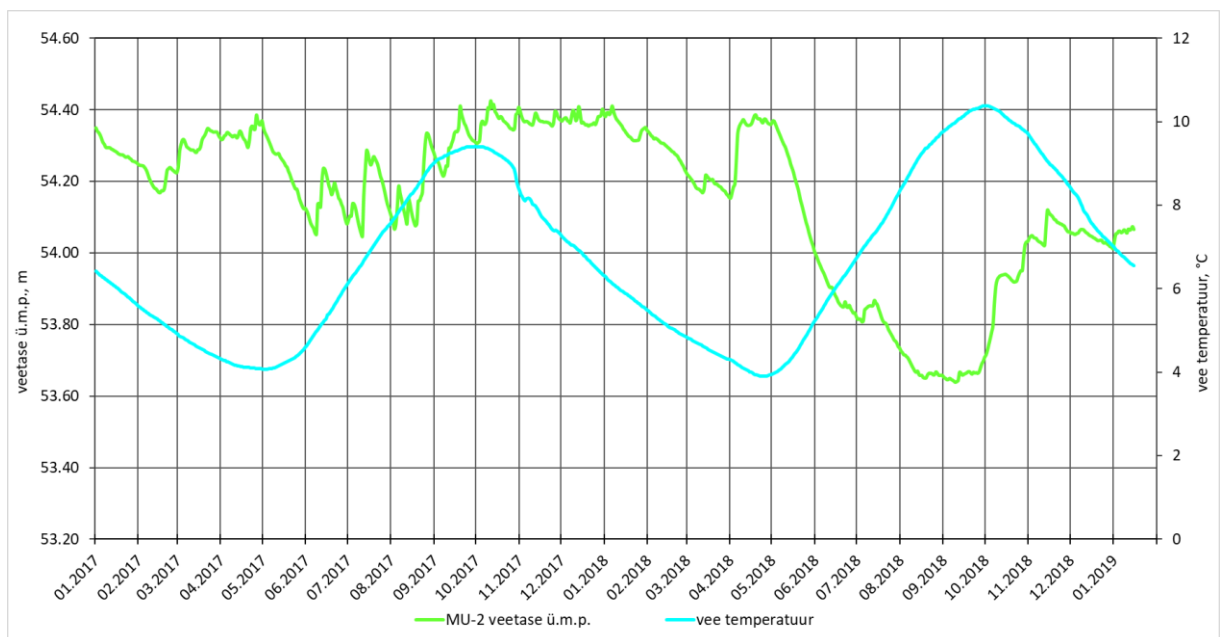
### 4.1 Pinna- ja põhjaveetasemed

#### 4.1.1 Muraka-Ratva soostiku veerežiim

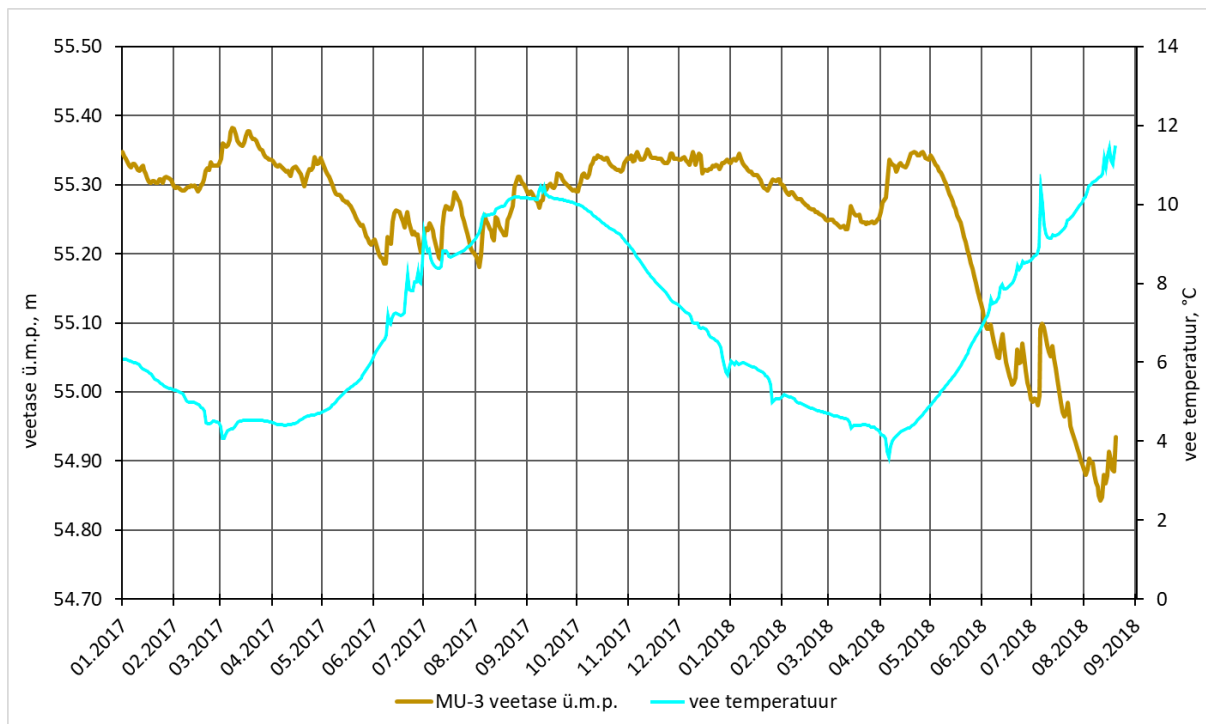
Seire tulemused näitavad, et veetaseme muutused nii madalsoos kui rabas toimuvad sarnases rütmis kuid erineva amplituudiga. Kõigis Muraka-Ratva soostiku vaatluspostides toimuvad veetasemete muutused sarnastel aegadel (joonis 4-6). Kõige suurema amplituudiga veetaseme muutus (~50 cm) registreeriti madalsoo vaatluspunktis (MU-1; joonis 4).



**Joonis 4.** Muraka-Ratva soostiku madalsoometsa vaatluspunkti MU-1 veetaseme ja vee temperatuuri muutus ajavahemikul 2017 – 2019.



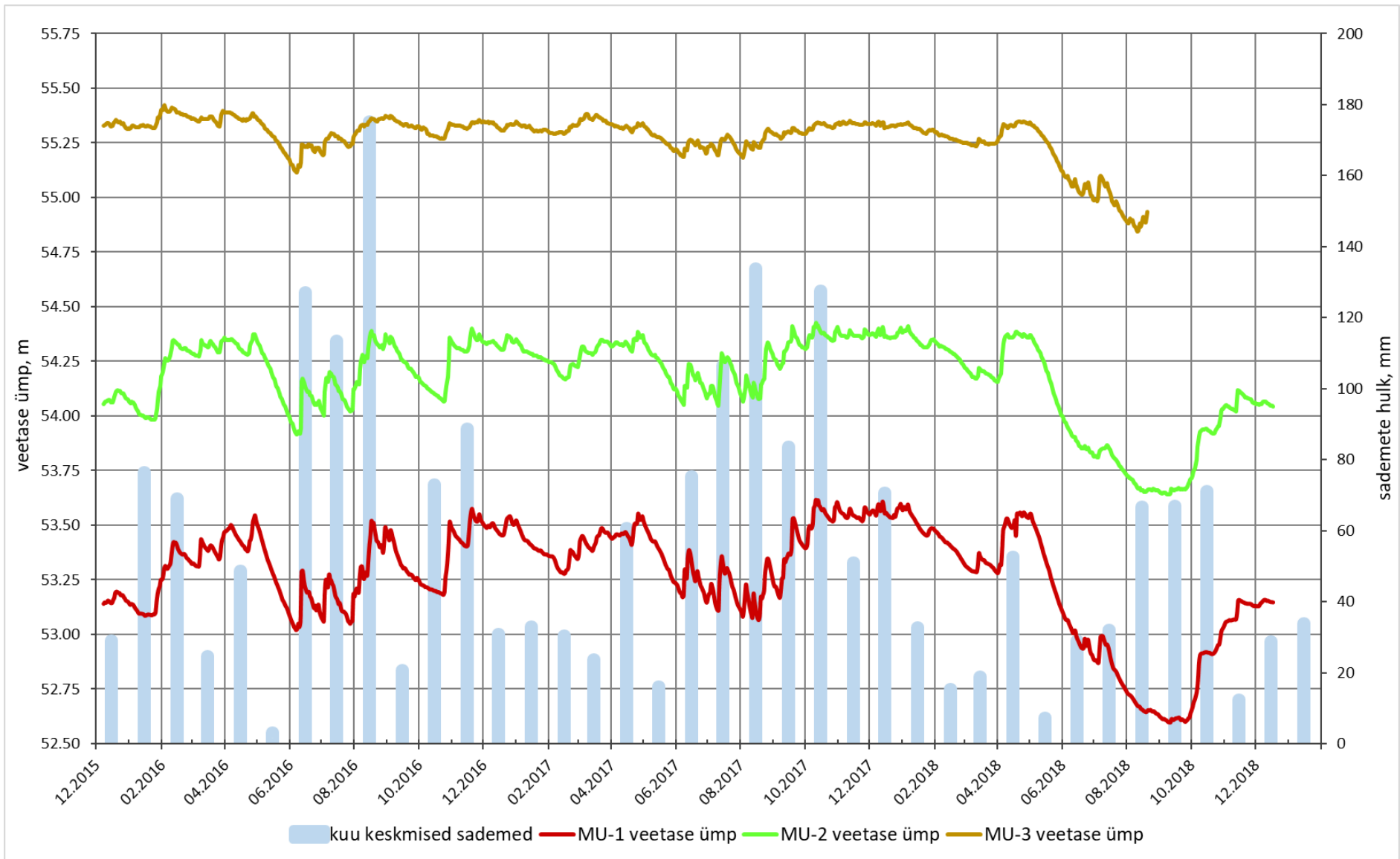
**Joonis 5.** Muraka-Ratva soostiku puis-siirdesoo vaatluspunkti MU-2 veetaseme ja vee temperatuuri muutus ajavahemikul 2017 – 2019.



**Joonis 6.** Muraka-Ratva soostiku lageraba vaatluspunkti MU-3 veetaseme ja vee temperatuuri muutus ajavahemikul 2017 – 2018.

Veetasemete kõikumised vaatluspunktides ei korreleeru üheselt sademete hulga muutustega ning on täheldatav kuu kuni 3 kuu pikkused nihked sademete hulga ja veetasemete vahel (joonis 7). Suuremad sademete hulgad (kuu keskmine >80 mm) on seireperioodil esinenud suvel ja varasügisel. Vastavatel perioodidel 06.-09.2016, 07.-11.2017 ja 08.-11.2018 on Muraka soostiku vaatluspunktide veetasemed olnud madalseisus. Suvekuudel vähendab sademete infiltreerumist maapinda suurem evapotranspiratsioon. Seireperioodi talve- ja kevadkuudel on iseloomustanud kõrgemad veetasemed, mille esinemine on seotud lume sulamise perioodidega. Võrreldes varasemate aastatega on soostiku veetasemete alanemine olnud kõige suurem 2018. aastal. Selle peamine põhjus on sademete vähesus 2018. aastal, mis oli alates 1961. aastast kuivuselt neljas aasta vaatlusreas (Ilmateenistus, 2019a). Uuringualale kõige lähemal asuva Jõhvi meteoroloogiajaama sademete summa 2018. aastal oli 434 mm, mis on ligikaudu 300 mm võrra väiksem viimase 30 aasta pikaajalisest keskmisest (736 mm; Ilmateenistus, 2019b).

Muraka soostiku vaatluspunktide veetasemete võrdlus näitab, et lageraba vaatluspunkti veetasemete kõikumine on palju väiksema amplituudiga kui siirdesoo ja madalsoos asuvatel vaatluspunktidel (joonis 7). Veetasemete režiimi muutused sademeterikaste ja põuaperioodide vaheldumisel peaksid selgemalt avalduma raba veetasemetes võrreldes madal- ja siirdesooaga (Valk, 1988). Üks põhjus, miks Muraka soostiku seirevõrgu lageraba vaatluspunktis on veetasemete kõikumised oodatust väiksemad, võib olla selles, et lageraba iseloomustamiseks rajatud seirepunkt MU-3 paikneb lageraba servas kuivenduskraavi lähedal (joonis 3). Selle vaatluspunkti veetasemed on tõenäoliselt mõjutatud nii looduslikust vee liikumisest rabamassiivi keskosast raba äärealade suunas kui ka kuivenduskraavide veetasemest. Seetõttu ei pruugi sellest piesomeetrist mõõdetud veetase iseloomustada lageraba looduslikku veerežiimi rabamassiivi keskosas. Tulevikus tuleks kaaluda Ratva lagerabasse vähemalt veel ühe turbakihti avava piesomeetri paigaldamist, mis paikneks kuivenduskraavist kaugemal rabamassiivi keskosas.



**Joonis 7.** Muraka-Ratva soostiku erinevates sootüüpides paiknevate vaatluspunktide veetasemete muutused alates seire algusest kuupäeval 8.12.2015 kuni kuupäevani 15.01.2019 koos Jõhvi meteoroloogiajaama kuu keskmise sademete hulga.

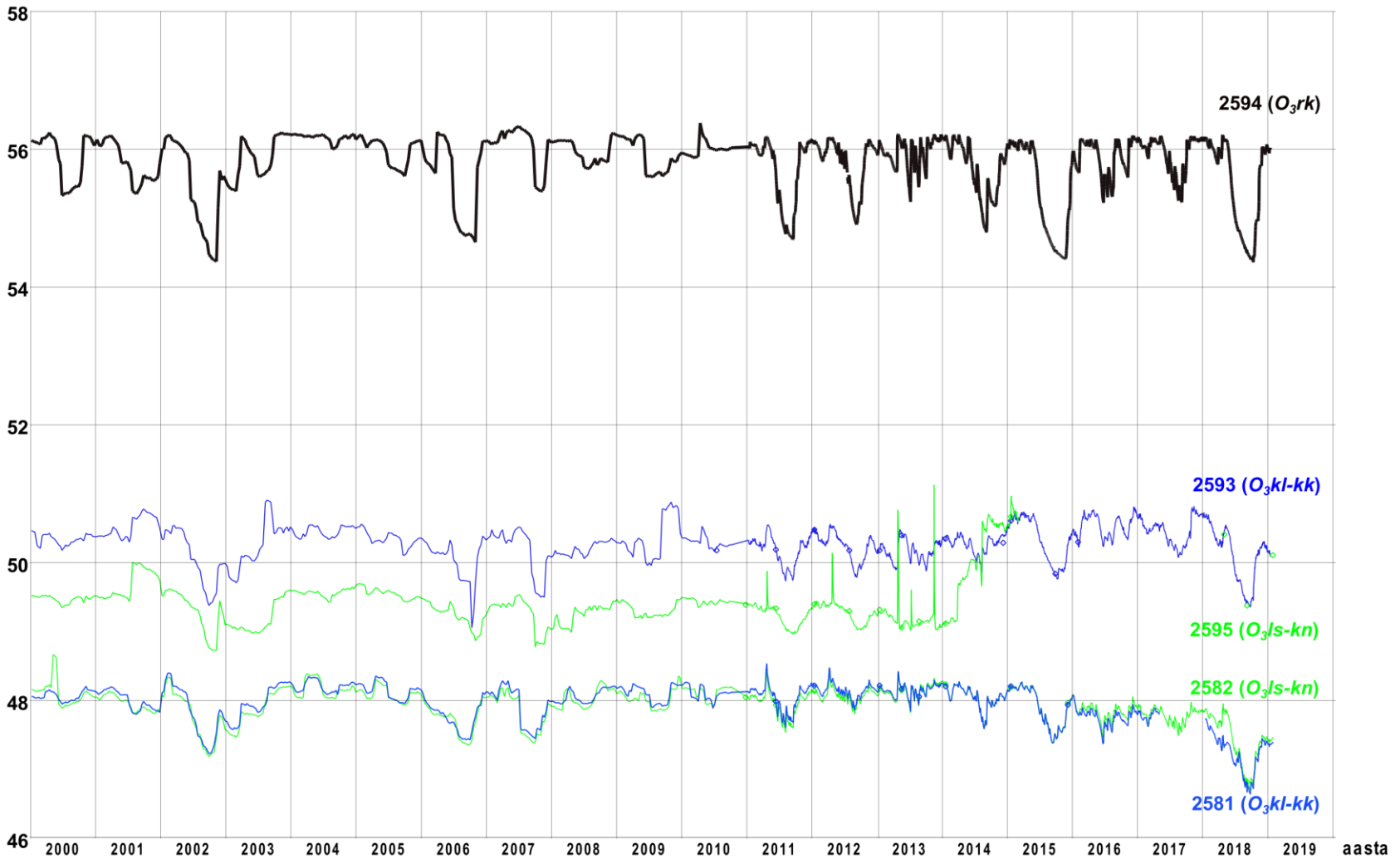
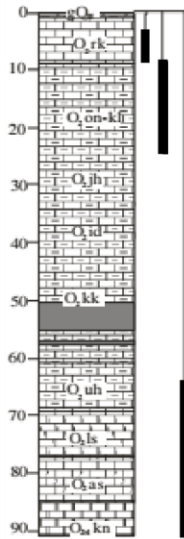
#### 4.1.2 Ojamaa kaevälja põhjaveerežiim

Ojamaa kaevälja ümbritseva ala looduslikku põhjaveerežiimi ja aastaajalist kõikumist iseloomustavad kaeväljast ~2,4 km kagu suunas asuvad Tarumaa küla vaatluspuurkaevud (kat nr 2581, 2582, 2583) ning ~4 km kagu suunas Ojamaa jõe paremal kaldal paiknevad vaatluspuurkaevud (kat nr 2593, 2594, 2595; joonis 8).

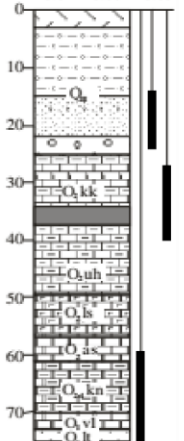
Kõige suurema amplituudiga põhjaveetasemete looduslikud kõikumised on esinenud Nabala-Rakvere veekihti avavates vaatluskaevudes (joonis 8). Veetasemete muutuste amplituud perioodil 2000-2019 oli selles veekihis ~2 m ning veetasemed olid peamiselt mõjutatud sesoonsetest muutustest põhjavee infiltratsioonis. Veetasemete maksimumid kattuvad kevadise lumesulamise perioodiga ja miinimumid suvise aktiivse vegetatsiooniperioodiga, mil põhjavee infiltratsiooni pärsib suurenenud evapotranspiratsioon. Keila-Kukruse ja Lasnamäe-Kunda veekihte avavates kaevudes on põhjaveetasemete muutused väiksemad. Veetaseme kõikumiste amplituud on Keila-Kukruse veekihti avavates kaevudes ~1,5 m ja Lasnamäe-Kunda veekihti avavates kaevudes ~1 m (joonis 8). Sügavamate veekihtide veetasemetes kajastuvad samuti sesoonsed muutused põhjavee infiltratsioonis sarnaselt Nabala-Rakvere veekihile kuid nõ. silutud kujul.

Tarumaa küla  
(Ojamaa jõe ääres)  
Puurkaevud nr:  
2594; 2593; 2595

põhjaveetase m, ü.m.p.



Tarumaa küla  
(Lipu talu)  
Puurkaevud nr:  
2583; 2581; 2582

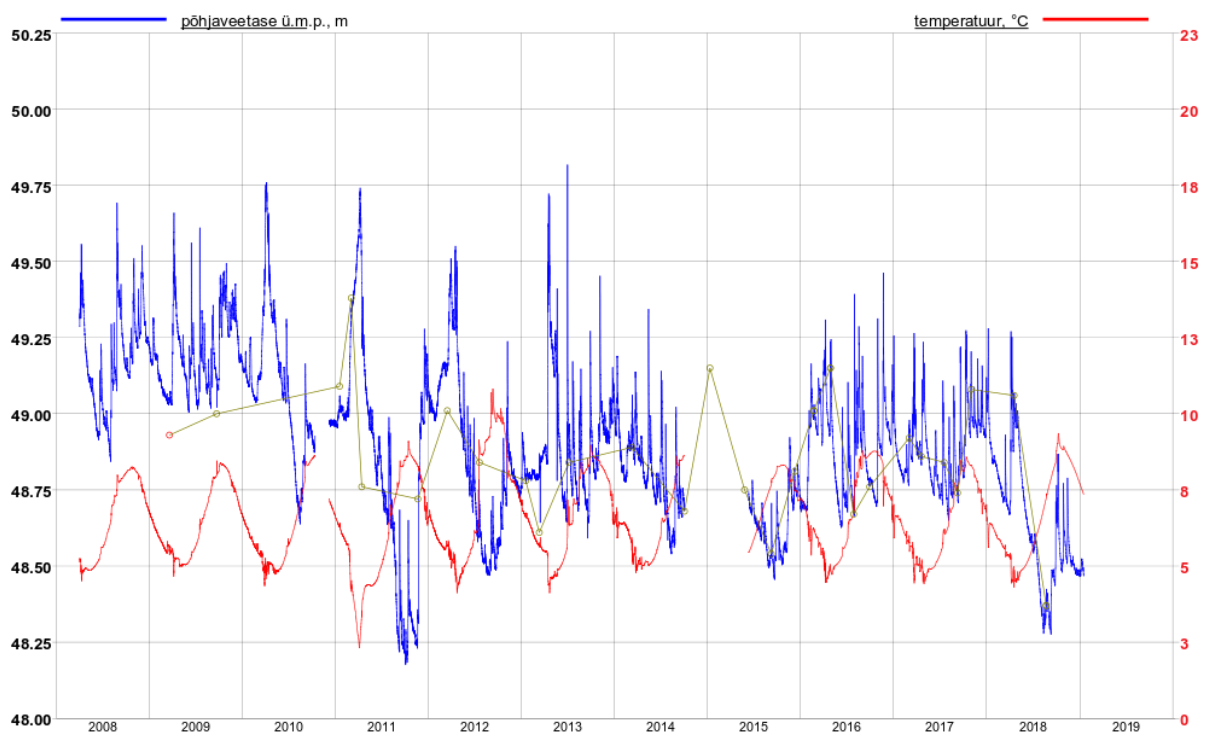


**Joonis 8.** Tarumaa külas asuvate riikliku põhjaveeseire puurkaevude veetasemed aastatel 2000 – 2019. Joonise vasakus ääres on esitatud kahe puurkaevude grupi geoloogilised läbilõiked koos puurkaevu filtrite asukohtadega. Geoloogilisi kihte ja veekihte tähistavad lühendid on seletatud joonise 2 legendis.

### Arvila vaatluspostis paiknevate puurkaevude veetasemed

Arvila vaatluspostis paiknevate puurkaevude veetasemete muutus perioodil 2008-2019 on esitatud joonistel 9-11. Põhjaveetasemete muutus Arvila vaatlusposti kaevudes erineb looduslikust põhjaveerežiimist (joonis 8). Selle põhjuseks on tõenäoliselt nii lähedalasuva Ojamaa kaevanduse veekõrvaldus kui ka vaatlusposti ümbritsev kuivenduskraavide võrgustik.

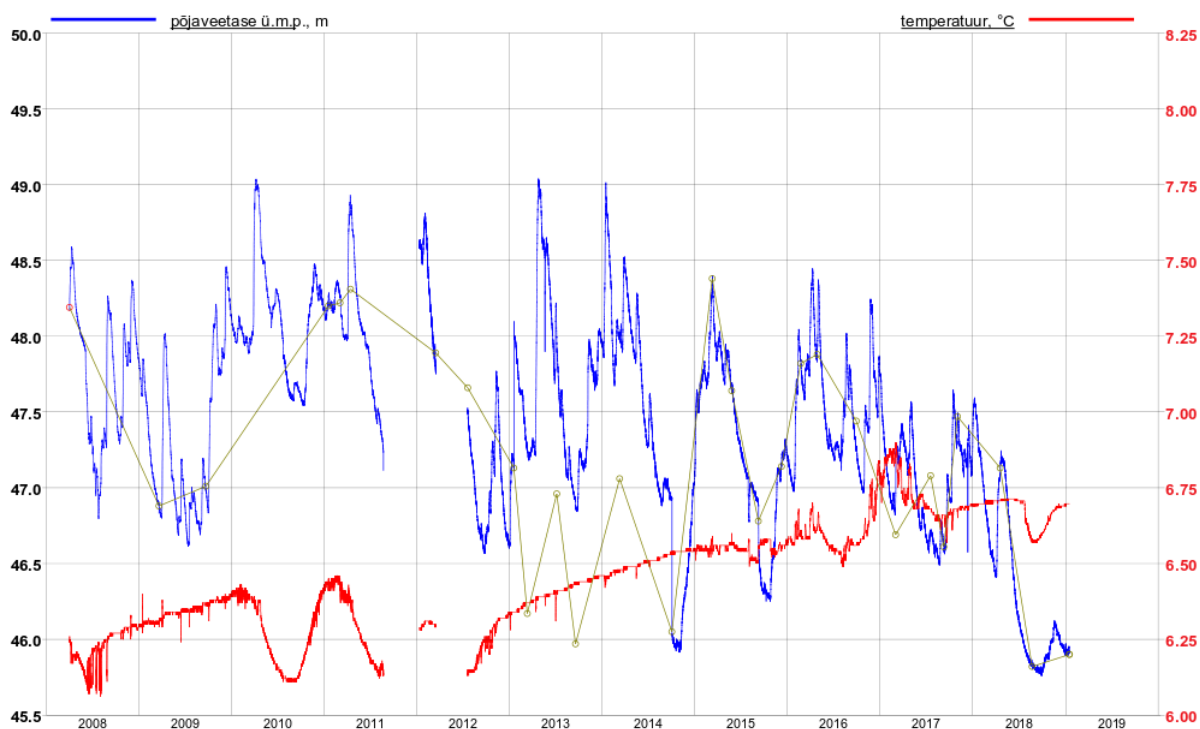
Arvila vaatlusposti Kvaternaari veekihti avavas vaatluskaevus nr. 20975 on veetaseme muutuste amplitud perioodil 2008-2019 olnud ~1,5 m, mis on mõnevõrra väiksem maapinnalähedase veekihi põhjaveetasemete looduslikust amplituudist (joonis 8). Kuna vaatluskaev paikneb sügava kuivenduskraavi nõlval, siis ei pruugi selle veetase peegeldada ainult muutusi vabapinnalises Kvaternaari veekihis, vaid selle veetasemed võivad olla teatud ulatuses mõjutatud ka veetasemest kuivenduskraavis. Viimane võib madalveeperioodil kompenseerida vabapinnalises veekihis toimuvat veetaseme langust ning hoida vaatluskaevu veetaset kõrgveeperioodil ümbritseva alaga võrreldes madalamal tasemel.



**Joonis 9.** Arvila vaatlusposti Kvaternaari (Q) veekihti avava puurkaevu nr 20975 veetaseme ja vee temperatuuri muutus perioodil 2008–2019. Hallide ringidega on näidatud anduri kontrollimiseks käsitsi tehtud veetaseme mõõtmiste tulemused.

Põlevkivi tootuskihiga otseselt seotud Keila-Kukruse veekihti avavas vaatluskaevus nr. 20976 on põhjaveetasemed kõikunud seireperioodi alguses sarnaselt Kvaternaari veekihi veetasemetele (joonis 10, 12). Selge muutus veetasemete varieerumise mustris toimub 2017. aastal. Sellest ajast alates on täheldatav veetasemete langus, mis ei ole enam otseselt seotud sesoonsete muutustega. On võimalik, et alates 2017. aastast on vaatluskaevu veetaset hakanud mõjutama Ojamaa kaevanduse veeärastus, mis on põhjustanud Keila-Kukruse veekihis survetasemete alanduslehtri laienemise. Sellele võimalusele osutavad ka käesoleva uuringu raames läbi viidud hüdrodünaamilise modelleerimise tulemused (joonis 17). Siiski on lõplike järelduste tegemiseks vaja jälgida põhjaveetasemete muutusi pikema aja jooksul. 2018. aastal, mil kõige suuremad veetasemete muutused aset leidsid, registreeriti piirkonnas

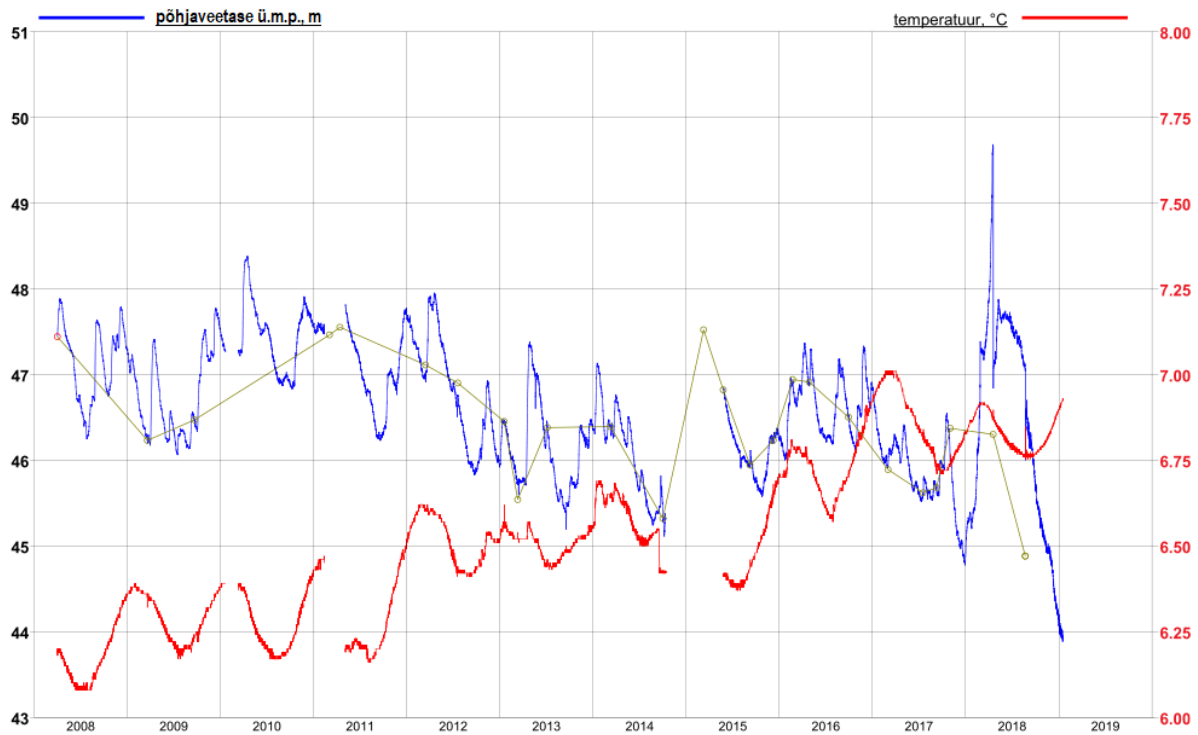
anomaalselt väike sademete hulk (Ilmateenistus, 2018). See võis samuti põhjaveetasemete langust mõjutada.



