



LIFE IP CleanEst projekti tegevus C10.1 veeuuringud

Seiretulemused

Aruanne on valminud LIFE IP CleanEST projekti raames, mida rahastavad Euroopa Komisjoni LIFE programm ja SA Keskkonnainvesteeringute Keskus. LIFE programmi rahastusleping nr LIFE17 IPE/EE/000007. Aruanne kajastab autori seisukohti ja Euroopa Komisjon ei vastuta sisu kasutamise eest.

Tallinn 2020

Summary

The report summarises the results from the first year (2019-2020) of ground- and surface water monitoring carried out in the framework of the sub-activity C10.1 (*A study of the environmental impact of agricultural holdings*). The study area involve six pilot areas, including small (< 30 km²) as well as larger river catchments pilot areas in Lääne-Viru county, Viru sub-basin: Vohnja stream and Kihlevere main ditch in the Loobu river basin, Põdruse main ditch, Visuoru main ditch and the river Sõmeru in the Selja river basin, Kunda and Pada rivers.

The groundwater monitoring was carried out in quarterly intervals starting from September 2019 until May 2020 from springs, private wells and observation wells in six pilot areas. The water samples were analysed for full hydrochemical composition (NH₄, NO₃, NO₂, Cl, SO₄, CO₃, HCO₃, K, Na, Ca, Mg, total-Fe, pH, PHT, SiO₂, CO₂, PO₄, hardness, dry weight, colour, Fe(II), F, Mn, electrical conductivity, total-N, total-P) and for isotopic composition ($\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$) in September 2019 and May 2020. In November 2019 and March 2020, the samples were analysed for nutrients and other related species (NO₃, NO₂, NH₄, PO₄, SO₄, Cl). Field parameters (pH, electrical conductivity, temperature and dissolved oxygen) from all sampling points were measured with the YSI Professional Plus Multi-Parameter water quality meter. The spring discharges were also measured manually from 5 sampling points during sampling.

Monthly monitoring of surface water quality was carried out in 15 upstream and downstream stations starting from April 2019. The water samples were analysed at TalTech laboratory for the content of N_{tot}, P_{tot}, PO₄, ammonium, nitrate, BOD, COD, pH, conductivity and O₂. The content of pesticides and (analysed by the EKUK laboratory) and agricultural pharmaceuticals were monitored in downstream stations of the streams four and two times per year, respectively. Flow rates were measured in three water bodies simultaneously with water sampling to assess transport of plant nutrients in the catchment.

The results from the first monitoring year suggest that in all pilot areas the groundwater quality can affect the surface water quality in the same catchment. The most frequently found nutrient in groundwater was nitrate (NO₃⁻) and the concentrations of P-species is mainly very low. There is a clear seasonal trend in nitrate concentrations in groundwater with higher concentrations found in early spring when the water levels were the highest whereas lower concentrations are related to late summer and autumn low-water period. The isotopic composition of groundwater together with saturation indices with respect to calcite and dolomite suggest that the residence time of the studied groundwater is short. We suggest that as the chemical composition of groundwater changes strongly between seasons, a full hydrochemical analysis should be taken during every sampling campaign in the next monitoring years.

The average content of total nitrogen during the two monitoring years of streams exceeds the non-good state limit of 3 mg-N/l established for water bodies in 11 of the 15 monitoring stations. In general, the nitrogen content is higher in smaller watersheds with a large (>50%) share of agricultural land (Vohnja, Kihlevere, Põdruse), as well as in Sõmeru River. The average content of total phosphorus is relatively low in all studied water bodies and does not exceed the non-good status level of 0.08 mg P/l established for water bodies. The area-specific nitrogen runoff was very high in Vohnja stream that can be explained by the significantly higher runoff module. Of the 141 plant protection products examined, only six substances were above the limit of determination (LOQ) in three studies streams Kihlevere pkr, Visuoja (Põdruse) and Sõmeru. The results of the pharmaceuticals residue analysis of the water samples collected in 2019 are not yet available.

LIFE IP CleanEst projekti tegevuse C10.1 põhjaveeuuringud

Esimese aasta (2019-2020) seiretulemuste kokkuvõte

Joonas Pärn, Madis Osjamets, Marlen Hunt

Eesti Geoloogiateenistus, Hüdrogeoloogia ja keskkonnageoloogia osakond

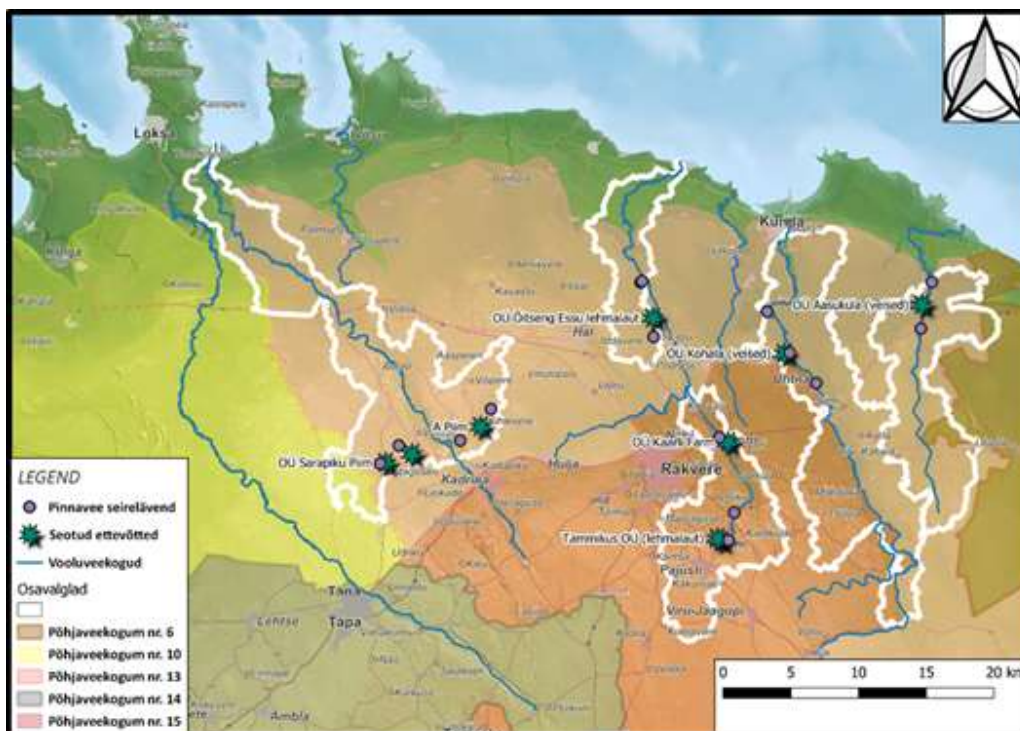
1. Sissejuhatus

LIFE IP CleanEST projekti (grandi nr. LIFE17 IPE/000007) tegevuse C10.1 raames uuritakse kuut valglat Viru alamvesikonnas, kus on suur põllumajandusliku maa osakaal ning kus esineb suuri loomakasvatusi. Valglad asuvad Loobu, Selja, Kunda, Sõmeru ja Pada jõgikondades. Valglatega seotud pinnaveekogumid on (vt. ka joonis 1.1):

1. Loobu jõgi Udriku ojast suudmeni (Loobu_2; 1077900_2);
2. Selja jõgi Varangu mnt sillast suudmeni (Selja-4; 1074600_4);
3. Sõmeru jõgi (Sõmeru; 1075600_1);
4. Kunda jõgi Ädara jõest Kunda III paisuni (Kunda_2; 1072900_2);
5. Pada jõgi Tüükri kraavini (Pada_1; 1071900_1).

Neist Loobu_2, Kunda_2 ja Pada_1 kogumite koondseisund on 2018. aastal hinnatud kesiseks, Selja kogumi seisund halvaks ning Sõmeru seisund heaks (KAUR, 2019). Samas on Sõmeru jõe koondseisund perioodil 2010-2017 olnud kas kesine või halb (*Ibid.*). Nimetatud vooluveekogumid on seotud põhjaveekogumitega nr. 13 (kogumid Loobu_2, Kunda_2 ja Pada_1) ja 15 (kogumid Kunda_2, Sõmeru ja Selja_4). Neist põhjaveekogumi nr. 13 (Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas) seisund on hinnatud heaks ja kogumi nr. 15 (Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas) seisund on hinnatud halvaks (Hartal Projekt, 2014).

Tegevusega C10.1 seotud põhjaveeuuringus keskendutakse põhjavee kvaliteedile kuuel väljavalitud pilootalal. Uuring teostatakse eesmärgiga (1) selgitada põhjavee mõju uuritavate valgate pinnavee keemilisele seisundile; (2) hinnata haju- ja punktkoormuse osakaalu põhjavees levivate lämmastik- ja fosforiühendite päritolus ja (3) uurida põhjavee keemilise koostise põhjal põhjavees lahustunud lämmastik- ja fosforiühendite lateraalset ja vertikaalset levikut ning (4) peamisi looduslikke geokeemilisi protsesse (nt. denitrifikatsioon, ammooniumi oksüdatsioon, katioonvahetus), mis võivad muuta lämmastiku- ja fosforiühendite kontsentratsioone põhjavees.



Joonis 1.1. Tegevuse C10.1 põhjaveeuuringutega seotud alade (osavalglad) paiknemine koos põhjaveekogumi piiride, pinnavee vaatluspunktide ja nendega seotud vooluveekogude ning olulisemate põllumajandusettevõtete asukohtadega.

Püstitatud eesmärkide saavutamiseks rajati 2019. aastal igas uuritavas valglas põhjavee vaatlusvõrk, mis arvestab pinnavee vaatluspunktide ja piirkonnas tegutsevate suuremate põllumajandusettevõtete asukohtadega. Vaatlusvõrgu rajamisel peeti silmas, et kogutud andmete põhjal oleks võimalik kirjeldada nii põhjavee üldist keemilist koostist, mis võib mõjutada seiratavaid pinnaveekogusid, kui ka punktikoormusallikate võimalikku mõju põhjavee kvaliteedile. Seirevõrku kaasatakse valitud uuringualal nii allikad kui ka olemasolevad tarbekaeve. Piirkondadesse, kus sobivaid põhjavee vaatluspunkte ei leitud, projekteeriti uued uuringukaevud. Kaevude rajamine algas 2020. aasta märtsis ja pidi lõppema sama aasta maikuuks. Kaevud puurib OÜ Viru Geoloogia. Seoses osade rajatud kaevude tehniliste puudustega 2020. aasta juunis nende vastuvõtmise protsess veel käib, uued uuringukaevud on plaanis kaasata põhjaveeseiresse 2020. aasta III kvartalist.

Antud uuringu raames katsetatakse esmakordselt üld-lämmastiku ja üld-fosfori kontsentratsioonide mõõtmist põhjaveest, mis tuleneb vajadusest mõõta põhjaveest sõltuvate ökosüsteemide uurimisel nii pinna- kui ka põhjaveest samu parameetreid (vt ka Marandi jt., 2019).

Uuringu tulemused võimaldavad täpsemalt hinnata lämmastiku- ja fosforireostuse esinemist ja levikut Pandivere kõrgustiku põhjaosas levivas põhjavees. Keskendumine konkreetsetele valglatele annab võimaluse uurida põllumajandusliku haju- ja punktikoormuse ja teiste maakasutusviiside suhtelist mõju põhjavee kvaliteedile. Viimane on äärmiselt oluline põllumajandusliku põhjaveereostuse vähendamiseks mõeldud meetmete väljatöötamisel ja rakendamisel. Valgate põhjavee ja pinnavee samaaegne detailne uurimine sarnase meetodika alusel võimaldab katsetada sellise lähenemise sobilikkust põhjaveest sõltuvate pinnaveeökosüsteemide uurimisel ja seisundite hindamisel. Uuringu edukuse korral on

vastavasisulist metoodikat ja selle abil saadud tulemusi võimalik tulevikus rakendada teistes samateemalistes uuringutes, põhjaveekogumite kontseptuaalsete mudelite täpsustamisel ning põhjaveekogumite seires.

2. Materjal ja metoodika

Rajatud seirevõrgu moodustavad kokku 34 põhjavee keemilise koostise ja allikate vooluhulkade vaatluspunkti (tabel 2.1).

Tabel 2.1. Tegevuse C10.1 põhjaveeuuringusse kaastatud vaatluspunktide asukohad ja üldine kirjeldus

Nr	Katastri nr./Nimi	Nimetus	X	Y	Valgla	Tüüp
1	Rahkla allika vooluhulga lävend	Rahkla allikas	647150	6582520	Kunda	allikas
2	Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	647151	6582491	Kunda	allikas
3	54554	Kohala küla	643874	6589404	Kunda	tarbepuurkaev
4	24160	Jäätma küla, Türkeli maaüksus	642127	6590642	Kunda	tarbepuurkaev
5	Kunda jõe uuringukaevud	Kohala-1 (Kohala-Uusküla)	644044	6589586	Kunda	uus uuringupuurkaev
6	Kunda jõe uuringukaevud	Kohala 2 (Kohala-Uusküla)	644044	6589588	Kunda	uus uuringupuurkaev
7	3585	Sämi küla	646785	6584516	Kunda	uuringupuurkaev
8	50635	Hõbeda küla, Valgejõe	618938	6584666	Kihlevere	tarbepuurkaev
9	Niinemäe talu pk	Kihlevere k., Niinemäe kinnistu (27303:002:1530)	621368	6584823	Kihlevere	tarbepuurkaev
10	2561	Kihlevere k., Mäeotsa talu	621641	6585525	Kihlevere	tarbepuurkaev
11	5443	Ohepalu k., Sarapiku 4-krt. elamu	612931	6581259	Vohnja	tarbepuurkaev
12	Kolu silmaallikas	Kolu allikad	614049	6581831	Vohnja	allikas
13	15247	Vaiatu k., Heinrichshofi kinnistu	614186	6581607	Vohnja	tarbepuurkaev
14	Kolu uuringukaevud	Kolu-1 (Vaiatu küla, Lauda mü)	614401	6581501	Vohnja	uus uuringupuurkaev
15	Kolu uuringukaevud	Kolu-2 (Vaiatu küla, Lauda mü)	614393	6581499	Vohnja	uus uuringupuurkaev
16	VEE4308600	Samma Silmaallikas	653344	6589476	Pada	allika veeproovi ja vooluhulga lävend
17	Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	654142	6594514	Pada	allika veeproovi ja vooluhulga lävend
18	Jõeoru talu (Salvkaev 4.4 m)	Pada orus, Jõeoru maaüksus (90202:005:1921)	653563	6591314	Pada	salvkaev
19	50236	Essu küla, Lepa mü	633634	6592275	Põdruse	tarbepuurkaev
20	24825	Varangu küla, Seltsimaja maaüksus	632777	6594337	Põdruse	tarbepuurkaev
21	54190	Essu küla, Tammispea tee 11b	634182	6591164	Põdruse	tarbepuurkaev
22	13675	Vinni vald, Mõdriku küla, Mõdriku k.	640861	6574340	Sõmeru	tarbepuurkaev
23	Mõdriku hiieallikate vooluhulga lävend	Mõdriku hiieallikad	639672	6576794	Sõmeru	allika vooluhulga lävend

Nr	Katastri nr./Nimi	Nimetus	X	Y	Valgla	Tüüp
24	Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	639850	6576262	Sõmeru	allika veeproovi lävend
25	Rägavere allika vooluhulga lävend	Rägavere allikas	640917	6578302	Sõmeru	allika vooluhulga lävend
26	Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas	640914	6578300	Sõmeru	allika veeproovi lävend
27	Vetiku allikate vooluhulga lävend	Vetiku Sõeoru allikad	639072	6578128	Sõmeru	allika vooluhulga lävend
28	Vetiku allikate veeproovi lävend	Vetiku Sõeoru allikad	639072	6578128	Sõmeru	allika veeproovi lävend
29	Kaarli uuringukaev	Kaarli-1 (Kaarli küla)	639093	6583276	Sõmeru	uus uuringupuurkaev
30	Mõdriku allika uuringukaevud	Mõdriku-1 (Mõdriku küla)	639888	6576401	Sõmeru	uus uuringupuurkaev
31	Mõdriku allika uuringukaevud	Mõdriku-2 (Mõdriku küla)	639891	6576401	Sõmeru	uus uuringupuurkaev
32	Triigi uuringukaevud	Triigi-1 (Triigi mü)	637350	6569644	Sõmeru	uus uuringupuurkaev
33	Triigi uuringukaevud	Triigi-2 (Triigi mü)	637352	6569644	Sõmeru	uus uuringupuurkaev
34	Triigi uuringukaevud	Triigi-3 (Triigi mü)	637351	6569641	Sõmeru	uus uuringupuurkaev

Loodud vaatlusvõrgus viiakse läbi põhjaveeseiret neli korda aastas perioodil 2019-2022 esimese proovivõtuga 2019. aasta III kvartalis. Põhjaveeseire käigus kogutakse neli korda aastas proovid põhjavees sisalduvate toitainete ja mõnede lisakomponentide (NO₃, NO₂, NH₄, PO₄, SO₄, Cl) sisalduse analüüsiks, kaks korda aastas proovid põhjavee keemilise koostise üld-analüüsiks (NH₄, NO₃, NO₂, Cl, SO₄, CO₃, HCO₃, K, Na, Ca, Mg, Fe üld, pH, PHT, SiO₂, vaba CO₂, PO₄, üld-karedus, karbonaatne karedus, kuivjääk, värvus, läbipaistvus, Fe(II), F, Mn, elektrijuhtivus, üld-lämmastik, üld-fosfor, hädusus, lõhn) ja põhjavee isotoopkoostise uurimiseks ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$) ning üks kord uuringuperioodi jooksul põhjavee pestitsiidide sisalduse määramiseks. Valitud seirepunktides mõõdetakse kogu seireperioodi vältel ka automaatanduritega kaevude veetaset, vee temperatuuri ja vee elektrijuhtivust. Automaatandurid paigaldatakse vaatluspunktesse 2020. aasta III kvartalis. Võimalusel määratakse sobivates punktides ka allikate vooluhulki.