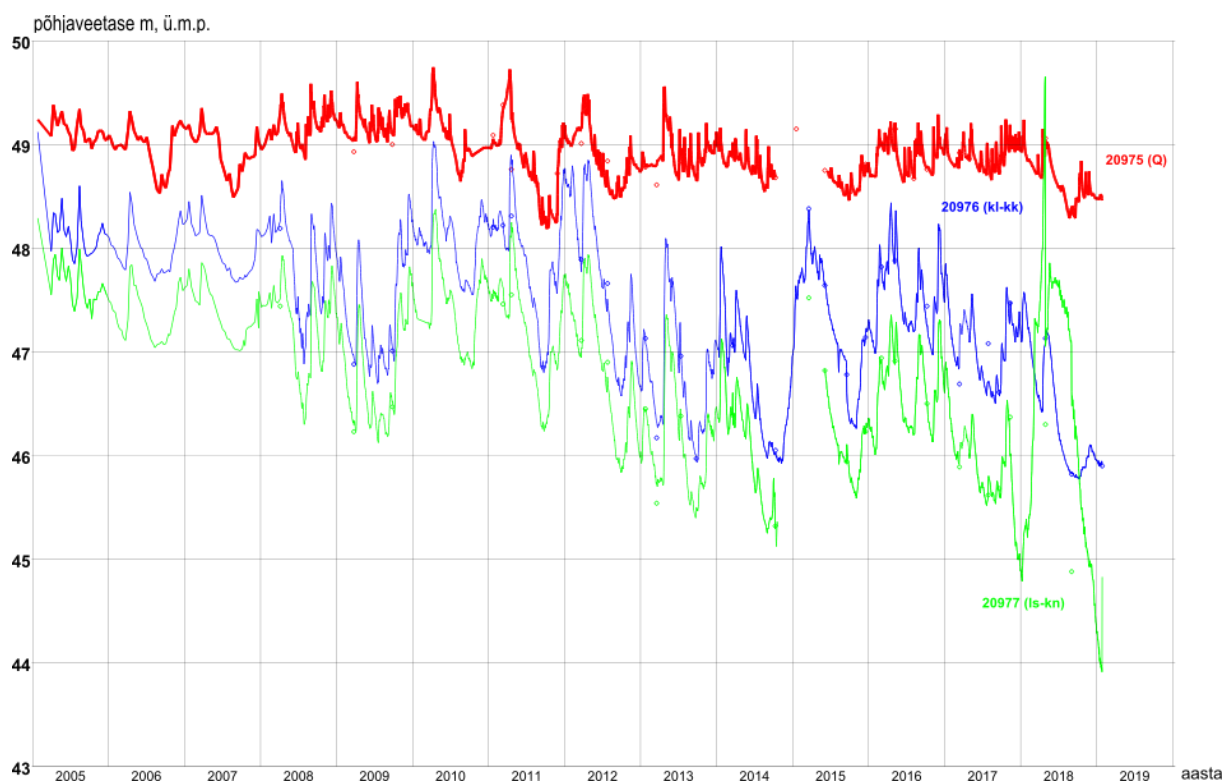
**Joonis 10.** Arvila vaatlusposti Keila-Kukruse ( $O_3$ kl-kk) veekihti avava puurkaevu nr 20976 veetaseme ja vee temperatuuri muutus perioodil 2008–2019. Hallide ringidega on näidatud anduri kontrollimiseks käsitsi tehtud veetaseme mõõtmiste tulemused.

Arvila vaatlusposti sügavaimas, Lasnamäe-Kunda veekihti avavas vaatluskaevus nr. 20977 on veetasemed muutunud sarnaselt lasuva Keila-Kukruse veekihi veetasemetega (joonis 11, 12). Selle kaevu vaatlusreas võib tinglikuks veetasemete langusele pöördumise punktiks lugeda 2014. aastat, mil veetase stabiliseerus varasema perioodiga võrreldes ~1 m madalamale tasemele. Selle muutuse kõige tõenäolisem põhjus on Ojamaa kaevanduse poolt Lasnamäe-Kunda veekihis tekitatud alanduslehtri mõju jõudmine Arvila vaatlusposti Lasnamäe-Kunda kaevu. Lasnamäe-Kunda veekihis levib põhjavee survetaseme alanduslehter töötavatest kaevandustest palju kaugemale kui lasuvas Keila-Kukruse veekihis (Boldõreva & Savitski, 2005). Seepärast võib kaevanduse veekõrvalduse mõju Lasnamäe-Kunda veekihi veetasemetele avalduda enne, kui on märgata veetasemete muutust Keila-Kukruse põhjaveekihis.

Vaatluskaevu nr. 20977 veetasemete vaatlusreas esinev anomaalne veetaseme tõus 2018. aasta kevadel on tõenäoliselt seotud lumesulavete ühekordse tungimisega vaatluskaevu. Seda hüpoteesi toetab samaaegne muutus põhjavee temperatuuris, sest 2018. aasta kevadine vee temperatuuri tõus on eelnevate aastatega võrreldes palju väiksem (joonis 11). Ka on 2018. aasta aprillis määratud vee üldkeemilise ja isotoopkoostise tulemused erinevad 2018. aasta augustis võetud proovide tulemustest (tabel 2, 3).



**Joonis 11.** Arvila vaatlusposti Lasnamäe-Kunda ( $O_3$ Is-*kn*) veekihti avava puurkaevu nr 20977 veetaseme ja vee temperatuuri muutus perioodil 2008–2019. Hallide ringidega on näidatud anduri kontrollimiseks käsitsi tehtud veetaseme mõõtmiste tulemused.

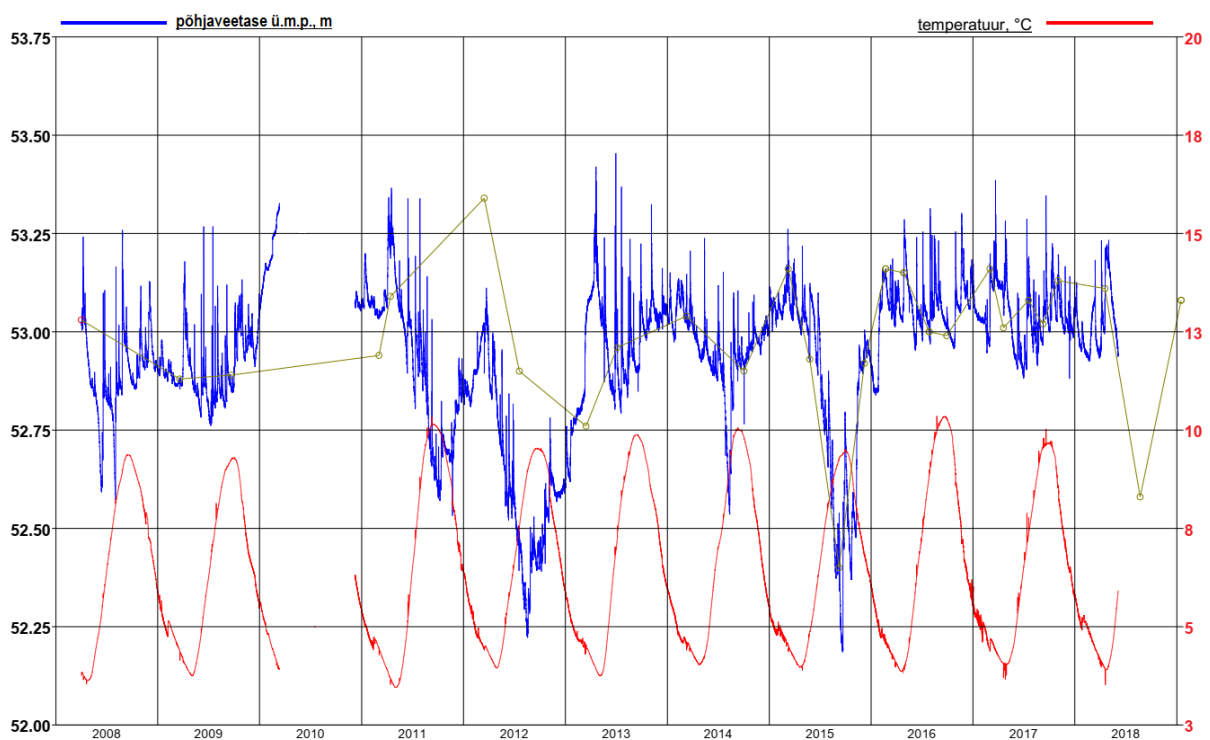


**Joonis 12.** Ojamaa kaevälja Arvila vaatlusposti vaatluskaevude veetasemete muutus kogu seireperioodi vältel aastatel 2005–2019. Punase värviga on tähistatud Kvaternaari veekihti avava vaatluskaevu nr. 20975 veetaseme muutus, sinisega Keila-Kukruse veekihti avava vaatluskaevu nr. 20976 veetaseme muutus ning rohelisega Lasnamäe-Kunda veekihti avava vaatluskaevu nr. 20977 veetaseme muutus. Ringidega on näidatud anduri kontrollimiseks käsitsi mõõdetud veetasemed.

### Muraka vaatluspostis paiknevate puurkaevude veetasemed

Muraka vaatluspost paikneb Arvila vaatluspunktist lõunas Muraka soostiku serval (joonis 3). Kahte vaatluskaevude gruppi eraldab Ahtme rike, millest lõunas levib Keila-Kukruse veekihi peal ka aluspõhjaline Nabala-Rakvere veekiht.

Sarnaselt Arvila vaatlusposti Kvaternaari veekihti avavale vaatluskaevule on ka Muraka vaatlusposti Kvaternaari veekihti avavas kaevus (nr. 20978) veetasemete kõikumise amplituud väiksem piirkonna looduslikust veetasemete amplituudist (joonis 8) maapinnalähedases veekihis, olles perioodil 2008-2019 ~1 m (joonis 13). Muraka vaatlusposti Kvaternaari vaatluskaev paikneb samuti sügava kuivenduskraavi nõlval ja seetõttu võib veetasemete kõikumine ka siin olla osaliselt kontrollitud veetasemest kuivenduskraavis. Üldiselt jälgivad veetasemete muutused Kvaternaari vaatluskaevus põhjavee infiltreerumise sesoonset režiimi ja üldine põhjaveetaseme langus ei ole seireperioodil täheldatav.

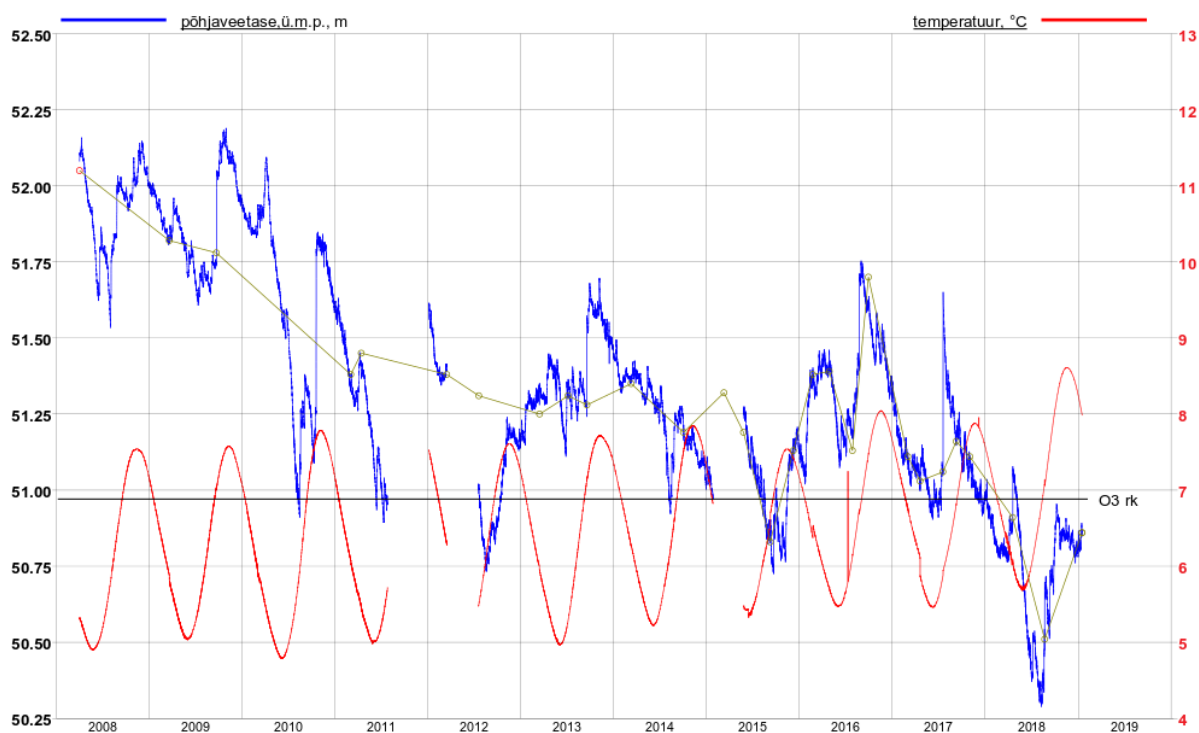


**Joonis 13.** Muraka vaatlusposti Kvaternaari (Q) veekihti avava puurkaevu nr 20978 veetaseme ja vee temperatuuri muutus perioodil 2008–2019. Hallide ringidega on näidatud anduri kontrollimiseks käsitsi tehtud veetaseme mõõtmiste tulemused.

Suuremad veetasemete muutused iseloomustavad Muraka vaatlusposti Nabala-Rakvere ja Keila-Kukruse veekihti avavaid vaatluskaeve (nr. 20979, 20980; joonis 14, 15). Mõlema kaevu veetasemete režiimis on lisaks sesoonsetele muutustele nähtav ka üldine veetasemete langustrend (joonis 16). Eriti järsult on veetasemed langenud Keila-Kukruse veekihti avavas vaatluskaevus ajavahemikul 2017-2019, kui veetase langes ~2,5 m võrra. Väiksem, ~1 m amplituudiga muutus on sama kaevu veetasemete vaatlusreas täheldatav 2010. aastal (joonis 15). Sarnased, aga väiksema amplituudiga muutused, toimuvad Keila-Kukruse veekihil lasuvat Nabala-Rakvere veekihti avavas vaatluskaevus nii 2010. kui ka 2017. aastal (joonis 14, 16).

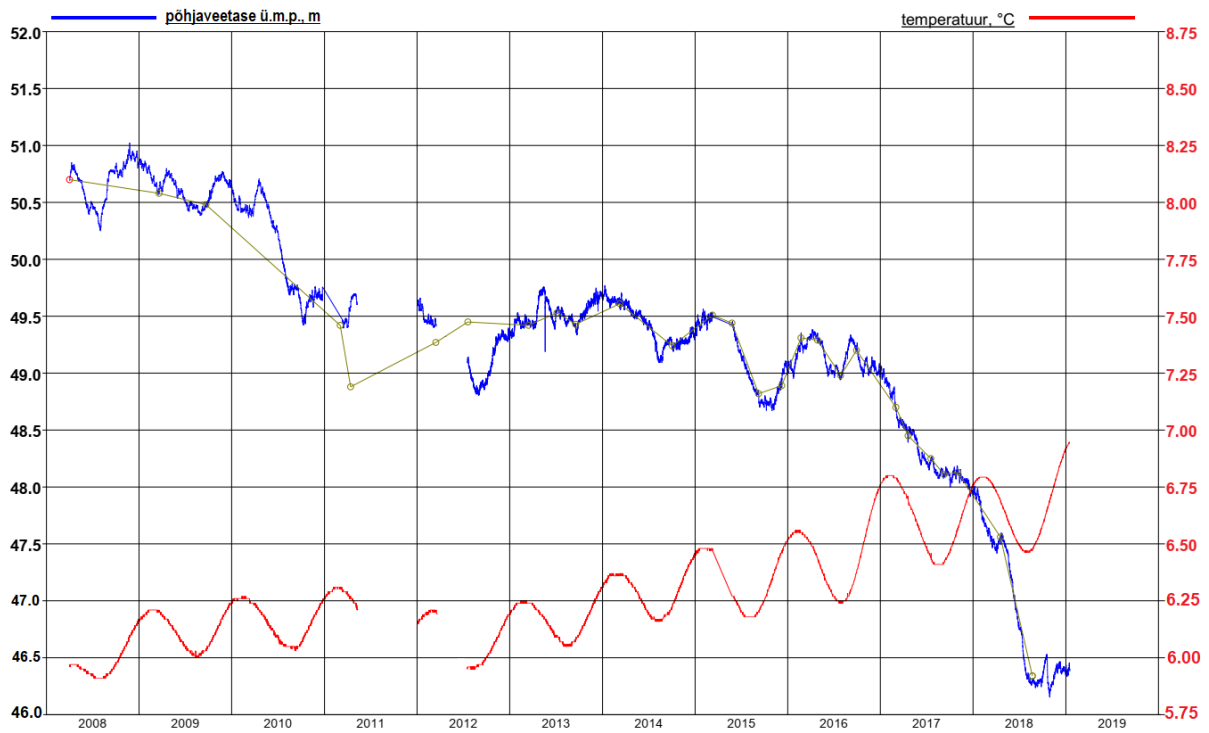
Kui võrrelda Nabala-Rakvere vaatluskaevu veetaseme absoluutkõrgust 2019. aasta jaanuaris (50,86 m; lisa 6) Rakvere lademe ülemise piiri absoluutkõrgusega (50,93 m) nähtub, et Nabala-Rakvere veekihi veetase paikneb Rakvere lademe kivimite ülemisest piirist madalamal (joonis

14). See tähendab, et veetaseme langedes on Nabala-Rakvere veekiht Muraka vaatlusposti piirkonnas muutunud surveisest põhjaveekiht vabapinnaliseks. Ühelt poolt toetab see järeldust, et praegu kasutuses oleva Kvaternaari kaevu veetaset kontrollib suuresti selle kõrval asuv kuivenduskraav. Teiseks viitab see aga võimalusele, et ka Ratva raba alt on surveiline põhjaveekiht kadunud ja põhjavee toide soo servaaladele võib olla oluliselt vähenenud. Sellises olukorras on tõenäoline, et vesi liigub peamiselt läbi soosetete sügavamale aluspõhjalisse veekihti. Seda oletust tuleks kontrollida, paigaldades veetaset mõõtvad plesomeetrid soosetete alla mineraalsesse pinnakatesse.

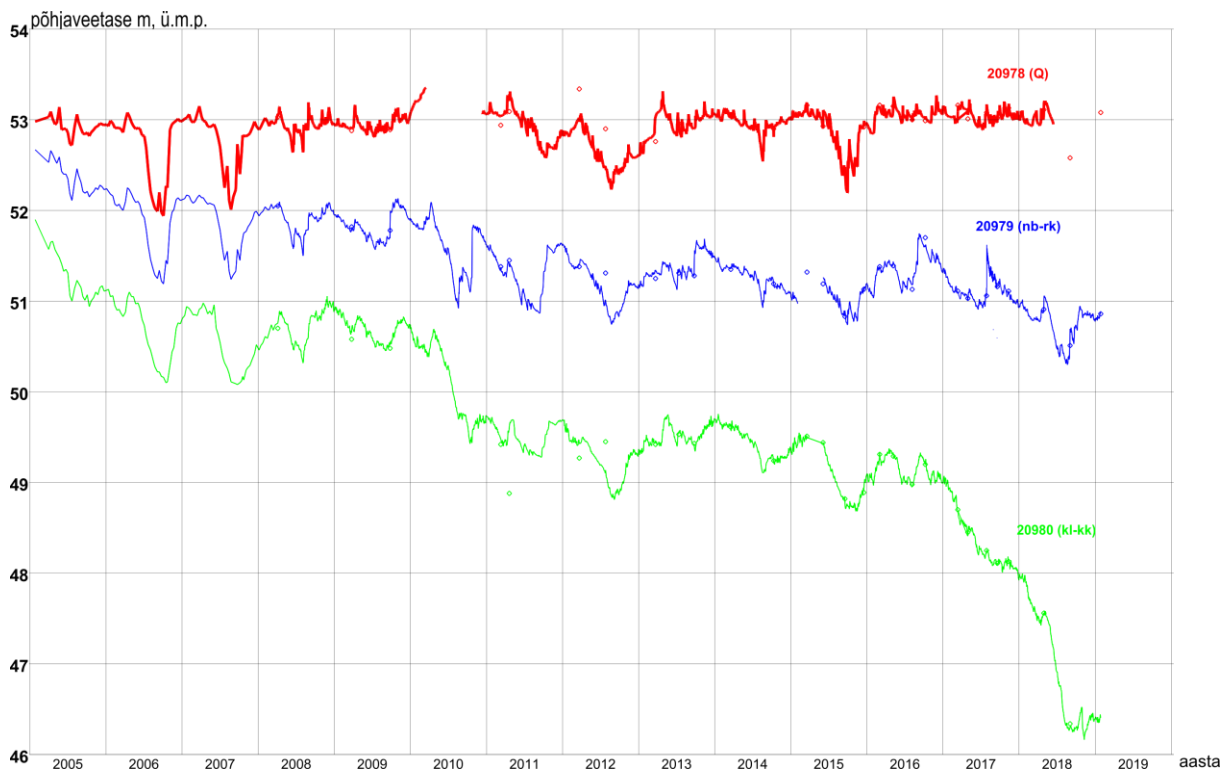


**Joonis 14.** Muraka vaatlusposti Nabala-Rakvere ( $O_3rk$ ) veekihti avava puurkaevu nr 20979 veetaseme ja vee temperatuuri muutus perioodil 2008–2019. Hallide ringidega on näidatud anduri kontrollimiseks käsitsi tehtud veetaseme mõõtmiste tulemused. Must joon  $O_3rk$  kirjeldab Rakvere lademe karbonaatkivimite ülemise piiri absoluutkõrgust.

Kirjeldatud muutused vaatluskaevude veetasemetes viitavad häiringule Muraka vaatlusposti piirkonna põhjaveerežiimis, mille mõju ulatub mitmesse aluspõhjalisse veekihti. Seda veetasemete alanemist on raske seostada ainult Ojamaa kaevanduse veeärastusega, sest kaevandusele lähemal paiknevas Arvila vaatluspostis olid veetaseme muutused Keila-Kukruse veekihtis palju väiksemad kui Muraka vaatlusposti sama veekihti avavas kaevus. Samuti eraldab kahte vaatluskaevude gruppi Ahtme rikkevöönd, mis peaks takistama kaevandamistegevusest tingitud põhjavee alandusleetri arengut piirkonnas (Perens & Savitski, 2010). Nendele argumentidele tuginedes on tõenäoline, et Muraka vaatlusposti vaatluskaevudes avaldub teatud ulatuses ka vaatluspostist läänes paikneva AS Enefit Kaevandustele kuuluva Estonia kaevanduse mõju, sest ühtegi teist suurt põhjavee tarbijat piirkonnas ei ole. Oluline on lisada, et Ojamaa ja Estonia kaevanduste lähimad kuivendusstrekid paiknevad Muraka vaatluspostist peaaegu võrdsel kaugusel.

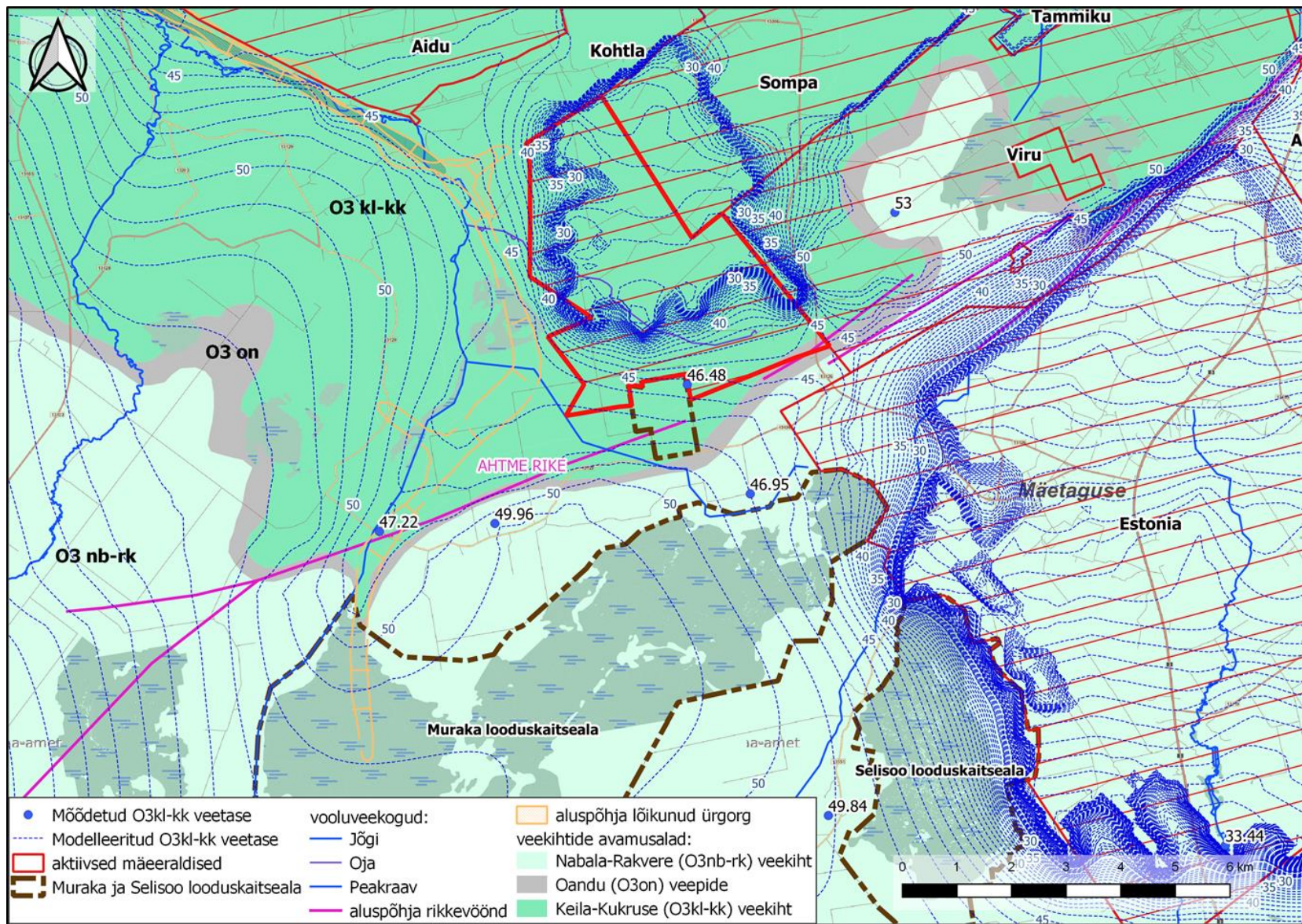


**Joonis 15.** Muraka vaatlusposti puurkaevu Keila-Kukuruse (O<sub>3</sub>kl-kk) veekihti avava puurkaevu nr 20980 veetaseme ja vee temperaruuti muutus perioodil 2008–2019. Hallide ringidega on näidatud anduri kontrollimiseks käsitsi tehtud veetaseme mõõtmiste tulemused.



**Joonis 16.** Ojamaa kaevevälja Muraka vaatlusposti kolme erinevat põhjaveekihti avava vaatluskaevu veetasemete muutus kogu seireperioodi vältel aastatel 2005–2019. Punase värviga on tähistatud Kvaternaari veekihti avava vaatluskaevu nr. 20978 veetaseme muutus, sinisega Nabala-Rakvere veekihti avava vaatluskaevu nr. 20979 veetaseme muutus ning rohelisega Keila-Kukuruse veekihti avava vaatluskaevu nr. 20977 veetaseme muutus. Ringidega on näidatud anduri kontrollimiseks käsitsi mõõdetud veetasemed.

Uuringu käigus läbiviidud hüdrokeoloogilise modelleerimise tulemused näitavad, et Estonia kaevanduse poolt tekitatud alandusleetri mõju Muraka vaatlusposti Keila-Kukruse veekihile on võimalik (joonis 17). Estonia kaevanduse võimalik mõju Muraka vaatlusposti Keila-Kukruse ja Nabala-Rakvere veekihti avavate vaatluskaevude veetasemetele vajab tulevikus põhjalikumat uurimist.



Joonis 17. Mõõdetud ja modelleeritud veetasemed Keila-Kukruse veekihis 2018. aastal.

## 4.2 Pinna- ja põhjavee keemiline koostis

### 4.2.1 Muraka soostiku vee keemiline koostis

Kõige üldisemalt eristab rabavett teistest looduslikest pinnavetest madal mineraalainete sisaldus, suur orgaanilise aine (humiin- ja fulvohapped; PHT väärtus) ja lämmastikühendite ( $\text{NH}_4^+$ ) kontsentratsioon, väga väike  $\text{HCO}_3^-$  kontsentratsioon, pruun värvus ja happeline reaktsioon (Valk, 1988; Andresmaa, 1998; Andresmaa & Kink, 1998). Lisaks väikestele  $\text{HCO}_3^-$  kontsentratsioonile on rabaveele iseloomulikud ka  $\text{Cl}^-$  ja  $\text{SO}_4^{2-}$  ionide väikesed sisaldused (1–4 mg/L; Andresmaa & Kink, 1998). Vee orgaanilise aine sisaldust kirjeldav oksüdeeritavus (PHT) ja mineraalainete sisaldus on rabavees kõige väiksemad vegetatsiooniperioodi alguses ja suurenevad vegetatsiooniperioodi jooksul (Valk, 1988; Andresmaa, 1998). Selle põhjuseks on bioloogiliste protsesside intensiivistumine ja auramise kasvav mõju, millega kaasneb turba kiirem mineraliseerumine ja anorgaaniliste ionide kontsentratsiooni suurenemine (Andresmaa, 1998). Madal- ja siirdesoo pinnavees esinevad rabaveega võrreldes suuremad  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ja  $\text{HCO}_3^-$  kontsentratsioonid (Valk, 1988). Raba servaaladel, siirdesoo lähedal suurenevad ka vee orgaanilise aine kontsentratsioonid (Andresmaa, 1998).

Muraka soostiku vaatluspunktides määratud pinnavee kvaliteet ei ole kahe viimase aasta jooksul märkimisväärselt muutunud (tabel 2). Soostiku erinevate sootüüpide vett iseloomustab väike mineraalsus (67-271 mg/L), nõrgalt happeline kuni happeline reaktsioon (pH 4,3-6,1) ning ümbritsevatest põhjaveekihtidest suuremad PHT,  $\text{NH}_4^+$  ja üldraua kontsentratsioonid (2018. aastal vastavalt 30-133 mgO<sub>2</sub>/L; 0,9-4,9 mg/L ja 0.2-0.89 mg/L; tabel 2).

Põhjavee pH väärtus (4,5-5,7) on suurem madalsoometsa vaatluspunktis MU-1 ja väiksem lageraba vaatluspunktis MU-3 (4,4-5,0). See näitab põhjavee suuremat osakaalu madalsoo vees moodustumisel ja sademete valdavalt osakaalu lageraba vees. Sademete olulisusele lageraba vees osutavad ka lahustunud anorgaaniliste ionide väga väikesed sisaldused -  $\text{Ca}^{2+}$  (<10 mg/L),  $\text{HCO}_3^-$  (<50 mg/L) ja  $\text{SO}_4^{2-}$  (<3,3 mg/L).

Muraka soostiku vaatluspunktide pinnavee keemilises koostises ei avaldu hetkel põlevkivikaevanduste mõju. Rabade kuivendamisega kaasneb pinnavee pH väärtuste kasv. Samuti võib eeldada, et rabavee keemias toimuvad kuivendamisel sarnased muutused, mida on täheldatud raba veetasemete langedes suvisel madalveeperioodil. Veetasemete langemisega rabas kaasneb vee mineraalainete sisalduse ja oksüdeeritavuse (PHT) suurenemine (Andresmaa, 1998). Käesoleval ajahetkel ei ole Muraka soostiku seirepunktide pinnavee keemias täheldatud kindlasuunalisi muutusi ei vee kuivjäägis ega PHT väärtustes (tabel 2).

Keemilistest indikaatoritest olulisem on jälgida muutusi vaatluspunktide veetasemetes, sest märgala kui ökosüsteemi toimimine on eelkõige mõjutatud veetasemete muutustest. Soostiku veetasemete pikaajaliste kõrvalekalletega kaasnevad hilisemad hüdokeemilised ja bioloogilised muutused. Sellest tulenevalt on oluline seirata veetasemete muutusi nii märgalal kui ka selle vahetus läheduses, sest veetaseme langusele esimeses aluspõhjalises veekihis võib järgneda veetasemete langus mineraalses pinnakattes, mis omakorda viib veetasemete languseni madalsoos ja rabas. Selleks, et taolisi veetasemete muutusi võimalikult varakult avastada, tuleks rajada vaatluskaevud põhjaveetasemete ja keemilise koostise seireks turba all olevasse mineraalpinnasesse nagu on tehtud lähedal asuvas Selisoo rabas (Hang jt., 2012).

**Tabel 2.** Muraka soostiku vaatluspunktide pinnavee keemiline koostis aastatel 2016-2018.

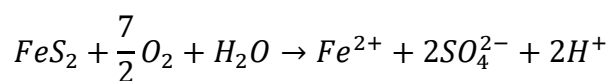
Katastri nr.	Seirepunkt	Kuupäev	pH	Elektri-juhtivus	Temp.	Lahus- tunud O <sub>2</sub>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Fe- üld	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> (vaba)	Kuiv- jääk	PHT	Üld- karedus	Karbon. karedus	Mitte- karb. karedus	Värvus	Läbi- paistvus	Sade	
				µS/cm	°C	%	mg/L															mgO <sub>2</sub> /L	Meq		kraadi				
100051	MU-1	18.04.2018	5.7	45.8	1.9	14.6	16.2	<0,6	1.0	1.0	1.27	0.38	42.7	<6,0	3.5	8.0	<0,4	0.081	2.9	30.8	139	75.9	0.81	0.70	0.11	>80	<4	pruun	
100051	MU-1	08.09.2017	4.5				4.8	<0,6	<0,6	<0,6	2.07	0.47	18.3	<6,0	3.5	<3,3	<0,4	<0,004	1.0	35.2	99	62.4	0.24			>80	<4	must	
100051	MU-1	16.06.2017	6.1				33.7	<0,6	1.8	<0,6	4.15	0.97	97.6	<6,0	11.7	<3,3	<0,4	<0,004		39.6	335	244.0	1.68		0.08	>80	<4	must	
100051	MU-1	28.09.2016	5.8				49.5	<0,6	2.0	<0,6	2.39	1.11	146.4	<6,0	3.5	12.0	<0,4	<0,004	10.6	61.6	285	107.2	2.47	2.40	0.07	>80	<4		
100051	MU-1	27.04.2016	5.0				30.7	3.8	2.0	1.0	11.65	5.31	91.5	<6,0	13.5	28.8	13.6	0.062	15.4	44.0	1470	608.0	1.84	1.50	0.34	>80	<4		
100052	MU-2	22.08.2018	6.1	102.2	19.3	61.0	17.2	2.3	2.5	3.5	4.80	0.89	85.4	<6,0	3.5	<3,3	<0,4	<0,004	10	13.2	271	110.2	1.05			>80	6	pruun	
100052	MU-2	18.04.2018	4.3	94.7	1.9	18.6	8.6	1.2	1.0	1.7	3.12	0.67	36.6	<6,0	6.7	<3,3	<0,4	0.007	1.8	44.0	162	99.0	0.53			>80	<4	pruun	
100052	MU-2	08.09.2017	4.8				14.4	<0,6	1.0	<0,6	4.66	0.83	54.9	<6,0	5.0	<3,3	<0,4	<0,004	2.5	81.4	243	148.6	0.72			>80	<4	pruun	
100052	MU-2	16.06.2017	4.5				8.6	<0,6	<0,6	<0,6	5.30	0.66	30.5	<6,0	3.5	6.0	<0,4	<0,004		28.6	211	196.0	0.43			>80	<4	must	
100052	MU-2	28.09.2016	4.0				10.4	<0,6	<0,6	0.7	4.14	0.86	42.70	<6,0	3.5	<3,3	<0,4	<0,005	2.3	92.4	238	118.4	0.52			>80	<4		
100052	MU-2	27.04.2016	4.1				28.7	<0,6	1.0	1.0	4.27	2.06	79.3	<6,0	11.7	<3,3	8.5	0.051	4.8	127.6	490	200.0	1.43	1.30	0.13	>80	<4		
100053	MU-3	21.08.2018	5.0	85.7	18.0	38.0	9.6	<0,6	3	3.0	4.92	<0,02	48.8	<6,0	6.7	<3,3	<0,4	<0,004	2.5		227	132.8	0.48			>80	<4	pruun	
100053	MU-3	18.04.2018	4.4	26.7	5.7	49.2	2.8	<0,6	<0,6	1.0	0.89	0.21	12.2	<6,0	3.5	<3,3	<0,4	<0,004	1.0	15.4	67	29.7	0.14			>80	<4	pruun	
100053	MU-3	08.09.2017	7.0				39.5	1.7	2.0	1.0	1.84	2.10	121.8	<6,0	6.7	<3,3	<0,4	0.005	15	30.8	291	88.3	2.11	2.10	0.01	>80	<4	must	
100053	MU-3	16.06.2017	4.4				4.8	<0,6	<0,6	<0,6	2.32	0.38	18.3	<6,0	3.5	<3,3	<0,4	<0,004		30.8	77.5	56.8	0.24			>80	<4	must	
100053	MU-3	28.09.2016	3.9				8.2	<0,6	<0,6	<0,6	2.42	0.42	30.50	<6,0	3.5	<3,3	<0,4	<0,006	0.3	37.4	85.5	48.0	0.41			>80	<4		
100053	MU-3	27.04.2016	3.9				20.4	<0,6	1.0	1.7	2.72	0.51	61.0	<6,0	10.3	<3,3	4.1	0.009	5.2	96.8	131	50.4	1.00	1.00		>80	<4		
<i>määramispiir (EGT Labor)</i>							<b>1.0</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.07</b>	<b>0.02</b>	<b>6.0</b>	<b>6.0</b>	<b>3.5</b>	<b>3.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.004</b>	<b>0.4</b>	<b>2.2</b>		<b>0.5</b>							

#### 4.2.2 Ojamaa kaevevälja põhjavee keemiline koostis

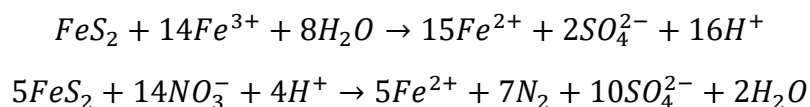
Ida-Viru Ordoviitsiumi põlevkivibasseini ala põhjavee keemilist koostist mõjutab oluliselt põlevkivi kaevandamine. Muutused põhjavee keemilises koostises on seotud kaevandustegevuse käigus toimuvate muutustega veekihtide veetasemetes. Põhjavee keemilist koostist ei mõjuta mitte ainult tegutsevad kaevandused, vaid ka suletud kaevandused ja karjäärid. Viimaste puhul on mõju põhjavee keemilisele koostisele kõige suurem vahetult peale sulgemist, kui põhjaveetasemete taastumine on kõige kiirem (Erg, 2005).

Põlevkivi kaevandamisest mõjutatud põhjavees on võrreldes looduslikus seisundis oleva Ordoviitsiumi veekihtide põhjaveega suurenenud  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Ca^{2+}$  ja kohati ka  $Mg^{2+}$  kontsentratsioonid ning üldkaredus (Savitski, 2000; Erg, 2005; Reinsalu jt., 2006). Lisaks anorgaanilistele ionidele on põlevkivikaevanduste piirkonna põhjavees täheldatud ka suuremaid orgaaniliste ainete sisaldusi (nt. fenoolid, naftasaadused, benseen, PAH, Reinsalu jt., 2006; Infragate AS, 2015). Kuna käesolevas seires orgaaniliste ainete sisaldusi põhjavees ei määratud, siis järgnevas arutelus neid ei käsitleta.

Põlevkivi kaevandamistegevusega kaasneb aeratsioonivöö laienemine, aeratsioonitingimuste muutumine ja õhuhapniku ligipääs varem anaeroobsetes tingimustes olnud kivimi- ja settekihtidele. Selle tulemusel hakkavad aeroobsete tingimustega mittetasakaalus olevad mineraalid lahustuma ja põhjavette vabanevad nende lahustumissaadused. Olulisimaks lahustuvaks mineraaliks, mis põhjavee keemilist koostist mõjutab, on püriit ( $FeS_2$ ). Püriidi lahustumine (oksüdatsioon) toimub tavaliselt aeroobses keskkonnas õhuhapniku toimel (Langmuir, 1997):



Kuna tegemist on redoksreaktsiooniga, siis mängib protsessis olulist rolli bakterite katalüüsiv tegevus. Teatud tingimustel võib püriidi oksüdatsioon jätkuda ka anaeroobses keskkonnas. Sellisel juhul on reaktsiooni redutseeruvaks osapooleks hapniku asemel kas raud(III)-ioon või nitraat ja protsess kulgeb aeroobsete tingimustega võrreldes palju aeglasemalt (Langmuir, 1997; Appelo & Postma, 2005):



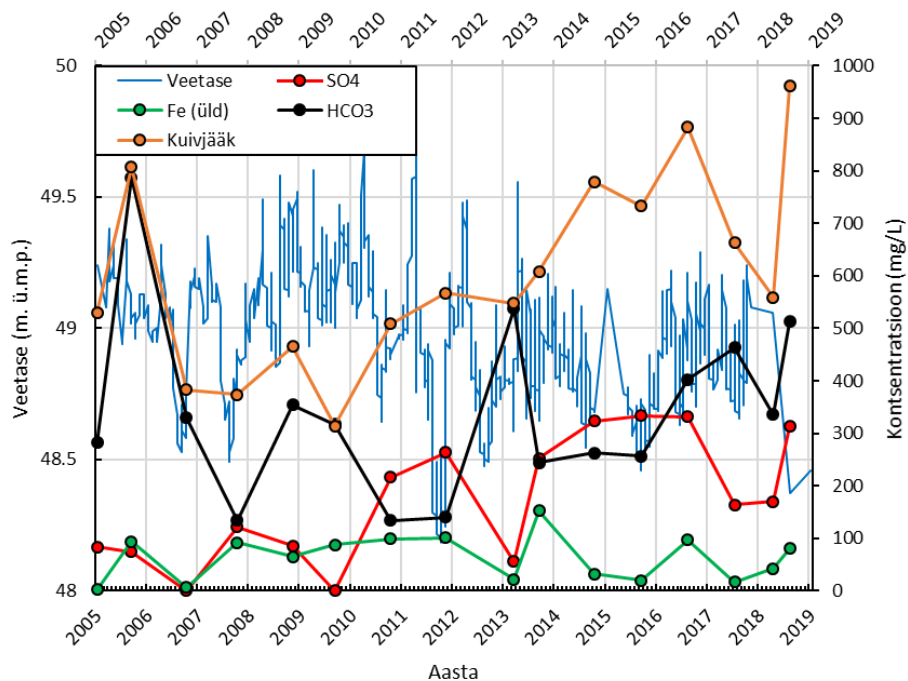
Püriidi lahustumise tulemusena kasvab põhjavee  $SO_4^{2-}$  sisaldus ja langeb selle pH. Viimane soodustab omakorda Ordoviitsiumi veekihte moodustavate karbonaatsete mineraalide, kaltsiidi ja dolomiidi lahustumist, mille toimel suureneb põhjavee  $Ca^{2+}$ ,  $HCO_3^-$  ja  $Mg^{2+}$  kontsentratsioon. Püriidi lagunemisel tekkinud  $Fe(II)$ -ioon püsib lahuses ainult anaeroobsetes tingimustes ja õhuhapnikuga kokku puutudes settib lahusest välja (Appelo & Postma, 2005). Seepärast ei kasva põhjavee üldraua kontsentratsioonid püriidi oksüdeerumisel väga suureks (<2 mg/L; Reinsalu jt., 2006), kuigi selle sisaldused võivad ületada joogiveele kehtestatud piirväärtust (0,2 mg/L; Sotsiaalministri 31. 07. 2001. a määrus nr. 82). Teatud juhtudel, kui rauarikas põhjavesi seguneb rohkelt lahustunud orgaanilist ainet sisaldava (raba)veega, võib raua väljasettimine pinnaveest olla takistatud ja raua kontsentratsioonid püsivad suurtena (Langmuir, 1997).

Kõigi kirjeldatud protsesside tulemusena muutub Ordoviitsiumi veekihtide põhjavee looduslik Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> veetüüp põlevkivikaevanduste mõjupiirkonnas Ca-(Mg)-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> või Ca-(Mg)-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> tüübiks ning selle SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> kontsentratsioonid võivad ulatuda 400-600 mg/L ja suletud kaevanduste täitumisel isegi >1000 mg/L (Erg, 2005).

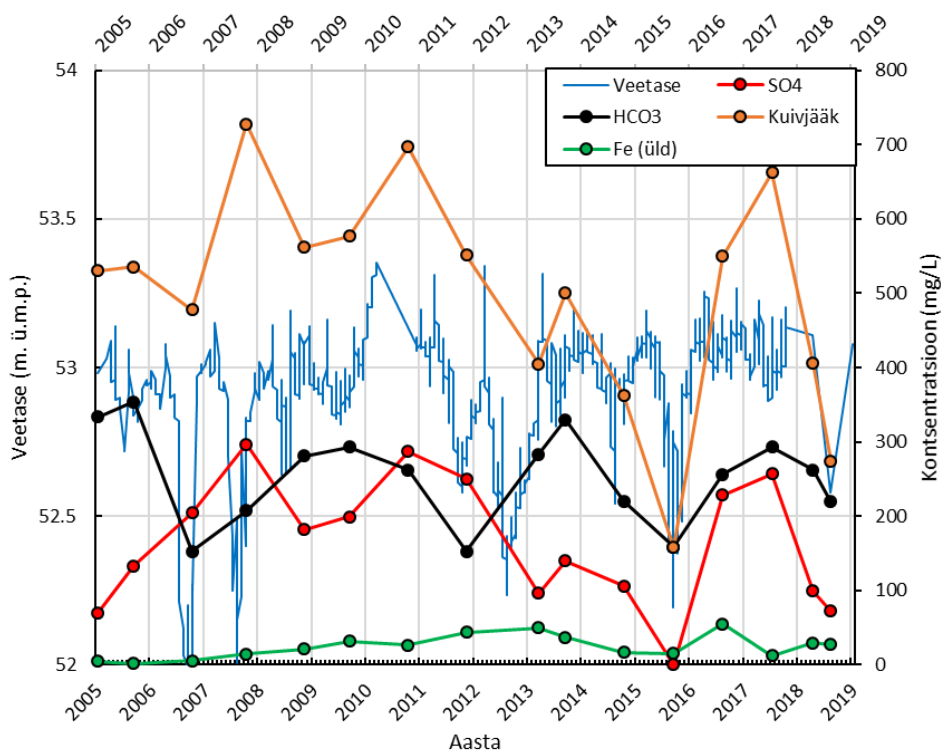
Kaevandustest toimuva veeärastuse tulemusena satub sulfaadirikas põhjavesi pumplate kaudu kaevandustest settebasseinidesse, kust voolab edasi ümbruskonna pinnaveekogudesse. Sulfaadirikas vesi võib maapinnale jõuda ka suletud kaevanduste täitumisel. Nii on sulfaadi kontsentratsioonide järsk tõus põlevkivibasseini lähedastes pinnaveekogudes selgeks märgiks kaevandustegevuse mõjust. Näiteks Ahtme kaevanduse läheduses olevate Kurtna järvede vees suurenesid SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> sisaldused põlevkivi kaevandamise mõjul looduslikult tasemelt 1-7 mg/L kontsentratsioonideni 160-260 mg/L (Erg, 2003).

Ojamaa kaevälja vaatluskaevude vee keemilises koostises on kõige suuremad muutused seireperioodil 2005-2018 toimunud Kvaternaari veekihti avavates vaatluskaevudes nr. 20975 ja 20978 (joonis 18, 19; tabel 3). Muutunud on nii vee mineraalsus (kuivjääk) kui ka vee keemiline tüüp. Põhjavee mineraalsuse suurenedes on suurenenud ka vee Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ja SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> kontsentratsioonid. Arvila vaatlusposti vaatluskaevus nr. 20975 on mineraalsust kirjeldav kuivjääk perioodil suurenenud algselt kontsentratsioonilt 530 mg/L 2018. aastaks väärtuseni 960 mg/L. Põhjavesi on samal ajal muutunud Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> tüüpi veest Ca-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> tüüpi veeks. Sulfaatide kontsentratsioon puurkaevu vees on seireperioodil suurenenud ~200 mg/L võrra olles 2018. aasta augustis 313 mg/L (joonis 18). Kuigi SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> kontsentratsioonid olid aastatel 2016-2017 väiksemad, toimus viimasel seireaastal märkimisväärne SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> kontsentratsiooni suurenemine seireperioodil registreeritud maksimaalsete kontsentratsioonide lähedasele tasemele (joonis 18).

Muraka vaatlusposti vaatluskaevus nr. 20978 on põhjavee mineraalsuse variatsioon seireperioodi vältel olnud suurem kui Arvila vaatlusposti Kvaternaari veekihti avavas vaatluskaevus (kuivjääk 158-728 mg/L). Selle kaevu vees ei esinenud ka sulfaadi kontsentratsiooni märgatavat kasvutrendi seireperioodi jooksul (joonis 19). Sulfaatide kontsentratsioon on seireperioodil muutunud vahemikus alla määramispiiri (<3,3 mg/L) kuni 297 mg/L. Suuremate sulfaadi kontsentratsioonide korral on ka Muraka seirepunktis Kvaternaari veekihi põhjavee veetüüp muutunud Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> tüüpi veest Ca-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> tüüpi veeks. Kui Arvila vaatlusposti Kvaternaari kaevu vee mineraalsus ja sulfaatide sisaldus on 2016. ja 2017. aastal mõõdetud tulemustega samal tasemel (joonis 18), siis Muraka Kvaternaari vaatluskaevu vees on sulfaatide kontsentratsioon 2018. aastal võrreldes kahe varasema aastaga vähenenud (joonis 19).



**Joonis 18.** Valitud keemilist koostist kirjeldavate parameetrite (sulfaat, üldraud, vesinikkarbonaat ja kuivjääk) muutus Kvaternaari veekihti avavas vaatluskaevus nr. 20975 koos veetasemete muutusega perioodil 2005–2018.



**Joonis 19.** Valitud keemilist koostist kirjeldavate parameetrite (sulfaat, üldraud, vesinikkarbonaat ja kuivjääk) muutus Kvaternaari veekihti avavas vaatluskaevus nr. 20978 koos veetasemete muutusega perioodil 2005–2018.

**Tabel 3.** Ojamaa kaevevälja vaatluskaevude vee keemiline koostis 2018. aastal. Joogiveele kehtestatud piirsaldusest kõrgemad kontsentratsioonid on tähistatud oranži värviga.

Katastri nr.	Vaatluskaev	Kuupäev	pH	Elektri-juhtivus	Temp.	Lahustunud O <sub>2</sub>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Fe-üld	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub>
				µS/cm	°C	%	mg/L												
20975	Arvila, I-1	22.08.2018	7.5	891	10.4	31	209.4	43.3	1.0	4.3	4.63	80.7	512.4	<6,0	3.5	312.7	<0,4	<0,004	5.1
20975	Arvila, I-1	18.04.2018	7.1	759	5.5	34	146.7	17.4	2.0	3.0	0.56	42.0	335.5	<6,0	3.5	170.4	3.6	0.107	4.0
20976	Arvila, I-2	22.08.2018	7.1	402	7.3	3.0	101.0	17.9	4.5	2.0	0.18	7.0	317.2	<6,0	3.5	90.5	<0,4	<0,004	10.6
20976	Arvila, I-2	18.04.2018	7.3	584	7.1	0.7	76.2	19.7	11.3	4.7	0.00	5.0	341.6	<6,0	5.0	25.1	<0,4	<0,004	10.8
20977	Arvila, I-3	22.08.2018	7.9	325	8	11	15.2	16.8	60.0	5.5	0.00	3.5	292.8	<6,0	18.4	<3,3	<0,4	<0,004	5.3
20977	Arvila, I-3	18.04.2018	8.2	521	7.4	2.8	17.2	13.2	72.9	6.0	0.00	1.7	280.6	6.0	22.0	<3,3	<0,4	<0,004	5.8
20978	Muraka, II-1	21.08.2018	6.9	436	11.9	13	61.9	15.6	1.0	1.0	0.96	26.7	219.6	<6,0	3.5	72.0	<0,4	<0,004	2.9
20978	Muraka, II-1	18.04.2018	7.0	327	3.3	37	96.2	12.2	4.5	4.0	0.50	29.2	262.3	<6,0	8.5	99.2	1.3	0.101	2.8
20979	Muraka, II-2	21.08.2018	6.9	406	8.3	7.0	97.2	23.1	4.8	4.0	0.93	8.3	396.5	<6,0	3.5	32.1	<0,4	<0,004	13
20979	Muraka, II-2	18.04.2018	7.2	524	5.6	2.9	72.3	12.8	4.5	3.0	0.48	24.2	274.5	<6,0	3.5	18.0	<0,4	<0,004	8.6
20980	Muraka, II-3	21.08.2018	7.0	428	7.8	1.0	59.9	44.5	15	10.0	0.20	0.1	475.8	<6,0	3.5	<3,3	<0,4	<0,004	7.5
20980	Muraka, II-3	18.04.2018	7.3	722	6.9	2.4	61.9	43.3	16.7	12.0	0.00	0.2	488.0	<6,0	3.5	<3,3	<0,4	<0,004	7.7
<i>määramispiir (EGT Labor)</i>							<b>1.0</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.07</b>	<b>0.02</b>	<b>6.0</b>	<b>6.0</b>	<b>3.5</b>	<b>3.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.004</b>	<b>0.4</b>
<i>piirsaldus*</i>				<b>2500</b>					<b>200</b>		<b>0.5</b>	<b>0.2</b>			<b>250</b>	<b>250</b>	<b>50</b>	<b>0.5</b>	

\* Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid; RT I, 27.09.2017, 2.

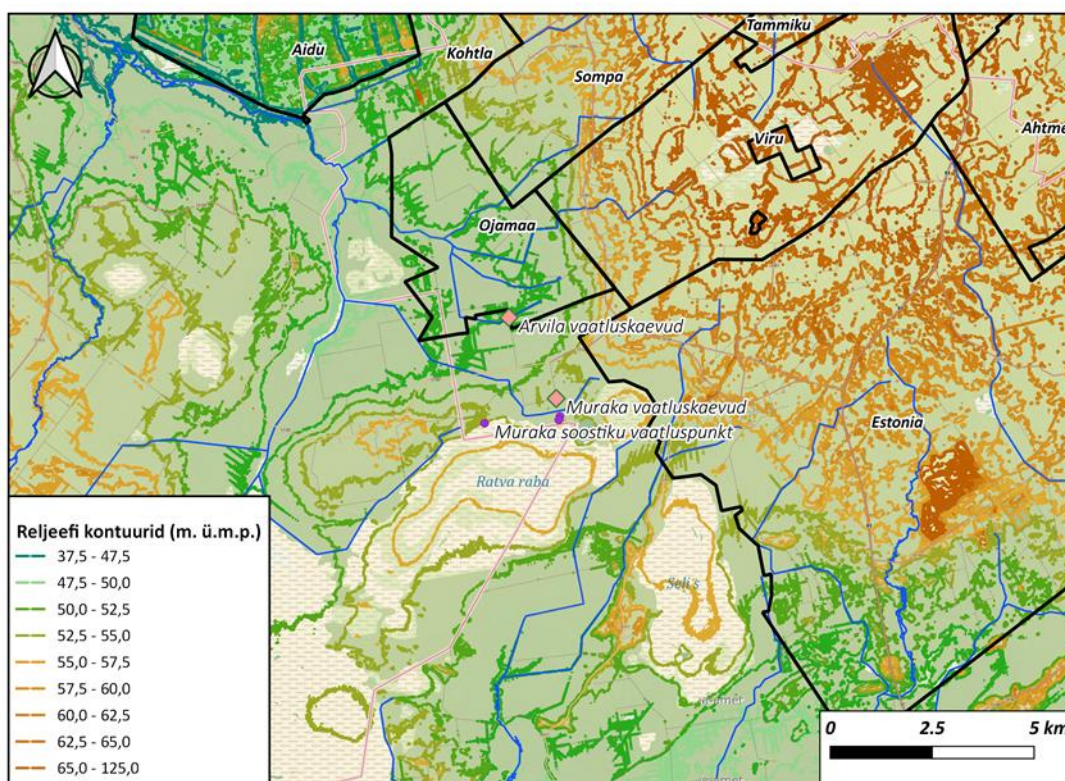
**Tabel 4.** Ojamaa vaatluskaevude vee isotoopkoostis ja keemilised üldparameetrid 2018. aastal. Joogiveele kehtestatud piirsisaldusest kõrgemad väärtused on tähistatud oranži värviga.

Kaevu nr.	Vaatluskaev	Kuupäev	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	Üld-karedus	Karbon. karedus	Mittekarb. karedus	PHT	CO <sub>2</sub> (vaba)	Kuivjääk	Värvus	Läbi-paistvus	Sade
			% <sub>o</sub> , V-SMOW		Meq			mgO <sub>2</sub> /L	mg/L		kraadi		
20975	Arvila, I-1	22.08.2018			14.01	8.40	5.61	13.5	158.4	961.0	>80	<4	oranž
20975	Arvila, I-1	18.04.2018			8.75	5.50	3.25	9.3	151.8	558.5	>80	<4	oranž
20976	Arvila, I-2	22.08.2018	-11.85	-84.5	6.51	5.20	1.31	9.2	35.2	437.0	>80	5	oranž
20976	Arvila, I-2	18.04.2018	-11.65	-82.7	5.42			10.5	44.0	374.0	65	<4	oranž
20977	Arvila, I-3	22.08.2018	-16.07	-118.4	2.14			1.3	8.8	294.5	30	11	oranž
20977	Arvila, I-3	18.04.2018	-11.32	-82.0	1.95			1.9	6.6	302.0	15	21	oranž
20978	Muraka, II-1	21.08.2018			4.37	3.60	0.77	11.5	57.2	274.0	>80	<4	oranž
20978	Muraka, II-1	18.04.2018			5.8	4.30	1.50	12.4	44.0	405.5	>80	<4	oranž
20979	Muraka, II-2	21.08.2018	-11.63	-82.9	6.75	6.50	0.25	37.3	48.4	462.5	>80	12	oranž
20979	Muraka, II-2	18.04.2018	-11.81	-84.2	4.66	4.50	0.16	29.7	33.0	321.5	>80	<4	oranž
20980	Muraka, II-3	21.08.2018	-11.37	-82.9	6.65			3.1	33.0	435.0	5	>30	ei ole
20980	Muraka, II-3	18.04.2018	-12.13	-87.6	6.65			3.1	41.8	448.5	10	>30	ei ole
<i>määramispiir (EGT Labor)</i>								0.5	2.2				
<i>mõõtmistäpsus (TalTech'i labor)</i>			$\pm 0.1$	$\pm 1$									
<i>piirsisaldus*</i>								5			<i>Tarbijale vastuvõetav, ebaloomulike muutusteta</i>	<i>Tarbijale vastuvõetav, ebaloomulike muutusteta</i>	

\* Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid; RT I, 27.09.2017, 2.

Lisaks suurtele sulfaadi kontsentratsioonidele paistab kaevude nr. 20975 ja 20978 vesi silma ka suure üldraua kontsentratsiooni poolest (väärtused 2018. aastal vatsavalt 42-81 mg/L ja 27-29 mg/L; tabel 2). Välitööde käigus teostatud vaatlustele ja Kvaternaari kaevude konstruktsioonidele tuginedes on võimalik väita, et vaatluskaevude veetase ja keemiline koostis on eelkõige mõjutatud kuivenduskraavides tsirkuleerivast veest (vt. lähemalt peatükk 5). Seega on Kvaternaari kaevudes oleva vee kvaliteet mõjutatud ka drenaaživõrgus liikuva vee keemilisest koostisest. Maapinna absoluutkõrgus uuringualal langeb ida-kagu suunast põhjaloode suunas suletud Aidu karjääri poole (joonis 20). Seega pärineb kraavides liikuv pinnavesi peamiselt lõunas paiknevast Ratva rabast ja idas paiknevate aktiivsete (Estonia) ja suletud (Tammiku, Viru, Ahtme) kaevanduste piirkonnast. Tuvastatud kõrged sulfaadi, üldraua,  $\text{NH}_4^+$  ja PHT kontsentratsioonid on tõenäoliselt seotud rabast välja voolava vee ja suletud kaevanduste piirkonnast uuringualale voolava vee segunemisega ning nende kontsentratsiooni muutused aastate lõikes seostuvad drenaaživee allikate erinevate segunemisvahetadega sõltuvalt ilmastikutingimustest.

Ilmastikutingimuste ja keemiline varieerumine kraavides ei ole üheselt selge, kuid seireperioodil kogutud andmestik viitab sellele, et kõrgemad sulfaatide kontsentratsioonid iseloomustavad suvist madalveeperioodi ja sellele vahetult järgnevat aega ning madalamad kontsentratsioonid kevadist kõrgveeperioodi (joonis 18, 19).

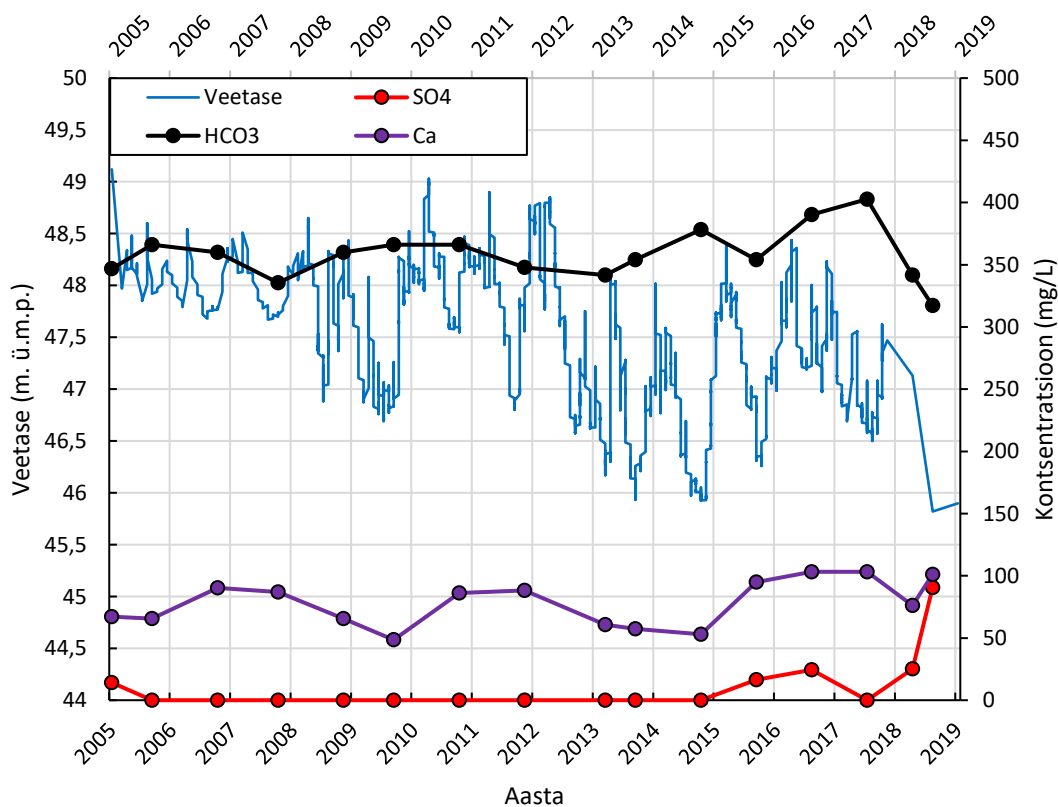


**Joonis 20.** Uuringuala reljeefi kõrgusmudel koos kehtivate mäeeraldiste (must) ja Ojamaa kaevevälja vaatluskaevude ja Muraka soostiku vaatluspunktide asukohtadega.