Välitööde käigus mõõdetakse põhjavee väliparameetrid (pH, elektrijuhtivus, lahustunud O₂ sisaldus, temperatuur) YSI multi-meetriga (*YSI Professional Plus Multi-Parameter water quality meter*), kasutades läbivoolurakku. Vooluhulkade mõõtmiseks kasutatakse SonTek FlowTracker2 ADV voolukiiruse mõõtmist. Põhjavee hüdrokeemilised näitajad analüüsitakse Eesti Keskkonnauuringute Keskuse laboris ja osade allikate puhul ka Tallinna Tehnikaülikooli vee- ja keskkonnatehnika uurimisrühma laboris. LIFE projekti raames kogutavad põhjavee isotoopanalüüsid viiakse läbi Läti ülikooli geoloogia osakonna massispektromeetria laboris. Tekstis viidatud põhjavee küllastusindeksid on arvutatud kasutades PHREEQC tarkvara (Parkhurst & Appelo, 2013).

3. Tulemused ja järeldused

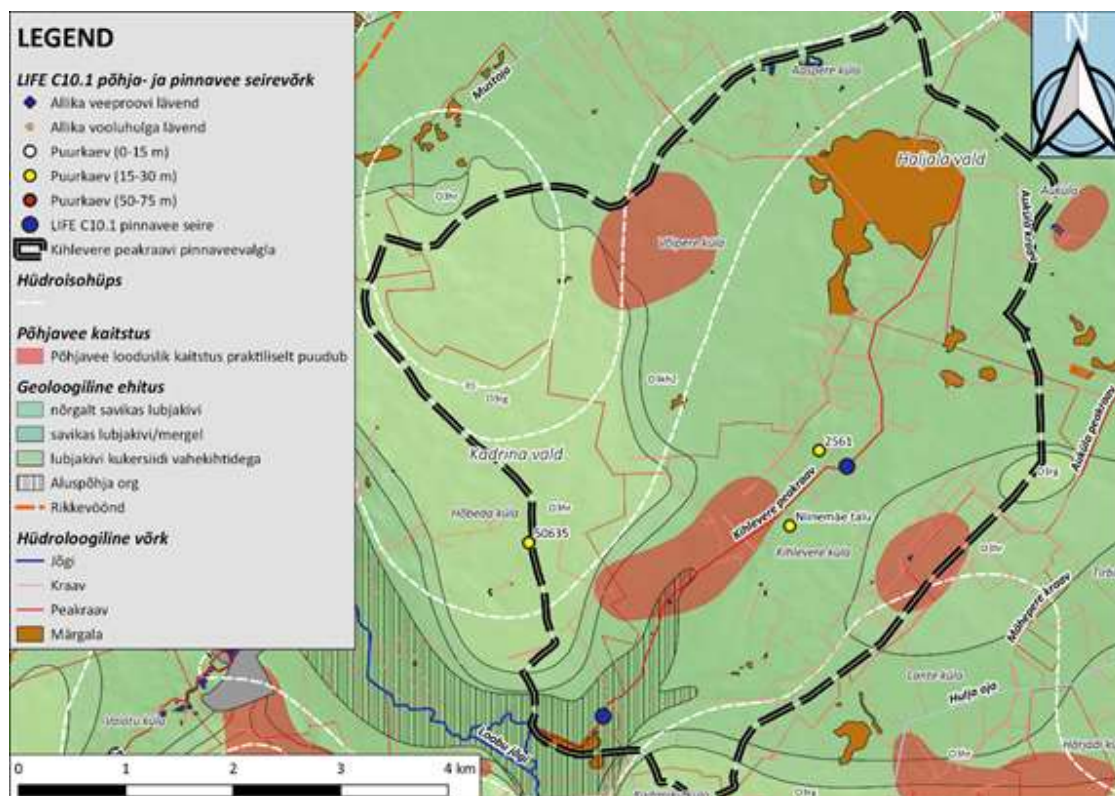
Järgnevates alapeatükkides esitatakse põhjavee seire tulemused seiratud valgate kaupa. Vahearuandes esitatakse põhjaveeseire tulemused 2019. aasta III kvartalist kuni 2020. aasta II kvartalini. Tekstis toodud tabelites kajastatakse neid parameetreid, mis on kõige olulisemad põhjavee keemilise koostise üldise kujunemise seletamisel. Kogu mõõdetud andmestik on koondatud aruandele lisatud Exceli andmetabelisse (Lisa 1).

3.1 Kihlevere peakraav

Kihlevere peakraavi uuringuala paikneb Loobu jõe valglas, Kadrina vallas Hõbeda, Kihlevere, Võipere ja Auküla külade territooriumil. Peakraavi pinnaveevalgla on põllumajandusest oluliselt mõjutatud ning põllumassiivide pindala moodustab 52% kogu pinnaveevalgla pindalast (PRIA 2020).

Alale on iseloomulik rohkete soiste karstunud nõgude esinemine, mis on tingitud põhjaveetaseme paiknemisest maapinna lähedal (AS Maves 2002). Geoloogiliselt paikneb ala Ordoviitsiumi karbonaatkivimite avamusel. Geomorfoloogiliselt levib seal lainjas moreentasandik, milles esineb kohati põikmoreene (Suuroja jt., 2005). Lähtuvalt õhukesest pinnakattest (kuni 20 m), esineb uuringualal põhjavee suhtes kaitsmata alasid (Maa-amet 2020; joonis 3.1). Ala kirdeosas asub Aaspere soo, kust saab alguse ka Kihlevere peakraav.

Valdavalt avaneb valgla õhukese Kvaternaari setet kihi all Ülem-Ordoviitsiumi Keila lademe (Kahula kihistu) savikas lubjakivi, milles esineb puhta või nõrgalt savika mikrokristalse lubjakivi vahekihte (Suuroja jt., 2005; Maa-amet 2020; joonis 3.1). Valgla lääne- ja idaosas avanevad kõrgematel pinnavormidel ka Oandu lademe Hirmuse kihistu merglid ja Rakvere lademe Rägavere kihistu nõrgalt savikad lubjakivid (*Ibid.*; joonis 3.1). Regionaalne põhjaveetasema maapinnalt esimeses põhjaveekihi langeb loodest ja kagust valgla keskel paikneva Kihlevere peakraavi suunas (joonis 3.1). Kihlevere peakraavi põhjaveevalgla piirid ei pruugi täpselt kattuda selle pinnaveevalgla piiridega. Siiski on ala iseloomustavad põhjavee vaatluspunktid valitud selliselt, et nad paikneksid kas vahetult peakraavi lähedal või jääksid peakraaviga seotud põhjavee oletatavale liikumissuunale.



Joonis 3.1. Kihlevere peakraavi valga pinna- ja põhjavee seirevõrku, ala geoloogilist ehitust ning hüdrogeoloogilisi tingimusi kirjeldav kaart. Hüdrosihüpsid pärinevad geoloogiliselt baaskaardilt (Maa-amet 2020) ja kirjeldavad põhjaveetaset maapinnalt esimeses põhjaveekihi.

Põhjavee vaatlusvõrk valglas koosneb kolmest vaatluspunktist, milleks on kohalike talude tarbepuurkaevud (tabel 2.1; joonis 3.1). Kõik kaevud avavad Keila-Kukruse veekihti. Puurkaevud on maapinnalt 8-14 m sügavuseni manteldatud, mistõttu ei ava need Kvaternaari setetes või karbonaatkivimite kõige ülemises osas esineda võivaid lokaalseid veekihte. Seiratud põhjavesi on MgCa-HCO_3 tüüpi lahustunud ainete sisaldusega 450-620 mg/l ja kare kuni väga kare (5.3-7.3 mg-ekv/L; tabel 3.1). Vesi on peamiste veekihti moodustavate mineraalide suhtes alaküllastunud (SI^1 -kaltsiit -0.7 kuni -0.1; SI -dolomiit -1.2 kuni -0.2; tabel 3.1), mis näitab seda, et kohati ei ole see saavutanud ümbriskivimiga keemilist tasakaalu. Karbonaatkivimitega seotud põhjaveekihtides peaks keemiline tasakaal peamiste kivimit moodustavate mineraalide suhtes tekkima nädalate kuni kuudega (Langmuir, 1997). Seega viitab uuritud põhjavees tuvastatud alaküllastus kaltsiidi ja dolomiidi suhtes suhteliselt kiirele veevahetusele uuritavas põhjaveekihi. Uuritud põhjaveekihi valitsevad valdavalt aeroobsed tingimused (lahustunud O_2 sisaldus 0.2-7.8 mg/l ehk 2-66% küllastus O_2 suhtes; tabel 3.1). Kõige väiksemad väärtused iseloomustavad puurkaevu nr. 2561. Kuna kaevu vees esineb ka suurem üldraua sisaldus, siis viitab see mangaani- ja rauaoksiidide redokstsooni esinemisele põhjaveekihi selles osas (Appelo & Postma, 2005; tabel 3.1). Antud tähelepanek on oluline, sest taolised tingimused soodustavad põhjavee kaudu transporditava põllumajanduslikku päritolu nitraadi looduslikku lagunemist ehk denitrifikatsiooni.

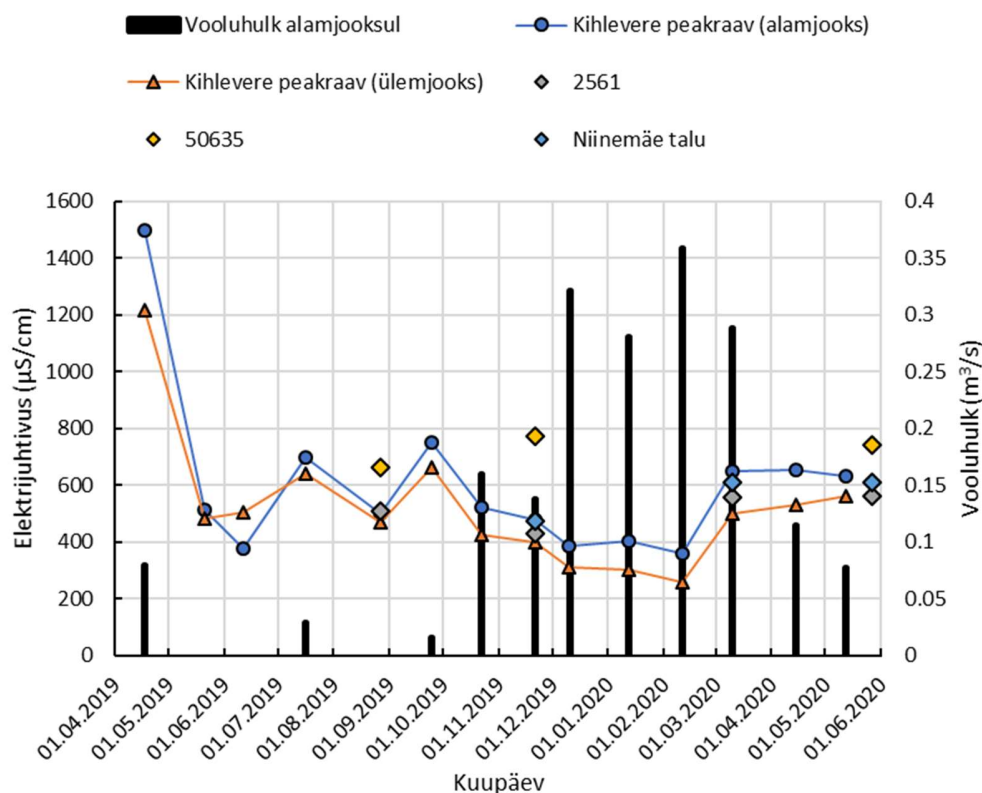
¹ SI - küllastusindeks

Põhjavee keemilise koostis valglas muutub sesoonselt. Põhjavee lahustunud ainete sisaldus ja elektrijuhtivus on väiksemad sügisesel suurveeperioodil ja suurenevad kõrgveeperioodil (tabel 3.1). Põhjavee makrokomponendid (nt. Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} ; tabel 3.1) käituvad sarnaselt, kuigi kontrastid ei ole sama suured kui elektrijuhtivuse puhul, sest esimesel seireaastal sattus põhjavee üldanalüüside kogumine madalaveeperioodi või selle vahetusse lähedusse. See viitab vajadusele määrata edaspidi põhjavee üldkeemiline koostis igal seirekorral.

Tabel 3.1. Põhjavee keemiline koostis Kihlevere peakraavi valglas.

Nr.	Nimi	Kuupäev	pH	Elektri- juhtivus ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Fe(üld) (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Üld-karedus (mg-ekv/L)	SI- kaltsiit	SI- dolomiit
2561	Kihlevere k., Mäeotsa talu	04.09.2019	7.3	507	9.7	1.0	9.0	30.0	48.0	13.0	17.0	1.60	330.0	5.7	19.0	5.5	-0.45	-0.57
2561	Kihlevere k., Mäeotsa talu	13.11.2019	7.5	428	8.7	0.5	4.0							4.7	9.5			
2561	Kihlevere k., Mäeotsa talu	10.03.2020	7.7	555	5.4	0.9	8.0							4.5	12.0			
2561	Kihlevere k., Mäeotsa talu	27.05.2020	7.4	560	7.5	0.2	2.0	49.0	34.0	9.6	12.0	0.65	346.0	4.1	18.0	5.3	-0.10	-0.25
50635	Hõbeda küla, Valgejõe	05.09.2019	7.0	661	11.1	7.0	66.0	45.0	47.0	3.3	0.8	< 0,002	300.0	15.0	60.0	6.1	-0.68	-1.22
50635	Hõbeda küla, Valgejõe	27.11.2019												25.0	59.0			
50635	Hõbeda küla, Valgejõe	10.03.2020	7.3	772	7.0	7.8	66.0							23.0	51.0			
50635	Hõbeda küla, Valgejõe	27.05.2020	7.2	741	8.2	6.9	59.0	118.0	17.0	4.5	0.8	0.24	308.0	18.0	53.0	7.3	-0.26	-1.23
400002	Niinemäe talu	14.11.2019	7.1	475	7.6	1.5	15.0							6.9	26.0			
400002	Niinemäe talu	10.03.2020	7.6	608	6.0	1.2	10.0							6.8	27.0			
400002	Niinemäe talu	27.05.2018	7.3	610	7.2	0.2	2.0	51.0	38.0	12.0	14.0	0.08	362.0	6.8	28.0	5.7	-0.19	-0.38

Valgla põhjavee ja pinnavee vahelisi seoseid on kõige lihtsam jälgida kasutades elektrijuhtivuse mõõtmisi (joonis 3.2). Mõõtmisi on omavahel võimalik võrrelda alates 2019. aasta septembrist, mil käivitus LIFE projekti tegevuse C10.1 raames läbiviidav põhjaveeseire. Pinnavee elektrijuhtivus uuritavas valglas (260-1495 $\mu\text{S}/\text{cm}$) on valdavalt sarnane või väiksem põhjaveest mõõdetud elektrijuhtivusest (430-770 $\mu\text{S}/\text{cm}$; tabel 3.1; joonis 3.2). Üldiselt on peakraavi veele sarnaselt põhjaveele iseloomulik elektrijuhtivuse sesoonne kõikumine, kusjuures suuremad väärtused iseloomustavad suvist poolaastat, mil peakraavi vooluhulk on väiksem. Kuigi teatud osa pinnavee elektrijuhtivuse suurenemises võib olla suvisel poolaastal intensiivistuval auramisel, siis tõenäolisemalt avaldab suuremat mõju põhjaveest pärineva baasäravoolu suurem osakaal võrreldes pindmise äravooluga. Peakraavi ülemjooksu elektrijuhtivus oli peaaegu kogu vaatlusperioodi vältel kuni 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ väiksem alamjooksul mõõdetud väärtustest. Sellest tulenevalt võib kõige üldisemalt järeldada, et põhjavee mõju kraavi vee kvaliteedile on olulisem suvisel poolaastal ning see kasvab ülemjooksult kraavi alamjooksul suunas.



Joonis 3.2. Põhja- ja pinnavee elektrijuhtivuse võrdlus Kihlevere peakraavi valglas esimese seireaasta jooksul.

Põhjavee toitainete (lämmastiku- ja fosfori-ühendid) sisaldustest on oodatult kõige olulisema osakaaluga nitraadi (NO_3^-) sisaldus. Kõige suuremad NO_3^- sisaldused on mõõdetud peakraavi alamjooksul paiknevas puurkaevus nr. 50635 (kuni 69 mg/l ehk 15.6 mg-N/l; tabel 3.2). See väärtus on kõrgem põhjavee NO_3^- sisalduse kvaliteedi piirväärtusest 50 mg/l (Keskkonnaministri määrus nr. 48) ja ületas läbivalt ka peakraavi ülemjooksul mõõdetud üld-lämmastiku ($\text{N}_{\text{üld}}$) sisaldusi (joonis 3.3). Sealjuures oli puurkaevu vee NO_3^- sisaldus erinevate aastaaegade lõikes stabiilne, erinevalt vee üld-keemilisest koostisest. Ülemjooksul paiknevates põhjavee vaatluspunktides on NO_3^- sisaldused väikesed olles kogu seireperioodi vältel <0.3

mg/l (0.1 mg-N/l; tabel 3.2). Et ülemjooksul paikneva kaevu nr. 2561 vees esines madal lahustunud hapniku ja kõrge üldraua sisaldus, võib sealse põhjavee üheks madala NO_3^- sisalduse põhjuseks olla denitrifikatsioon.

Põhjavee üld-fosfori ($P_{\text{üld}}$) ja fosfaatide (PO_4^{3-}) sisaldused olid peaaegu kõigil juhtudel alla määramispiiri (vastavalt <0.02 mg-P/l ja <0.06 mg/l). Ainsana esines määramispiiri lähedasi $P_{\text{üld}}$ kontsentratsioone puurkaevu nr. 2561 vees 2019 aasta III ja IV kvartalis (tabel 3.2). Määramispiirist kõrgemaid, kuid siiski suhteliselt väikeseid ammooniumi (NH_4^+) sisaldusi (0.1-0.3 mg/l) esines samuti puurkaevu nr. 2561 vees (tabel 3.2). Kõigis põhjavee vaatluspunktides olid nitritite (NO_2^-) sisaldused alla määramispiiri (tabel 3.2).

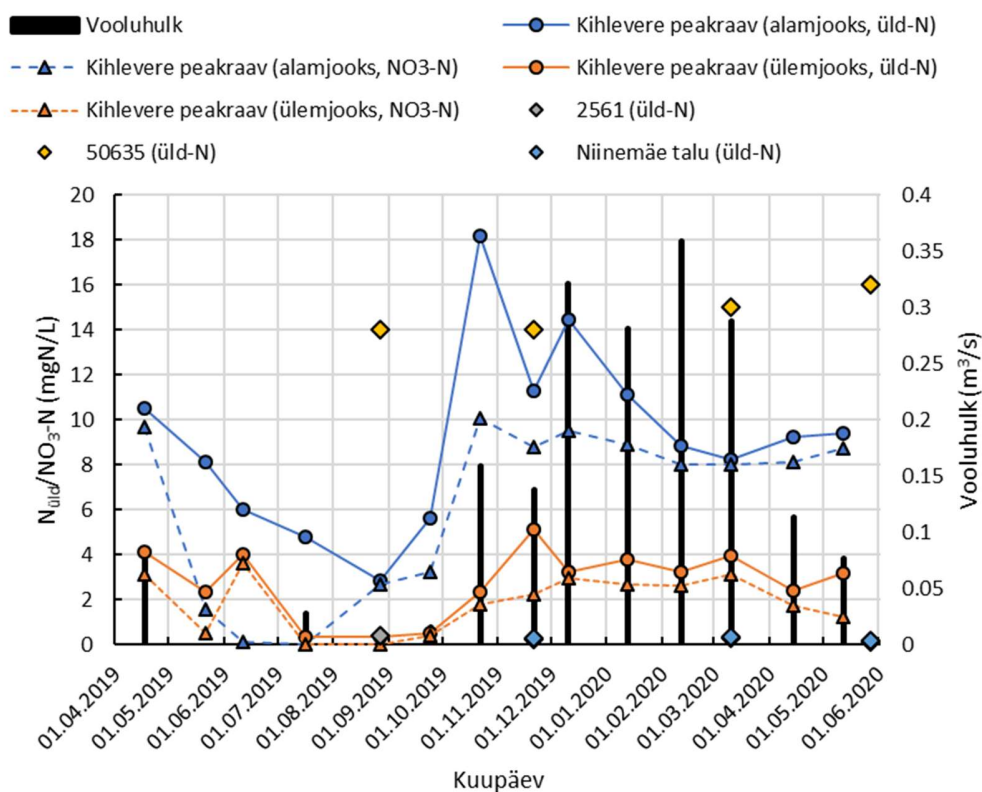
Kihlevere peakraavi alamjooksu $N_{\text{üld}}$ sisaldus oli terve seireperioodi vältel kõrgem V1A tüüpi vooluveekogudele kehtestatud mitte-hea seisundi piirist (<3 mg-N/l; Keskkonnaministri määrus nr. 19) olles novembrist 2019 kuni juunini 2020 >8 mg-N/l (väga halb klass; joonis 3.3). Enamiku põhjavee $N_{\text{üld}}$ moodustas nitraat-lämmastik ($\text{NO}_3\text{-N}$) (90-100%; tabel 3.2). Samal ajal varieerus $\text{NO}_3\text{-N}$ osakaal pinnavee sesoonselt (22-97%), olles suurem suvisel poolaastal väikese vooluhulga tingimustes (joonis 3.3). $\text{NO}_3\text{-N}$ ja $N_{\text{üld}}$ vahe väljendab orgaanilise lämmastiku osakaalu. Seega viitavad põhjavee ja pinnavee $N_{\text{üld}}$ koostise erinevused orgaanilise lämmastiku suuremale osakaalule pindmises äravoolus, mille mõju domineerib peakraavis kõrgveeperioodil (s.t kevadel ja sügisel).

Tabel 3.2. Põhjavee toitainete (lämmastiku- ja fosfori-ühendite) sisaldused Kihlevere peakraavi valglas.

Nr.	Nimi	Kuupäev	NO_3^- (mg/l)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mgN/L)	$N_{\text{üld}}$ (mgN/L)	NO_2^- (mg/l)	NH_4^+ (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)	$P_{\text{üld}}$ (mgP/L)
2561	Kihlevere k., Mäeotsa talu	04.09.2019	< 0,2		0.4	< 0,016	0.26	< 0,06	0.02
2561	Kihlevere k., Mäeotsa talu	13.11.2019	< 0,2		0.2	< 0,016	0.13	< 0,06	0.02
2561	Kihlevere k., Mäeotsa talu	10.03.2020	< 0,2		0.3	< 0,016	0.20	< 0,06	< 0,02
2561	Kihlevere k., Mäeotsa talu	27.05.2020	< 0,1		0.2	0.01	0.30	0.05	0.02
50635	Hõbeda küla, Valgejõe	05.09.2019	64.0	14.5	14.0	< 0,016	< 0,01	< 0,06	< 0,02
50635	Hõbeda küla, Valgejõe	27.11.2019	14.0	3.2	14.0	< 0,007	0.05	< 0,015	< 0,01
50635	Hõbeda küla, Valgejõe	10.03.2020	69.0	15.6	15.0	< 0,016	< 0,01	< 0,06	< 0,02
50635	Hõbeda küla, Valgejõe	27.05.2020	69.0	15.6	16.0	< 0,01	0.03	0.02	0.01

	Niinemäe talu	14.11.2019	0.3	0.1	0.3	< 0,016	0.09	< 0,06	< 0,02
	Niinemäe talu	10.03.2020	0.2	0.05	0.3	< 0,016	0.20	< 0,06	< 0,02
	Niinemäe talu	27.05.2020	< 0,1		0.2	< 0,01	0.29	0.02	0.01

Peakraavis oli lämmastikuühendite sisaldus alamjooksul oluliselt suurem ülemjooksul mõõdetud sisaldustest (joonis 3.3). Eelnevad tähelepanekud on kooskõlas varem vee elektrijuhtivuse alusel tehtud järeldusega, et põhjavee kvaliteet mõjutab peakraavi vett eelkõige madala veetaseme ja väikese vooluhulga tingimustel (s.t suvisel poolaastal). Põhja- ja pinnavee $N_{\text{üld}}$ ja NO_3^- sisalduste võrdlus näitab, et põhjavee kaudu leviv NO_3^- hajureostus võib olla Kihlevere peakraavi vee jaoks oluline koormusallikas. Kuna puurkaevu nr. 50635 vees oli 2019. aasta IV kvartalis $\text{NO}_3\text{-N}$ osakaal vaid 23%, siis võib kahtlustada mingi teise lokaalse lämmastikuallika mõju selle puurkaevu veele (nt. omapuhasti, kuivkäimla vms). Väite kontrollimiseks oleks soovitatav alates 2020. aasta III kvartalist kaasata valgla põhjaveeseiresse neljas vaatluspunkt peakraavi alamjooksul, et välistada lokaalsete seirepunktiga seotud tegurite mõju põhjaveeseire tulemustele.



Joonis 3.3. Põhjavee üld-lämmastiku ($N_{\text{üld}}$) ja nitraat-lämmastiku ($\text{NO}_3\text{-N}$) sisalduste muutus Kihlevere peakraavi pinna- ja põhjavees esimese seireaasta jooksul.

3.2 Vohnja oja

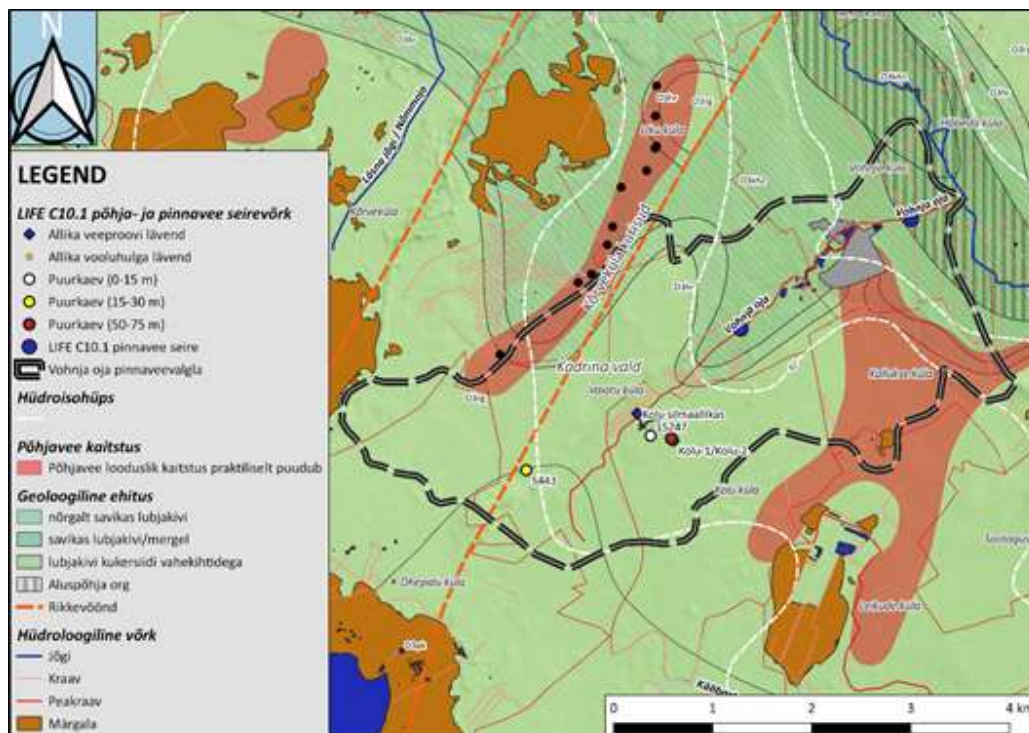
Vohnja oja uuringuala paikneb Loobu jõe valglas, Kadrina vallas Vaiatu, Kolu, Vohnja ja Kallukse külade territooriumil. Pinnaveevalgla on põllumajandusest oluliselt mõjutatud ning põllumassiivide pindala moodustab >60% kogu pinnaveevalgla pindalast (PRIA 2020).

Vohnja oja on veerohkeim karstiallikest lähtuv lisaoja Loobu jõe valglas ja selle keemiline koostis on seega otseselt mõjutatud valgla põhjavee keemilisest koostisest (AS Maves 2002). Geoloogiliselt paikneb ala Ordoviitsiumi karbonaatkivimite avamusel. Oja ülemjooksul levib lainjas moreentasandik, valgla loodeosas ka künklik moreenreljeef, milles esineb väiksemaid põikmoreene (Suuroja jt., 2005). Kvaternaaristete paksus on õhuke jäädes valdavalt vahemikku 5-15 m (Suuroja jt., 2005). Pinnakatte paksus suureneb lääne suunas. Lähtuvalt õhukesest pinnakattest esineb uuringualal põhjavee suhtes kaitsmata alasid (Suuroja jt., 2005; joonis 3.4). Loodest piirab valglat Udriku raba ning valgla põhjapiiril levib Kõrveküla kurisute vöönd (joonis 3.4).

Pinnakatte all avanevad alal edela-kirde suunas Ülem-Ordoviitsiumi Rakvere lademe (Rägavere kihistu) nõrgalt savikas lubjakivi, Oandu lademe Hirmuse kihistu merglid ja valgla ülemjooksul Keila lademe Kahula kihistu savikas lubjakivi (Suuroja jt., 2005; Maa-amet 2020; joonis 3.4).

Regionaalne põhjaveetase maapinnalt esimeses põhjaveekihis on kõrgem valgla lääneosas ja põhjaveetase langeb valgla keskel paikneva Vohnja oja suunas (joonis 3.4). Vohnja oja põhjaveevalgla piirid ei pruugi täpselt kattuda selle pinnaveevalgla piiridega. Siiski on ala iseloomustavad põhjavee vaatluspunktid valitud selliselt, et nad paikneksid vahetult oja lähedal ja jääksid seega kindlalt oja põhjaveevalgla piiridesse. Põhjavee seirevõrk hõlmab valgla ülemjooksu. Alamjooksult ei leitud sobivaid vaatluspunkte kas tarbepuurkaevude liiga suure sügavuse tõttu või seoses asjaoluga, et maastikuvaatlustel ei olnud enam võimalik tuvastada mitmete allikate (nt. Vaiatu oosi allikad) asukohti. Siiski näitavad allpool esitatud tulemused, et Vohnja oja alamjooksu keemiline koostis on väga sarnane ülemjooksu keemilisele koostisele (vt. joonis 3.5, 3.6). See annab alust oletada, et oja keemiline koostis kujuneb oma põhiosas välja just valgla ülemjooksul.

Vohnja oja saab olulise osa oma veest Kolu allikate grupist, mis paikneb oja ülemjooksul Kolu mõisa juures oja mõlemal kaldal. Valdavalt on tegemist tõusuallikatega, mille summaarseks vooluhulgaks on mõõdetud 50 l/s ehk 0,05 m³/s (AS Maves, 2002). Ürglooduse raamatu järgi saavad allikad oma vee u 1,5 km loode- ja põhjasuunas paiknevatest Kõrveküla kurisutest (EELIS 2020a; joonis 3.4). Allikatest läänepoolseim ja suurim on Kolu silmaallikas vooluhulgaga kuni 10 l/s ehk 0,01 m³/s (EELIS 2020a).



Joonis 3.4. Vohnja oja valgla pinna- ja põhjavee seirevõrku, ala geoloogilist ehitust ning hüdrogeoloogilisi tingimusi kirjeldav kaart. Hüdroisohüpsid pärinevad geoloogiliselt baaskaardilt (Maa-amet 2020) ja kirjeldavad põhjaveetaset maapinnalt esimeses põhjaveekihi.

Põhjavee vaatlusvõrk valgla koosneb kokku viiest vaatluspunktist, millest üks paikneb Kolu allikate grupis (Kolu silmaallikas), kaks on kohalikud tarbepuurkaevud (nr. 5443, 15247) ning kaks on uued uuringupuurkaevud, mis on puuritud LIFE projekti tegevuse C10.1 raames (Kolu-1, Kolu-2; tabel 2.1; joonis 3.4). Uuringupuurkaevud kaasatakse seiresse 2020. aasta III kvartalist ja allpool esitatakse ainult tarbepuurkaevudest ning allikast kogutud proovide tulemused.

Tarbepuurkaevud avavad maapinnalt esimest Rakvere veekihti ja uued uuringupuurkaevud ka sügavamad Keila-Kukruse veekihti. Viimastega uuritakse põhjavee kvaliteedi vertikaalset muutlikkust uuringualal. Sügavamast Keila-Kukruse veekihist saab oma vee ka valgla alal paiknev Vohnja asula (Keskkonnainfo 2020).