Karbonaatse aluspõhja veekihte avavates vaatluskaevudes ei ole vee keemilise koostise muutused olnud nii suured kui Kvaternaari veekihtis. Arvila vaatluspostis on Keila-Kukruse veekihti avava puurkaevu nr. 20976 vee keemiline koostis püsinud valdava osa seireperioodist stabiilsena. Põhjavesi on  $\text{Ca-HCO}_3$  tüüpi ja mineraalsusega 312-437 mg/L. Kuni 2015. aastani

jäid sulfaadi kontsentratsioonid vaatluskaevus allapoole määramispiiri (<3,3 mg/L), kuid alates 2015. aastast on  $\text{SO}_4^{2-}$  kontsentratsioonid suurenenud, ulatudes 2018. aasta augustis 90,5 mg/L. See kontsentratsioon on tunduvalt suurem ümbruskonna Keila-Kukruse põhjaveekihi vee sulfaatide kontsentratsioonist, mida iseloomustab Tarumaa küla riiklikust seirekaevust nr. 2593 mõõdetud väga madal sulfaadi kontsentratsioon <3,3 mg/L 2017. aastal (Erg & Tamm, 2018).

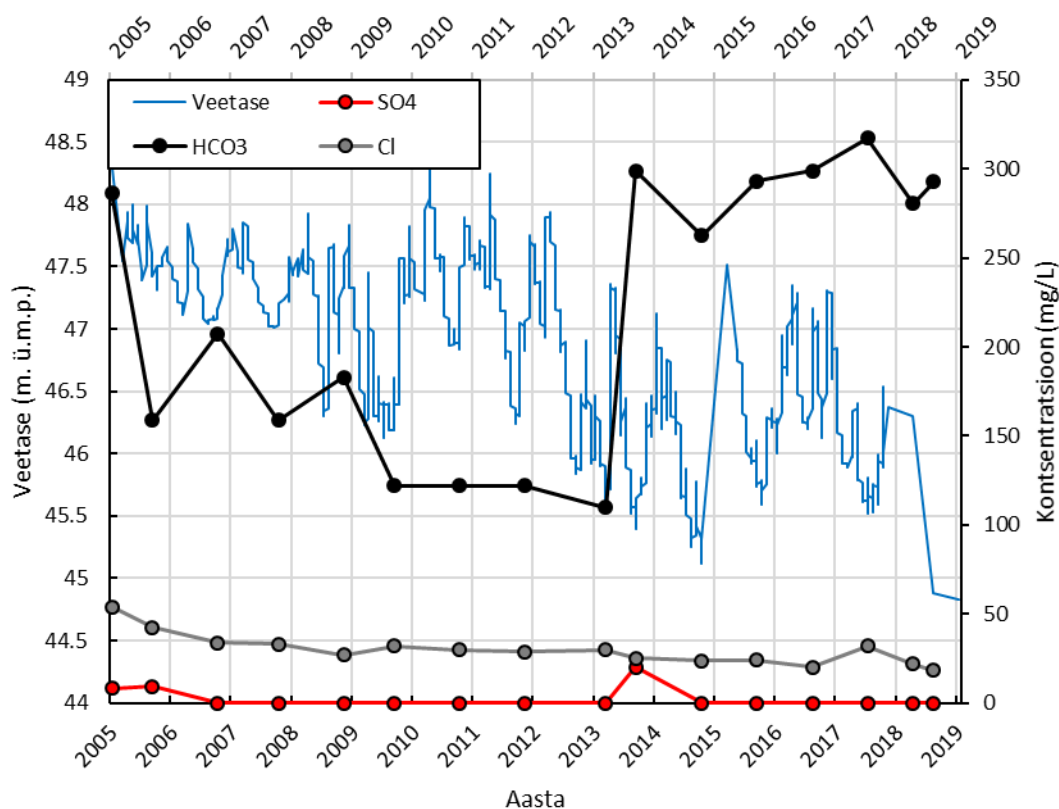
Jooniselt 21 nähtub, et sulfaatide kontsentratsiooni suurenemine vaatluskaevus nr. 20976 on seotud põhjaveetaseme langemisega. Põhjuseks võib olla Ojamaa kaevanduse poolt tekitatud alanduslehtri jõudmine vaatluskaevuni, aga välistada ei saa ka 2018. aasta väikese sademete hulga mõju. Põhjaveetasemete alanedes laieneb aeratsioonivöö osakaal Kvaternaari setetes ja intensiivistub põhjavee infiltratsioon läbi Kvaternaari setete aluspõhjalisse Keila-Kukruse veekihti. See soodustab hapniku ligipääsu maapinnalähedase põhjaveekihi veele ja seeläbi ka püriidi oksüdatsiooni, mille tulemusel suureneb  $\text{SO}_4^{2-}$  kontsentratsioon infiltreerivas vees. Pinnavee suuremale mõjule Arvila vaatlusposti Keila-Kukruse veekihi põhjavee keemilisele koostisele viitavad ka rabaveega seotud  $\text{NH}_4^+$ , PHT ja üldraua suured kontsentratsioonid (tabel 3).



**Joonis 21.** Valitud keemilist koostist kirjeldavate parameetrite (sulfaat, vesinikkarbonaat, kaltsium) muutus Keila-Kukruse veekihti avavas vaatluskaevus nr. 20976 koos veetasemete muutusega perioodil 2005–2018.

Arvila vaatlusposti sügavaimas, Lasnamäe-Kunda veekihti avavas vaatluskaevus olid põhjavee mineraalsus ja veetüüp 2018. aastal sarnased 2017. aastal määratuile. 2018. aastal võetud proovides jäi vee mineraalsus vahemikku 274-405 mg/L ja vesi oli Na- $\text{HCO}_3$  tüüpi. Siiski tuleb toonitada, et kogu seireperioodi jooksul aastatel 2005-2018 on vaatluskaevu vee keemiline

koostis märkimisväärselt muutunud (joonis 22). Kuni aastani 2013. iseloomustas veekihi vett madal  $\text{HCO}_3^-$  kontsentratsioon  $<200$  mg/L ning  $\text{Cl}^-$  kontsentratsioon  $>30$  mg/L. 2013. aastast on suurenenud põhjavee  $\text{HCO}_3^-$  kontsentratsioon ja mineraalsus ning vähenenud  $\text{Cl}^-$  kontsentratsioon (joonis 22). See muutus kattub keskmise veetaseme langemisega kaevus ~1 m võrra. Põhjavee keemilise koostise muutuse põhjuseks Lasnamäe-Kunda veekihi on veetasemete langus, mis soodustab lasuva Keila-Kukruse veekihi põhjavee tungimist Lasnamäe-Kunda veekihti. Veetasemete langus võib olla seotud Ojamaa kaevanduse poolt tekitatud alandusleetri mõju jõudmisega Arvila vaatlusposti vaatluskaevu. See järeldus vajab tulevaste seirete käigus täiendavat kontrollimist.



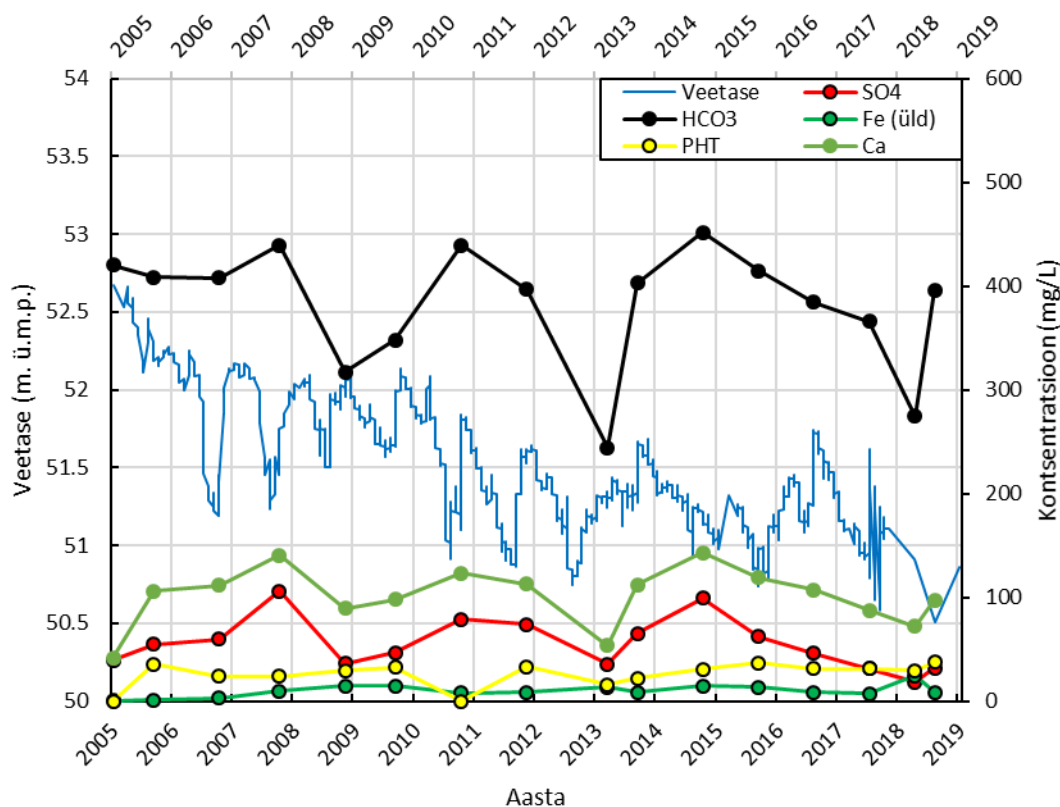
**Joonis 22.** Valitud keemilist koostist kirjeldavate parameetrite (sulfaat, vesinikkarbonaat, kloriid) muutus Lasnamäe-Kunda veekihti avavas vaatluskaevus nr. 20977 koos veetasemete muutusega perioodil 2005–2018.

Lasnamäe-Kunda ja Keila-Kukruse veekihi põhjavee keemiline koostis erineb teineteisest märgatavalt (tabel 3). See on tõenäoliselt seotud põhjavee erineva päritoluga antud veekihtides. Väga heaks päritolu indikaatoriks Eesti põhjavete puhul on nende veemolekuli hapniku ja vesiniku isotoopkoostis (vt. lisa 8). 2018. aasta augustis määrati Arvila vaatlusposti Keila-Kukruse vaatluskaevu vee  $\delta^{18}\text{O}$  väärtuseks  $-11,9\%$ , mis on sarnane Eesti ala sademetest pärineva maapinnalähedase põhjavee isotoopkoostisele (tabel 4; Raidla jt., 2016). Samal ajal määrati Lasnamäe-Kunda vaatluskaevu põhjavee  $\delta^{18}\text{O}$  väärtuseks  $-16,1\%$  (tabel 4). See väärtus erineb märgatavalt noore sademete tekkelise põhjavee isotoopkoostisest ning sarnasem sügava Ordoviitsiumi-Kambriumi veekompleksi põhjavee isotoopkoostisega, mis pärineb märksa jahedamatest kliimatingimustest ning mille vanuseks on hinnatud  $>10000$  aastat (Pärn jt., 2016, 2019). Lasnamäe-Kunda veekihi aeglasele veevahetusele viitavad Tartu

Ülikooli poolt loodud Virumaade mudeli alusel saadud põhjavee dünaamika modelleerimise tulemused (Jõelett & Polikarpus, 2018). Kuna Lasnamäe-Kunda veekihi veevahetus on aeglane, siis ei pruugi sademete infiltratsioon piisavalt kompenseerida veevõttust tulenevat hüdrostaatilise rõhu langust ning veelgi olulisemaks võib saada ülaltpoolt (Keila-Kukruse veekihi) pärineva põhjavee infiltratsioon.

2018. aasta aprillis kogutud proovides on põhjavee isotoopkoostis Arvila vaatlusposti Keila-Kukruse ja Lasnamäe-Kunda vaatluskaevude vees väga sarnane ( $\delta^{18}\text{O}$  väärtused vastavalt  $-11,7\text{‰}$  ja  $-11,3\text{‰}$ ). On alust arvata, et Lasnamäe-Kunda veekihi põhjaveest mõõdetud väärtus võis olla mõjutatud pindmise vee voolamisest vaatluskaevu. Samal perioodil on vaatluskaevus täheldatav anomaalne lühiajaline veetasemete tõus (joonis 11).

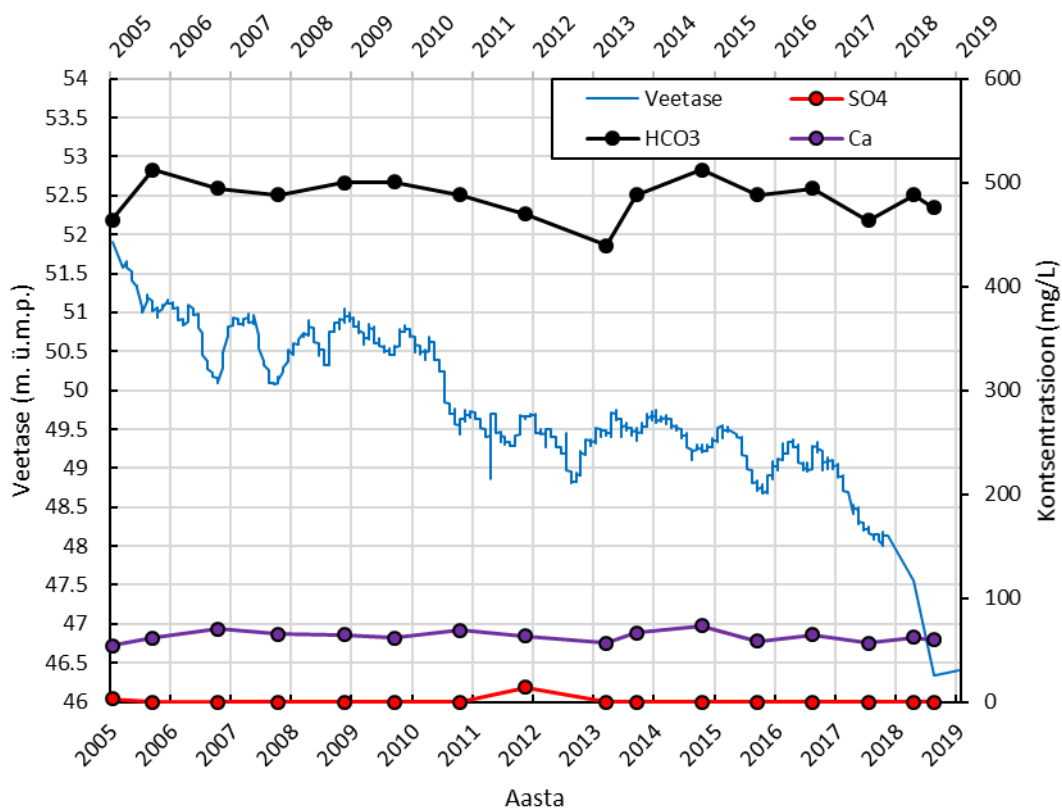
Muraka vaatlusposti aluspõhjalisi Nabala-Rakvere ja Lasnamäe-Kunda veekihti avavaid vaatluskaeve iseloomustab küll märgatav veetasemete langus (joonis 14, 15), aga selle langusega ei kaasne suuri muutusi põhjavee keemilises koostises (joonis 23, 24). Põhjavesi nendes vaatluskaevudes on vastavalt  $\text{Ca-HCO}_3$  ja  $\text{Ca-Mg-HCO}_3$  tüüpi ja selle mineraalsus jääb 2018. aasta proovides vahemikku vastavalt 321-462 ja 435-449 mg/L. Mõlemad näitajad on sarnased 2017. aastal mõõdetuile.



**Joonis 23.** Valitud keemilist koostist kirjeldavate parameetrite (sulfaat, vesinikkarbonaat, üldraud, kaltsium ja PHT) muutus Nabala-Rakvere veekihti avavas vaatluskaevus nr. 20979 koos veetasemete muutusega perioodil 2005–2018.

Erinevalt Arvila vaatlusposti Keila-Kukruse kaevust nr. 20976 ei ole märkimisväärne veetasemete langus (>2,5 m perioodil 2017-2019) Muraka vaatlusposti Keila-Kukruse vaatluskaevus nr.20980 kaasa toonud sulfaatide kontsentratsiooni suurenemist. Sulfaatide

kontsentratsioon puurkaevu vees on väga madal (<3,3 mg/L) ja sarnane Keila-Kukruse veekihi põhjavee looduslikule kontsentratsioonile uuringualal (Erg & Tamm, 2018). Taolise erinevuse kahe puurkaevu vee keemilises koostises on tõenäoliselt põhjustanud asjaolu, et Muraka vaatluskaevude piirkonnas lasub Keila-Kukruse veekihi Nabala-Rakvere veekiht. Veetaseme langusega Keila-Kukruse veekihi ei ole kaasnenud põhjavee sissevool aeratsioonivööga seotud Kvaternaari veekihi, vaid on tõenäoliselt suurenenud hoopis vee juurdevool lasuvast Nabala-Rakvere veekihi. Muraka vaatluspostis ei ole sulfaadi kontsentratsioonid Nabala-Rakvere veekihi vees väga kõrged (vahemikus 18-32 mg/L; tabel 2) ja seega ei kaasne selle põhjavee liikumisega Keila-Kukruse veekihti olulist sulfaadi kontsentratsiooni suurenemist. Arvila vaatluspostis Nabala-Rakvere veekiht puudub ja Keila-Kukruse veekiht asub vahetult õhukese pinnakatte all, kus aeratsioonitingimused muutuvad veetasemete alanemisel kiiresti.



**Joonis 24.** Valitud keemilist koostist kirjeldavate parameetrite (sulfaat, vesinikkarbonaat, kaltsium) muutus Keila-Kukruse veekihti avavas vaatluskaevus nr. 20980 koos veetasemete muutusega perioodil 2005–2018.

Maapinnalähedaste veekihtide põhjavee keemiline koostis Muraka piirkonnas aga näitab, et veetasemete alanemise jätkudes võib vee kvaliteet Nabala-Rakvere ja Keila-Kukruse veekihtides oluliselt muutuda. Põhjavee isotoopkoostis mõlema vaatluskaevu vees on sarnane sademetest pärineva põhjavee isotoopkoostisele (tabel 4; Raidla jt., 2016). 2018. aasta aprillis ja augustis olid  $\delta^{18}\text{O}$  väärtused Nabala-Rakvere veekihti avava vaatluskaevu nr. 20979 vees vastavalt  $-11,6\%$  ja  $-11,9\%$  ning Keila-Kukruse veekihti avava vaatluskaevu nr. 20980 vees vastavalt  $-11,4\%$  ja  $-12,1\%$ . Põhjavee isotoopkoostise alusel saab väita, et Muraka piirkonnas kuuluvad nii Nabala-Rakvere kui Keila-Kukruse veekiht aktiivse veevahetuse vöösse.

Põhjaveetasemete langemine nendes aluspõhjalistes veekihtides toob endaga kaasa vertikaalse hüdraulilise gradiendi kasvu ja veetaseme languse pinnakatte vabapinnalises põhjaveekihtis. Veetaseme languse trend Muraka vaatlusposti Nabala-Rakvere veekihti avavas vaatluskaevus (joonis 15, 23) võib viia oluliste hüdrokeemiliste muutusteni aluspõhjalistes põhjaveekihtides. Juba praegu iseloomustavad Muraka vaatlusposti Nabala-Rakvere veekihti põhjavett suured üldraua, PHT ja  $\text{NH}_4^+$  kontsentratsioonid, mis näitavad rabavee ja kraavides tsirkuleeriva pinnavee mõju veekihtile. See muutus on kooskõlas järeldusega, et viimastel aastatel (2017-2019) on Nabala-Rakvere veekiht Muraka vaatlusposti piirkonnas muutunud surveisest põhjaveekihtist vabapinnaliseks põhjaveekihtiks (joonis 15). Põhjavee alandusleetri laienedes võib eeldada pinnavee ja seal lahustunud ainete levimist ka Keila-Kukruse veekihti.

## 5. Järeldused ja soovitused

Läbiviidud seire ja kogutud andmete analüüsi põhjal on võimalik teha järgmised järeldused:

1. Seireperioodil on toimunud langus mitmete aluspõhjaliste Orдовиitsiumi veekihtide veetasemetes ja kohati on muutunud ka põhjavee keemiline koostis. Muutused võivad olla põhjustatud põlevkivikaevanduste veeärastusest, aga ei saa välistada, et need on osaliselt seotud 2018. aasta väikese sademete hulgaga. Erinevate mõjutegurite osa veetasemete langemisel tuleb selgitada järgmiste seiretega;
2. Suuremad veetaseme langused on toimunud Muraka vaatlusposti Keila-Kukruse (nr. 20980) ja Nabala-Rakvere (nr. 20979) veekihte avavates vaatluskaevudes. Eriti kiire on veetasemete alanemine olnud Muraka vaatlusposti Keila-Kukruse veekihti avavas vaatluskaevus (>2,5 m perioodil 2017-2019). Veetaseme muutus Nabala-Rakvere veekihti avavas vaatluskaevus on viinud selleni, et see veekiht on 2018. aastal muutunud survealises veekihtist vabapinnaliseks veekihtiks. Võttes arvesse vaatluskaevude paiknemist Ojamaa kaevanduse ja põhjavee dünaamika seisukohast olulise Ahtme tektoonilise rikke suhtes saab oletada, et Muraka vaatlusposti vaatluskaevude veetaseme mõjutab teatud ulatuses ka AS Enefit Kaevandused Estonia kaevanduse tegevus. Seda järeldust toetavad ka hüdrodünaamilise modelleerimise tulemused;
3. Veetasemete langus ja muutused põhjavee keemilises koostises Arvila vaatlusposti Keila-Kukruse (nr. 20976) vaatluskaevus võivad olla tingitud 2018. aasta väikese sademete hulga ja Ojamaa kaevanduse tekitatud alandusleetri koosmõjust. Sügavamal veekihti avava Lasnamäe-Kunda vaatluskaevu (nr. 20977) veetasemete langust ei saa aga seostada sademete hulga muutusega. Veetasemete alanemise tõttu on suurenenud sulfaatide kontsentratsioon Keila-Kukruse vaatluskaevu vees perioodil 2015-2018 (väärtuseni 90,5 mg/L 2018. aasta augustis). Alates 2013. aastast on suurenenud vesinikkarbonaadi kontsentratsioon sügavama Lasnamäe-Kunda veekihi põhjavees;
4. Looduslikust foonist erineb kõige rohkem Kvaternaari vaatluskaevude vee keemiline koostis, mida iseloomustavad kõrged kaltsiumi, magneesiumi, sulfaadi, vesinikkarbonaadi, üldraua, PHT ja  $\text{NH}_4^+$  kontsentratsioonid. Sellise Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> tüüpi vee kujunemist on tõenäoliselt mõjutanud sademete, rabavee ja ümbruskonna suletud kaevandustest ning settebasseinidest pärineva vee segunemine. Välitööde käigus teostatud vaatlustele ja Kvaternaari kaevude konstruktsioonidele tuginedes võib pidada tõenäoliseks, et vaatluskaevude veetaseme ja keemiline koostis on teatud ulatuses seotud kuivenduskraavides tsirkuleeriva veega. Seepärast ei pruugi need iseloomustada Kvaternaari veekihti kraavide mõjupiirkonnast kaugemal. Lisaks sellele on Kvaternaari seirekaevud saanud 2018. aasta jooksul tõsiselt kannatada metsaveomasinate tõttu;
5. Muraka soostiku vaatluspunktide veetasemed on seotud sademete hulga muutuste ja lumikatte paksusega ning nende keemilises koostises ei avaldu kaevandustegevuse mõju. Kõrged  $\text{NH}_4^+$ , PHT ja üldraua kontsentratsioonid lähedalasuvate puurkaevude vees viitavad pigem rabavee mõjule esimesele aluspõhjalisele veekihtile;
6. Oluline märk, mis võib viidata kaevandustegevuse mõju suurenemisele seiratavas Ratva raba piirkonnas, on veetasemete langus Muraka vaatlusposti Nabala-Rakvere veekihtis. Veetaseme langustrendi jätkudes võib kaasneda mõju Muraka soostiku ökosüsteemile.

Tehtud järeldustele tuginedes saab anda järgmised soovitused Ojamaa kaevevälja põhjaveeseire ja Muraka soostiku ökosüsteemi seire paremaks korraldamiseks tulevikus:

1. Ojamaa kaevevälja Arvila ja Muraka vaatluspostidesse tuleks rajada uued Kvaternaari veekihti avavad vaatluskaevud. Praegused vaatluskaevud (katastri nr. 20975 ja nr. 20978) paiknevad kuivenduskraavide nõlval ~1-2 m kaugusel kraavi servast. Ka nende kaevude avatud osa paikneb maapinnale väga lähedal (sügavusel ~0,1 m; tabel 1) ja on teatud ulatuses kraavidega sarnasel kõrgusel. Seetõttu on hetkel kasutuses olevate kaevude veetasemed ja vee keemiline koostis tõenäoliselt mõjutatud kraavides voolavast pinnaveest, mitte ainult pinnakattes olevast vabapinnalisest põhjaveest. Lisaks on kaevud metsaveomasinate poolt kahjustatud. Uued puurkaevud peaksid paiknema kuivenduskraavidest vähemalt 50 meetri kaugusel, et vältida kuivenduskraavi otsest mõju. Lisaks peaksid need olema vähemalt esimese 0,5 m ulatuses manteldatud, et vältida pinnavee tungimust vaatluskaevudesse;
2. Võimaliku veetaseme languse tuvastamiseks Muraka soostikus tuleks soostiku seirepunktide võrku täiendada soosetete alust mineraalset pinnakatet avavate piesomeetritega. Neis oleks võimalik registreerida veetaseme langust mineraalses pinnakattes enne kui selle mõju jõuab avalduda soostiku vaatluspunktides. Piesomeetrid võiksid paikneda praeguste seirepunktide MU-1, MU-2 ja MU-3 vahetus läheduses. Selline pinnavee seirevõrgu ehitus on võimaldanud suure täpsusega jälgida kaevandustegevusest tingitud veetaseme languse mõju Muraka soostiku Selisoo rabas uuringualast kagus (Hang jt., 2012; Kohv, 2019);
3. Lisaks tuleks vähemalt üks turvast ja mineraalset pinnakatet avavate piesomeetrite grupp paigaldada ka Ratva rabamassiivi keskossa. Praegune lageraba vaatluspunkt MU-3 paikneb rabalaama serval kuivenduskraavide lähedal ja seetõttu ei pruugi sellest mõõdetud veetase iseloomustada lageraba keskosa looduslikku veerežiimi.
4. Muraka soostiku ökosüsteem ja seda ümbritseva ala põhjavesi ei ole mõjutatud vaid ühe kaevandusettevõtte tegevusest. Põhjavee režiim ja keemiline koostis uuringualal on muutunud nii töötavate kaevanduste (VKG Kaevandused OÜ Ojamaa kaevandus, AS Enefit Kaevandused Estonia kaevandus), kui ka suletud kaevanduste mõjul. Selleks, et põhjaveekihtides toimuvaid muutusi täpselt kirjeldada ja põhjaveest sõltuvate maismaaökosüsteemide ning pinnaveekogude seisundile ohtlike veerežiimi muutusi võimalikult kiiresti avastada, tuleks alal praegu eraldi teostatavad pinna- ja põhjaveeseired integreerida üheks komplekseks seireprogrammiks. See seire peaks sisaldama nii põhja- ja pinnavee veetasemete seiramist, põhja- ja pinnavee keemilise koostise seiramist kui ka hüdrodünaamilist modelleerimist. Viimase aluseks saab võtta Tartu Ülikooli teadlaste poolt välja töötatud ja Eesti Geoloogiateenistuse poolt hallatava Virumaade mudeli (Polikarpus, 2018).

## 6. Kokkuvõte

Aruanne koostati VKG Kaevandused OÜ poolt Eesti Geoloogiateenistusele (EGT) tehtud tellimuse alusel. Seoses Euroopa Liidu Veepoliitika raamdirektiivi (2000/60/EÜ) nõuete ja põlevkivi kasutamise riikliku arengukava 2016–2030 täitmisega on vaja täpsemalt hinnata inimtegevuse keskkonnamõju. Tähtsad survetegurid põlevkivibasseini põhjaveekihtidele on põhjaveetaseme alandamine ja sellest tingitud põhjavee kvaliteedi muutus. Põlevkivi kaevandamist tingitud muutused nii põhjavee koguselises seisundis kui ka kvaliteedis ohustavad põhjaveest sõltuvaid pinnaveekogusid ja maismaaökosüsteeme.

Uuringus keskenduti VKG Kaevandused OÜ Ojamaa põlevkivikaevanduse võimaliku mõju hindamisele kaevandust ümbritseva ala põhjaveerežiimile ja põhjaveest sõltuvatele maismaaökosüsteemidele. Kaevanduse veekõrvaldus võib avaldada mõju Ojamaa kaeveväljast lõuna pool paiknevate Arvila sihtkaitsevööndi (SKV) ja Muraka soostiku ökosüsteeme, mida on vaja täiendavalt uurida.

Uuringu aluseks olev seire viidi läbi OÜ Eesti Geoloogiakeskuse poolt väljatöötatud ja Keskkonnaministeeriumi keskkonnakorralduse ja -tehnoloogiaosakonna poolt heakskiidetud meetodika kohaselt (Perens & Savitski, 2010; Perens jt., 2013). Ojamaa kaevevälja vaatluspuurkaevude ja Muraka soostiku Ratva raba vaatluspunktide veetasemeid ja keemilist koostist seirati 2017. aasta novembrist kuni 2019. aasta jaanuarini. Põhjaveetaseme andmed automaatanduritelt ja proovid vee keemilise koostise määramiseks koguti kevadisel kõrgveeperioodil ja suvisel madalveeperioodil.

Muraka soostiku seirepunktidest võeti kaks korda aastas pinnavee üldkeemilised analüüsid ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , Fe (üld), pH, PHT,  $\text{SiO}_2$ , vaba  $\text{CO}_2$ , üldkaredus, karbonaatne karedus, kuivjääk, värvus, läbipaistvus, elektrijuhtivus, hägusus, lõhn) ja seirati aastaringselt veetasemeid automaatsete veetasemeanduritega. Ojamaa kaevevälja vaatluskaevudest võeti kaks korda aastas proovid põhjavee keemilise koostise ja isotoopkoostise analüüsiks ja seirati aastaringselt veetasemeid automaatsete veetasemeanduritega. Pinna- ja põhjavee keemilist koostist analüüsiti EAK poolt akrediteeritud Eesti Geoloogiakeskuse katselaboris (registreerimisnumbriga L093). Põhjavee isotoopkoostis määrati Tallinna Tehnikaülikooli geoloogia instituudi massispektromeetria teaduslaboris vanemteadur Tõnu Martma poolt.