Seiratud põhjavesi on Ca-HCO_3 või CaMg-HCO_3 tüüpi lahustunud ainete sisaldusega 360-580 mg/l ja kare kuni väga kare (4.5-7.3 mg-ekv/L; tabel 3.3). Vesi on peamiste veekihti moodustavatest mineraalidest kaltsiidi suhtes tasakaalus (SI-kaltsiit -0.2 kuni +0.1) ja dolomiidi suhtes alaküllastunud (SI-dolomiit -1.5 kuni -0.6; tabel 3.3). See viitab suhteliselt kiirele veevahetusele uuritavas põhjaveekihi, kuid märksa pikemale vee ja kivimi kontaktile võrreldes Loobu jõe vastaskaldal paikneva Kihlevere peakraavi valgla. Uuritud põhjaveekihi valitsevad valdavalt aeroobsed või nõrgalt anaeroobsed tingimused (lahustunud O_2 sisaldus 0.2-5.7 mg/l ehk 1-49% küllastus O_2 suhtes; tabel 3.3). Kõige väiksemad väärtused iseloomustavad oja ülemjooksul paiknevat puurkaevu nr. 5443. Selle kaevu vee suhteliselt väikesed nitraadi sisaldused (<20 mg/l) ja lahustunud üldraua puudumine võib viidata nitraatide redutseerumisele põhjaveekihi selles osas (Appelo & Postma, 2005; tabel 3.3, 3.4).

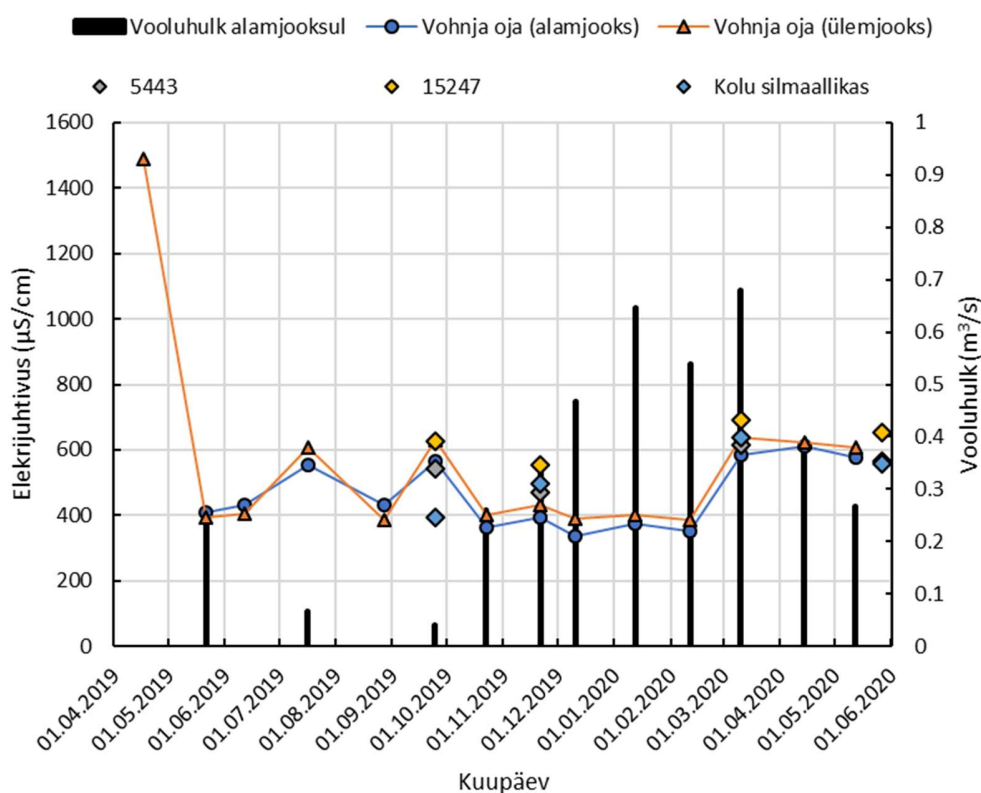
Põhjavee keemilise koostis valglas muutub sesoonselt. Põhjavee lahustunud ainete sisaldus ja elektrijuhtivus on väiksemad sügisesel kõrgveeperioodil ja suurenevad madalveeperioodil. Põhjavee makrokomponendid (nt. Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- ; tabel 3.4) käituvad sarnaselt, kuigi kontrastid ei ole sama suured kui elektrijuhtivuse puhul, sest esimesel seireaastal sattus põhjavee üldanalüüside määramine madalaveeperioodi või selle vahetusse lähedusse. See viitab vajadusele määrata edaspidi põhjavee üldkeemiline koostis igal seirekorral.

Tabel 3.3. Põhjavee üldkeemiline koostis Vohnja oja valglas.

Nr.	Nimi	Kuupäev	pH	Elektri- juhtivus ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Fe(üld) (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Üld-karedus (mg-ekv/L)	SI- kaltsiit	SI- dolomiit
5443	Ohepalu k., Sarapiku 4- krt. elamu	04.09.2019	7.3	542	7.1	1.7	14.0	100.0	14.0	29.0	14.0	< 0,002	330.0	8.5	28.0	6.2	0.06	-0.61
5443	Ohepalu k., Sarapiku 4- krt. elamu	13.11.2019	7.3	471	7.0	0.2	1.0							4.9	30.0			
5443	Ohepalu k., Sarapiku 4- krt. elamu	10.03.2020	7.3	615	6.4	0.3	3.0							6.9	35.0			
5443	Ohepalu k., Sarapiku 4- krt. elamu	27.05.2020	7.1	564	7.3	0.3	2.0	100.0	8.7	2.6	4.3	0.05	305.0	5.1	26.0	5.7	-0.19	-1.31
15247	Vaiatu k., Heinrichshofi kinnistu	04.09.2019	7.1	626	11.6	0.5	3.0	120.0	17.0	5.1	2.6	< 0,002	340.0	10.0	62.0	7.3	-0.09	-0.91
15247	Vaiatu k., Heinrichshofi kinnistu	13.11.2019	7.2	553	7.7	1.9	16.0							12.0	53.0			
15247	Vaiatu k., Heinrichshofi kinnistu	10.03.2020	7.3	691	9.2	3.2	31.0							13.0	49.0			
15247	Vaiatu k., Heinrichshofi kinnistu	27.05.2020	7.1	653	8.8	1.1	10.0	121.0	8.3	3.5	1.5	0.04	322.0	8.9	45.0	6.7	-0.10	-1.24
	Kolu silmaallikas	04.09.2019	7.5	392	14.4	1.6	16.0	75.0	9.6	3.8	6.5	1.00	240.0	9.0	16.0	4.5	0.05	-0.67
	Kolu silmaallikas	13.11.2019	7.2	497	8.0	5.7	49.0							8.7	31.0			

	Kolu silmaallikas	10.03.2020	7.3	636	6.6	5.2	44.0							9.8	23.0			
	Kolu silmaallikas	27.05.2020	7.1	556	7.4	2.8	23.0	104.0	6.0	2.5	3.5	0.07	299.0	6.2	20.0	5.7	-0.17	-1.47

Pinnavee elektrijuhtivus uuritavas valglas (338-1490 $\mu\text{S}/\text{cm}$) on valdavalt sarnane või väiksem põhjaveest mõõdetud elektrijuhtivusest (390-690 $\mu\text{S}/\text{cm}$; tabel 3.3; joonis 3.5). Üldiselt on Vohnja oja vee elektrijuhtivus suhteliselt stabiilne (vahemikus 400-600 $\mu\text{S}/\text{cm}$), kusjuures suuremad väärtused iseloomustavad suvist poolaastat, mil peakraavi vooluhulk on väiksem. 2019. aasta aprillis mõõdetud väga kõrge elektrijuhtivus oja ülemjooksul on tõenäoliselt mõõtmisviga. Kuigi teatud osa pinnavee elektrijuhtivuse suurenemises võib olla suvisel poolaastal intensiivistuval auramisel, siis tõenäolisemalt avaldab suuremat mõju põhjaveest pärineva baasäravoolu suurem osakaal võrreldes pindmise äravooluga. Peakraavi ülemjooksu ja alamjooksu elektrijuhtivused oli peaaegu kogu vaatlusperioodi vältel väga sarnased erinedes vaid kuni 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ võrra. Sellest tulenevalt võib kõige üldisemalt järeldada, et põhjavee mõju kraavi vee kvaliteedile on olulisem suvisel poolaastal ning olulisem on see oja ülemjooksul.



Joonis 3.5. Põhja- ja pinnavee elektrijuhtivuse võrdlus Vohnja oja valglas esimese seireaasta jooksul.

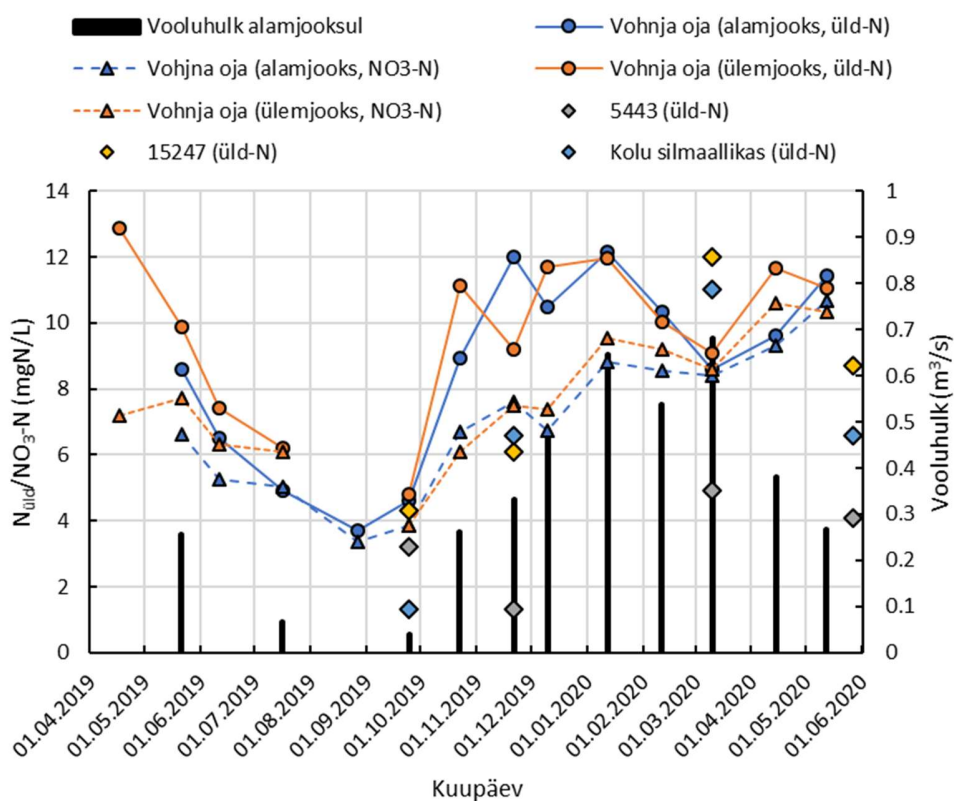
Põhjavee toitainete (lämmastiku- ja fosforiühendid) sisaldustest on kõige olulisema osakaaluga NO_3^- sisaldus. Põhjavee NO_3^- sisaldused uuritud valglas olid vahemikus <0.2 mg/l kuni 52 mg/l (ehk kuni 12 mg-N/l; tabel 3.4). Sealjuures muutuvad põhjavee NO_3^- sisaldused sesoonselt ja vastassuunaliselt elektrijuhtivuse muutustele, olles suuremad just kõrgveeperioodil. See väljendab värskest infiltreruva vee suuremat mõju kõrgemate veetasemete perioodil, mis on karstist mõjutatud kiire veevahetusega põhjaveekihtides tavaline. Valglas registreeritud suurimad NO_3^- väärtused mõõdeti Kolu silmaallikast ja puurkaevust nr. 15247 2020. aasta märtsis. Samal ajal oli Silmaallika hilissuvine nitraadi sisaldus alla määramispiiri (<0.2 mg/l), mis näitab samuti nende kurisudest toituvate allikate vee kvaliteedi suurt muutlikkust aastaegade lõikes.

Põhjavee $P_{\text{üld}}$ ja PO_4^{3-} sisaldused olid peaaegu kõigil juhtudel alla määramispiiri (vastavalt <0.02 mg-P/l ja <0.06 mg/l). Ainsana esines suuremaid $P_{\text{üld}}$ kontsentratsioone Kolu silmaallika vees 2019 aasta IV ja 2020. aasta I kvartalis (kuni 0.1 mg-P/l, tabel 3.4). Määramispiirist kõrgemaid, kuid siiski suhteliselt väikeseid NH_4^+ sisaldusi (0.01 - 0.5 mg/l), esines puurkaevu nr. 5443 vees (tabel 3.4). Samas kaevus esines ka määramispiirist suuremaid NO_2^- sisaldusi (0.02 - 0.05 mg/l; tabel 3.4). Et NO_2^- näol on tegemist denitrifikatsioonil tekkiva vaheproduktiga ja nimetatud puurkaevu vee lahustunud O_2 sisaldused olid väga madalad, võib kahtlustada aktiivse denitrifikatsiooni protsessi esinemist Vohnja oja ülemjooksu sügavamates põhjaveekihtides.

Tabel 3.4. Põhjavee toitainete (lämmastiku- ja fosfori-ühendite) sisaldused Vohnja oja valglas.

Nr.	Nimi	Kuupäev	NO_3^- (mg/l)	NO_3-N (mgN/L)	N-üld (mgN/L)	NO_2^- (mg/l)	NH_4^+ (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)	P-üld (mgP/L)
5443	Ohepalu k., Sarapiku 4- krt. elamu	04.09.2019	15.0	3.4	3.2	0.02	0.50	$< 0,06$	$< 0,02$
5443	Ohepalu k., Sarapiku 4- krt. elamu	13.11.2019	5.5	1.2	1.3	0.04	$< 0,01$	$< 0,06$	0.03
5443	Ohepalu k., Sarapiku 4- krt. elamu	10.03.2020	19.0	4.3	4.9	0.05	0.02	$< 0,06$	$< 0,02$
5443	Ohepalu k., Sarapiku 4- krt. elamu	27.05.2020	17.0	3.8	4.1	0.06	$< 0,02$	0.02	0.01
15247	Vaiatu k., Heinrichshofi kinnistu	04.09.2019	23.0	5.2	4.3	0.04	$< 0,01$	$< 0,06$	0.02
15247	Vaiatu k., Heinrichshofi kinnistu	13.11.2019	26.0	5.9	6.1	$< 0,016$	$< 0,01$	$< 0,06$	$< 0,02$
15247	Vaiatu k., Heinrichshofi kinnistu	10.03.2020	52.0	11.7	12.0	$< 0,016$	0.01	$< 0,06$	$< 0,02$
15247	Vaiatu k., Heinrichshofi kinnistu	27.05.2020	30.0	6.8	8.7	0.01	$< 0,02$	0.02	0.01
	Kolu silmaallikas	04.09.2019	$< 0,20$		1.3	$< 0,016$	0.02	$< 0,06$	0.10
	Kolu silmaallikas	13.11.2019	27.0	6.1	6.6	$< 0,016$	$< 0,01$	$< 0,06$	0.02
	Kolu silmaallikas	10.03.2020	48.0	10.8	11.0	$< 0,016$	0.01	$< 0,06$	$< 0,02$
	Kolu silmaallikas	27.05.2020	26.0	5.9	6.6	$< 0,01$	$< 0,02$	0.02	0.02

Vohnja oja $N_{\text{üld}}$ sisaldus oli nii selle ülem- kui ka alamjooksul terve seireperioodi vältel kõrgem V1A tüüpi vooluveekogudele kehtestatud mitte-hea seisundi piirist ($<3 \text{ mg-N/l}$; Keskkonnaministri määrus nr. 19) olles oja ülemjooksul 2019. aasta aprillis ja mais ning 2019. aasta novembrist 2020. aasta maini $>8 \text{ mg-N/l}$ (väga halb klass; joonis 3.5). Põhjavee $N_{\text{üld}}$ enamiku moodustas nitraat-lämmastik ($\text{NO}_3\text{-N}$; 85-100%; tabel 3.4). Samal ajal varieerus pinnavee $\text{NO}_3\text{-N}$ osakaal sesoonselt (55-100%), olles suurem suvisel poolaastal väikese vooluhulga tingimustes (joonis 3.5). $N_{\text{üld}}$ ja $\text{NO}_3\text{-N}$ vahe väljendab orgaanilise lämmastiku osakaalu. Seega viitab põhja- ja pinnavee $\text{NO}_3\text{-N}$ osakaalude võrdlus orgaanilise lämmastiku suuremale osakaalule pindmises äravoolus, mille mõju domineerib peakraavis kõrgveeperioodil (s.t kevadel ja sügisel). Põhjavee $\text{NO}_3\text{-N}$ sisaldused olid madalveeperioodil sarnased pinnavee sisaldustele ja ületasid neid kohati kõrgveeperioodil (joonis 3.5). Seega võib põhjavee kvaliteet oja vett mõjutada läbi aasta. NO_3^- suured sisaldused põhjavees näitavad, et põhjavee kaudu leviv NO_3^- hajureostus võib olla Vohnja oja vee jaoks oluline koormusallikas. Samal ajal näitavad esimese seireaasta tulemused, et vähemalt sügavamal avatud puurkaevude vees (nt. nr. 5443; tabel 3.4) on võimalik $\text{NO}_3\text{-N}$ koormuse looduslik vähenemine nitraatide redutseerumise teel.



Joonis 3.5. Põhjavee üld-lämmastiku ($N_{\text{üld}}$) ja nitraat-lämmastiku ($\text{NO}_3\text{-N}$) sisalduste muutus Vohnja oja valgla pinna- ja põhjavees esimese seireaasta jooksul.

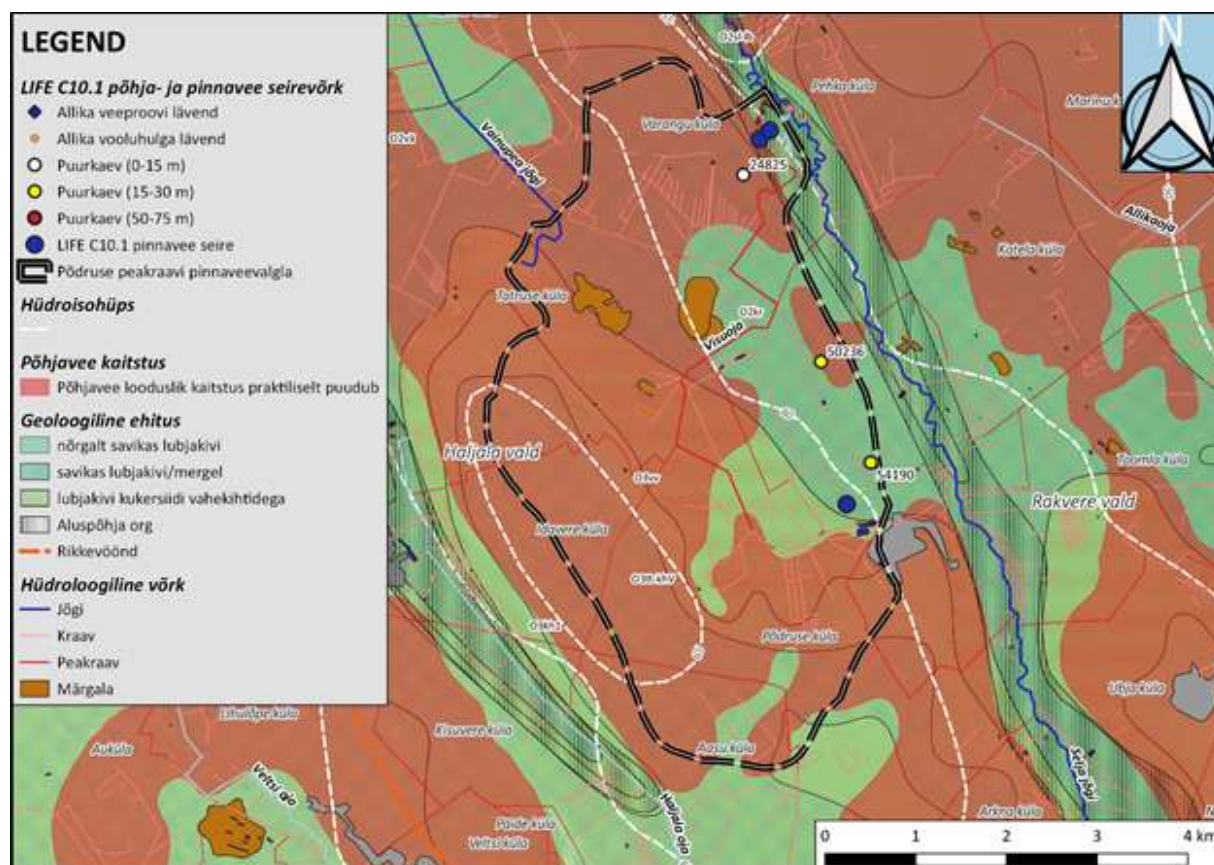
3.3 Põdruse peakraav (Visuoja)

Põdruse peakraavi (Visuoja) uuringuala paikneb Selja jõe valgla, Haljala vallas Idavere, Tatruse, Essu, Aasu ja Varangu külade territooriumil. Peakraavi pinnaveevalgla on põllumajandusest oluliselt mõjutatud ning põllumassiivide pindala moodustab $>55\%$ kogu pinnaveevalga pindalast (PRIA 2020).

Geoloogiliselt paikneb ala Ordoviitsiumi karbonaatkivimite avamusel. Valgla lääne- ja kaguservas paiknevad paekõvikud, kus pinnkatte paksus on väga väike (<2 m; Suuroja jt., 2006). Kvaternaarisetete paksus on õhuke ka ülejäänud alal, jäädes valdavalt vahemikku 1-10 m (Suuroja jt., 2006). Lähtuvalt õhukesest pinnakattest on valdav osa uuringualast põhjavee suhtes kaitsmata ala (Suuroja jt., 2006; joonis 3.6). Vaid ala idaosas on põhjavee kaitstus mõnevõrra parem (nõrgalt kaitstud ala; joonis 3.6).

Pinnakatte all avanevad alal edela-kirde suunas Ülem-Ordoviitsiumi Haljala, Kukruse ning Kesk-Ordoviitsiumi Uhaku lademe lubjakivid (Suuroja jt., 2006; Maa-amet 2020; joonis 3.6). Haljala lademe Kahula kihistu on esindatud nõrgalt kuni keskmiselt savika lubjakiviga (Suuroja jt., 2006). See avaneb peamiselt paekõvikute lagedel. Kukruse lademe Viivikonna kihistus esinevad vahelduvad lubjakivid ja merglid kukersiidi vahekihtidega ning Uhaku lademe Kõrgekalda kihistu on esindatud savika lubjakiviga, milles esineb savika kukersiidi vahekihte (Suuroja jt., 2006).

Regionaalne põhjaveetase maapinnalt esimeses põhjaveekihi langeb valgla läänest itta Selja jõe suunas (joonis 3.6). Põdruse peakraavi põhjaveevalgla piirid ei pruugi täpselt kattuda selle pinnaveevalgla piiridega, kuid ala iseloomustavad põhjavee vaatluspunktid on valitud selliselt, et nad paikneksid vahetult peakraavi lähedal ja jääksid seega oja põhjaveevalgla piiridesse.



Joonis 3.6. Põdruse peakraavi valgla pinna- ja põhjavee seirevõrku, ala geoloogilist ehitust ning hüdrogeoloogilisi tingimusi kirjeldav kaart. Hüdroisohüpsid pärinevad geoloogiliselt baaskaardilt (Maa-amet 2020) ja kirjeldavad põhjaveetaset maapinnalt esimeses põhjaveekihi.

Põhjavee vaatlusvõrk valglas koosneb kokku kolmest vaatluspunktist, millest kõik on kohalike talude tarbepuurkaevud (tabel 2.1; joonis 3.6). Puurkaevud on manteldatud maapinnalt 4-18 m sügavuseni. Seega ei ava kõik neist ainult maapinnalt esimesi lokaalseid põhjaveekihte, vaid osad (nr. 50236, 54190) kirjeldavad sügavamat ja regionaalsemat põhjaveevoolu.

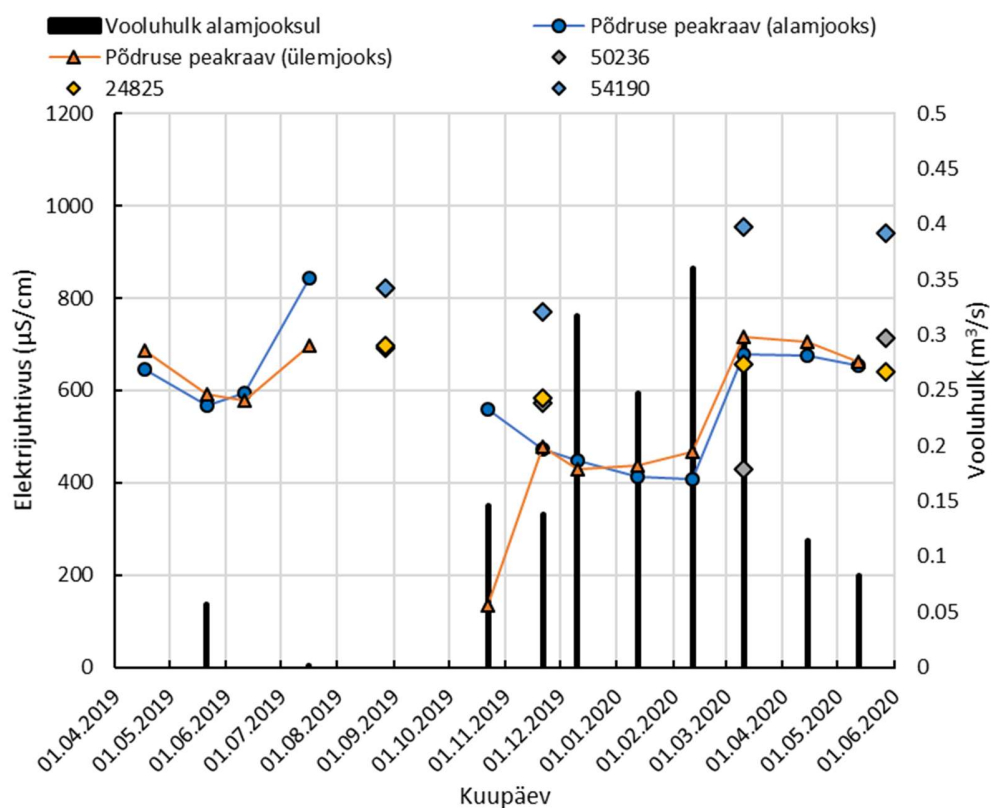
Seiratud põhjavesi on Ca-HCO_3 , CaMg-HCO_3 või MgCa-HCO_3 tüüpi lahustunud ainete sisaldusega 430-900 mg/l ja kare kuni väga kare (5.6-9.2 mg-ekv/l; tabel 3.5). Vesi on peamiste veekihti moodustavatest mineraalidest kaltsiidi suhtes tasakaalus või alaküllastunud (SI-kaltsiit -0.6 kuni +0.2; SI-dolomiit -0.8 kuni -0.2; tabel 3.5). Sealjuures on suuremad küllastusindeksi väärtused iseloomulikud sügavamatele kaevudele, mis viitab põhjavee viibeaja kasvule sügavuse suunas. Uuritud põhjaveekihis valitsevad valdavalt aeroobsed või nõrgalt anaeroobsed tingimused (lahustunud O_2 sisaldus 0.1-5.5 mg/l ehk 1-44% küllastus O_2 suhtes; tabel 3.5). Ka hapniku sisaldus väheneb oodatult sügavuse suunas. Kuna kaevude vees, kus hapnikusisaldus on väiksem, esinevad ka väikesed üld-raua sisaldused (<0.15 mg/l) koos küllaltki väikeste nitraadi sisaldustega (<20 mg/l), siis viitab see nitraatide (kuid mitte rauaoksiidide ja - hüdroksiidide) redutseerumisele põhjaveekihi sügavamas osas (Appelo & Postma, 2005; tabel 3.5, 3.6).

Põhjavee keemilise koostis valglas muutub sesoonselt. Põhjavee lahustunud ainete sisaldus ja elektrijuhtivus on väiksemad sügisesel kõrgveeperioodil ja suurenevad madalveeperioodil. Põhjavee makrokomponendid (nt. Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} ; tabel 3.5) käituvad sarnaselt, kuigi kontrastid ei ole sama suured kui elektrijuhtivuse puhul, sest esimesel seireaastal sattus põhjavee üldanalüüside määramine madalaveeperioodi või selle vahetusse lähedusse. See viitab vajadusele määrata edaspidi põhjavee üldkeemiline koostis igal seirekorral.

Tabel 3.5. Põhjavee keemiline koostis Põdruse peakraavi valglas

Nr.	Nimi	Kuupäev	pH	Elektri- juhtivus ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Fe(üld) (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Üld-karedus (mg-ekv/L)	SI- kaltsiit	SI- dolomiit
50236	Essu küla, Lepa	04.09.2019	7.4	691	8.3	0.3	2.0	80.0	47.0	9.5	16.0	0.10	430.0	22.0	23.0	7.9	0.17	0.22
50236	Essu küla, Lepa	13.11.2019	7.0	572	7.8	0.2	1.0							24.0	13.0			
50236	Essu küla, Lepa	10.03.2020	7.4	429	3.0	0.7	3.6							24.0	15.0			
50236	Essu küla, Lepa	27.05.2020	7.2	713	8.3	28.0	3.4	84.0	40.0	3.4	10.0	0.22	418.0	23.0	18.0	7.5	-0.27	-0.74
24825	Varangu küla, Seltsimaja maaüksus	04.09.2019	7.2	698	8.2	0.6	5.0	29.0	51.0	5.5	6.0	< 0,002	340.0	12.0	120.0	5.6	-0.60	-0.84
24825	Varangu küla, Seltsimaja maaüksus	15.11.2019	5.8	584	10.5	2.1	19.0							14.0	58.0			
24825	Varangu küla, Seltsimaja maaüksus	10.03.2020	7.3	656	4.2	5.5	44.0							7.9	26.0			
24825	Varangu küla, Seltsimaja maaüksus	27.05.2020	7.3	640	7.2	5.2	44.0	91.0	19.0	3.4	6.2	0.09	343.0	15.0	24.0	6.2	0.04	-0.48
54190	Essu küla, Tammispea tee 11b	04.09.2019	7.1	822	10.0	0.1	1.0	150.0	17.0	15.0	15.0	0.13	450.0	20.0	92.0	9.1	0.10	-0.63
54190	Essu küla, Tammispea tee 11b	13.11.2019	7.0	770	7.5	0.2	2.0							20.0	93.0			
54190	Essu küla, Tammispea tee 11b	10.03.2020	7.1	955	5.9	0.5	4.0							19.0	92.0			
54190	Essu küla, Tammispea tee 11b	27.05.2020	7.0	940	7.1	0.4	3.0	155.0	18.0	14.0	18.0	0.13	471.0	17.0	89.0	9.2	0.01	-0.79

Pinnavee elektrijuhtivus uuritavas valglas (130-840 $\mu\text{S}/\text{cm}$) on valdavalt sarnane või väiksem põhjaveest mõõdetud elektrijuhtivusest (430-950 $\mu\text{S}/\text{cm}$; tabel 3.5; joonis 3.7). Põhjavee ja pinnavee üldise seose määratlemisel antud alal on olulised kaks tähelepanekut. Esiteks puudub Põdruse peakraavis vool 2019. aasta augustis ja septembris, mis näitab, et kõige madalama veetaseme perioodil ei toitu kraav seiratud põhjaveekihi erinevalt Kihlevere peakraavist ning Vohnja ojast. Teiseks sarnanevad põhja- ja pinnavee elektrijuhtivused peakraavis kõige enam kõrgveeperioodi lõpus (2019. aasta juuli, 2020. aasta märts-mai; joonis 3.7), mis viitab pindmise äravoolu olulisemale osakaalule kõrgveeperioodi maksimumi ajal, aga põhjavee toite järkjärgulisele suurenemisele kõrgveeperioodi lõpus ja madalveeperioodi alguses. Seega saab põhjavee kvaliteet kraavi veekvaliteedile mõju avaldada just sellel ajal. Suvised madalveeperioodi ajal on põhjaveetaseme peakraavi põhjast madalamal.



Joonis 3.7. Põhja- ja pinnavee elektrijuhtivuse võrdlus Põdruse peakraavi valglas esimese seireaasta jooksul.

Põhjavee toitainete (lämmastiku- ja fosforiühendid) sisaldustest on sarnaselt eelmistele valglatele kõige olulisema osakaaluga NO_3^- sisaldus. Põhjavee NO_3^- sisaldused uuritud valglas olid vahemikus $<0.2 \text{ mg/l}$ kuni 20 mg/l (ehk kuni 4.5 mg-N/l ; tabel 3.6). Seega on Põdruse peakraavi valglas põhjavee NO_3^- sisaldused väiksemad kui varem käsitletud valglates ning väiksemad ka peakraavi vee nitraadi sisaldustest (joonis 3.8). Sealjuures muutuvad põhjavee nitraadisaldused sesoonselt ja vastassuunaliselt vee elektrijuhtivuse muutustega, olles suuremad kõrgveeperioodil. Võrreldes varem käsitletud valglate tuleks siiski rõhutada asjaolu, et Põdruse peakraavi valglas esineb põhjavee suuremaid nitraadisaldusi ka kõrgveeperioodi lõpus (mai 2020; joonis 3.8), mis viitab siinse põhjavee süsteemi regionaalsele toitele ning nitraadirikka värskelt infiltreerunud põhjavee aeglasemale liikumisele läbi seiratud põhjaveekihi.