Suuremad põhjaveetasemete langused (>2,5 m perioodil 2017-2019) esinesid Muraka vaatlusposti Keila-Kukruse veekihti avavas vaatluskaevus (katastri nr. 20980). Muraka vaatlusposti Nabala-Rakvere veekihti avavas vaatluskaevus (katastri nr. 20979) ja Arvila vaatlusposti Keila-Kukruse veekihti avavas vaatluskaevus (nr. 20976) on põhjaveetaseme seireperioodil langenud ~1 m võrra. Põhjaveetasemete languse põhjuseks uuringualal võib-olla põlevkivi kaevandamine. Põhjaveetasemete langust vaatluskaevudes ei saa seostada ainult Ojamaa põlevkivikaevanduse mõjuga, sest põhjaveetasemete kiire langus Muraka vaatlusposti vaatluskaevudes viitab ka läheduses asuva AS Enefit Kaevandustele kuuluva Estonia kaevanduse võimalikule mõjule. Ojamaa ja Estonia kaevanduse lähimad kuivendusstrekid paiknevad Muraka vaatluspunktist peaaegu võrdsel kaugusel. Samas ei saa väita, et veetasemete suur langus oleks üheselt kaevandustegevuse tulemus, sest 2018. aasta oli alates 1961. aastast kuivuselt neljas aasta sademete vaatlusreas. Lisaks võib Ahtme

tektooniline rikkevöönd takistada Ojamaa kaevandamistegevusest tingitud põhjavee alanduslehtri arengut piirkonnas.

Keemiliselt koostiselt on seireperioodi jooksul kõige rohkem muutunud Kvaternaari vaatluskaevude (nr. 20975, 20978) vesi, mida iseloomustavad kõrged kaltsiumi, magneesiumi, sulfaadi, vesinikkarbonaadi, üldraua, PHT ja  $\text{NH}_4^+$  kontsentratsioonid. Sellise Ca-Mg- $\text{HCO}_3$ - $\text{SO}_4$  tüüpi vee kujunemist on tõenäoliselt mõjutanud sademete, rabavee ja ümbruskonna suletud kaevandustest ning settebasseinidest pärineva vee segunemine. Veetasemete alanemise tõttu on suurenenud sulfaatide kontsentratsioon Arvila vaatlusposti Keila-Kukruse veekihti avava vaatluskaevu vees (väärtuseni 90,5 mg/L 2018. aasta augustis). Alates 2013. aastast on suurenenud vesinikkarbonaadi kontsentratsioon sügavama Lasnamäe-Kunda veekihi põhjavees. Veetasemete langus Arvila vaatlusposti Keila-Kukruse ja Lasnamäe-Kunda vaatluskaevudes ja muutused põhjavee keemilises koostises on tõenäoliselt tingitud Ojamaa kaevanduse tekitatud alanduslehtri laienemisest vaatluspostini.

Muraka soostiku vaatluspunktide veetasemed on seotud sademete hulga muutustega ja nende keemilises koostises ei avaldu kaevandustegevuse mõju. Kõrged  $\text{NH}_4^+$ , PHT ja üldraua kontsentratsioonid lähedalasuvate puurkaevude vees viitavad pigem rabavee mõjule esimestele aluspõhjalistele veekihtidele. Oluline märk kaevandustegevuse mõju suurenemisest seiratavale Ratva raba piirkonnale on veetasemete langus Muraka seirekaevude grupi Nabala-Rakvere veekihis. Kui see trend tulevikus jätkub, võib sellega kaasneda veetasemete langus esmalt mineraalses pinnakattes ja seejärel juba ka soosetetes. Viimasel oleks aga oluline mõju Muraka soostiku ökosüsteemile.

Järgmiseks seireperioodiks tuleks Ojamaa kaevevälja Arvila ja Muraka vaatluspostidesse rajada uued Kvaternaari veekihti avavad vaatluskaevud. Praegused vaatluskaevud paiknevad kuivenduskraavide nõlval ning on tõenäoliselt mõjutatud kraavides tsirkuleerivast pinnaveest. Sellest tulenevalt ei kirjelda kaevudes mõõdetud veetasemeid ja määratud põhjavee keemiline koostis tõenäoliselt kraavivõrgust kaugemal paikneva Kvaternaari veekihi seisundit. Lisaks on kaevud metsaveomasinate poolt oluliselt kahjustatud.

Võimaliku veetaseme languse tuvastamiseks Muraka soostikus, tuleks soostiku seirepunktide võrku täiendada soosetete alust mineraalset pinnakatet avavate piesomeetritega. Need registreeriksid veetaseme langust enne kui selle mõju jõuab avalduda pinnavee vaatluspunktides.

Muraka soostiku ökosüsteem ja selle ümbruskonna põhjavesi ei ole mõjutatud vaid ühe kaevandusettevõtte tegevusest. Adekvaatsemaks pinna- ja põhjaveerežiimi ning keemilise koostise muutuste seireks, tuleks praegu erinevate põlevkivikaevandjate poolt eraldi teostatavad pinna- ja põhjaveeseired integreerida üheks komplekseks seireprogrammiks. Selline seire peaks sisaldama nii põhja- ja pinnaveetasemete seiramist, põhja- ja pinnavee keemilise koostise seiramist kui ka hüdrodünaamilist modelleerimist.

2018. aasta seire käigus tuvastatud põhjaveetasemete režiimi ja keemilise koostise muutusi tuleb järgnevate seirete käigus kindlasti edasi uurida, et tuvastada nende põhjused. Seepärast on vajalik jätkata Ojamaa kaevevälja ja Muraka soostiku ökosüsteemi seiret vähemalt varem sätestatud mahus. Siiski on soovitatav kaaluda seirevõrgu täiendamist, et oleks võimalik anda selgem hinnang sellele, kuidas põlevkivikaevandamine on mõjutanud uuringuala põhja- ja pinnavee režiimi ning põhjaveega seotud maismaaökosüsteemide seisundit.

## 7. Kasutatud kirjandus

Allikvee, H., Masing, V., 1988. Kesk- ja Ida-Eesti suurte soode valdkond. *Eesti sood* (koostaja) Valk, U. Valgus, Tallinn, 270–273.

Andresmaa, E., 1998. Soovee ja turba keemiline koostis. *Eesti soode hüdrogeoloogia*, (koostajad) Kink, H., Andresmaa, E., Orru, M. Teaduste Akadeemia Kirjastus, Tallinn, 22–26.

Andresmaa, E., Kink, H., 1998. Soode veerežiim. *Eesti soode hüdrogeoloogia*, (koostajad) Kink, H., Andresmaa, E., Orru, M. Teaduste Akadeemia Kirjastus, Tallinn, 27–106.

Appelo, C.A.J., Postma, D., 2005. *Geochemistry, groundwater and pollution*. A.A. Balkema Publishers, Leiden.

Boldõreva N., Savitski L., 2005. Ida-Viru seirepiirkond. *Põhjaveeseisund 1999.-2003. aastal*, (toimetaja) Perens, R. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn, 43–50.

EELIS, 2010a. *Muraka looduskaitseala (KLO1000536)*.

[https://infoleht.keskkonnainfo.ee/default.aspx?state=4;30947564;est;eelisand;;&comp=objresult=ala&obj\\_id=3502](https://infoleht.keskkonnainfo.ee/default.aspx?state=4;30947564;est;eelisand;;&comp=objresult=ala&obj_id=3502). Viimati vaadatud 14.02.2019.

EELIS, 2010b. *Arvila metsise püsielupaik (KLO3000027)*.

[https://infoleht.keskkonnainfo.ee/default.aspx?state=5;2048547552;est;eelisand;;&comp=objresult=ala&obj\\_id=-126996492](https://infoleht.keskkonnainfo.ee/default.aspx?state=5;2048547552;est;eelisand;;&comp=objresult=ala&obj_id=-126996492). Viimati vaadatud 14.02.2019.

Erg, K., 2003. Sulphate balance of lakes and shallow groundwater in the Vasavere buried valley, northeast Estonia. *Oil Shale*, 20, 477–489.

Erg, K., 2005. *Groundwater sulphate content changes in Estonian underground oil shale mines*. Energia- ja geotehnika dissertatsioonid AAED02. Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, Tallinn.

Erg, K., Tamm, I., 2018. *Eesti riikliku keskkonnaseire põhjaveekogumite seire 2017. a aastaaruanne*. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ, Tallinn.

Euroopa Parlamendi ja Euroopa Nõukogu Direktiiv 2000/60/EÜ Veepoliitika raamdirektiiv (VPRD).

Hang, T., Hiiemaa, H., Järveoja, M., Jõeleht, A., Kalm, V., Karro, E., Kohv, M., Mustasaar, M., Polikarpus, M., Plado, J. 2012. *Ratva raba hüdrogeoloogiline uuring ja Selisoo seiresüsteemi rajamine. KIK projekti nr 15 aruanne*. Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Tartu.

Hartal Projekt OÜ, 2014. *Põhjaveekogumite seisundi hindamine I etapp*. Hartal Projekt OÜ, Kuressaare.

Ilmateenistus, 2019a. 2018. aasta ilma ülevaade. <https://view.genial.ly/5c19f73107be570d177a76d6/aasta-ilma-ulevaade-2018>. Viimati vaadatud 13.03.2019.

Ilmateenistus, 2019b. Kliimanormid. Sademete hulk 1981-2010. <http://www.ilmateenistus.ee/kliima/kliimanormid/sademed/>. Viimati vaadatud 13.03.2019.

Infragate AS, 2015. *Põhjaveekogumite ohustatust ja halba seisundit põhjustavate koormuste vähendamise meetmeprogramm ja selle tegevused*. AS Infragate Eesti, Tallinn.

Jõelet, A., Polikarpus, M., 2018. Hüdrokeoloogiline modelleerimine. Aruandes: *Virumaa maavarade võimaliku kaevandamise keskkonnamõjud põhja- ja pinnaveele ning maastikule keskkonnageoloogiliste mudelitega analüüsituna koos alternatiivsete leevendusmeetmetega*. Tartu Ülikool, Tartu.

Kohv, M., 2019. *Selisoo pinna- ja põhjavee seire ülevaade ja analüüs, periood 2011 – 2018*. Tartu Ülikooli geoloogia osakond, Tartu.

Langmuir, D., 1997. *Aqueous Environmental Geochemistry*. Prentice Hall, New Jersey.

Loopmann, A., 1988. Muraka raba. *Eesti sood* (koostaja) Valk, U. Valgus, Tallinn, 236–241.

Masing, V., 1988. Eesti soode valdkonnad. *Eesti sood* (koostaja) Valk, U. Valgus, Tallinn, 247–251.

Marandi, A., Karro, E., Polikarpus, M., Jõelet, A., Kohv, M., Hang, T., Hiiemaa, H., 2013. Simulation of the hydrogeologic effects of oil-shale mining on the neighbouring wetland water balance: case study in north-eastern Estonia. *Hydrogeology Journal*, 21, 1581–1591.

Perens, R., Vallner, L., 1997. Water-bearing formation. Kogumikus: *Geology and Mineral Resources of Estonia* (toimetajad) Raukas, A., Teedumäe, A. Estonian Academy Publishers, Tallinn, 137–145.

Perens R., Savitski L., 2008. Põlevkivi kaevandamise mõju põhjaveele. *Keskkonnatehnika*, 3, 44-47.

Perens R., Savitski L., 2010. *Põhjaveeseire korraldamise meetodika Ojamaa kaevanduse piirkonnas*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.

Perens, R., Orru, M., Ramst, R., 2013. *Muraka soostiku ökosüsteemi seireprogramm ja meetodika*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.

Perens, R., Savva, V., Lelgus, M., Tarros, S., 2017a. *Ojamaa kaevevälja põhjaveeseire 2017. aastal (Vahearuanne)*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.

Perens, R., Tarros, S., Lelgus, M., 2017b. *Muraka soostiku ökosüsteemi seire läbiviimine 2017. aastal (Vahearuanne)*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.

Polikarpus, M., 2018. Virumaade mudeli kirjeldus ja kasutusjuhend. Aruandes: *Virumaa maavarade võimaliku kaevandamise keskkonnamõjud põhja- ja pinnaveele ning maastikule keskkonnageoloogiliste mudelitega analüüsituna koos alternatiivsete leevendusmeetmetega*. Tartu Ülikool, Tartu.

*Põlevkivi kasutamise riiklik arengukava 2016–2030*, 2015. Keskkonnaministeerium, Tallinn.

Pärn, J., Raidla, V., Vaikmäe, R., Martma, T., Ivask, J., Mokrik, R., Erg, K., 2016. The recharge of glacial meltwater and its influence on the geochemical evolution of groundwater in the Ordovician-Cambrian aquifer system, northern part of the Baltic Artesian Basin. *Applied Geochemistry*, 72, 125–135.

Pärn, J., Walraevens, K., van Camp, M., Raidla, V., Aeschbach, W., Friedrich, R., Ivask, J., Kaup, E., Martma, T., Mažeika, J., Mokrik, R., Weissbach, T., Vaikmäe, R., 2019. Dating of glacial palaeogroundwater in the Ordovician-Cambrian aquifer system, northern part of Baltic Artesian Basin. *Applied Geochemistry*, 102, 64–76.

Raidla, V., Kern, Z., Pärn, J., Babre, A., Erg, K., Ivask, J., Kalvans, A., Kohán, B., Lelgus, M., Martma, T., Mokrik, R., Popovs, K., Vaikmäe, R., 2016. A  $\delta^{18}\text{O}$  isoscape for the shallow groundwater in the Baltic Artesian Basin. *Journal of Hydrology*, 542, 254–267.

Reinsalu, E., Valgma, I., Lind, H., Sokman, K., 2006. Technogenic water in closed oil shale mines. *Oil Shale*, 23, 15–28.

Savitski, L., 2000. Hüdrogeoloogilised tingimused. Kogumikus: *Eesti Põlevkivi: geoloogia, ressursid, kaevandamistingimused* (toimetajad) Kattai, V., Saadre, T., Savitski, L. Akadeemia Trükk, Tallinn, 93–104.

Sotsiaalministri 31. 07. 2001. a määrus nr. 82 „Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid“. RT I, 27.09.2017, 2.

TLÜ Ökoloogia Instituut, 2015. *Põhjaveekogumi veest sõltuvad ökosüsteemid, nende seisundi hindamise kriteeriumid ja seirevõrk*. TLÜ Ökoloogia Instituut, Tallinn.

Valk, U., 1988. Rabavesi. *Eesti sood* (koostaja) Valk, U. Valgus, Tallinn, 168–178.

Valk, U., 2005. *Eesti rabad. Ökoloogilis-metsanduslik uurimus*. Eesti Põllumajandusülikool Metsanduslik Uurimisinstituut, Tartu.

Weltzin, F.J., Pastor, J., Harth, C., Bridgham, D.S., Updegraff, K., Chapin, T.C., 2000. Response of bog and fen plant communities to warming and water-table manipulations. *Ecology*, 81, 3464–3478.

LISAD

**Lisa 1. Muraka soostiku pinnaveeseire üldanalüüsi tulemused - aprill 2018**

**EESTI GEOLOOGIAKESKUSE LABOR**

EAK poolt akrediteeritud katselabor  
registreerimisnumbriga L093

Kadaka tee 82, 12618, Tallinn  
Tel. 6 720 074 / 52 56298

**VEE ÜLDANALÜÜSI TULEMUSED**

TELLIJA: HÜDROGEOLOOGIA OSAKOND

OBJEKT: 40-1056 Muraka soostik

Tellimus nr. V16-173  
Kuupäev: 02.05.2016

Analüüsitava komponent		Meetod													Standardi nr.									
NH <sub>4</sub> , Fe, SiO <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> SO <sub>4</sub> , kuivjääk Ca, Mg, CO <sub>3</sub> , HCO <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> , karedus PHT, Cl K,Na pH		fotokolorimeetria fotokolorimeetria kaalanalüüs tiitrimine tiitrimine leek-fotomeetria elektrometria													GOST 4192, GOST 4011-4, STV-1 ISO 6777, ISO 7890-3 GOST 4389-2, GOST 18164 ISO 9963-1, ISO 6058, ISO 6059 EVS-EN ISO 8467, ISO 9297 ISO 9964-3 EVS-EN ISO 10523									
Proovi võtu koht, Mõõtühik	Na	K	NH <sub>4</sub>	Ca	Mg	Fe	Katioon.	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Anioon.	Üld-	Karbon.	Mittekarb.	pH	SiO <sub>2</sub>	*CO <sub>2</sub>	PHT	Kuivjääk	Värvus	Läbipaist-
Pr. võtu kuupäev						üld	summa							summa	karedus	karedus	karedus			vaba		kraadides	vus cm	
MU-1, vaatlusruut 1	mg/l	2.0	1.0	11.65	30.7	3.8	5.31	13.5	28.8	13.6	0.062	<6,0	91.5					5.0	15.4	44.0	608.0	1470.0	>80	<4
27.04.2016	mg-ekv	0.09	0.03	0.65	1.53	0.31		2.61	0.38	0.60	0.22		1.50	2.70	1.84	1.50	0.34							
MU-2, vaatlusruut 2	mg/l	1.0	1.0	4.27	28.7	<0,6	2.06	11.7	<3,3	8.5	0.051	<6,0	79.3					4.1	4.8	127.6	200.0	490.0	>80	<4
27.04.2016	mg-ekv	0.04	0.03	0.24	1.43		1.74	0.33		0.14			1.30	1.77	1.43	1.30	0.13							
MU-3, vaatlusruut 3	mg/l	1.0	1.7	2.72	20.4	<0,6	0.51	10.3	<3,3	4.1	0.009	<6,0	61.0					3.9	5.2	96.8	50.4	130.5	>80	<4
27.04.2016	mg-ekv	0.04	0.04	0.15	1.02		1.25	0.29		0.07			1.00	1.36	1.00	1.00								
Analüüs tehtud:																								
29.04.2016																								
Määramispiir	mg/l	0.6	0.6	0.07	1.0	0.6	0.02	3.5	3.3	0.4	0.004		6.0		0.05				0.4	2.2	0.5			

lk.1/1

\*tähistatud määrang ei kuulu akrediteeritud meetodite alasse.

Analüütik: N. Balabina

Mare Kalkun  
labori juhataja

**Lisa 2. Muraka soostiku pinnaveeseire üldanalüüsi tulemused - august 2018**

**EESTI GEOLOOGIATEENISTUSE LABOR**

EAK poolt akrediteeritud katselabor  
registreerimisnumbriga L093

Kadaka tee 82, 12618, Tallinn  
tel. 6720 074/ 52 56298

**VEE ÜLDANALÜÜSI TULEMUSED**

Tellija: Hüdro- ja keskkonnageoloogia osakond  
OBJEKT: Muraka soostiku seire

Tellimus nr. V18-381  
Kuupäev: 27.08.2018

lk.1/1

Analüüsitava komponent		Meetod													Standardi nr.										
NH4, Fe, SiO2 NO2, NO3 SO4, Kuivjääk Ca, Mg, CO3, HCO3, CO2, karedus PHT, Cl K, Na pH värvus		spektrofotomeetria spektrofotomeetria kaalanalüüs tiitrimine tiitrimine leek-fotomeetria elektrokeemia visuaalne													GOST 4192, 4011-4, STV-1 ISO 6777, ISO 7890-3 GOST 4389-2, GOST 18164 ISO 9963-1, ISO 6058, ISO 6059 EVS-EN ISO 8467, ISO 9297 ISO 9964-3 EVS-EN ISO 10523 EVS-EN ISO 7887										
Proovi võtu koht, Mõõtüh.	Na	K	NH4	Ca	Mg	Fe	Katsoon.	Cl	SO4	NO3	NO2	CO3	HCO3	Anioon.	Üldkaredus	Karbon.	Mittekarb.	pH	SiO2	*CO2	PHT	Kuivjääk	Värvus	*Läbi-	*Sade
Pr. võtu kuupäev						üld	summa							summa	karedus	karedus	karedus			vaba			kraadide	paistvus	
MU-1	mg/l	vett	ei	olnud																					
22.08.2018	mg-ekv																								
MU-2	mg/l	2.5	3.5	4.80	17.2	2.3	0.89	3.5	<3,3	<0,4	<0,004	<6,0	85.4					6.7	10.2	13.2	110.2	271.0	>80	6	pruun
22.08.2018	mg-ekv	0.11	0.09	0.27	0.86	0.19	1.52	0.10					1.40	1.50	1.05										helbed
MU-3	mg/l	3.0	3.0	4.92	9.6	<0,6	<0,02	6.7	<3,3	<0,4	<0,004	<6,0	48.8					5.0	2.5		132.8	227.0	>80	<4	pruun
21.08.2018	mg-ekv	0.13	0.08	0.27	0.48		0.96	0.19					0.80	0.99	0.48										sade
Analüüs tehtud:																									
24.08.2018																									
Määramispiir	mg/l	0.6	0.6	0.07	1.0	0.6	0.02	3.5	3.3	0.4	0.004		6.0		0.05				0.4	2.2	0.5				

\* tähistatud määrang ei kuulu akrediteeritud meetodite alasse

Analüütik: V.Kalašnikova

Mare Kalkun  
labori juhataja

**Lisa 3. Ojamaa kaevevälja põhjaveeseire üldanalüüsi tulemused - aprill 2018**

**EESTI GEOLOOGIATEENISTUSE LABOR**

EAK poolt akrediteeritud katselabor  
registreerimisnumbriga L093

Kadaka tee 82, 12618, Tallinn  
Tel. 6 720 074/ 52 562 98

**VEE ÜLDANALÜÜSI TULEMUSED**

Tellija: Hüdro- ja keskkonnageoloogia osakond  
Objekt: Ojamaa kaevevälja seire

Tellimus nr. V18-147  
Kuupäev: 25.04.2018

Analüüsitava komponent	Meetod
NH <sub>4</sub> , Fe, SiO <sub>2</sub>	spektrofotomeetria
NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub>	spektrofotomeetria
SO <sub>4</sub> , Kuivjääk	kaalanalüüs
Ca, Mg, CO <sub>3</sub> , HCO <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> , karedus	tiitrimine
Cl, PHT	tiitrimine
K, Na	leek-fotomeetria
pH	elektrometria
värvus	visuaalne

Standardi nr.
GOST 4192, GOST 4011-4, STV-1
ISO 6777, ISO 7890-3
GOST 4389-2, GOST 18164
ISO 9963-1, ISO 6058, ISO 6059
EVS-EN ISO 8467, ISO 9297
ISO 9964-3
EVS-EN ISO 10523
EVS-EN ISO 7887-4

lk 1/1

Proovi võtu koht, Mõõtühik	Na	K	NH <sub>4</sub>	Ca	Mg	Fe	Katioon.	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Anioon.	Üld-	Karbon.	Mittekarb.	pH	SiO <sub>2</sub>	*CO <sub>2</sub>	PHT	Kuivjääk	Värvus	*Läbi-	*Sade	
Pr. võtu kuupäev						üld	summa							summa	karedus	karedus	karedus			vaba			kraadides	paistvus		
Arvila, I-1 18.04.2018	mg/l mg-ekv	2.0 0.09	3.0 0.08	0.56 0.03	146.7 7.32	17.4 1.43	42.02	3.5 0.10	170.4 3.55	3.6 0.06	0.107	<6,0	335.5	9.21	8.75	5.50	3.25	6.6	4.0	151.8	9.3	558.5	>80	<4	oranž hägu	
Arvila, I-2 18.04.2018	mg/l mg-ekv	11.3 0.49	4.7 0.12	<0,07 0.03	76.2 3.80	19.7 1.62	5.03	5.0 0.14	25.1 0.52	<0,4 0.06	<0,004	<6,0	341.6	6.26	5.42	5.60		7.2	10.8	44.0	10.5	374.0	65	<4	oranž hägu	
Arvila, I-3 18.04.2018	mg/l mg-ekv	72.9 3.17	6.0 0.15	<0,07 0.03	17.2 0.86	13.2 1.09	1.73	22.0 0.62	<3,3 0.62	<0,4	<0,004	6.0	280.6	5.42	1.95	4.60		8.1	5.8	6.6	1.9	302.0	15	21	oranž hägu	
Muraka, II-1 18.04.2018	mg/l mg-ekv	4.5 0.20	4.0 0.10	0.50 0.03	96.2 4.80	12.2 1.00	29.17	8.5 0.24	99.2 2.06	1.3 0.02	0.101	<6,0	262.3	6.62	5.8	4.30	1.50	7.2	2.8	44.0	12.4	405.5	>80	<4	oranž hägu	
Muraka, II-2 18.04.2018	mg/l mg-ekv	4.5 0.20	3.0 0.08	0.48 0.03	72.3 3.61	12.8 1.05	24.24	3.5 0.10	18.0 0.37	<0,4	<0,004	<6,0	274.5	4.97	4.66	4.50	0.16	7.2	8.6	33.0	29.7	321.5	>80	<4	oranž hägu	
Muraka, II-3 18.04.2018	mg/l mg-ekv	16.7 0.73	12.0 0.31	<0,07	61.9 3.09	43.3 3.56	0.21	3.5 0.10	<3,3	<0,4	<0,004	<6,0	488.0	8.10	6.65	4.50		7.3	7.7	41.8	3.1	448.5	10	>30	ei ole	
Määramispiir	mg/l	0.6	0.6	0.07	1.0	0.6	0.02	3.5	3.3	0.4	0.004		6.0		0.05				0.4	2.2	0.5					
Analüüs tehtud 23.04.2018																										

\*tähistatud määrang ei kuulu akrediteeritud meetodite alasse.

Analüütik: V. Kalašnikova

Mare Kalkun  
labori juhataja

**Lisa 4. Ojamaa kaevevälja põhjaveeseire üldanalüüsi tulemused - august 2018**

**EESTI GEOLOOGIAKESKUSE LABOR**

EAK poolt akrediteeritud katselabor  
registreerimisnumbriga L093

Kadaka tee 82, 12618, Tallinn  
Tel. 6 720 074/ 52 562 98

**VEE ÜLDANALÜÜSI TULEMUSED**

TELLIJA: HÜDROGEOLOOGIA OSAKOND

Objekt: 40-1040 Ojamaa

Tellimus nr. V16-440  
Kuupäev: 31.08.2016

Analüüsitava komponent	Meetod	Standardi nr.
NH4, Fe, SiO2 NO2, NO3 SO4, Kuivjääk Ca, Mg, CO3, HCO3, CO2, karedus Cl, PHT K, Na pH värvus	spektrofotomeetria spektrofotomeetria kaalanalüüs tiitrimine tiitrimine leek-fotomeetria elektrometria visuaalne	GOST 4192, GOST 4011-4, STV-1 ISO 6777, ISO 7890-3 GOST 4389-2, GOST 18164 ISO 9963-1, ISO 6058, ISO 6059 EVS-EN ISO 8467, ISO 9297 ISO 9964-3 EVS-EN ISO 10523 EVS-EN ISO 7887-4

lk 1/1

Proovi võtu koht, Mõõtühik	Na	K	NH4	Ca	Mg	Fe	Katsoon.	Cl	SO4	NO3	NO2	CO3	HCO3	Anioon.	Üld-	Karbon.	Mittekarb.	pH	SiO2	*CO2	PHT	Kuivjääk	Värvus	*Läbi-	*Sade	
Pr. võtu kuupäev						üld	summa							summa	karedus	karedus	karedus			vaba			kraadides	paistvus		
kat. 20975 mg/l	1.0	3.0	3.14	210.6	30.0	96.68		3.5	331.7	<0,4	<0,004	<6,0	402.6					6.3	4.3	220.0	16.8	883.5	>80	<4	oranž	
23.08.2016 mg-ekv	0.04	0.08	0.17	10.51	2.47		13.27	0.10	6.91				6.60	13.61	12.98	6.60	6.38									hägu
kat. 20976 mg/l	8.0	3.8	0.29	103.2	17.5	9.32		5.0	24.3	<0,4	<0,004	<6,0	390.4					6.7	15.5	55.0	28.0	410.5	>80	<4	oranž	
23.08.2016 mg-ekv	0.35	0.10		5.15	1.44		7.04	0.14	0.51				6.40	7.05	6.59	6.40	0.19									hägu
kat. 20977 mg/l	71.1	7.0	<0,07	17.6	21.9	2.49		20.2	<3,3	<0,4	<0,004	<6,0	298.9					7.6	5.1	6.6	1.4	300.0	15	<4	oranž	
23.08.2016 mg-ekv	3.09	0.18		0.88	1.18		5.33	0.57					4.90	5.47	2.06											hägu
kat. 20978 mg/l	2.0	2.0	0.79	143.5	16.9	55.01		3.5	228.40	<0,4	<0,004	<6,0	256.2					6.6	3.0	61.6	9.3	549.5	>80	<4	oranž	
23.08.2016 mg-ekv	0.09	0.05	0.04	7.16	1.39		8.73	0.10	4.75				4.20	9.05	8.55	4.20	4.35									hägu
kat. 20979 mg/l	4.5	3.8	0.25	107.2	19.4	8.54		3.5	46.1	<0,4	<0,004	<6,0	384.3					6.8	11.6	50.6	31.2	452.5	>80	<4	oranž	
23.08.2016 mg-ekv	0.20	0.10		5.36	1.60		7.26	0.10	0.96				6.30	7.36	6.96	6.30	0.66									hägu
kat. 20980 mg/l	18.8	11.0	0.17	64.9	46.3	0.15		3.5	<3,3	<0,4	<0,004	<6,0	494.1					7.1	7.2	35.2	2.8	429.5	10	>30	ei ole	
23.08.2016 mg-ekv	0.82	0.28		3.24	3.81		8.15	0.10					8.10	8.20	7.05											
Määramispiir mg/l	0.6	0.6	0.07	1.0	0.6	0.02		3.5	3.3	0.4	0.004		6.0		0.05				0.4	2.2	0.5					
Analüüs tehtud																										
23.08.2016																										

\*tähistatud määrang ei kuulu akrediteeritud meetodite alasse.