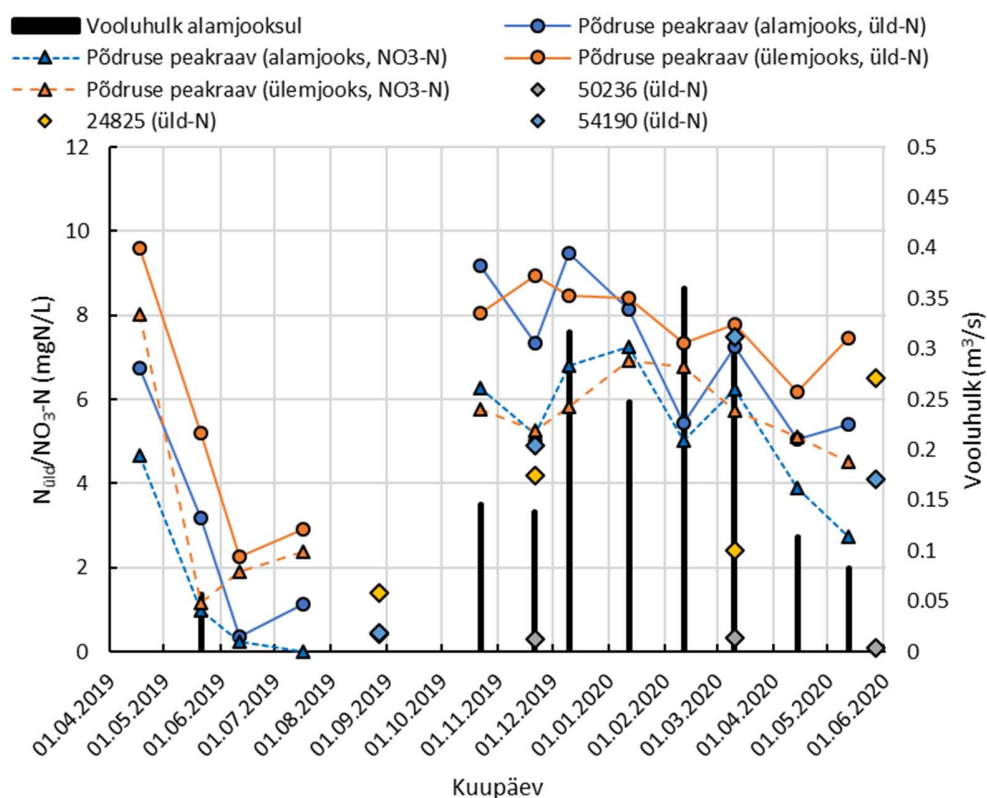
Põhjavee PO_4^{3-} sisaldused olid valdavalt alla määramispiiri (<0.06 kuni 0.12 mg/l). $\text{P}_{\text{üld}}$ kontsentratsioonid olid samuti väikesed varieerudes vahemikus <0.02 kuni 0.09 mg-P/l (tabel 3.6). Need väärtused on kohati sarnased või suuremad peakraavi vee enda $\text{P}_{\text{üld}}$ väärtustes, mis näitab, et põhjavesi võib olla peakraavis leitud fosfori-ühendite üheks allikaks. Määramispiirist kõrgemaid, kuid siiski suhteliselt väikeseid NH_4^+ sisaldusi (0.03 - 0.3 mg/l), esines kõigi puurkaevude vees (tabel 3.6). Põhjavee NO_2^- sisaldused varieerusid vahemikus <0.02 - 0.13 mg/l (tabel 3.6). Võttes arvesse neid kahte tähelepanekut ja seda, et põhjavees lahustunud O_2 küllastus on $<50\%$, esinevad põhjavees vähemalt teatud aastaagadel soodsad tingimused denitrifikatsiooniks.

Tabel 3.6. Põhjavee toitainete (lämmastiku- ja fosfori-ühendite) sisaldused Põdruse peakraavi valglas.

Nr.	Nimi	Kuupäev	NO_3^- (mg/l)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mgN/L)	$\text{N}_{\text{üld}}$ (mgN/L)	NO_2^- (mg/l)	NH_4^+ (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)	$\text{P}_{\text{üld}}$ (mgP/L)
50236	Essu küla, Lepa	04.09.2019	$< 0,20$		0.4	$< 0,016$	0.31	$< 0,06$	0.02
50236	Essu küla, Lepa	13.11.2019	$< 0,20$		0.3	$< 0,016$	0.13	$< 0,06$	0.02
50236	Essu küla, Lepa	10.03.2020	0.4	0.1	0.3	$< 0,016$	0.03	$< 0,06$	$<0,02$
50236	Essu küla, Lepa	27.05.2020	$< 0,1$		0.1	$< 0,01$	0.14	0.02	0.01
24825	Varangu küla, Seltsimaja maaüksus	04.09.2019	6.5	1.5	1.4	$< 0,016$	$< 0,01$	$< 0,06$	0.03
24825	Varangu küla, Seltsimaja maaüksus	15.11.2019	18.0	4.1	4.2	0.13	0.04	0.04	0.02
24825	Varangu küla, Seltsimaja maaüksus	10.03.2020	7.9	1.8	2.4	$< 0,016$	$< 0,01$	$< 0,06$	0.02
24825	Varangu küla, Seltsimaja maaüksus	27.05.2020	20.0	4.5	6.5	$< 0,01$	0.03	0.12	0.09
54190	Essu küla, Tammispea tee 11b	04.09.2019	0.6	0.1	0.4	0.02	0.06	$< 0,06$	$<0,02$
54190	Essu küla, Tammispea tee 11b	13.11.2019	20.0	4.5	4.9	0.05	$< 0,01$	$< 0,06$	$<0,02$
54190	Essu küla, Tammispea tee 11b	10.03.2020	19.0	4.3	7.5	0.02	$< 0,01$	$< 0,06$	$<0,02$
54190	Essu küla, Tammispea tee 11b	27.05.2020	14.0	3.2	4.1	0.07	0.08	0.02	0.01

Põdruse peakraavi $N_{\text{üld}}$ sisaldus varieerus vahemikus 0.3 kuni 9.5 mg-N/l, olles 2019. aasta kevadel ning perioodil oktoober 2019 kuni mai 2020 kõrgem V1A tüüpi vooluveekogudele kehtestatud mitte-hea seisundi piirist (<3 mg-N/l; Keskkonnaministri määrus nr. 19; joonis 3.8). Põhjavee $N_{\text{üld}}$ enamiku moodustas $\text{NO}_3\text{-N}$ (50-100%; tabel 3.6). Samal ajal varieerus $\text{NO}_3\text{-N}$ osakaal pinnavees sesoonselt (22-93%). $\text{NO}_3\text{-N}$ ja $N_{\text{üld}}$ vahe väljendab orgaanilise lämmastiku osakaalu. Erinevalt eelnevalt käsitletud valglatest võib põhjavesi olla Põdruse peakraavi valglas samuti üheks orgaanilise lämmastiku edasikandjaks.

Põhjavee $N_{\text{üld}}$ sisaldused on üldjuhul väiksemad pinnavee $N_{\text{üld}}$ sisaldustest (joonis 3.8). Ühelt poolt toetab see seletust, et valgla põhjavees võib nitraadi kontsentratsioon väheneda looduslikult denitrifikatsiooni-protsesside tõttu. Teisalt võib see väljendada tõsiasja, et uuritud kaevud ei ava kõige maapinnalähedasemaid ja eeldatavalt suurema $\text{NO}_3\text{-N}$ sisaldusega põhjaveekihte. Välistada ei saa ka võimalust, et valdav osa peakraavi $N_{\text{üld}}$ sisaldustest pärineb pindmisest äravoolust. Seda oletust toetab tõsiasi, et kõige madalamate veetasemete ajal, mil põhjavee baasäravoolu mõju kraavi veekvaliteedile saaks olla kõige suurem, on peakraav kuiv. Siiski näitavad määramispiirist kõrgemad $\text{NO}_3\text{-N}$ sisaldused põhjavees, et põhjavee kaudu leviv nitraadi hajureostus võib omada teatud mõju Põdruse peakraavi veekvaliteedile. See mõju on aga tõenäoliselt väiksem kui Kihlevere peakraavi ja Vohnja oja valglas.



Joonis 3.8. Põhjavee üld-lämmastiku ($N_{\text{üld}}$) ja nitraat-lämmastiku ($\text{NO}_3\text{-N}$) sisalduste muutus Põdruse peakraavi pinna- ja põhjavees esimese seireaasta jooksul.

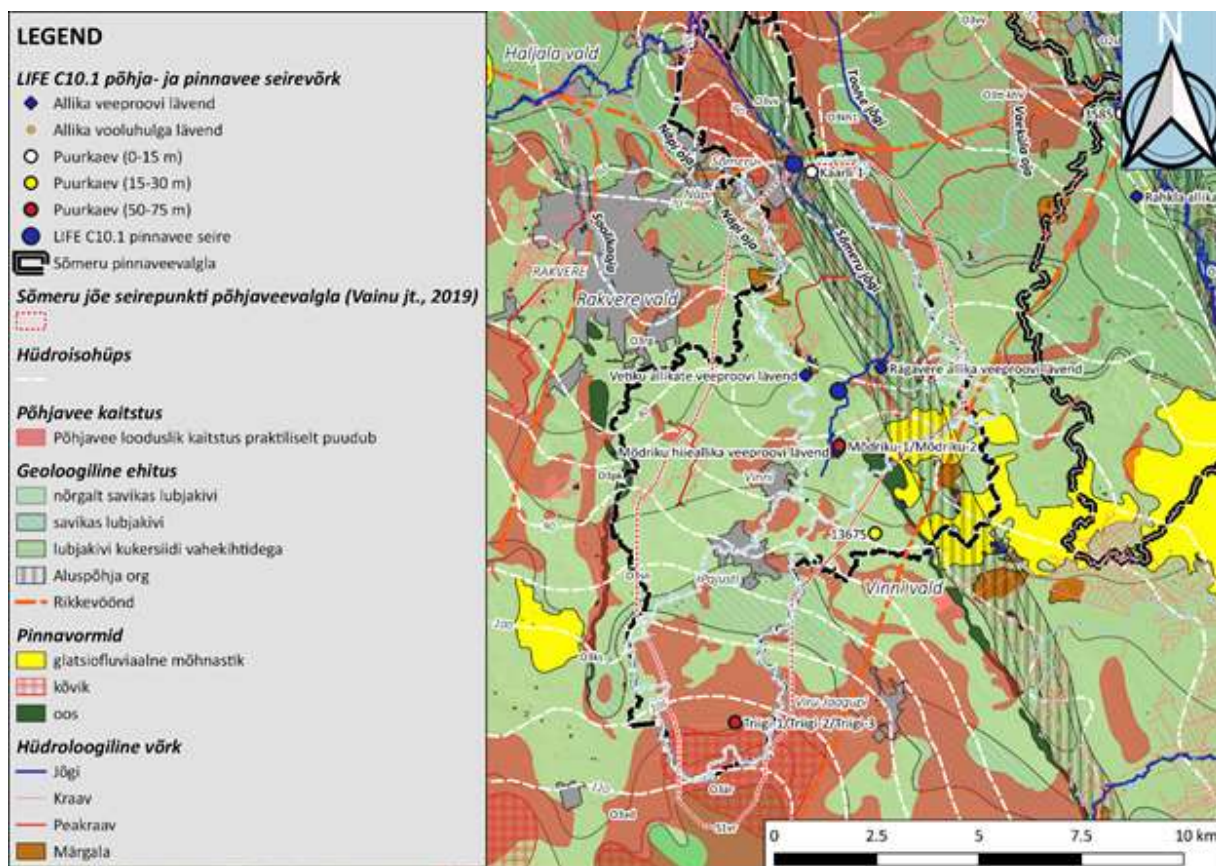
3.4 Sõmeru jõgi

Sõmeru jõe uuringuala paikneb Sõmeru pinnaveekogumis Rakvere ja Vinni valla territooriumil (joonis 3.9). Pinnaveekogum on põllumajandusest oluliselt mõjutatud ning põllumassiivide pindala moodustab 55% kogu pinnaveevalgla pindalast (PRIA 2020). Jõega on seotud kolm olulist allikarühma – Mõdriku Hiieallikad, Mõdriku Vanaküla allikad ja Vetiku allikad. Kuigi Sõmeru jõel ei ole kunagi teostatud hüdromeetrilisi mõõtmisi, on Järvekülg (2001) eksperthinnangu alusel väitnud, et enamuse Sõmeru jõe vooluhulgast moodustab põhjavesi. Seega on tõenäoliselt tegemist põhjaveest oluliselt sõltuva vooluveekogumiga.

Uuringuala paikneb Pandivere aluspõhjalise kõrgustiku põhjanõlval, mida läbib Selja ürgorg (joonis 3.9). Kvaternaari setete paksus kasvab Selja ürgorus kuni 20 m, ülejäänud alal on piinakate õhuke (1-10 m Suuroja jt., 2006, 2015). Õhukese pinnakatte tõttu leidub uuringualal rohkesti põhjavee suhtes kaitsmata alasid (Suuroja jt., 2006, 2015; joonis 3.9). Üheks olulisemaks kaitsmata alaks uuringualal on selle lõunapiiril paiknev Kannastiku kõvik, mida on peetud Sõmeru jõe põhjaveevalgla veelahkmealaks (Vainu jt., 2019). Ala keskosas laiub lainjas moreentasandik, mida kohati läbivad põikmoreenid (Suuroja jt., 2006, 2015). Ala idaosas paiknevad Selja ürgoru peal ka mitu glatsiofluviaalset mõhnastikku (*Ibid.*). Uuringuala piiridesse jäävad ka Koeravere–Rakvere–Pahnimäe ja Paasvere–Mõdriku radiaalsed oosisüsteemi ehk oosistud (Suuroja jt., 2006).

Sõmeru jõe uuringualal avanevad lõunast põhja suunas Pandivere kõrgustiku põhjanõlval üksteise järel Ülem-Ordoviitsiumi Pirgu, Vormsi, Nabala, Rakvere, Oandu, Keila, Haljala ja Kukruse lademe karbonaatkivimid (Suuroja jt., 2006, 2015; Maa-amet 2020; joonis 3.9). Viimased moodustavad ka aluspõhja avamuse ürgoru lõunaosas, kuid Raudvere külast ülesvoolu avanevad ürgoru põhjas Kesk-Ordoviitsiumi Uhaku lademe lubjakivid (*Ibid.*). Ala geoloogilises läbilõikes vahelduvad nõrgalt savikad lubjakivid (Pirgu, Nabala, Rakvere) savikamate lubjakivide (Vormsi, Keila, Haljala ja Uhaku) ning merglitega (Oandu lade; Suuroja jt., 2006, 2015). Sealjuures on varasemad uuringualal läbiviidud hüdrogeoloogilised tööd lugenud kukersiidi vahekihtidega Kukruse lademe lubjakivi samuti vettandvaks kihiks (Perens jt., 1978). Seega on alal esindatud kolm peamist veekihti – Pirgu-Vormsi, Nabala-Rakvere ja Keila-Kukruse.

Regionaalne põhjaveetase maapinnalt esimeses põhjaveekihis langeb Pandivere kõrgustiku laelt Selja ürgoru suunas (joonis 3.9). Sõmeru jõe pinnaveekogum hõlmab tõenäoliselt suurema ala kui jõe pinnavee ja põhjavee valgla (Vainu jt., 2019; joonis 3.9). Ala iseloomustavad põhjavee vaatluspunktid on valitud selliselt, et nad paikneksid vahetult Sõmeru jõe lähedal või selle põhjaveevalgla piires jõe lättest põhjaveetasemete gradienti mööda ülesvoolu.



Joonis 3.9. Sõmeru jõe uuringuala pinna- ja põhjavee seirevõrku, ala geoloogilist ehitust ning hüdrogeoloogilisi tingimusi kirjeldav kaart. Hüdrosihüpsid pärinevad geoloogiliselt baaskaardilt (Maa-amet 2020) ja kirjeldavad põhjaveetaset maapinnalt esimeses põhjaveekihi. Kaardil kujutatud põhjaveevalgla piirid pärinevad aruandest Vainu jt., (2019).