Analüütik: V. Kalašnikova

Mare Kalkun  
labori juhataja

**Lisa 5. Arvila vaatlusposti vaatluskaevude päeva keskmised veetasemed**

Arvila vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20975 (I-1)		kat nr 20976 (I-2)		kat nr 20977 (I-3)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
02.11.2017	1.04	49.061	2.60	47.485	4.20	46.02
03.11.2017	1.09	49.010	2.61	47.468	4.20	46.02
04.11.2017	1.12	48.983	2.65	47.430	4.23	45.99
05.11.2017	1.12	48.977	2.68	47.398	4.27	45.95
06.11.2017	1.11	48.988	2.71	47.371	4.31	45.91
07.11.2017	1.12	48.980	2.76	47.324	4.38	45.84
08.11.2017	1.13	48.969	2.79	47.295	4.44	45.78
09.11.2017	1.14	48.960	2.80	47.282	4.48	45.74
10.11.2017	1.14	48.957	2.81	47.271	4.48	45.74
11.11.2017	1.12	48.979	2.83	47.252	4.52	45.70
12.11.2017	1.02	49.078	2.81	47.266	4.56	45.66
13.11.2017	1.04	49.063	2.81	47.266	4.62	45.60
14.11.2017	1.08	49.017	2.81	47.272	4.67	45.55
15.11.2017	1.11	48.986	2.81	47.269	4.71	45.51
16.11.2017	1.13	48.971	2.82	47.256	4.75	45.48
17.11.2017	1.12	48.977	2.84	47.240	4.78	45.44
18.11.2017	1.13	48.970	2.86	47.225	4.79	45.43
19.11.2017	1.14	48.962	2.87	47.214	4.81	45.41
20.11.2017	1.14	48.957	2.90	47.184	4.85	45.37
21.11.2017	1.14	48.961	2.92	47.157	4.90	45.32
22.11.2017	1.15	48.950	2.94	47.137	4.94	45.28
23.11.2017	1.16	48.938	2.97	47.115	4.98	45.24
24.11.2017	1.17	48.927	2.97	47.109	5.01	45.22
25.11.2017	1.16	48.940	2.99	47.093	5.05	45.18
26.11.2017	1.02	49.083	2.96	47.116	5.08	45.15
27.11.2017	1.00	49.100	2.89	47.189	5.09	45.13
28.11.2017	1.07	49.029	2.85	47.234	5.07	45.15
29.11.2017	1.11	48.993	2.84	47.242	5.05	45.17
30.11.2017	1.12	48.977	2.85	47.229	5.06	45.16
01.12.2017	1.12	48.977	2.86	47.223	5.06	45.16
02.12.2017	1.13	48.970	2.88	47.197	5.10	45.12
03.12.2017	1.14	48.963	2.90	47.182	5.14	45.08
04.12.2017	1.13	48.966	2.89	47.186	5.14	45.08
05.12.2017	1.14	48.962	2.91	47.170	5.16	45.06
06.12.2017	1.15	48.955	2.91	47.171	5.17	45.05
07.12.2017	1.16	48.942	2.94	47.141	5.22	45.00
08.12.2017	1.13	48.967	2.92	47.157	5.21	45.01
09.12.2017	1.04	49.062	2.89	47.192	5.23	44.99
10.12.2017	1.04	49.057	2.82	47.259	5.22	45.00
11.12.2017	1.09	49.010	2.85	47.234	5.22	45.00
12.12.2017	1.10	48.998	2.78	47.296	5.19	45.03
13.12.2017	0.98	49.121	2.76	47.324	5.19	45.03
14.12.2017	1.01	49.087	2.69	47.386	5.18	45.04
15.12.2017	1.09	49.014	2.69	47.388	5.16	45.06

Arvila vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20975 (I-1)		kat nr 20976 (I-2)		kat nr 20977 (I-3)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
16.12.2017	1.11	48.987	2.71	47.366	5.18	45.05
17.12.2017	1.14	48.965	2.75	47.327	5.20	45.02
18.12.2017	1.15	48.949	2.80	47.278	5.26	44.96
19.12.2017	1.16	48.941	2.83	47.249	5.29	44.93
20.12.2017	1.17	48.933	2.87	47.209	5.33	44.89
21.12.2017	1.16	48.937	2.88	47.201	5.32	44.90
22.12.2017	1.16	48.938	2.91	47.168	5.34	44.89
23.12.2017	1.16	48.943	2.93	47.149	5.35	44.88
24.12.2017	1.16	48.941	2.93	47.149	5.34	44.88
25.12.2017	1.18	48.925	2.99	47.094	5.39	44.83
26.12.2017	1.17	48.927	2.98	47.098	5.39	44.83
27.12.2017	1.16	48.941	2.98	47.099	5.42	44.80
28.12.2017	1.14	48.964	2.96	47.123	5.43	44.79
29.12.2017	1.12	48.977	2.91	47.167	5.41	44.81
30.12.2017	1.02	49.083	2.82	47.263	5.36	44.86
31.12.2017	1.02	49.082	2.69	47.394	5.28	44.94
01.01.2018	1.07	49.031	2.60	47.477	5.19	45.03
02.01.2018	1.09	49.010	2.59	47.492	5.13	45.09
03.01.2018	1.05	49.052	2.56	47.516	5.09	45.13
04.01.2018	1.05	49.049	2.54	47.541	5.05	45.17
05.01.2018	0.97	49.134	2.53	47.550	5.01	45.21
06.01.2018	0.86	49.238	2.51	47.575	4.97	45.25
07.01.2018	0.98	49.118	2.51	47.569	4.96	45.26
08.01.2018	1.07	49.034	2.52	47.565	4.95	45.27
09.01.2018	1.11	48.990	2.53	47.547	4.94	45.28
10.01.2018	1.13	48.967	2.54	47.543	4.91	45.31
11.01.2018	1.15	48.951	2.55	47.526	4.90	45.32
12.01.2018	1.17	48.934	2.59	47.491	4.93	45.29
13.01.2018	1.18	48.920	2.60	47.480	4.93	45.29
14.01.2018	1.19	48.908	2.61	47.471	4.92	45.30
15.01.2018	1.20	48.905	2.62	47.461	4.88	45.34
16.01.2018	1.20	48.896	2.63	47.455	4.85	45.37
17.01.2018	1.21	48.887	2.64	47.439	4.83	45.39
18.01.2018	1.21	48.886	2.67	47.409	4.85	45.37
19.01.2018	1.22	48.883	2.71	47.370	4.88	45.34
20.01.2018	1.23	48.869	2.74	47.337	4.91	45.31
21.01.2018	1.25	48.855	2.77	47.310	4.94	45.28
22.01.2018	1.25	48.848	2.79	47.291	4.99	45.23
23.01.2018	1.26	48.842	2.82	47.259	5.01	45.21
24.01.2018	1.26	48.838	2.83	47.250	4.98	45.24
25.01.2018	1.26	48.842	2.83	47.246	4.92	45.30
26.01.2018	1.25	48.846	2.86	47.216	4.93	45.29
27.01.2018	1.26	48.844	2.87	47.213	4.91	45.31
28.01.2018	1.25	48.853	2.86	47.222	4.88	45.34
29.01.2018	1.24	48.861	2.85	47.234	4.83	45.39
30.01.2018	1.24	48.858	2.86	47.224	4.81	45.41

Arvila vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20975 (I-1)		kat nr 20976 (I-2)		kat nr 20977 (I-3)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
31.01.2018	1.25	48.847	2.89	47.187	4.83	45.39
01.02.2018	1.25	48.847	2.89	47.191	4.80	45.42
02.02.2018	1.26	48.843	2.91	47.169	4.79	45.43
03.02.2018	1.26	48.839	2.94	47.144	4.78	45.44
04.02.2018	1.27	48.833	2.97	47.115	4.80	45.42
05.02.2018	1.27	48.829	2.98	47.098	4.79	45.44
06.02.2018	1.27	48.834	2.98	47.104	4.74	45.48
07.02.2018	1.27	48.831	3.00	47.081	4.72	45.51
08.02.2018	1.27	48.828	3.03	47.048	4.68	45.54
09.02.2018	1.28	48.822	3.05	47.033	4.64	45.58
10.02.2018	1.28	48.817	3.06	47.018	4.58	45.64
11.02.2018	1.29	48.813	3.07	47.014	4.47	45.75
12.02.2018	1.29	48.807	3.08	46.996	4.42	45.80
13.02.2018	1.30	48.801	3.11	46.968	4.37	45.85
14.02.2018	1.31	48.793	3.14	46.941	4.26	45.97
15.02.2018	1.31	48.788	3.16	46.924	4.13	46.09
16.02.2018	1.31	48.794	3.16	46.920	4.13	46.09
17.02.2018	1.31	48.789	3.18	46.905	4.08	46.14
18.02.2018	1.32	48.784	3.19	46.887	4.08	46.14
19.02.2018	1.32	48.780	3.21	46.874	4.07	46.15
20.02.2018	1.32	48.776	3.23	46.853	4.04	46.18
21.02.2018	1.33	48.772	3.24	46.843	3.94	46.28
22.02.2018	1.33	48.768	3.25	46.828	3.76	46.46
23.02.2018	1.34	48.763	3.26	46.820	3.70	46.53
24.02.2018	1.34	48.760	3.28	46.801	3.57	46.65
25.02.2018	1.34	48.756	3.29	46.791	3.56	46.67
26.02.2018	1.34	48.756	3.30	46.782	3.00	47.22
27.02.2018	1.36	48.745	3.33	46.753	2.90	47.32
28.02.2018	1.36	48.737	3.34	46.736	2.94	47.28
01.03.2018	1.37	48.732	3.35	46.733	2.96	47.26
02.03.2018	1.37	48.735	3.35	46.731	2.93	47.29
03.03.2018	1.36	48.741	3.36	46.716	2.94	47.29
04.03.2018	1.36	48.737	3.38	46.698	2.94	47.28
05.03.2018	1.39	48.714	3.41	46.667	2.94	47.28
06.03.2018	1.39	48.712	3.43	46.651	2.96	47.26
07.03.2018	1.38	48.721	3.45	46.632	2.96	47.26
08.03.2018	1.38	48.722	3.47	46.614	2.97	47.25
09.03.2018	1.38	48.725	3.48	46.597	2.95	47.27
10.03.2018	1.38	48.725	3.49	46.588	2.97	47.25
11.03.2018	1.38	48.719	3.51	46.573	3.02	47.20
12.03.2018	1.39	48.711	3.51	46.567	3.04	47.18
13.03.2018	1.37	48.731	3.51	46.567	2.99	47.23
14.03.2018	1.20	48.905	3.52	46.559	2.97	47.25
15.03.2018	1.27	48.829	3.52	46.557	2.98	47.24
16.03.2018	1.31	48.786	3.51	46.575	2.94	47.28
17.03.2018	1.35	48.753	3.50	46.577	2.90	47.32

Arvila vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20975 (I-1)		kat nr 20976 (I-2)		kat nr 20977 (I-3)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
18.03.2018	1.37	48.726	3.50	46.583	2.87	47.35
19.03.2018	1.38	48.719	3.50	46.578	2.85	47.37
20.03.2018	1.39	48.713	3.53	46.550	2.83	47.39
21.03.2018	1.40	48.703	3.56	46.523	2.83	47.40
22.03.2018	1.40	48.699	3.55	46.529	2.76	47.46
23.03.2018	1.40	48.696	3.57	46.510	2.73	47.49
24.03.2018	1.41	48.692	3.59	46.486	2.72	47.50
25.03.2018	1.41	48.691	3.59	46.487	2.66	47.56
26.03.2018	1.41	48.690	3.61	46.469	2.62	47.60
27.03.2018	1.42	48.685	3.63	46.452	2.57	47.65
28.03.2018	1.42	48.679	3.64	46.445	2.53	47.69
29.03.2018	1.42	48.677	3.65	46.434	2.47	47.75
30.03.2018	1.43	48.674	3.65	46.428	2.39	47.83
31.03.2018	1.43	48.672	3.66	46.423	2.37	47.85
01.04.2018	1.43	48.675	3.66	46.420	2.34	47.88
02.04.2018	1.41	48.689	3.63	46.452	2.25	47.97
03.04.2018	1.39	48.707	3.66	46.422	2.24	47.98
04.04.2018	1.38	48.725	3.64	46.436	2.23	47.99
05.04.2018	1.08	49.025	3.55	46.531	2.15	48.07
06.04.2018	0.95	49.149	3.41	46.675	2.02	48.20
07.04.2018	1.00	49.096	3.32	46.757	1.90	48.32
08.04.2018	1.03	49.066	3.23	46.846	1.76	48.46
09.04.2018	0.98	49.121	3.17	46.910	1.61	48.61
10.04.2018	1.01	49.095	3.11	46.966	1.51	48.71
11.04.2018	1.10	48.999	3.08	47.002	1.41	48.81
12.04.2018	1.16	48.944	3.04	47.037	1.30	48.92
13.04.2018	1.19	48.911	3.03	47.047	1.19	49.03
14.04.2018	1.21	48.887	3.03	47.049	0.97	49.25
15.04.2018	1.22	48.879	3.02	47.061	0.64	49.58
16.04.2018	1.19	48.906	3.02	47.062	0.60	49.62
17.04.2018	1.10	48.997	3.00	47.079	0.57	49.65
18.04.2018	1.06	49.036	2.98	47.105	1.03	49.19
19.04.2018	1.07	49.031	2.92	47.159	3.17	47.05
20.04.2018	1.11	48.987	2.90	47.177	3.12	47.10
21.04.2018	1.12	48.984	2.87	47.209	3.08	47.14
22.04.2018	1.09	49.014	2.90	47.176	3.08	47.14
23.04.2018	1.11	48.990	2.91	47.172	3.08	47.14
24.04.2018	1.14	48.959	2.88	47.197	3.07	47.15
25.04.2018	1.12	48.982	2.89	47.191	3.08	47.14
26.04.2018	1.08	49.025	2.89	47.190	3.05	47.17
27.04.2018	1.10	48.996	2.90	47.183	2.99	47.23
28.04.2018	1.13	48.968	2.90	47.176	3.00	47.22
29.04.2018	1.14	48.956	2.90	47.176	3.00	47.22
30.04.2018	1.14	48.957	2.91	47.171	2.94	47.28
01.05.2018	1.13	48.974	2.91	47.175	2.82	47.41
02.05.2018	1.10	49.004	2.92	47.162	2.74	47.48

Arvila vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20975 (I-1)		kat nr 20976 (I-2)		kat nr 20977 (I-3)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
03.05.2018	1.11	48.986	2.93	47.154	2.68	47.54
04.05.2018	1.13	48.967	2.93	47.155	2.59	47.63
05.05.2018	1.15	48.950	2.95	47.135	2.56	47.66
06.05.2018	1.17	48.931	2.96	47.123	2.50	47.72
07.05.2018	1.18	48.918	2.97	47.113	2.44	47.78
08.05.2018	1.20	48.901	2.99	47.094	2.37	47.85
09.05.2018	1.21	48.887	3.01	47.069	2.36	47.86
10.05.2018	1.22	48.876	3.03	47.051	2.40	47.82
11.05.2018	1.24	48.862	3.05	47.027	2.43	47.79
12.05.2018	1.25	48.850	3.07	47.008	2.46	47.76
13.05.2018	1.26	48.839	3.09	46.989	2.51	47.72
14.05.2018	1.27	48.826	3.11	46.971	2.50	47.72
15.05.2018	1.28	48.818	3.12	46.957	2.53	47.69
16.05.2018	1.29	48.811	3.14	46.942	2.55	47.67
17.05.2018	1.30	48.799	3.16	46.921	2.55	47.67
18.05.2018	1.31	48.791	3.18	46.902	2.57	47.65
19.05.2018	1.32	48.782	3.21	46.867	2.59	47.63
20.05.2018	1.33	48.772	3.24	46.840	2.61	47.61
21.05.2018	1.34	48.761	3.26	46.817	2.61	47.62
22.05.2018	1.34	48.757	3.27	46.807	2.57	47.65
23.05.2018	1.35	48.749	3.29	46.788	2.56	47.67
24.05.2018	1.36	48.741	3.32	46.758	2.56	47.67
25.05.2018	1.37	48.732	3.35	46.734	2.55	47.67
26.05.2018	1.37	48.726	3.37	46.713	2.55	47.67
27.05.2018	1.38	48.718	3.39	46.693	2.54	47.68
28.05.2018	1.39	48.710	3.42	46.665	2.56	47.66
29.05.2018	1.40	48.703	3.42	46.658	2.55	47.67
30.05.2018	1.40	48.697	3.43	46.646	2.55	47.67
31.05.2018	1.41	48.689	3.47	46.612	2.53	47.69
01.06.2018	1.42	48.682	3.48	46.598	2.53	47.69
02.06.2018	1.42	48.677	3.49	46.592	2.51	47.71
03.06.2018	1.43	48.672	3.51	46.569	2.51	47.71
04.06.2018	1.44	48.665	3.53	46.555	2.50	47.72
05.06.2018	1.44	48.660	3.56	46.517	2.52	47.71
06.06.2018	1.45	48.655	3.60	46.476	2.55	47.67
07.06.2018	1.45	48.651	3.62	46.461	2.55	47.67
08.06.2018	1.46	48.643	3.63	46.451	2.56	47.66
09.06.2018	1.46	48.637	3.65	46.426	2.56	47.66
10.06.2018	1.47	48.629	3.67	46.409	2.56	47.66
11.06.2018	1.47	48.626	3.68	46.399	2.53	47.69
12.06.2018	1.47	48.628	3.69	46.389	2.54	47.68
13.06.2018	1.47	48.626	3.72	46.357	2.56	47.66
14.06.2018	1.48	48.618	3.75	46.329	2.56	47.66
15.06.2018	1.49	48.609	3.77	46.311	2.58	47.64
16.06.2018	1.50	48.604	3.79	46.287	2.57	47.65
17.06.2018	1.50	48.597	3.81	46.269	2.58	47.64

Arvila vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20975 (I-1)		kat nr 20976 (I-2)		kat nr 20977 (I-3)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
18.06.2018	1.51	48.590	3.82	46.256	2.59	47.63
19.06.2018	1.52	48.585	3.84	46.243	2.56	47.66
20.06.2018	1.52	48.585	3.85	46.227	2.59	47.63
21.06.2018	1.52	48.580	3.87	46.210	2.57	47.65
22.06.2018	1.51	48.595	3.86	46.216	2.53	47.69
23.06.2018	1.51	48.590	3.90	46.181	2.61	47.61
24.06.2018	1.51	48.589	3.90	46.178	2.59	47.63
25.06.2018	1.50	48.604	3.91	46.172	2.55	47.67
26.06.2018	1.50	48.596	3.93	46.150	2.60	47.63
27.06.2018	1.51	48.590	3.94	46.145	2.67	47.55
28.06.2018	1.52	48.578	3.94	46.138	2.68	47.54
29.06.2018	1.52	48.578	3.93	46.148	2.63	47.59
30.06.2018	1.54	48.565	3.96	46.122	2.68	47.54
01.07.2018	1.55	48.554	3.97	46.108	2.72	47.50
02.07.2018	1.55	48.550	3.97	46.112	2.72	47.50
03.07.2018	1.56	48.545	3.97	46.106	2.68	47.54
04.07.2018	1.54	48.557	3.98	46.098	2.68	47.54
05.07.2018	1.55	48.553	3.99	46.088	2.67	47.55
06.07.2018	1.52	48.576	3.99	46.090	2.70	47.52
07.07.2018	1.50	48.603	4.01	46.070	2.75	47.47
08.07.2018	1.50	48.603	4.02	46.059	2.75	47.47
09.07.2018	1.50	48.601	4.03	46.050	2.77	47.45
10.07.2018	1.51	48.594	4.04	46.036	2.79	47.43
11.07.2018	1.51	48.586	4.05	46.035	2.76	47.46
12.07.2018	1.52	48.578	4.05	46.033	2.75	47.47
13.07.2018	1.52	48.578	4.05	46.029	2.74	47.49
14.07.2018	1.53	48.566	4.06	46.023	2.73	47.49
15.07.2018	1.54	48.558	4.07	46.012	2.73	47.49
16.07.2018	1.56	48.543	4.08	46.001	2.72	47.50
17.07.2018	1.57	48.532	4.09	45.993	2.73	47.49
18.07.2018	1.58	48.520	4.10	45.985	2.73	47.49
19.07.2018	1.59	48.506	4.10	45.980	2.77	47.45
20.07.2018	1.60	48.498	4.11	45.974	2.80	47.42
21.07.2018	1.61	48.493	4.11	45.971	2.81	47.41
22.07.2018	1.62	48.484	4.13	45.953	2.84	47.38
23.07.2018	1.63	48.473	4.13	45.950	2.85	47.37
24.07.2018	1.64	48.462	4.14	45.945	2.82	47.40
25.07.2018	1.65	48.452	4.14	45.938	2.82	47.40
26.07.2018	1.66	48.443	4.15	45.929	2.79	47.43
27.07.2018	1.67	48.432	4.16	45.925	2.79	47.43
28.07.2018	1.68	48.420	4.16	45.919	2.79	47.43
29.07.2018	1.69	48.409	4.17	45.913	2.80	47.42
30.07.2018	1.71	48.395	4.17	45.906	2.80	47.42
31.07.2018	1.72	48.385	4.18	45.898	2.84	47.38
01.08.2018	1.73	48.374	4.19	45.894	2.89	47.33
02.08.2018	1.74	48.364	4.19	45.895	2.86	47.37

Arvila vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20975 (I-1)		kat nr 20976 (I-2)		kat nr 20977 (I-3)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
03.08.2018	1.75	48.355	4.18	45.898	2.84	47.38
04.08.2018	1.75	48.350	4.19	45.892	2.84	47.38
05.08.2018	1.75	48.351	4.19	45.889	2.85	47.37
06.08.2018	1.75	48.354	4.20	45.883	2.91	47.32
07.08.2018	1.77	48.335	4.21	45.869	2.97	47.25
08.08.2018	1.78	48.319	4.22	45.859	3.01	47.21
09.08.2018	1.79	48.308	4.23	45.855	3.00	47.22
10.08.2018	1.80	48.298	4.22	45.857	3.01	47.21
11.08.2018	1.81	48.290	4.23	45.855	3.02	47.20
12.08.2018	1.81	48.290	4.22	45.861	3.02	47.20
13.08.2018	1.76	48.337	4.23	45.855	3.03	47.19
14.08.2018	1.79	48.310	4.24	45.842	3.07	47.15
15.08.2018	1.78	48.323	4.23	45.848	3.08	47.14
16.08.2018	1.75	48.354	4.25	45.835	3.11	47.11
17.08.2018	1.77	48.334	4.25	45.834	3.12	47.10
18.08.2018	1.78	48.320	4.24	45.838	3.12	47.10
19.08.2018	1.78	48.318	4.24	45.840	3.11	47.11
20.08.2018	1.76	48.340	4.24	45.839	3.11	47.11
21.08.2018	1.72	48.378	4.24	45.836	3.15	47.07
22.08.2018	1.70	48.396	4.26	45.823	3.60	46.62
23.08.2018	1.70	48.400	4.25	45.834	3.74	46.48
24.08.2018	1.73	48.371	4.24	45.836	3.70	46.52
25.08.2018	1.74	48.365	4.25	45.835	3.65	46.58
26.08.2018	1.69	48.406	4.25	45.834	3.68	46.54
27.08.2018	1.70	48.405	4.25	45.828	3.68	46.54
28.08.2018	1.71	48.393	4.26	45.819	3.68	46.54
29.08.2018	1.72	48.381	4.26	45.820	3.75	46.47
30.08.2018	1.73	48.371	4.25	45.826	3.82	46.40
31.08.2018	1.75	48.353	4.27	45.814	3.87	46.35
01.09.2018	1.76	48.338	4.27	45.810	3.83	46.40
02.09.2018	1.77	48.326	4.27	45.808	3.78	46.44
03.09.2018	1.79	48.311	4.28	45.803	3.86	46.36
04.09.2018	1.80	48.303	4.27	45.808	3.88	46.35
05.09.2018	1.76	48.342	4.28	45.805	3.91	46.31
06.09.2018	1.78	48.320	4.28	45.798	3.98	46.24
07.09.2018	1.80	48.304	4.28	45.797	4.04	46.18
08.09.2018	1.81	48.291	4.29	45.789	4.05	46.17
09.09.2018	1.81	48.288	4.29	45.789	4.06	46.16
10.09.2018	1.71	48.395	4.28	45.799	4.05	46.17
11.09.2018	1.69	48.410	4.28	45.804	3.98	46.24
12.09.2018	1.64	48.459	4.26	45.818	3.94	46.28
13.09.2018	1.61	48.486	4.28	45.800	3.99	46.23
14.09.2018	1.62	48.480	4.29	45.792	4.04	46.18
15.09.2018	1.63	48.475	4.28	45.798	4.04	46.19
16.09.2018	1.63	48.475	4.28	45.797	4.06	46.16
17.09.2018	1.63	48.473	4.28	45.796	4.08	46.14

Arvila vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20975 (I-1)		kat nr 20976 (I-2)		kat nr 20977 (I-3)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
18.09.2018	1.62	48.485	4.29	45.791	4.09	46.13
19.09.2018	1.61	48.487	4.28	45.796	4.11	46.11
20.09.2018	1.62	48.479	4.30	45.784	4.18	46.04
21.09.2018	1.63	48.467	4.30	45.782	4.23	45.99
22.09.2018	1.64	48.463	4.29	45.795	4.24	45.98
23.09.2018	1.65	48.453	4.29	45.788	4.25	45.97
24.09.2018	1.65	48.448	4.29	45.787	4.27	45.95
25.09.2018	1.66	48.444	4.31	45.774	4.35	45.88
26.09.2018	1.66	48.445	4.29	45.786	4.37	45.85
27.09.2018	1.61	48.486	4.29	45.790	4.38	45.84
28.09.2018	1.50	48.603	4.29	45.789	4.45	45.77
29.09.2018	1.42	48.684	4.31	45.773	4.50	45.72
30.09.2018	1.45	48.646	4.29	45.789	4.49	45.73
01.10.2018	1.38	48.725	4.29	45.788	4.54	45.68
02.10.2018	1.38	48.718	4.28	45.796	4.54	45.68
03.10.2018	1.44	48.661	4.27	45.809	4.56	45.66
04.10.2018	1.41	48.689	4.28	45.800	4.64	45.58
05.10.2018	1.42	48.683	4.27	45.806	4.69	45.53
06.10.2018	1.43	48.666	4.26	45.817	4.71	45.51
07.10.2018	1.26	48.840	4.25	45.832	4.72	45.50
08.10.2018	1.27	48.832	4.24	45.837	4.74	45.48
09.10.2018	1.38	48.724	4.22	45.860	4.73	45.49
10.10.2018	1.44	48.656	4.21	45.868	4.72	45.50
11.10.2018	1.48	48.617	4.22	45.858	4.78	45.44
12.10.2018	1.51	48.591	4.21	45.873	4.79	45.44
13.10.2018	1.53	48.572	4.20	45.883	4.78	45.44
14.10.2018	1.54	48.556	4.19	45.886	4.79	45.43
15.10.2018	1.56	48.544	4.19	45.889	4.85	45.37
16.10.2018	1.57	48.530	4.19	45.893	4.82	45.40
17.10.2018	1.58	48.521	4.19	45.888	4.87	45.35
18.10.2018	1.59	48.511	4.19	45.894	4.89	45.33
19.10.2018	1.60	48.502	4.19	45.886	4.95	45.27
20.10.2018	1.61	48.493	4.20	45.885	4.94	45.28
21.10.2018	1.61	48.488	4.20	45.878	4.98	45.24
22.10.2018	1.62	48.485	4.19	45.888	4.93	45.30
23.10.2018	1.62	48.482	4.19	45.894	4.91	45.31
24.10.2018	1.60	48.500	4.19	45.894	4.92	45.30
25.10.2018	1.59	48.510	4.20	45.885	4.98	45.24
26.10.2018	1.58	48.519	4.19	45.887	5.00	45.22
27.10.2018	1.58	48.519	4.20	45.880	5.02	45.20
28.10.2018	1.41	48.686	4.19	45.886	5.05	45.17
29.10.2018	1.37	48.735	4.18	45.898	5.10	45.12
30.10.2018	1.44	48.662	4.15	45.931	5.08	45.14
31.10.2018	1.48	48.622	4.13	45.948	5.06	45.16
01.11.2018	1.49	48.611	4.14	45.944	5.10	45.12
02.11.2018	1.49	48.607	4.11	45.966	5.11	45.11

Arvila vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20975 (I-1)		kat nr 20976 (I-2)		kat nr 20977 (I-3)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
03.11.2018	1.51	48.594	4.10	45.981	5.12	45.10
04.11.2018	1.52	48.579	4.10	45.979	5.12	45.10
05.11.2018	1.53	48.568	4.09	45.986	5.16	45.06
06.11.2018	1.54	48.558	4.09	45.994	5.14	45.08
07.11.2018	1.56	48.544	4.09	45.994	5.16	45.07
08.11.2018	1.57	48.533	4.09	45.991	5.16	45.06
09.11.2018	1.57	48.528	4.09	45.995	5.20	45.02
10.11.2018	1.58	48.523	4.09	45.993	5.20	45.02
11.11.2018	1.59	48.513	4.10	45.985	5.25	44.97
12.11.2018	1.59	48.511	4.09	45.986	5.29	44.93
13.11.2018	1.48	48.625	4.07	46.008	5.27	44.95
14.11.2018	1.36	48.741	4.02	46.062	5.27	44.96
15.11.2018	1.43	48.670	4.01	46.075	5.29	44.94
16.11.2018	1.47	48.628	4.00	46.083	5.30	44.92
17.11.2018	1.50	48.605	3.98	46.097	5.27	44.95
18.11.2018	1.51	48.587	3.98	46.105	5.25	44.97
19.11.2018	1.53	48.571	3.99	46.090	5.24	44.99
20.11.2018	1.54	48.563	3.98	46.101	5.28	44.94
21.11.2018	1.55	48.554	3.99	46.094	5.29	44.93
22.11.2018	1.56	48.545	3.98	46.101	5.28	44.94
23.11.2018	1.56	48.538	4.00	46.083	5.26	44.96
24.11.2018	1.57	48.532	3.99	46.091	5.28	44.94
25.11.2018	1.58	48.524	4.00	46.076	5.30	44.92
26.11.2018	1.58	48.518	4.00	46.076	5.27	44.95
27.11.2018	1.59	48.514	4.02	46.062	5.31	44.91
28.11.2018	1.59	48.509	4.05	46.035	5.35	44.87
29.11.2018	1.60	48.505	4.05	46.033	5.38	44.84
30.11.2018	1.59	48.513	4.04	46.045	5.39	44.84
01.12.2018	1.59	48.511	4.05	46.033	5.40	44.82
02.12.2018	1.58	48.516	4.04	46.042	5.42	44.80
03.12.2018	1.58	48.517	4.04	46.038	5.42	44.80
04.12.2018	1.58	48.525	4.05	46.034	5.42	44.80
05.12.2018	1.58	48.525	4.06	46.016	5.46	44.76
06.12.2018	1.59	48.511	4.08	46.002	5.52	44.70
07.12.2018	1.59	48.507	4.06	46.016	5.53	44.70
08.12.2018	1.60	48.502	4.06	46.024	5.55	44.67
09.12.2018	1.60	48.502	4.07	46.015	5.63	44.59
10.12.2018	1.60	48.500	4.08	46.002	5.67	44.56
11.12.2018	1.61	48.494	4.10	45.981	5.65	44.57
12.12.2018	1.61	48.490	4.11	45.968	5.73	44.49
13.12.2018	1.61	48.486	4.11	45.969	5.75	44.47
14.12.2018	1.62	48.479	4.12	45.965	5.76	44.46
15.12.2018	1.62	48.477	4.12	45.960	5.80	44.42
16.12.2018	1.62	48.479	4.12	45.962	5.83	44.39
17.12.2018	1.62	48.481	4.12	45.964	5.84	44.39
18.12.2018	1.61	48.488	4.13	45.954	5.87	44.36

Arvila vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20975 (I-1)		kat nr 20976 (I-2)		kat nr 20977 (I-3)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
19.12.2018	1.62	48.483	4.13	45.948	5.91	44.31
20.12.2018	1.63	48.474	4.13	45.947	5.93	44.29
21.12.2018	1.63	48.471	4.13	45.951	5.93	44.29
22.12.2018	1.63	48.473	4.12	45.957	5.92	44.31
23.12.2018	1.61	48.486	4.13	45.952	5.94	44.29
24.12.2018	1.62	48.477	4.14	45.939	5.96	44.26
25.12.2018	1.63	48.472	4.15	45.935	6.00	44.22
26.12.2018	1.62	48.480	4.14	45.941	5.99	44.23
27.12.2018	1.61	48.487	4.16	45.921	6.00	44.22
28.12.2018	1.62	48.480	4.16	45.921	6.03	44.20
29.12.2018	1.63	48.473	4.17	45.915	6.06	44.16
30.12.2018	1.63	48.474	4.16	45.917	6.08	44.14
31.12.2018	1.63	48.468	4.18	45.904	6.14	44.09
01.01.2019	1.63	48.473	4.13	45.947	6.07	44.15
02.01.2019	1.62	48.478	4.15	45.930	6.10	44.12
03.01.2019	1.62	48.476	4.18	45.900	6.20	44.03
04.01.2019	1.63	48.471	4.16	45.919	6.21	44.01
05.01.2019	1.61	48.487	4.16	45.917	6.17	44.05
06.01.2019	1.60	48.497	4.18	45.903	6.20	44.02
07.01.2019	1.59	48.510	4.17	45.915	6.24	43.99
08.01.2019	1.58	48.520	4.15	45.930	6.20	44.02
09.01.2019	1.58	48.519	4.16	45.917	6.24	43.98
10.01.2019	1.59	48.508	4.18	45.902	6.27	43.95
11.01.2019	1.59	48.512	4.15	45.927	6.25	43.97
12.01.2019	1.59	48.506	4.15	45.927	6.24	43.98
13.01.2019	1.61	48.495	4.15	45.927	6.28	43.94
14.01.2019	1.61	48.489	4.13	45.946	6.27	43.95
15.01.2019	1.62	48.480	4.16	45.920	6.31	43.91

**Lisa 6. Muraka vaatlusposti vaatluskaevude päeva keskmised veetasemed**

Muraka vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20978 (II-1)		kat nr 20979 (II-2)		kat nr 20980 (II-2)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
02.11.2017	0.63	53.176	2.73	51.1	5.74	48.139
03.11.2017	0.68	53.134	2.74	51.086	5.76	48.122
04.11.2017	0.70	53.111	2.76	51.075	5.76	48.116
05.11.2017	0.71	53.103	2.76	51.072	5.77	48.109
06.11.2017	0.72	53.091	2.77	51.064	5.78	48.102
07.11.2017	0.74	53.072	2.80	51.034	5.82	48.064
08.11.2017	0.76	53.054	2.82	51.014	5.84	48.044
09.11.2017	0.76	53.048	2.82	51.015	5.80	48.078
10.11.2017	0.77	53.042	2.81	51.025	5.77	48.113
11.11.2017	0.74	53.069	2.78	51.053	5.75	48.128
12.11.2017	0.73	53.078	2.76	51.072	5.74	48.142
13.11.2017	0.75	53.059	2.78	51.046	5.78	48.102
14.11.2017	0.77	53.045	2.80	51.032	5.80	48.083
15.11.2017	0.78	53.034	2.81	51.021	5.80	48.077
16.11.2017	0.78	53.032	2.81	51.02	5.81	48.069
17.11.2017	0.79	53.024	2.81	51.019	5.80	48.077
18.11.2017	0.79	53.017	2.81	51.023	5.80	48.082
19.11.2017	0.80	53.013	2.81	51.021	5.79	48.086
20.11.2017	0.80	53.014	2.82	51.013	5.80	48.08
21.11.2017	0.80	53.01	2.83	50.999	5.82	48.063
22.11.2017	0.81	53.004	2.84	50.987	5.83	48.052
23.11.2017	0.81	53	2.85	50.979	5.83	48.046
24.11.2017	0.81	52.997	2.85	50.98	5.83	48.05
25.11.2017	0.80	53.007	2.85	50.982	5.83	48.049
26.11.2017	0.73	53.08	2.82	51.011	5.82	48.06
27.11.2017	0.76	53.049	2.82	51.008	5.84	48.045
28.11.2017	0.78	53.034	2.83	51.001	5.83	48.049
29.11.2017	0.78	53.028	2.83	50.997	5.83	48.055
30.11.2017	0.78	53.032	2.83	50.996	5.83	48.048
01.12.2017	0.78	53.028	2.85	50.984	5.82	48.059
02.12.2017	0.78	53.028	2.86	50.974	5.82	48.056
03.12.2017	0.79	53.025	2.85	50.979	5.82	48.059
04.12.2017	0.78	53.028	2.85	50.984	5.81	48.066
05.12.2017	0.79	53.019	2.86	50.974	5.83	48.055
06.12.2017	0.80	53.011	2.85	50.977	5.83	48.052
07.12.2017	0.81	53.002	2.86	50.966	5.84	48.038
08.12.2017	0.77	53.037	2.85	50.984	5.82	48.062
09.12.2017	0.74	53.07	2.82	51.007	5.84	48.043
10.12.2017	0.76	53.053	2.84	50.995	5.85	48.034
11.12.2017	0.80	53.009	2.84	50.988	5.85	48.027
12.12.2017	0.77	53.038	2.84	50.991	5.84	48.04
13.12.2017	0.71	53.098	2.81	51.024	5.84	48.045
14.12.2017	0.75	53.062	2.82	51.007	5.85	48.028

Muraka vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20978 (II-1)		kat nr 20979 (II-2)		kat nr 20980 (II-2)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
15.12.2017	0.78	53.026	2.84	50.99	5.86	48.016
16.12.2017	0.79	53.025	2.85	50.976	5.88	48.001
17.12.2017	0.79	53.018	2.87	50.961	5.91	47.972
18.12.2017	0.80	53.014	2.90	50.932	5.94	47.941
19.12.2017	0.80	53.007	2.90	50.934	5.94	47.939
20.12.2017	0.81	53.001	2.90	50.926	5.96	47.924
21.12.2017	0.81	53.004	2.89	50.937	5.93	47.947
22.12.2017	0.81	53.003	2.89	50.937	5.93	47.951
23.12.2017	0.81	53.002	2.89	50.941	5.92	47.963
24.12.2017	0.81	53.001	2.88	50.95	5.89	47.99
25.12.2017	0.82	52.992	2.90	50.934	5.92	47.958
26.12.2017	0.80	53.009	2.87	50.958	5.92	47.965
27.12.2017	0.76	53.05	2.86	50.97	5.92	47.963
28.12.2017	0.77	53.041	2.86	50.974	5.93	47.95
29.12.2017	0.75	53.057	2.85	50.976	5.93	47.948
30.12.2017	0.71	53.096	2.84	50.986	5.94	47.941
31.12.2017	0.75	53.06	2.85	50.978	5.95	47.935
01.01.2018	0.77	53.043	2.86	50.975	5.92	47.957
02.01.2018	0.74	53.072	2.84	50.992	5.92	47.96
03.01.2018	0.75	53.059	2.85	50.984	5.93	47.954
04.01.2018	0.76	53.054	2.84	50.986	5.91	47.97
05.01.2018	0.74	53.075	2.84	50.994	5.90	47.981
06.01.2018	0.71	53.102	2.81	51.016	5.89	47.995
07.01.2018	0.75	53.058	2.84	50.987	5.92	47.959
08.01.2018	0.77	53.036	2.87	50.957	5.93	47.946
09.01.2018	0.79	53.024	2.88	50.95	5.95	47.934
10.01.2018	0.79	53.02	2.88	50.947	5.95	47.935
11.01.2018	0.80	53.013	2.89	50.94	5.95	47.932
12.01.2018	0.81	53.005	2.90	50.927	5.98	47.902
13.01.2018	0.82	52.994	2.92	50.914	5.98	47.899
14.01.2018	0.82	52.99	2.92	50.91	5.97	47.907
15.01.2018	0.83	52.984	2.91	50.917	5.96	47.924
16.01.2018	0.83	52.976	2.90	50.934	5.92	47.959
17.01.2018	0.84	52.966	2.89	50.938	5.90	47.979
18.01.2018	0.84	52.966	2.89	50.938	5.90	47.978
19.01.2018	0.84	52.967	2.91	50.918	5.93	47.953
20.01.2018	0.85	52.963	2.92	50.909	5.95	47.93
21.01.2018	0.85	52.96	2.93	50.899	5.96	47.918
22.01.2018	0.85	52.957	2.93	50.899	5.97	47.908
23.01.2018	0.86	52.954	2.94	50.888	5.99	47.89
24.01.2018	0.85	52.958	2.94	50.888	5.99	47.894
25.01.2018	0.84	52.966	2.93	50.901	5.97	47.908
26.01.2018	0.79	53.017	2.92	50.909	6.01	47.871
27.01.2018	0.80	53.007	2.92	50.912	6.03	47.85
28.01.2018	0.81	52.997	2.92	50.909	6.02	47.858
29.01.2018	0.82	52.986	2.92	50.914	6.01	47.871

Muraka vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20978 (II-1)		kat nr 20979 (II-2)		kat nr 20980 (II-2)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
30.01.2018	0.83	52.982	2.92	50.911	6.03	47.852
31.01.2018	0.84	52.972	2.95	50.876	6.09	47.793
01.02.2018	0.84	52.967	2.96	50.873	6.08	47.798
02.02.2018	0.85	52.962	2.96	50.868	6.10	47.784
03.02.2018	0.85	52.958	2.98	50.852	6.12	47.756
04.02.2018	0.86	52.954	2.99	50.837	6.16	47.722
05.02.2018	0.86	52.95	2.99	50.836	6.16	47.717
06.02.2018	0.86	52.951	2.98	50.846	6.14	47.736
07.02.2018	0.86	52.947	2.99	50.838	6.15	47.731
08.02.2018	0.87	52.945	3.00	50.832	6.18	47.704
09.02.2018	0.86	52.949	3.01	50.824	6.18	47.7
10.02.2018	0.87	52.943	3.00	50.826	6.18	47.696
11.02.2018	0.87	52.944	3.00	50.829	6.16	47.716
12.02.2018	0.87	52.943	3.00	50.83	6.17	47.715
13.02.2018	0.87	52.942	3.01	50.824	6.18	47.699
14.02.2018	0.87	52.938	3.01	50.82	6.21	47.673
15.02.2018	0.87	52.942	3.03	50.8	6.22	47.661
16.02.2018	0.87	52.94	3.02	50.813	6.21	47.674
17.02.2018	0.87	52.936	3.02	50.808	6.20	47.68
18.02.2018	0.88	52.934	3.02	50.81	6.21	47.674
19.02.2018	0.88	52.933	3.03	50.801	6.21	47.668
20.02.2018	0.88	52.931	3.04	50.794	6.22	47.656
21.02.2018	0.88	52.931	3.04	50.791	6.23	47.65
22.02.2018	0.88	52.932	3.05	50.785	6.24	47.644
23.02.2018	0.87	52.939	3.04	50.79	6.24	47.641
24.02.2018	0.86	52.951	3.04	50.794	6.27	47.615
25.02.2018	0.84	52.972	3.04	50.789	6.26	47.616
26.02.2018	0.82	52.988	3.04	50.792	6.27	47.613
27.02.2018	0.81	52.999	3.04	50.788	6.29	47.593
28.02.2018	0.80	53.015	3.05	50.784	6.31	47.574
01.03.2018	0.78	53.026	3.03	50.799	6.29	47.592
02.03.2018	0.77	53.036	3.02	50.809	6.26	47.62
03.03.2018	0.77	53.045	3.02	50.809	6.25	47.635
04.03.2018	0.76	53.051	3.01	50.817	6.25	47.627
05.03.2018	0.76	53.055	3.02	50.813	6.27	47.614
06.03.2018	0.75	53.061	3.02	50.812	6.28	47.599
07.03.2018	0.75	53.063	3.03	50.802	6.30	47.585
08.03.2018	0.74	53.067	3.03	50.805	6.31	47.572
09.03.2018	0.74	53.07	3.03	50.805	6.32	47.563
10.03.2018	0.74	53.073	3.04	50.795	6.33	47.547
11.03.2018	0.73	53.079	3.04	50.795	6.35	47.532
12.03.2018	0.73	53.081	3.03	50.798	6.35	47.532
13.03.2018	0.71	53.103	3.02	50.814	6.32	47.556
14.03.2018	0.72	53.095	3.00	50.829	6.34	47.536
15.03.2018	0.80	53.013	3.02	50.807	6.38	47.502
16.03.2018	0.82	52.987	3.04	50.79	6.39	47.486

Muraka vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20978 (II-1)		kat nr 20979 (II-2)		kat nr 20980 (II-2)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
17.03.2018	0.83	52.978	3.04	50.793	6.41	47.475
18.03.2018	0.84	52.975	3.03	50.802	6.38	47.496
19.03.2018	0.84	52.972	3.02	50.81	6.35	47.531
20.03.2018	0.85	52.964	3.03	50.804	6.35	47.526
21.03.2018	0.85	52.957	3.04	50.787	6.38	47.502
22.03.2018	0.85	52.958	3.03	50.796	6.35	47.526
23.03.2018	0.86	52.951	3.04	50.794	6.36	47.522
24.03.2018	0.86	52.95	3.04	50.787	6.37	47.508
25.03.2018	0.86	52.95	3.04	50.791	6.37	47.507
26.03.2018	0.86	52.948	3.05	50.783	6.39	47.49
27.03.2018	0.87	52.943	3.06	50.773	6.42	47.465
28.03.2018	0.87	52.939	3.05	50.783	6.42	47.462
29.03.2018	0.87	52.937	3.06	50.773	6.43	47.449
30.03.2018	0.87	52.938	3.06	50.771	6.43	47.45
31.03.2018	0.87	52.944	3.05	50.781	6.43	47.455
01.04.2018	0.86	52.949	3.04	50.786	6.43	47.455
02.04.2018	0.86	52.954	3.02	50.806	6.39	47.489
03.04.2018	0.85	52.964	3.02	50.81	6.43	47.451
04.04.2018	0.83	52.979	3.02	50.812	6.46	47.424
05.04.2018	0.69	53.116	2.96	50.867	6.43	47.448
06.04.2018	0.68	53.126	2.93	50.903	6.40	47.48
07.04.2018	0.75	53.063	2.95	50.88	6.41	47.466
08.04.2018	0.78	53.026	2.95	50.876	6.39	47.49
09.04.2018	0.78	53.032	2.94	50.893	6.36	47.523
10.04.2018	0.77	53.041	2.94	50.888	6.36	47.52
11.04.2018	0.79	53.023	2.96	50.875	6.38	47.505
12.04.2018	0.80	53.014	2.96	50.867	6.36	47.524
13.04.2018	0.80	53.007	2.96	50.873	6.35	47.527
14.04.2018	0.80	53.006	2.96	50.871	6.35	47.532
15.04.2018	0.81	53.002	2.96	50.871	6.34	47.545
16.04.2018	0.81	53.004	2.96	50.873	6.33	47.555
17.04.2018	0.78	53.028	2.95	50.881	6.32	47.559
18.04.2018	0.70	53.11	2.89	50.944	6.34	47.541
19.04.2018	0.71	53.1	2.77	51.06	6.34	47.542
20.04.2018	0.61	53.197	2.78	51.048	6.33	47.553
21.04.2018	0.61	53.203	2.77	51.06	6.30	47.585
22.04.2018	0.61	53.2	2.79	51.044	6.32	47.559
23.04.2018	0.60	53.207	2.80	51.033	6.34	47.541
24.04.2018	0.62	53.194	2.79	51.041	6.32	47.565
25.04.2018	0.62	53.189	2.79	51.039	6.30	47.581
26.04.2018	0.60	53.208	2.79	51.038	6.30	47.576
27.04.2018	0.61	53.199	2.81	51.02	6.32	47.557
28.04.2018	0.63	53.184	2.82	51.006	6.35	47.531
29.04.2018	0.64	53.172	2.83	50.998	6.36	47.524
30.04.2018	0.64	53.169	2.84	50.99	6.36	47.524
01.05.2018	0.64	53.167	2.83	50.999	6.35	47.527

Muraka vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20978 (II-1)		kat nr 20979 (II-2)		kat nr 20980 (II-2)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
02.05.2018	0.62	53.188	2.83	50.998	6.36	47.52
03.05.2018	0.64	53.174	2.85	50.982	6.37	47.511
04.05.2018	0.64	53.166	2.86	50.975	6.37	47.509
05.05.2018	0.65	53.158	2.86	50.969	6.39	47.489
06.05.2018	0.66	53.15	2.87	50.956	6.40	47.481
07.05.2018	0.66	53.146	2.89	50.943	6.39	47.486
08.05.2018	0.67	53.14	2.90	50.933	6.40	47.478
09.05.2018	0.68	53.128	2.91	50.923	6.41	47.471
10.05.2018	0.69	53.117	2.92	50.914	6.42	47.464
11.05.2018	0.70	53.109	2.93	50.897	6.43	47.45
12.05.2018	0.72	53.095	2.95	50.884	6.43	47.446
13.05.2018	0.73	53.084	2.95	50.878	6.44	47.438
14.05.2018	0.73	53.077	2.95	50.877	6.45	47.429
15.05.2018	0.74	53.073	2.97	50.864	6.45	47.433
16.05.2018	0.74	53.072	2.97	50.864	6.45	47.43
17.05.2018	0.75	53.065	2.97	50.857	6.46	47.418
18.05.2018	0.75	53.059	2.98	50.849	6.47	47.413
19.05.2018	0.76	53.052	3.00	50.832	6.49	47.389
20.05.2018	0.77	53.042	3.02	50.808	6.53	47.353
21.05.2018	0.77	53.036	3.03	50.798	6.56	47.324
22.05.2018	0.78	53.031	3.04	50.795	6.56	47.319
23.05.2018	0.78	53.029	3.05	50.78	6.57	47.313
24.05.2018	0.79	53.022	3.07	50.765	6.60	47.284
25.05.2018	0.79	53.016	3.08	50.748	6.61	47.266
26.05.2018	0.80	53.011	3.09	50.744	6.63	47.255
27.05.2018	0.80	53.008	3.10	50.732	6.64	47.238
28.05.2018	0.81	53.002	3.12	50.713	6.66	47.216
29.05.2018	0.82	52.995	3.12	50.714	6.67	47.212
30.05.2018	0.82	52.99	3.14	50.693	6.66	47.218
31.05.2018	0.83	52.984	3.15	50.683	6.69	47.193
01.06.2018	0.84	52.975	3.15	50.678	6.70	47.184
02.06.2018	0.84	52.968	3.16	50.674	6.70	47.185
03.06.2018	0.85	52.962	3.17	50.665	6.71	47.171
04.06.2018	0.86	52.95	3.17	50.664	6.71	47.169
05.06.2018			3.18	50.652	6.74	47.145
06.06.2018			3.20	50.634	6.78	47.101
07.06.2018			3.21	50.623	6.80	47.078
08.06.2018			3.22	50.608	6.82	47.06
09.06.2018			3.24	50.592	6.84	47.041
10.06.2018			3.25	50.581	6.85	47.029
11.06.2018			3.26	50.574	6.85	47.033
12.06.2018			3.25	50.577	6.84	47.042
13.06.2018			3.26	50.57	6.87	47.006
14.06.2018			3.29	50.54	6.90	46.979
15.06.2018			3.30	50.526	6.92	46.962
16.06.2018			3.32	50.51	6.95	46.935

Muraka vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20978 (II-1)		kat nr 20979 (II-2)		kat nr 20980 (II-2)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
17.06.2018			3.34	50.493	6.96	46.923
18.06.2018			3.34	50.489	6.96	46.919
19.06.2018			3.35	50.48	6.96	46.916
20.06.2018			3.35	50.477	6.97	46.909
21.06.2018			3.36	50.472	6.98	46.905
22.06.2018			3.32	50.508	6.97	46.91
23.06.2018			3.36	50.473	7.02	46.862
24.06.2018			3.37	50.465	7.03	46.847
25.06.2018			3.34	50.486	7.04	46.839
26.06.2018			3.37	50.465	7.07	46.808
27.06.2018			3.39	50.437	7.10	46.781
28.06.2018			3.41	50.419	7.10	46.781
29.06.2018			3.40	50.433	7.08	46.805
30.06.2018			3.43	50.403	7.11	46.772
01.07.2018			3.45	50.385	7.13	46.753
02.07.2018			3.44	50.387	7.13	46.755
03.07.2018			3.44	50.392	7.13	46.754
04.07.2018			3.44	50.391	7.13	46.75
05.07.2018			3.43	50.402	7.13	46.751
06.07.2018			3.33	50.498	7.11	46.766
07.07.2018			3.32	50.514	7.13	46.753
08.07.2018			3.31	50.517	7.14	46.739
09.07.2018			3.31	50.517	7.15	46.727
10.07.2018			3.32	50.512	7.17	46.713
11.07.2018			3.32	50.509	7.17	46.709
12.07.2018			3.32	50.509	7.19	46.692
13.07.2018			3.30	50.527	7.23	46.653
14.07.2018			3.32	50.512	7.27	46.614
15.07.2018			3.33	50.499	7.30	46.577
16.07.2018			3.36	50.473	7.33	46.546
17.07.2018			3.37	50.456	7.36	46.522
18.07.2018			3.38	50.448	7.38	46.502
19.07.2018			3.40	50.43	7.40	46.485
20.07.2018			3.41	50.42	7.41	46.473
21.07.2018			3.40	50.431	7.41	46.47
22.07.2018			3.40	50.429	7.43	46.446
23.07.2018			3.42	50.411	7.46	46.425
24.07.2018			3.43	50.399	7.47	46.413
25.07.2018			3.43	50.399	7.48	46.4
26.07.2018			3.45	50.382	7.50	46.383
27.07.2018			3.47	50.362	7.51	46.367
28.07.2018			3.47	50.36	7.52	46.357
29.07.2018			3.47	50.359	7.53	46.349
30.07.2018			3.48	50.349	7.54	46.34
31.07.2018			3.49	50.337	7.55	46.332
01.08.2018			3.51	50.32	7.56	46.32

Muraka vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20978 (II-1)		kat nr 20979 (II-2)		kat nr 20980 (II-2)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
02.08.2018			3.52	50.311	7.56	46.321
03.08.2018			3.50	50.328	7.55	46.333
04.08.2018			3.47	50.358	7.54	46.345
05.08.2018			3.47	50.359	7.53	46.35
06.08.2018			3.47	50.36	7.54	46.343
07.08.2018			3.50	50.331	7.56	46.32
08.08.2018			3.51	50.316	7.58	46.3
09.08.2018			3.53	50.3	7.59	46.289
10.08.2018			3.52	50.307	7.59	46.29
11.08.2018			3.52	50.309	7.59	46.288
12.08.2018			3.50	50.328	7.58	46.301
13.08.2018			3.45	50.385	7.58	46.304
14.08.2018			3.47	50.362	7.60	46.284
15.08.2018			3.47	50.365	7.60	46.284
16.08.2018			3.43	50.399	7.61	46.271
17.08.2018			3.46	50.372	7.62	46.264
18.08.2018			3.47	50.356	7.61	46.268
19.08.2018			3.46	50.374	7.60	46.278
20.08.2018			3.36	50.475	7.59	46.287
21.08.2018			3.28	50.548	7.58	46.299
22.08.2018	1.23	52.58	3.14	50.693	7.59	46.293
23.08.2018			3.16	50.674	7.58	46.302
24.08.2018			3.17	50.656	7.57	46.312
25.08.2018			3.18	50.655	7.56	46.317
26.08.2018			3.12	50.706	7.57	46.313
27.08.2018			3.12	50.706	7.58	46.3
28.08.2018			3.15	50.682	7.59	46.289
29.08.2018			3.16	50.667	7.60	46.279
30.08.2018			3.17	50.66	7.60	46.285
31.08.2018			3.19	50.638	7.60	46.28
01.09.2018			3.22	50.615	7.61	46.27
02.09.2018			3.24	50.59	7.62	46.256
03.09.2018			3.27	50.565	7.63	46.247
04.09.2018			3.27	50.565	7.61	46.269
05.09.2018			3.24	50.595	7.61	46.271
06.09.2018			3.25	50.58	7.61	46.272
07.09.2018			3.27	50.562	7.61	46.275
08.09.2018			3.29	50.544	7.61	46.268
09.09.2018			3.30	50.527	7.63	46.255
10.09.2018			3.26	50.571	7.63	46.253
11.09.2018			3.24	50.592	7.62	46.262
12.09.2018			3.11	50.719	7.58	46.301
13.09.2018			3.11	50.717	7.59	46.294
14.09.2018			3.13	50.697	7.60	46.281
15.09.2018			3.12	50.711	7.60	46.284
16.09.2018			3.11	50.716	7.59	46.287

Muraka vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20978 (II-1)		kat nr 20979 (II-2)		kat nr 20980 (II-2)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
17.09.2018			3.11	50.719	7.59	46.289
18.09.2018			3.09	50.739	7.59	46.291
19.09.2018			3.10	50.732	7.58	46.301
20.09.2018			3.11	50.719	7.58	46.3
21.09.2018			3.12	50.71	7.58	46.298
22.09.2018			3.12	50.709	7.57	46.312
23.09.2018			3.13	50.701	7.57	46.307
24.09.2018			3.14	50.69	7.58	46.296
25.09.2018			3.15	50.677	7.61	46.266
26.09.2018			3.14	50.689	7.60	46.276
27.09.2018			3.07	50.761	7.58	46.299
28.09.2018			3.04	50.788	7.57	46.308
29.09.2018			3.04	50.789	7.59	46.289
30.09.2018			3.02	50.814	7.55	46.327
01.10.2018			2.99	50.838	7.55	46.328
02.10.2018			2.97	50.857	7.53	46.349
03.10.2018			2.95	50.879	7.51	46.375
04.10.2018			2.94	50.888	7.51	46.373
05.10.2018			2.94	50.886	7.50	46.381
06.10.2018			2.92	50.908	7.48	46.401
07.10.2018			2.89	50.938	7.46	46.423
08.10.2018			2.89	50.945	7.45	46.427
09.10.2018			2.89	50.942	7.42	46.456
10.10.2018			2.89	50.939	7.41	46.467
11.10.2018			2.92	50.911	7.43	46.455
12.10.2018			2.93	50.905	7.41	46.466
13.10.2018			2.92	50.908	7.39	46.486
14.10.2018			2.92	50.912	7.38	46.497
15.10.2018			2.93	50.902	7.37	46.509
16.10.2018			2.93	50.905	7.36	46.52
17.10.2018			2.93	50.899	7.36	46.523
18.10.2018			2.94	50.895	7.36	46.521
19.10.2018			2.95	50.876	7.39	46.488
20.10.2018			2.99	50.839	7.51	46.37
21.10.2018			3.01	50.816	7.59	46.289
22.10.2018			3.01	50.818	7.61	46.275
23.10.2018			3.00	50.826	7.61	46.27
24.10.2018			2.98	50.851	7.62	46.26
25.10.2018			2.98	50.85	7.65	46.23
26.10.2018			2.98	50.855	7.66	46.218
27.10.2018			2.98	50.851	7.68	46.205
28.10.2018			2.97	50.86	7.69	46.189
29.10.2018			2.99	50.843	7.72	46.165
30.10.2018			2.98	50.849	7.68	46.197
31.10.2018			2.97	50.86	7.66	46.223
01.11.2018			2.97	50.859	7.66	46.222

Muraka vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20978 (II-1)		kat nr 20979 (II-2)		kat nr 20980 (II-2)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
02.11.2018			2.97	50.865	7.64	46.239
03.11.2018			2.96	50.872	7.62	46.256
04.11.2018			2.97	50.857	7.63	46.247
05.11.2018			2.98	50.854	7.62	46.256
06.11.2018			2.97	50.86	7.62	46.264
07.11.2018			2.97	50.86	7.60	46.276
08.11.2018			2.98	50.853	7.60	46.281
09.11.2018			2.99	50.845	7.60	46.279
10.11.2018			2.98	50.848	7.60	46.281
11.11.2018			2.99	50.842	7.61	46.274
12.11.2018			2.99	50.839	7.60	46.282
13.11.2018			2.96	50.871	7.56	46.323
14.11.2018			2.94	50.893	7.54	46.341
15.11.2018			2.97	50.862	7.56	46.323
16.11.2018			2.98	50.846	7.56	46.322
17.11.2018			2.98	50.848	7.54	46.343
18.11.2018			2.98	50.855	7.51	46.366
19.11.2018			2.99	50.845	7.53	46.354
20.11.2018			2.98	50.848	7.51	46.37
21.11.2018			2.99	50.841	7.50	46.382
22.11.2018			2.98	50.854	7.48	46.398
23.11.2018			2.98	50.853	7.48	46.399
24.11.2018			2.96	50.87	7.46	46.419
25.11.2018			2.96	50.87	7.46	46.424
26.11.2018			2.96	50.866	7.45	46.433
27.11.2018			2.98	50.85	7.46	46.421
28.11.2018			3.00	50.827	7.50	46.378
29.11.2018			3.02	50.813	7.50	46.379
30.11.2018			3.01	50.821	7.48	46.402
01.12.2018			3.01	50.816	7.47	46.406
02.12.2018			3.00	50.831	7.45	46.432
03.12.2018			2.99	50.836	7.44	46.44
04.12.2018			2.98	50.846	7.43	46.449
05.12.2018			2.98	50.852	7.45	46.431
06.12.2018			3.00	50.833	7.47	46.412
07.12.2018			2.99	50.839	7.45	46.429
08.12.2018			2.97	50.856	7.42	46.457
09.12.2018			2.97	50.862	7.42	46.458
10.12.2018			2.97	50.861	7.43	46.447
11.12.2018			2.99	50.845	7.47	46.411
12.12.2018			3.00	50.828	7.50	46.377
13.12.2018			3.02	50.812	7.51	46.374
14.12.2018			3.03	50.799	7.52	46.364
15.12.2018			3.04	50.789	7.51	46.369
16.12.2018			3.03	50.798	7.50	46.38
17.12.2018			3.02	50.806	7.49	46.392

Muraka vaatluspost						
kuupäev	kat nr 20978 (II-1)		kat nr 20979 (II-2)		kat nr 20980 (II-2)	
	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m	Veetase maapinnast, m	Veetase ü.m.p., m
18.12.2018			3.03	50.797	7.49	46.394
19.12.2018			3.04	50.788	7.49	46.389
20.12.2018			3.05	50.776	7.49	46.388
21.12.2018			3.05	50.785	7.48	46.4
22.12.2018			3.03	50.805	7.47	46.414
23.12.2018			3.02	50.81	7.46	46.416
24.12.2018			3.04	50.795	7.47	46.406
25.12.2018			3.03	50.799	7.48	46.4
26.12.2018			3.01	50.821	7.47	46.409
27.12.2018			3.02	50.807	7.50	46.383
28.12.2018			3.02	50.809	7.50	46.385
29.12.2018			3.03	50.797	7.50	46.38
30.12.2018			3.03	50.804	7.50	46.378
31.12.2018			3.04	50.788	7.53	46.355
01.01.2019			3.00	50.835	7.47	46.413
02.01.2019			2.99	50.842	7.47	46.409
03.01.2019			3.01	50.819	7.52	46.358
04.01.2019			3.01	50.821	7.51	46.367
05.01.2019			3.01	50.818	7.51	46.367
06.01.2019			3.02	50.807	7.53	46.35
07.01.2019			3.02	50.807	7.51	46.374
08.01.2019			3.01	50.824	7.49	46.394
09.01.2019			3.01	50.824	7.50	46.382
10.01.2019			3.02	50.81	7.53	46.355
11.01.2019			2.99	50.838	7.49	46.394
12.01.2019			2.98	50.85	7.48	46.402
13.01.2019			2.97	50.86	7.47	46.414
14.01.2019			2.95	50.881	7.44	46.442
15.01.2019			2.97	50.864	7.47	46.407
16.01.2019	0.73	53.08				