Põhjavee vaatlusvõrk valglas koosneb kokku kümnest vaatluspunktist, millest kolm on allikad (Mõdriku Hiieallikad, Rägavere allikas, Vetiku allikad), kuus on uued uuringupuurkaevud ja üks tarbepuurkaev (tabel 2.1; joonis 3.9). Kõik uuringukaevud rajatakse alale antud uuringu raames. Neist kolm paiknevad Sõmeru jõe põhjaveevalgla oletataval toitealal Kannastiku kõviku lõunanõlval (Triigi-1, Triigi-2 ja Triigi-3), kaks jõe lätteks olevate Mõdriku Hiieallikate ääres (Mõdriku-1 ja Mõdriku-2) ning üks jõe ülemjooksul jõe Narva mnt seirepunkti vahetusläheduses (Kaarli-1). Uued uuringukaevud avavad suhteliselt lühikesi (4-20 m) intervalle Pirgu-Vormsi, Nabala-Rakvere ja Keila-Kukruse veekihtides, võimaldades uurida põhjavee kvaliteedi vertikaalset muutlikust. Samuti võimaldavad allikagruppide lähedusse rajatud uuringukaevud uurida erinevate veekihtide vee segunemist allikate väljavoolus. Uuringukaevud on rajatud piirkondadesse, kus vastavate eesmärkide jaoks sobivad tarbepuurkaevud puudusid. Seirevõrku kaasatud tarbepuurkaev nr. 13675 on manteldatud kuni 18 m sügavuseni ja avab Nabala-Rakvere veekihti. Tarbepuurkaev paikneb uuringualal idaosas ja selle valiku aluseks oli varasem oletus, et Mõdriku salajõgede süsteemi lähteala on Kakumäe külast veidi ida pool kuni 100 m ümp tasemel, mille üheks

väljavooluks on Mõdriku allikad (Suuroja jt., 2015). Uuringukaevud kaasatakse seiresse 2020. aasta III kvartalist ja allpool esitatakse ainult tarbepuurkaevust ja allikatest kogutud proovide tulemused.

Kõik seirevõrku kaasatud allikad on seotud valdavalt põhjavee väljavooluga Nabala-Rakvere veekihi. Mõdriku Hiieallikate rühm on moodustunud umbes 1 km pikkusel lõigul esinevatest tõusu- ja langeallikatest, mis paiknevad Mõdriku pargist põhjapool (AS Maves 2002, EELIS 2020a; joonis 3.9). Allikad koosnevad neljast frondist, mis avanevad järk-järgult allavoolu Sõmeru jõe suunas. Kolmanda allikafrondi kohale on tekkinud allikajärvik (EELIS 2020a). Allikate vooluhulgaks on varasemate uuringute (EELIS, 2020a) käigus hinnatud kuni 0.15 m³/s (käesoleva uuringu käigus 0.13-0.32 m³/s). Seirevõrku kaastatud Rägavere langeallikas on osa Mõdriku Vanaküla allikate rühmast. Allikarühm asub Rakvere-Tudu maanteest põhja pool, paisjärve ääres ja põhjas ning selles on kokku on 29 allikat, mis jaotuvad kolme rühma (AS Maves, 2002; joonis 3.9). Allikate summaarseks vooluhulgaks on varasemate uuringute põhjal hinnatud 0.05-0.9 m³/s (AS Maves, 2002; EELIS 2020a). Rägavere allika vooluhulgaks on varem hinnatud 0.01 m³/s (käesoleva uuringu käigus 0.008-0.04 m³/s). Vetiku allikate rühm (ka Vetiku Vanajärve ja Vetiku Sõeoru allikad) paikneb Vetiku asulast kagus ja koosneb peamiselt langeallikatest, mis asuvad aluspõhjalise oru alguses ja paisjärve põhjas (AS Maves 2002, EELIS 2020a; joonis 3.9). Allikate summaarseks vooluhulgaks on hinnatud kuni 0.2 m³/s (käesoleva uuringu käigus 0.3-0.5 m³/s). Rägavere allikast ja Mõdriku hiieallikate väljavoolust võetakse alates 2019. aasta oktoobrist koos pinnaveeseirega proove igakuiselt.

Seiratud põhjavesi on Ca-HCO₃, CaMg-HCO₃ või MgCa-HCO₃ tüüpi lahustunud ainete sisaldusega 500-620 mg/l ja väga kare (6.1-7.1 mg-ekv/l; tabel 3.7). Sealjuures on suurema magneesiumi sisaldusega tarbepuurkaevu nr. 13675 ja Mõdriku Hiieallikate vesi. Vesi on peamiste veekihti moodustavatest mineraalidest kaltsiidi ja dolomiidi suhtes tasakaalus või nõrgalt alaküllastunud (SI-kaltsiit -0.3 kuni +0.4; SI-dolomiit -1.0 kuni -0.2; tabel 3.7). See viitab selle suhteliselt kiirele veevahetusele uuritavas põhjaveekihi. Sealjuures on suuremad küllastusindeksi väärtused iseloomuslikud jõe lätetest allavoolu paikneva Rägavere allika veele suvisel madalveeperioodil, mis võib viidata pikema viibeaajaga vee väljavoolule sel perioodil. Uuritud põhjaveekihi valitsevad valdavalt aeroobsed või nõrgalt anaeroobsed tingimused (lahustunud O₂ sisaldus 0.3-10.9 mg/l ehk 2-92% küllastus O₂ suhtes; tabel 3.7). Oodatult esinevad madalamad lahustunud hapniku sisaldused tarbepuurkaevus nr. 13675, kus küllaltki pika manteltoru tõttu on tõenäoliselt avatud vaid Nabala-Rakvere veekihi sügavam osa. Kuna madala hapnikusisaldusega kaasnevad seal suvisel poolaastal ka väikesed üldraua sisaldused (<0.002 mg/l) koos väikeste nitraadi sisaldustega (<10 mg/l), siis viitab see nitraatide redutseerumisele Nabala-Rakvere põhjaveekihi sügavamas osas (Appelo & Postma, 2005; tabel 3.9, 3.10).

Põhjavee keemilise koostis valglas muutub sesoonselt. Erinevalt aga varem käsitletud valglatest on põhjavee lahustunud ainete sisaldus ja elektrijuhtivus uuringupunktides madalam suvisel madalveeperioodil ja suureneb märgatavalt kõrgveeperioodi maksimumis 2020. aasta märtsis (joonis 3.10). Eriti hästi võimaldavad neid muutusi jälgida tihedamad vaatlused alates 2019. aasta septembrist. Põhjavee makrokomponendid (nt. Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻; tabel 3.7) käituvad sarnaselt, kuigi kontrastid ei ole sama suured kui elektrijuhtivuse puhul, sest esimesel seireaastal sattus põhjavee üldanalüüside määramine madalveeperioodi või selle vahetusse lähedusse. Kirjeldatud mustrit seletab kõige paremini põhjavee suhteliselt suurem viibeaeg Sõmeru valgla allikagruppidega seotud põhjaveekihtides võrreldes

varem käsitletud valgatega. See tingib suurveeperioodil värskelt infiltreerunud vee jõudmise allikatesse kuni mitme kuise viibega, millele eelneb varem põhjavee kihis olnud suurema mineraalsusega vee väljavool. See viitab vajadusele määrata edaspidi põhjavee üldkeemiline koostis igal seirekorral ja põhjavee elektrijuhtivust mõõtvate automaatandurite paigaldamise olulisusele allikagruppide väljavooludes, kust saadavad suure sagedusega (1-3 tundi) mõõtmistulemused võimaldaksid täiendavalt selgitada allikatega seotud karstisüsteemide toimimist.

Tabel 3.7. Põhjavee keemiline koostis Sõmeru jõe uuringualal.

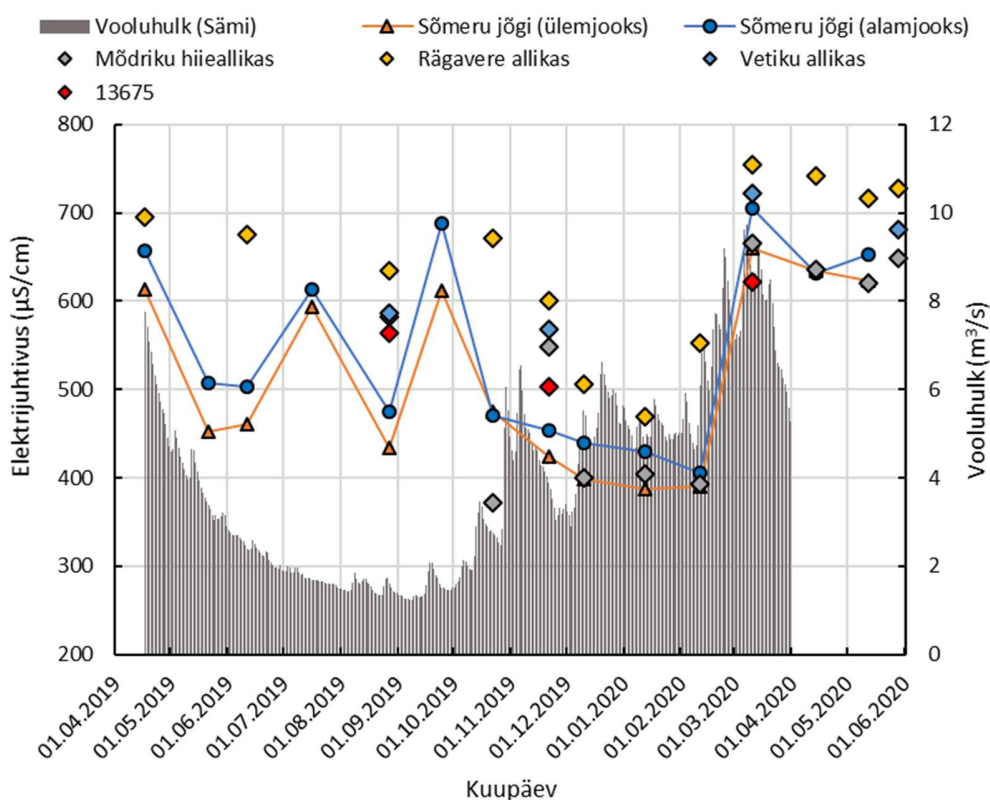
Nr./Nimi	Asukoht	Kuupäev	pH	Elektri-juhtivus (µS/cm)	Temp. (°C)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Fe(üld) (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Üld-karedus (mg-ekv/L)	SI-kaltsiit	SI-dolomiit
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	06.09.2019	7.4	583	9.6	7.7	69.0	54.0	44.0	3.8	2.5	< 0,002	330.0	9.5	32.0	6.4	-0.10	-0.16
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	22.10.2019	7.7	372	8.1	6.7	56.0											
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	14.11.2019	7.4	548	7.4	9.5	80.0							14.0	31.0			
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	10.12.2019	7.9	400	3.8	11.1	83.2											
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	12.01.2020	7.8	404	4.9	11.1	86.5											
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	11.02.2020	7.2	394	4.7	10.4	80.0							12.3	25.6			
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	11.03.2020	7.3	665	6.4	10.9	90.0							10.0	28.0			
Mõdriku hiieallika	Mõdriku hiieallikad	14.04.2020	7.9	636	5.4	14.6	116.0							10.1	22.0			

veeproovi lävend																		
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	12.05.2020	6.6	620	8.0	21.0	177. 0							9.5	29.3			
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	28.05.2020	7.2	649	6.8	6.8	76.0	105.0	16.0	4.5	3.2	< 0,02	326.0	9.0	28.0	6.6	-0.03	-0.77
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	06.09.2019	7.6	635	6.8	5.1	43.0	110.0	18.0	6.0	3.5	< 0,002	340.0	13.0	35.0	7.0	0.43	0.19
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	22.10.2019																
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	14.11.2019	7.2	601	7.5	3.2	27.0							20.0	31.0			
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	10.12.2019	7.2	506	7.2	4.5	38.4											
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	12.01.2020	7.2	469	7.0	7.9	39.9											
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	11.02.2020	6.1	553	6.9	4.7	38.6							19.7	29.8			

Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	11.03.2020	7.2	755	7.0	5.8	49.0							18.0	34.0			
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	14.04.2020	7.1	742	6.7	5.5	45.0							17.7	29.5			
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	12.05.2020	5.8	717	6.7	6.0	51.0							16.5	36.2			
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	28.05.2020	7.2	728	7.5	5.1	42.0	117.0	16.0	7.8	4.0	0.04	353.0	15.0	33.0	7.1	0.04	-0.67
Vetiku allikate veeproovi lävend	Vetiku Sõeoru allikad	06.09.2019	7.2	586	7.1	8.7	72.0	91.0	26.0	3.0	2.5	< 0,002	310.0	11.0	28.0	6.7	-0.12	-0.66
Vetiku allikate veeproovi lävend	Vetiku Sõeoru allikad	14.11.2019	7.3	568	7.4	6.7	57.0							16.0	32.0			
Vetiku allikate veeproovi lävend	Vetiku Sõeoru allikad	11.03.2020	7.4	722	7.1	10.7	92.0							18.0	32.0			
Vetiku allikate veeproovi lävend	Vetiku Sõeoru allikad	28.05.2020	7.1	681	8.1	11.3	94.0	109.0	16.0	3.7	2.7	0.03	319.0	11.0	29.0	6.8	-0.15	-1.00
Vetiku allikate vooluhulga lävend	Vetiku Sõeoru allikad	14.11.2019	7.8	547	7.0	9.8	80.0							14.0	32.0			

Vetiku allikate vooluhulga lävend	Vetiku Sõeoru allikad	11.03.2020																
Vetiku allikate vooluhulga lävend	Vetiku Sõeoru allikad	28.05.2020																
13675	Vinni vald, Mõdriku küla, Mõdriku k.	06.09.2019	7.2	564	7.1	0.3	2.0	62.0	37.0	2.9	2.2	< 0,002	320.0	8.8	53.0	6.1	-0.27	-0.65
13675	Vinni vald, Mõdriku küla, Mõdriku k.	14.11.2019	7.0	503	7.0	3.8	32.0							9.4	37.0			
13675	Vinni vald, Mõdriku küla, Mõdriku k.	11.03.2020	7.2	622	6.9	10.7	90.0							7.7	26.0			

Pinnavee elektrijuhtivus uuritavas valglas (340-710 $\mu\text{S}/\text{cm}$) on sarnane põhjaveest mõõdetud elektrijuhtivusest (370-750 $\mu\text{S}/\text{cm}$; tabel 3.7; joonis 3.10), toetades varasemat eksperthinnangut, mille järgi on Sõmeru jõgi väga suure põhjaveetoitega. Elektrijuhtivuse suhteline muutus esimese aasta seiretulemustes on nii pinna- kui põhjavees sarnase suunaga. Põhjavee ja pinnavee elektrijuhtivused on kõige sarnasemad suvisel poolaastal (aprill-september) ning talvisel poolaastal on pinnavee elektrijuhtivus põhjavee omast madalam. See näitab oodatult madalama elektrijuhtivusega pindmise äravoolu suuremat mõju kõrgveeperioodil (joonis 3.10). Jõevee suurem elektrijuhtivus alamjooksul jõe ülemjooksuga võrreldes võib olla mõjutatud ka Mõdriku Vanaküla ja Vetiku allikate suurema elektrijuhtivusega veest, mille sissevoolud Sõmeru jõkke paiknevad jõe alamjooksu vaatluspunktist ülesvoolu.



Joonis 3.10. Põhjavee elektrijuhtivuse muutus Sõmeru jõe uuringuala pinna- ja põhjavees esimese seireaasta jooksul. Kuna Sõmeru jõel ei asu hüdromeetriaamu ja pinnaveeseire käigus jõe vooluhulka ei mõõdetata, siis on joonisel uuringuala hüdroloogiliste tingimuste kirjeldamiseks kasutatud Väike-Maarja meteoroloogiajaama sademete andmeid.

Põhjavee toitainete (lämmastiku- ja fosfori-ühendid) sisaldustest on sarnaselt eelmistele valglatele kõige olulisema osakaaluga NO_3^- sisaldus. Põhjavee NO_3^- sisaldused uuritud valglas olid vahemikus 6.9 mg/l kuni 65 mg/l (ehk kuni 14.7 mg-N/l; tabel 3.8). Väiksemad sisaldused esinesid seiratud puurkaevu vees ja suuremad sisaldused iseloomustavad Rägavere ja Vetiku allikate vett. Sealjuures ületab NO_3^- sisaldus Vetiku ja Rägavere allikates 2019. aasta IV kuni 2020. aasta II kvartalini ning Mõdriku hiieallikates 2020. aasta I ja II kvartalis põhjavee nitraadi sisaldusele määratud kvaliteedi piirväärtust 50 mg/l (Keskkonnaministri määrus nr. 48; tabel 3.8; joonis 3.11). Kõiki seirepunktide nitraadisaldusi

iseloomustab kindel sesoonne muutlikus, kus nitraatide kontsentratsioonid on väiksemad 2019. aasta hilissuvel (madalveeperiood) ja suurenevad 2020. aasta kevadeks, misjärel taas vähenevad (joonis 3.11). See on vastavuses ülalpool põhjavee üldkeemilises koostises kirjeldatud muutustega, mis viitavad värskelt infiltreerunud nitraatide-rikka vee suhteliselt pikale viibeajale uuritud põhjaveekihtides varem käsitletud valglatega võrreldes. Siiski jäävad NO_3^- sisaldused valgla põhjavees suurteks läbi talve ja sarnaselt Sõmeru jõe veele esineb neis kaks maksimumi (jaanuaris 2020 ja aprillis 2020, vt. ka Sämi hüdromeetriaajama andmed joonisel 3.13).