**Lisa 7. Muraka soostiku vaatluspunktide päeva keskmised veetasemed**

Muraka soostiku vaatluspunktid						
kuupäev	MU-1 (madalsoomets)		MU-2 (puis-siirdesoo)		MU-3 (lageraba)	
	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°
02.11.2017	53.573	8.58	54.383	8.26	55.342	8.91
03.11.2017	53.562	8.54	54.373	8.20	55.334	8.86
04.11.2017	53.556	8.51	54.367	8.14	55.335	8.80
05.11.2017	53.552	8.46	54.368	8.10	55.342	8.72
06.11.2017	53.550	8.42	54.368	8.16	55.348	8.65
07.11.2017	53.543	8.38	54.365	8.17	55.341	8.60
08.11.2017	53.535	8.34	54.361	8.15	55.336	8.54
09.11.2017	53.532	8.30	54.359	8.11	55.336	8.48
10.11.2017	53.532	8.25	54.358	8.02	55.338	8.41
11.11.2017	53.551	8.21	54.373	8.01	55.344	8.34
12.11.2017	53.574	8.17	54.391	7.99	55.351	8.28
13.11.2017	53.566	8.13	54.386	7.94	55.346	8.24
14.11.2017	53.552	8.09	54.375	7.89	55.340	8.19
15.11.2017	53.544	8.05	54.370	7.83	55.339	8.15
16.11.2017	53.542	8.01	54.368	7.76	55.339	8.09
17.11.2017	53.539	7.97	54.368	7.72	55.339	8.04
18.11.2017	53.535	7.93	54.366	7.68	55.337	7.99
19.11.2017	53.531	7.90	54.366	7.65	55.337	7.95
20.11.2017	53.534	7.86	54.366	7.62	55.337	7.90
21.11.2017	53.533	7.83	54.365	7.57	55.334	7.86
22.11.2017	53.525	7.80	54.363	7.53	55.331	7.82
23.11.2017	53.521	7.76	54.359	7.48	55.331	7.77
24.11.2017	53.517	7.73	54.355	7.44	55.332	7.71
25.11.2017	53.534	7.69	54.363	7.41	55.335	7.64
26.11.2017	53.579	7.65	54.396	7.38	55.345	7.57
27.11.2017	53.577	7.62	54.394	7.40	55.345	7.53
28.11.2017	53.562	7.59	54.382	7.37	55.337	7.52
29.11.2017	53.555	7.55	54.375	7.33	55.337	7.50
30.11.2017	53.551	7.52	54.372	7.30	55.337	7.47
01.12.2017	53.547	7.49	54.369	7.26	55.336	7.45
02.12.2017	53.558	7.45	54.374	7.23	55.336	7.41
03.12.2017	53.563	7.41	54.377	7.19	55.339	7.36
04.12.2017	53.566	7.38	54.378	7.16	55.340	7.31
05.12.2017	53.558	7.35	54.370	7.13	55.335	7.28
06.12.2017	53.551	7.31	54.368	7.11	55.333	7.26
07.12.2017	53.543	7.28	54.364	7.07	55.329	7.22
08.12.2017	53.574	7.25	54.383	7.04	55.338	7.17
09.12.2017	53.594	7.21	54.399	7.04	55.347	7.02
10.12.2017	53.583	7.18	54.389	7.03	55.344	6.99
11.12.2017	53.563	7.15	54.370	7.00	55.329	7.00
12.12.2017	53.573	7.12	54.378	6.96	55.337	6.99
13.12.2017	53.606	7.08	54.409	6.93	55.345	6.89
14.12.2017	53.585	7.05	54.393	6.91	55.343	6.87
15.12.2017	53.552	7.02	54.364	6.88	55.317	6.89

Muraka soostiku vaatluspunktid						
kuupäev	MU-1 (madalsoomets)		MU-2 (puis-siirdesoo)		MU-3 (lageraba)	
	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°
16.12.2017	53.556	6.99	54.366	6.84	55.322	6.87
17.12.2017	53.551	6.95	54.362	6.80	55.322	6.83
18.12.2017	53.544	6.92	54.358	6.76	55.320	6.77
19.12.2017	53.540	6.89	54.359	6.72	55.323	6.71
20.12.2017	53.534	6.85	54.355	6.69	55.323	6.65
21.12.2017	53.534	6.82	54.358	6.66	55.328	6.63
22.12.2017	53.532	6.79	54.359	6.62	55.327	6.59
23.12.2017	53.532	6.76	54.360	6.59	55.329	6.55
24.12.2017	53.546	6.73	54.364	6.55	55.328	6.53
25.12.2017	53.537	6.70	54.359	6.52	55.323	6.47
26.12.2017	53.556	6.66	54.368	6.49	55.328	6.39
27.12.2017	53.575	6.63	54.381	6.45	55.332	6.13
28.12.2017	53.577	6.60	54.382	6.42	55.332	5.93
29.12.2017	53.583	6.57	54.385	6.39	55.334	5.74
30.12.2017	53.596	6.55	54.402	6.36	55.336	5.68
31.12.2017	53.579	6.52	54.392	6.33	55.333	5.88
01.01.2018	53.567	6.49	54.381	6.30	55.331	6.04
02.01.2018	53.581	6.46	54.390	6.27	55.336	5.99
03.01.2018	53.579	6.43	54.393	6.23	55.337	5.95
04.01.2018	53.570	6.40	54.387	6.20	55.335	6.00
05.01.2018	53.579	6.37	54.394	6.17	55.339	5.98
06.01.2018	53.593	6.34	54.411	6.14	55.345	5.95
07.01.2018	53.571	6.32	54.396	6.11	55.337	5.96
08.01.2018	53.557	6.30	54.384	6.08	55.332	5.98
09.01.2018	53.549	6.27	54.375	6.05	55.328	5.98
10.01.2018	53.541	6.24	54.370	6.03	55.325	5.97
11.01.2018	53.534	6.22	54.365	6.00	55.321	5.95
12.01.2018	53.527	6.19	54.360	5.97	55.319	5.93
13.01.2018	53.518	6.17	54.355	5.95	55.319	5.91
14.01.2018	53.509	6.15	54.347	5.93	55.316	5.89
15.01.2018	53.502	6.13	54.342	5.90	55.314	5.88
16.01.2018	53.493	6.11	54.336	5.88	55.314	5.85
17.01.2018	53.484	6.09	54.331	5.86	55.314	5.82
18.01.2018	53.477	6.06	54.326	5.83	55.310	5.80
19.01.2018	53.471	6.04	54.324	5.81	55.306	5.78
20.01.2018	53.465	6.01	54.319	5.79	55.299	5.74
21.01.2018	53.460	5.99	54.315	5.77	55.295	5.71
22.01.2018	53.456	5.96	54.314	5.74	55.294	5.67
23.01.2018	53.452	5.94	54.314	5.71	55.292	5.63
24.01.2018	53.451	5.91	54.315	5.69	55.297	5.58
25.01.2018	53.455	5.89	54.316	5.66	55.303	5.44
26.01.2018	53.473	5.85	54.328	5.64	55.308	4.99
27.01.2018	53.480	5.83	54.341	5.60	55.306	5.03
28.01.2018	53.485	5.80	54.346	5.58	55.305	5.07
29.01.2018	53.484	5.77	54.349	5.55	55.308	5.07
30.01.2018	53.484	5.75	54.351	5.52	55.308	5.08

Muraka soostiku vaatluspunktid						
kuupäev	MU-1 (madalsoomets)		MU-2 (puis-siirdesoo)		MU-3 (lageraba)	
	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°
31.01.2018	53.477	5.72	54.343	5.49	55.302	5.10
01.02.2018	53.471	5.69	54.339	5.47	55.300	5.15
02.02.2018	53.468	5.67	54.334	5.44	55.298	5.18
03.02.2018	53.462	5.64	54.328	5.41	55.292	5.16
04.02.2018	53.456	5.61	54.325	5.38	55.288	5.13
05.02.2018	53.447	5.59	54.319	5.36	55.285	5.11
06.02.2018	53.445	5.56	54.321	5.34	55.289	5.11
07.02.2018	53.441	5.54	54.319	5.31	55.289	5.10
08.02.2018	53.435	5.51	54.316	5.28	55.285	5.08
09.02.2018	53.429	5.48	54.312	5.26	55.282	5.03
10.02.2018	53.422	5.46	54.308	5.23	55.279	4.99
11.02.2018	53.420	5.43	54.307	5.21	55.279	4.97
12.02.2018	53.420	5.41	54.306	5.18	55.279	4.96
13.02.2018	53.414	5.38	54.302	5.16	55.276	4.95
14.02.2018	53.411	5.36	54.299	5.14	55.273	4.92
15.02.2018	53.405	5.33	54.295	5.11	55.270	4.89
16.02.2018	53.400	5.31	54.292	5.09	55.269	4.88
17.02.2018	53.395	5.29	54.288	5.07	55.267	4.86
18.02.2018	53.391	5.27	54.284	5.05	55.265	4.84
19.02.2018	53.388	5.25	54.282	5.03	55.264	4.83
20.02.2018	53.383	5.23	54.277	5.01	55.264	4.81
21.02.2018	53.378	5.21	54.274	4.98	55.261	4.79
22.02.2018	53.370	5.19	54.270	4.96	55.261	4.78
23.02.2018	53.362	5.16	54.262	4.94	55.258	4.76
24.02.2018	53.355	5.15	54.257	4.92	55.257	4.75
25.02.2018	53.346	5.12	54.249	4.91	55.255	4.74
26.02.2018	53.339	5.11	54.243	4.88	55.253	4.73
27.02.2018	53.331	5.09	54.233	4.87	55.249	4.72
28.02.2018	53.323	5.07	54.226	4.85	55.248	4.71
01.03.2018	53.315	5.05	54.219	4.83	55.249	4.70
02.03.2018	53.310	5.03	54.215	4.81	55.249	4.68
03.03.2018	53.306	5.01	54.210	4.80	55.249	4.67
04.03.2018	53.302	4.99	54.205	4.78	55.246	4.65
05.03.2018	53.298	4.97	54.199	4.76	55.244	4.64
06.03.2018	53.294	4.95	54.192	4.74	55.242	4.63
07.03.2018	53.290	4.93	54.184	4.72	55.240	4.61
08.03.2018	53.288	4.91	54.180	4.71	55.238	4.60
09.03.2018	53.288	4.89	54.179	4.69	55.239	4.60
10.03.2018	53.286	4.88	54.176	4.67	55.240	4.58
11.03.2018	53.285	4.86	54.172	4.65	55.235	4.57
12.03.2018	53.285	4.84	54.169	4.63	55.235	4.56
13.03.2018	53.313	4.81	54.181	4.61	55.249	4.49
14.03.2018	53.370	4.78	54.218	4.59	55.269	4.34
15.03.2018	53.359	4.77	54.215	4.57	55.263	4.36
16.03.2018	53.349	4.76	54.210	4.55	55.258	4.39
17.03.2018	53.342	4.74	54.206	4.53	55.255	4.40

Muraka soostiku vaatluspunktid						
kuupäev	MU-1 (madalsoomets)		MU-2 (puis-siirdesoo)		MU-3 (lageraba)	
	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°
18.03.2018	53.339	4.72	54.204	4.51	55.255	4.40
19.03.2018	53.339	4.71	54.206	4.50	55.257	4.41
20.03.2018	53.330	4.69	54.197	4.48	55.247	4.41
21.03.2018	53.325	4.68	54.193	4.46	55.245	4.42
22.03.2018	53.324	4.66	54.193	4.44	55.245	4.42
23.03.2018	53.321	4.65	54.189	4.43	55.243	4.42
24.03.2018	53.319	4.63	54.186	4.41	55.245	4.41
25.03.2018	53.316	4.61	54.184	4.40	55.244	4.39
26.03.2018	53.310	4.60	54.178	4.38	55.246	4.36
27.03.2018	53.306	4.58	54.175	4.36	55.247	4.36
28.03.2018	53.301	4.57	54.172	4.35	55.244	4.35
29.03.2018	53.293	4.55	54.165	4.33	55.246	4.32
30.03.2018	53.287	4.54	54.161	4.32	55.249	4.29
31.03.2018	53.282	4.52	54.155	4.31	55.252	4.24
01.04.2018	53.280	4.51	54.154	4.29	55.261	4.17
02.04.2018	53.298	4.49	54.170	4.28	55.274	4.15
03.04.2018	53.320	4.48	54.185	4.26	55.278	4.14
04.04.2018	53.316	4.46	54.194	4.24	55.282	4.08
05.04.2018	53.392	4.42	54.259	4.22	55.309	3.72
06.04.2018	53.478	4.39	54.334	4.19	55.336	3.59
07.04.2018	53.492	4.37	54.352	4.17	55.331	3.87
08.04.2018	53.510	4.36	54.361	4.15	55.329	4.01
09.04.2018	53.528	4.35	54.367	4.12	55.328	4.07
10.04.2018	53.528	4.34	54.373	4.10	55.319	4.12
11.04.2018	53.515	4.34	54.367	4.08	55.321	4.17
12.04.2018	53.503	4.33	54.360	4.07	55.329	4.21
13.04.2018	53.492	4.32	54.357	4.05	55.331	4.25
14.04.2018	53.486	4.31	54.357	4.03	55.328	4.27
15.04.2018	53.490	4.30	54.358	4.01	55.327	4.30
16.04.2018	53.500	4.28	54.362	4.00	55.325	4.31
17.04.2018	53.520	4.26	54.373	3.99	55.330	4.34
18.04.2018	53.450	4.25	54.384	3.95	55.338	4.34
19.04.2018	53.552	4.24	54.386	3.94	55.345	4.35
20.04.2018	53.548	4.23	54.377	3.93	55.346	4.40
21.04.2018	53.552	4.22	54.375	3.92	55.347	4.43
22.04.2018	53.556	4.21	54.375	3.91	55.346	4.47
23.04.2018	53.546	4.20	54.368	3.91	55.342	4.52
24.04.2018	53.540	4.19	54.364	3.90	55.342	4.57
25.04.2018	53.556	4.17	54.374	3.90	55.346	4.62
26.04.2018	53.555	4.17	54.374	3.91	55.347	4.67
27.04.2018	53.546	4.17	54.367	3.91	55.343	4.72
28.04.2018	53.537	4.16	54.362	3.92	55.339	4.78
29.04.2018	53.534	4.16	54.360	3.93	55.338	4.83
30.04.2018	53.532	4.16	54.360	3.94	55.336	4.88
01.05.2018	53.548	4.16	54.369	3.95	55.342	4.93
02.05.2018	53.551	4.16	54.369	3.97	55.339	4.98

Muraka soostiku vaatluspunktid						
kuupäev	MU-1 (madalsoomets)		MU-2 (puis-siirdesoo)		MU-3 (lageraba)	
	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°
03.05.2018	53.535	4.16	54.361	3.98	55.334	5.03
04.05.2018	53.515	4.15	54.351	4.00	55.329	5.09
05.05.2018	53.504	4.16	54.341	4.02	55.327	5.14
06.05.2018	53.492	4.16	54.332	4.05	55.320	5.19
07.05.2018	53.481	4.17	54.322	4.07	55.318	5.24
08.05.2018	53.467	4.19	54.313	4.10	55.313	5.29
09.05.2018	53.455	4.20	54.304	4.13	55.307	5.34
10.05.2018	53.442	4.22	54.297	4.17	55.301	5.40
11.05.2018	53.424	4.24	54.286	4.20	55.294	5.45
12.05.2018	53.407	4.26	54.274	4.23	55.287	5.50
13.05.2018	53.390	4.28	54.263	4.27	55.282	5.56
14.05.2018	53.371	4.31	54.248	4.31	55.275	5.61
15.05.2018	53.356	4.33	54.237	4.35	55.270	5.67
16.05.2018	53.341	4.36	54.225	4.39	55.266	5.73
17.05.2018	53.324	4.39	54.209	4.44	55.256	5.79
18.05.2018	53.310	4.42	54.196	4.48	55.251	5.85
19.05.2018	53.298	4.46	54.183	4.53	55.245	5.93
20.05.2018	53.280	4.50	54.167	4.58	55.236	6.00
21.05.2018	53.259	4.54	54.148	4.64	55.225	6.08
22.05.2018	53.244	4.59	54.134	4.69	55.217	6.16
23.05.2018	53.227	4.63	54.118	4.75	55.206	6.23
24.05.2018	53.213	4.68	54.102	4.80	55.197	6.32
25.05.2018	53.197	4.73	54.086	4.86	55.186	6.40
26.05.2018	53.184	4.78	54.074	4.91	55.178	6.48
27.05.2018	53.168	4.83	54.058	4.97	55.167	6.56
28.05.2018	53.154	4.88	54.044	5.02	55.157	6.64
29.05.2018	53.139	4.94	54.031	5.08	55.146	6.71
30.05.2018	53.127	4.99	54.020	5.14	55.136	6.78
31.05.2018	53.114	5.04	54.005	5.19	55.127	6.87
01.06.2018	53.103	5.10	53.996	5.25	55.117	6.95
02.06.2018	53.091	5.15	53.986	5.31	55.108	7.04
03.06.2018	53.078	5.20	53.975	5.37	55.098	7.11
04.06.2018	53.068	5.26	53.967	5.42	55.091	7.19
05.06.2018	53.065	5.31	53.957	5.48	55.091	7.33
06.06.2018	53.065	5.37	53.949	5.53	55.098	7.60
07.06.2018	53.051	5.42	53.941	5.59	55.084	7.49
08.06.2018	53.040	5.48	53.931	5.64	55.072	7.51
09.06.2018	53.029	5.53	53.921	5.70	55.061	7.54
10.06.2018	53.016	5.58	53.911	5.75	55.050	7.58
11.06.2018	53.005	5.64	53.904	5.80	55.049	7.65
12.06.2018	53.015	5.69	53.905	5.85	55.072	7.91
13.06.2018	53.017	5.74	53.902	5.90	55.084	7.96
14.06.2018	52.993	5.78	53.890	5.95	55.062	7.87
15.06.2018	52.979	5.83	53.881	5.99	55.043	7.86
16.06.2018	52.969	5.88	53.874	6.04	55.033	7.89
17.06.2018	52.957	5.92	53.864	6.09	55.023	7.93

Muraka soostiku vaatluspunktid						
kuupäev	MU-1 (madalsoomets)		MU-2 (puis-siirdesoo)		MU-3 (lageraba)	
	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°
18.06.2018	52.946	5.96	53.858	6.13	55.015	7.97
19.06.2018	52.938	6.01	53.853	6.18	55.011	8.02
20.06.2018	52.935	6.05	53.850	6.22	55.013	8.09
21.06.2018	52.937	6.10	53.850	6.27	55.021	8.23
22.06.2018	52.980	6.15	53.864	6.32	55.061	8.44
23.06.2018	52.960	6.20	53.851	6.37	55.041	8.37
24.06.2018	52.947	6.24	53.848	6.42	55.043	8.43
25.06.2018	52.976	6.30	53.854	6.47	55.070	8.55
26.06.2018	52.954	6.34	53.845	6.52	55.052	8.52
27.06.2018	52.925	6.39	53.838	6.57	55.031	8.53
28.06.2018	52.911	6.43	53.832	6.62	55.013	8.54
29.06.2018	52.905	6.48	53.833	6.67	55.004	8.55
30.06.2018	52.891	6.53	53.823	6.72	54.989	8.58
01.07.2018	52.882	6.57	53.815	6.77	54.986	8.63
02.07.2018	52.881	6.62	53.816	6.82	54.990	8.68
03.07.2018	52.881	6.67	53.815	6.87	54.989	8.72
04.07.2018	52.873	6.71	53.808	6.91	54.981	8.75
05.07.2018	52.869	6.76	53.810	6.96	54.994	8.92
06.07.2018	52.932	6.82	53.841	7.01	55.091	10.42
07.07.2018	52.989	6.87	53.845	7.05	55.099	10.04
08.07.2018	52.992	6.91	53.849	7.10	55.094	9.48
09.07.2018	52.992	6.95	53.852	7.14	55.082	9.26
10.07.2018	52.978	6.99	53.853	7.18	55.068	9.17
11.07.2018	52.964	7.03	53.852	7.23	55.058	9.15
12.07.2018	52.952	7.07	53.854	7.27	55.052	9.15
13.07.2018	52.954	7.10	53.868	7.32	55.067	9.23
14.07.2018	52.945	7.15	53.861	7.36	55.048	9.21
15.07.2018	52.926	7.19	53.856	7.41	55.034	9.22
16.07.2018	52.900	7.22	53.844	7.45	55.017	9.23
17.07.2018	52.878	7.27	53.833	7.50	55.000	9.26
18.07.2018	52.860	7.31	53.821	7.55	54.984	9.29
19.07.2018	52.845	7.35	53.811	7.59	54.971	9.33
20.07.2018	52.839	7.39	53.806	7.65	54.964	9.38
21.07.2018	52.834	7.44	53.804	7.70	54.968	9.46
22.07.2018	52.827	7.49	53.798	7.76	54.984	9.61
23.07.2018	52.815	7.54	53.787	7.81	54.965	9.62
24.07.2018	52.804	7.59	53.780	7.87	54.951	9.67
25.07.2018	52.795	7.64	53.773	7.93	54.942	9.72
26.07.2018	52.785	7.69	53.766	7.99	54.935	9.78
27.07.2018	52.776	7.74	53.758	8.06	54.927	9.84
28.07.2018	52.768	7.80	53.754	8.12	54.919	9.91
29.07.2018	52.761	7.86	53.749	8.18	54.911	9.97
30.07.2018	52.752	7.91	53.739	8.24	54.901	10.02
31.07.2018	52.744	7.97	53.735	8.30	54.895	10.08
01.08.2018	52.734	8.02	53.727	8.37	54.887	10.14
02.08.2018	52.728	8.08	53.722	8.42	54.880	10.20

Muraka soostiku vaatluspunktid						
kuupäev	MU-1 (madalsoomets)		MU-2 (puis-siirdesoo)		MU-3 (lageraba)	
	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°
03.08.2018	52.724	8.13	53.716	8.49	54.887	10.33
04.08.2018	52.721	8.19	53.715	8.55	54.904	10.47
05.08.2018	52.717	8.25	53.711	8.61	54.897	10.50
06.08.2018	52.710	8.30	53.707	8.67	54.897	10.56
07.08.2018	52.703	8.36	53.700	8.73	54.880	10.58
08.08.2018	52.695	8.41	53.692	8.79	54.869	10.61
09.08.2018	52.687	8.47	53.684	8.86	54.862	10.65
10.08.2018	52.680	8.53	53.677	8.91	54.850	10.68
11.08.2018	52.673	8.58	53.670	8.97	54.843	10.71
12.08.2018	52.671	8.63	53.667	9.02	54.847	10.77
13.08.2018	52.669	8.68	53.670	9.08	54.880	11.17
14.08.2018	52.660	8.73	53.660	9.13	54.867	10.95
15.08.2018	52.657	8.77	53.658	9.18	54.879	11.25
16.08.2018	52.654	8.82	53.658	9.23	54.913	11.42
17.08.2018	52.649	8.87	53.652	9.27	54.902	11.10
18.08.2018	52.647	8.91	53.651	9.32	54.887	11.01
19.08.2018	52.644	8.95	53.651	9.36	54.885	11.18
20.08.2018	52.650	8.98	53.659	9.36	54.935	11.50
21.08.2018	52.654	9.03	53.664	9.40		
22.08.2018	52.652	9.06	53.664	9.44		
23.08.2018	52.655	9.10	53.664	9.48		
24.08.2018	52.651	9.13	53.660	9.52		
25.08.2018	52.647	9.16	53.660	9.55		
26.08.2018	52.649	9.19	53.668	9.59		
27.08.2018	52.646	9.22	53.665	9.62		
28.08.2018	52.640	9.25	53.659	9.65		
29.08.2018	52.637	9.27	53.658	9.69		
30.08.2018	52.636	9.30	53.659	9.72		
31.08.2018	52.630	9.33	53.657	9.75		
01.09.2018	52.624	9.35	53.652	9.77		
02.09.2018	52.620	9.38	53.650	9.80		
03.09.2018	52.615	9.40	53.646	9.83		
04.09.2018	52.612	9.42	53.647	9.85		
05.09.2018	52.614	9.44	53.650	9.88		
06.09.2018	52.610	9.46	53.647	9.90		
07.09.2018	52.608	9.48	53.645	9.93		
08.09.2018	52.603	9.50	53.642	9.95		
09.09.2018	52.599	9.52	53.639	9.97		
10.09.2018	52.598	9.54	53.641	10.00		
11.09.2018	52.598	9.56	53.644	10.03		
12.09.2018	52.613	9.58	53.667	10.06		
13.09.2018	52.611	9.60	53.665	10.08		
14.09.2018	52.609	9.62	53.659	10.11		
15.09.2018	52.613	9.65	53.661	10.14		
16.09.2018	52.616	9.67	53.663	10.16		
17.09.2018	52.617	9.69	53.665	10.19		

Muraka soostiku vaatluspunktid						
kuupäev	MU-1 (madalsoomets)		MU-2 (puis-siirdesoo)		MU-3 (lageraba)	
	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°
18.09.2018	52.618	9.71	53.668	10.21		
19.09.2018	52.620	9.73	53.669	10.24		
20.09.2018	52.615	9.75	53.665	10.26		
21.09.2018	52.608	9.76	53.662	10.28		
22.09.2018	52.612	9.77	53.667	10.29		
23.09.2018	52.608	9.78	53.665	10.30		
24.09.2018	52.605	9.79	53.666	10.32		
25.09.2018	52.600	9.80	53.664	10.32		
26.09.2018	52.605	9.81	53.668	10.33		
27.09.2018	52.609	9.82	53.679	10.35		
28.09.2018	52.617	9.83	53.691	10.36		
29.09.2018	52.620	9.84	53.698	10.37		
30.09.2018	52.640	9.85	53.709	10.37		
01.10.2018	52.653	9.85	53.715	10.37		
02.10.2018	52.669	9.85	53.728	10.37		
03.10.2018	52.689	9.85	53.745	10.37		
04.10.2018	52.702	9.85	53.761	10.36		
05.10.2018	52.718	9.85	53.779	10.35		
06.10.2018	52.742	9.84	53.798	10.33		
07.10.2018	52.789	9.84	53.860	10.32		
08.10.2018	52.869	9.84	53.907	10.30		
09.10.2018	52.905	9.83	53.925	10.28		
10.10.2018	52.912	9.81	53.932	10.26		
11.10.2018	52.913	9.79	53.936	10.24		
12.10.2018	52.914	9.77	53.938	10.21		
13.10.2018	52.917	9.75	53.939	10.18		
14.10.2018	52.918	9.73	53.940	10.15		
15.10.2018	52.919	9.70	53.941	10.12		
16.10.2018	52.917	9.68	53.938	10.10		
17.10.2018	52.916	9.66	53.935	10.07		
18.10.2018	52.916	9.64	53.931	10.04		
19.10.2018	52.912	9.62	53.926	10.02		
20.10.2018	52.910	9.60	53.922	9.99		
21.10.2018	52.910	9.58	53.919	9.97		
22.10.2018	52.914	9.56	53.920	9.95		
23.10.2018	52.919	9.54	53.922	9.92		
24.10.2018	52.928	9.53	53.934	9.90		
25.10.2018	52.940	9.51	53.944	9.88		
26.10.2018	52.951	9.49	53.951	9.85		
27.10.2018	52.953	9.48	53.951	9.83		
28.10.2018	52.977	9.46	53.992	9.81		
29.10.2018	53.011	9.44	54.024	9.78		
30.10.2018	53.023	9.42	54.031	9.75		
31.10.2018	53.031	9.40	54.033	9.72		
01.11.2018	53.042	9.38	54.042	9.68		
02.11.2018	53.054	9.35	54.047	9.63		

Muraka soostiku vaatluspunktid						
kuupäev	MU-1 (madalsoomets)		MU-2 (puis-siirdesoo)		MU-3 (lageraba)	
	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°
03.11.2018	53.058	9.32	54.049	9.58		
04.11.2018	53.060	9.29	54.044	9.53		
05.11.2018	53.063	9.25	54.042	9.48		
06.11.2018	53.065	9.22	54.041	9.44		
07.11.2018	53.063	9.18	54.035	9.39		
08.11.2018	53.065	9.14	54.032	9.34		
09.11.2018	53.066	9.11	54.030	9.30		
10.11.2018	53.068	9.07	54.027	9.25		
11.11.2018	53.067	9.04	54.023	9.21		
12.11.2018	53.068	9.00	54.021	9.17		
13.11.2018	53.099	8.97	54.074	9.12		
14.11.2018	53.155	8.94	54.120	9.05		
15.11.2018	53.157	8.91	54.114	9.02		
16.11.2018	53.154	8.88	54.108	8.98		
17.11.2018	53.152	8.84	54.105	8.95		
18.11.2018	53.148	8.81	54.100	8.92		
19.11.2018	53.146	8.78	54.094	8.89		
20.11.2018	53.144	8.75	54.092	8.85		
21.11.2018	53.141	8.72	54.086	8.82		
22.11.2018	53.141	8.69	54.085	8.78		
23.11.2018	53.139	8.66	54.082	8.74		
24.11.2018	53.139	8.63	54.081	8.71		
25.11.2018	53.139	8.60	54.078	8.67		
26.11.2018	53.139	8.57	54.076	8.63		
27.11.2018	53.134	8.54	54.069	8.59		
28.11.2018	53.131	8.51	54.063	8.55		
29.11.2018	53.129	8.47	54.059	8.50		
30.11.2018	53.131	8.44	54.060	8.46		
01.12.2018	53.128	8.41	54.055	8.41		
02.12.2018	53.129	8.37	54.056	8.37		
03.12.2018	53.128	8.34	54.053	8.32		
04.12.2018	53.131	8.30	54.052	8.28		
05.12.2018	53.141	8.26	54.055	8.23		
06.12.2018	53.144	8.22	54.056	8.18		
07.12.2018	53.150	8.18	54.062	8.12		
08.12.2018	53.155	8.14	54.066	8.04		
09.12.2018	53.158	8.10	54.066	7.97		
10.12.2018	53.157	8.06	54.065	7.88		
11.12.2018	53.153	8.01	54.060	7.83		
12.12.2018	53.154	7.96	54.057	7.79		
13.12.2018	53.151	7.92	54.054	7.74		
14.12.2018	53.149	7.87	54.050	7.68		
15.12.2018	53.147	7.83	54.048	7.62		
16.12.2018	53.147	7.79	54.046	7.57		
17.12.2018	53.146	7.74	54.043	7.53		
18.12.2018	53.145	7.71	54.041	7.49		

Muraka soostiku vaatluspunktid						
kuupäev	MU-1 (madalsoomets)		MU-2 (puis-siirdesoo)		MU-3 (lageraba)	
	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°	veetase ü.m.p., m	tempera- tuur, C°
19.12.2018	53.144	7.66	54.038	7.45		
20.12.2018	53.141	7.62	54.035	7.41		
21.12.2018	53.142	7.59	54.035	7.37		
22.12.2018	53.143	7.55	54.036	7.34		
23.12.2018	53.142	7.51	54.035	7.30		
24.12.2018	53.137	7.47	54.029	7.26		
25.12.2018	53.136	7.44	54.028	7.23		
26.12.2018	53.141	7.40	54.030	7.19		
27.12.2018	53.139	7.36	54.025	7.16		
28.12.2018	53.136	7.32	54.022	7.12		
29.12.2018	53.135	7.29	54.018	7.09		
30.12.2018	53.136	7.25	54.017	7.06		
31.12.2018	53.134	7.21	54.013	7.03		
01.01.2019	53.155	7.17	54.034	6.99		
02.01.2019	53.179	7.13	54.053	6.95		
03.01.2019	53.179	7.09	54.055	6.92		
04.01.2019	53.183	7.06	54.061	6.89		
05.01.2019	53.181	7.02	54.061	6.85		
06.01.2019	53.178	6.99	54.057	6.82		
07.01.2019	53.179	6.95	54.060	6.79		
08.01.2019	53.183	6.92	54.065	6.76		
09.01.2019	53.180	6.88	54.061	6.73		
10.01.2019	53.176	6.85	54.056	6.70		
11.01.2019	53.184	6.82	54.067	6.67		
12.01.2019	53.183	6.79	54.064	6.64		
13.01.2019	53.185	6.75	54.067	6.61		
14.01.2019	53.192	6.73	54.074	6.58		
15.01.2019	53.186	6.70	54.066	6.55		