Põhjavee PO_4^{3-} sisaldused on valdavalt alla määramispiiri (<0.06 mg/l) ja üld-fosfori kontsentratsioonid alla määramispiiri või selle lähedal (<0.02 kuni 0.05 mg-P/l; tabel 3.8). Erandiks olid Rägavere allika fosforiühendite sisaldused 2019. aasta IV ja 2020. aasta I kvartalis ($P_{\text{üld}}$ 0.02 - 0.03 mg-P/l) ja Mõdriku Hiieallika fosforiühendite sisaldused 2019. aasta IV kvartalis ($P_{\text{üld}}$ kuni 0.2 mg-P/l; tabel 3.8). Esimesel juhul võib oletada põllumajandusest lähtuva hajukoormuse mõju, sest peaaegu kogu $P_{\text{üld}}$ moodustas $\text{PO}_4\text{-P}$. Mõdriku Hiieallikate puhul võib fosforikoormustele mõju avaldada ülesvoolu paiknev Vinni heitveepuhasti väljalask, mille mõju allika veekvaliteedile võiks olla suurem just madalveeperioodil (vt. ka Vainu jt., 2019). See väide vajab aga kontrollimist ülejäänud seireperioodi käigus. Kuna nimetatud fosforiühendite sisaldused olid samas suurusjärgus või suuremad Sõmeru jõest mõõdetud sisaldustega, ei saa esialgsete seiretulemuste põhjal välistada võimalust, et teatud osa jõevee $P_{\text{üld}}$ pärineb ümbritsevast põhjaveekihist.

Määramispiirist kõrgemaid väikesed NH_4^+ sisaldusi (0.01 - 0.3 mg/l) esines ainult seiratud puurkaevude vees ja Vetiku ning Mõdriku Hiieallikates (tabel 3.8). Põhjavee NO_2^- sisaldused varieerusid vahemikus <0.02 - 0.06 mg/l (tabel 3.8), mis näitab, et uuritud põhjaveekihtides esinevad vähemalt kohati soodsad tingimused denitrifikatsiooniks.

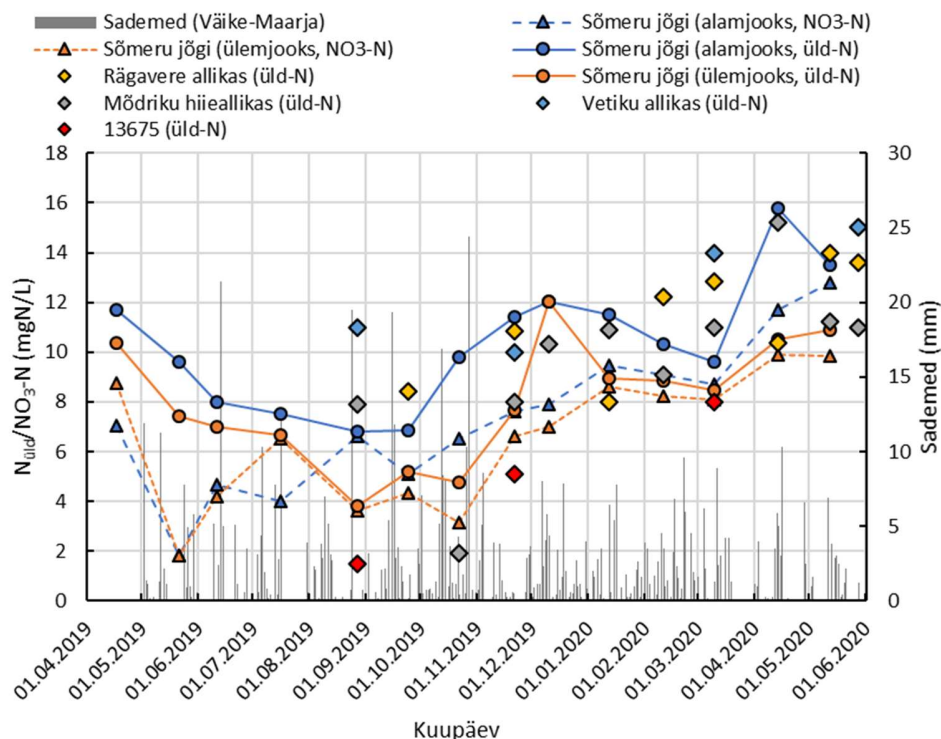
Tabel 3.8. Põhjavee toitainete (lämmastiku- ja fosforiühendite) sisaldused Sõmeru jõe uuringualal.

Nr./Nimi	Asukoht	Kuupäev	NO_3^- (mg/l)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mgN/L)	$N_{\text{üld}}$ (mgN/L)	NO_2^- (mg/l)	NH_4^+ (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)	$P_{\text{üld}}$ (mgP/L)
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	06.09.2019	31.0	7.0	7.9	< 0,016	< 0,01	< 0,06	0.19
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	22.10.2019	6.9	1.6	1.9		0.21	0.01	0.04
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	14.11.2019	33.0	7.5	8.0	< 0,016	< 0,01	< 0,06	< 0,02
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	10.12.2019	31.9	7.2	10.3		0.10	0.04	0.02
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	12.01.2020	36.1	8.1	10.9		0.22	0.13	0.05
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	11.02.2020	36.5	8.3	9.1		0.30	0.20	0.07
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	11.03.2020	50.0	11.3	11.0	< 0,016	< 0,01	< 0,06	< 0,02
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	14.04.2020	49.5	11.2	15.2		< 0,003	0.01	0.004

Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	12.05.2020	48.8	11.0	11.2		0.01	0.02	0.01
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	28.05.2020	39.0	8.8	11.0	< 0,01	< 0,02	0.05	0.05
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	06.09.2019	37.0	8.4	8.4	< 0,016	< 0,01	< 0,06	< 0,02
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	22.10.2019	31.8	7.2	10.9		< 0,003	0.04	0.02
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	14.11.2019	37.0	8.4	8.0	< 0,016	< 0,01	0.07	0.02
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	10.12.2019	31.5	7.1	12.2		< 0,003	0.06	0.02
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	12.01.2020	40.8	9.2	12.8		< 0,003	0.06	0.02
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	11.02.2020	41.1	9.3	10.3		< 0,003	0.04	0.02
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	11.03.2020	62.0	14.0	14.0	< 0,016	< 0,01	0.07	0.03
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	14.04.2020	57.9	13.1	13.6		< 0,003	0.04	0.02
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	12.05.2020	46.4	10.5	14.0		< 0,003	0.04	0.01
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	28.05.2020	46.0	10.4	11.0	< 0,01	< 0,02	0.05	0.02
Vetiku allikate veeproovi lävend	Vetiku Sõeoru allikad	06.09.2019	48.0	10.8	11.0	0.06	< 0,01	< 0,06	0.03
Vetiku allikate veeproovi lävend	Vetiku Sõeoru allikad	14.11.2019	43.0	9.7	10.0	< 0,016	< 0,01	< 0,06	< 0,02
Vetiku allikate veeproovi lävend	Vetiku Sõeoru allikad	11.03.2020	65.0	14.7	14.0	< 0,016	< 0,01	< 0,06	< 0,02
Vetiku allikate veeproovi lävend	Vetiku Sõeoru allikad	28.05.2020	63.0	14.2	15.0	0.02	< 0,02	0.03	0.02
Vetiku allikate vooluhulga lävend	Vetiku Sõeoru allikad	14.11.2019	41.0	9.3	10.0	0.07	0.08	< 0,06	< 0,02
13675	Vinni vald, Mõdriku küla, Mõdriku k.	06.09.2019	8.1	1.8	1.5	< 0,016	< 0,01	< 0,06	< 0,02
13675	Vinni vald, Mõdriku küla, Mõdriku k.	14.11.2019	23.0	5.2	5.1	< 0,016	< 0,01	< 0,06	< 0,02
13675	Vinni vald, Mõdriku küla, Mõdriku k.	11.03.2020	35.0	7.9	8.0	< 0,016	0.01	< 0,06	0.05

Seiratud Sõmeru jõe lõigu $N_{\text{üld}}$ sisaldus varieerus vahemikus 3.8 kuni 15.8 mg-N/l ja oli kogu seireperioodi vältel kõrgem V1A tüüpi vooluveekogudele kehtestatud mitte-hea seisundi piirist (<3 mg-N/l; Keskkonnaministri määrus nr. 19; joonis 3.11). Sealjuures oli nii jõe ülem- kui alamjooksu seirelävendis $N_{\text{üld}}$ sisaldus 2019. aasta aprillis ja mais ning 2019. aasta novembrist 2020. aasta maini >8 mg-N/l (väga halb klass; joonis 3.11). Põhjavee $N_{\text{üld}}$ enamiku moodustas NO_3 -N (58-100%; tabel 3.8), olles valdavalt $>95\%$. Ainult Mõdriku Hiieallikates ja Rägavere allikas oli kõrgveeperioodil NO_3 -N osakaal $<80\%$. Samal ajal varieerus NO_3 -N osakaal pinnavees sesoonselt (24-97%), olles suurem madalveeperioodil (juuli-september 2019; joonis 3.11). $N_{\text{üld}}$ ja NO_3 -N vahe väljendab orgaanilise lämmastiku osakaalu. Seega on jõevees orgaanilise lämmastiku osakaal üldiselt suurem kui põhjavees, aga kuna suurema $N_{\text{üld}}$ sisalduse juures väheneb ka põhjavees NO_3 -N osakaal, võib teatud osa jõe orgaanilise lämmastiku koormusest pärineda põhjaveest.

Põhja- ja pinnavee kvaliteedi seost näitab lämmastiku-ühendite sarnane dünaamika seirelävendites, kus $N_{\text{üld}}$ sisalduse suurenemisega põhjavees kaasneb alati peaaegu samaaegne $N_{\text{üld}}$ sisalduse suurenemine jõevees (joonis 3.11). Sealjuures näitavad esimese aasta seireaasta tulemused, et nii Sõmeru jõe kui sellega seotud allikate vesi ületab $N_{\text{üld}}$ ja NO_3 -N kehtestatud keskkonnanorme ja seega on jõgi tugevalt mõjutatud selle valglast lähtuvast lämmastiku-reostusest. Kuna põhjavee $N_{\text{üld}}$ sisaldused on sarnased või suuremad jõe $N_{\text{üld}}$ sisaldustest on põhjavesi tõenäoliselt oluline jõe lämmastiku-koormuse allikas. Sealjuures kasvab $N_{\text{üld}}$ kontsentratsioon Sõmeru jõe alamjooksu suunas. Kuna jõe ülemjooksu seirelävenditest allavoolu paiknevates Vetiku ja Mõdriku Vanaküla allikatest mõõdetud $N_{\text{üld}}$ sisaldused olid suuremad jõe lätteks olevate Mõdriku Hiieallikate vastavatest sisaldustest, siis on just neil kahel suure vooluhulgaga allikagrupi vee kvaliteedil oluline mõju jõe veekvaliteedi kujunemisele.



Joonis 3.11. Põhjavee üld-lämmastiku ($N_{\text{üld}}$) ja nitraat-lämmastiku ($\text{NO}_3\text{-N}$) sisalduste muutus Sõmeru jõe uuringuala pinna- ja põhjavees esimese seireaasta jooksul. Kuna Sõmeru jõel ei asu hüdromeetriaamu ja pinnaveeseire käigus jõe vooluhulka ei mõõdeta, siis on joonisel uuringuala hüdroloogiliste tingimuste kirjeldamiseks kasutatud Väike-Maarja meteoroloogiajaama sademete andmeid.

3.5 Kunda jõgi

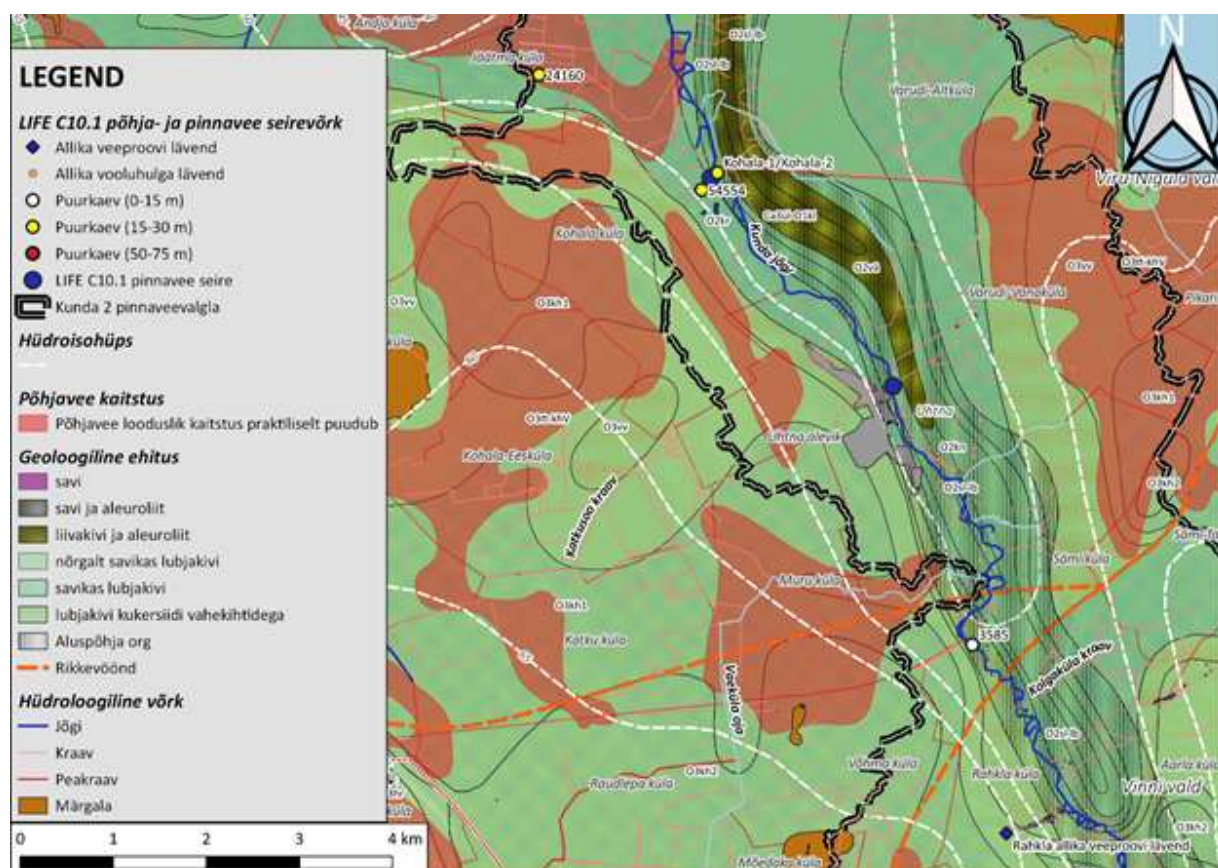
Kunda jõe uuringuala paikneb pinnaveekogumi Kunda jõgi Ädara jõest Kunda III paisuni (Kunda_2; 1072900_2) põhjaosas Rakvere vallas Rahkla, Sämi, Uhtna, Kohala, Jäätma ja Varudi-Tagaküla külade territooriumil (joonis 3.12). Võrreldes varem käsitletud valglatega on Kunda jõe 2. pinnaveekogumi maakasutus põllumajandusest vähem mõjutatud ning põllumassiivide pindala moodustab umbes 35% antud pinnaveevalga pindalast (PRIA 2020).

Uuringuala paikneb Kunda ürgoru mõlemal kaldal, kus avanevad valdavalt Ordoviitsiumi karbonaatkivimid. Uuringuala põhjapiiril Kohala külast ülesvoolu avanevad Kvaternaari setete all ka Kambriumi Kallavare ja Tiskre kihistu lubjakivid (Suuroja jt., 2006). Kvaternaari setete paksus uuritaval jõelõigul kasvab ürgorus kuni 40 m, jäädes oru nõlvadel valdavalt vahemikku 5-20 m (Suuroja jt., 2006). Hoolimata pinnakatte suhteliselt suurest paksusest leidub valga läänepoolsel Pandivere kõrgustikuga seotud küljel põhjavee suhtes kaitsmata alasid (Suuroja jt., 2006; joonis 3.12). Need on eelkõige seotud pinnaveevalgat piiritlevate kõvikute asukohtadega.

Kunda ürgoru nõlvadel avanevad lõunast põhja suunas Ülem-Ordoviitsiumi Keila, Haljala, Kukruse ning Kesk-Ordoviitsiumi Uhaku lademe karbonaatkivimid (Suuroja jt., 2006; Maa-amet 2020; joonis 3.12). Ürgoru põhjas avanevad valdavalt Kesk-Ordoviitsiumi Lasnamäe ja Aseri lademe lubjakivid ja dolomiidistunud lubjakivid. Keila lade on uuringualal esindatud Kahula kihistu savikate lubjakividega,

Haljala lademesse kuuluv Kahula kihistu osa aga nõrgalt kuni keskmiselt savika lubjakiviga (Suuroja jt., 2006). Kukruse lademe Viivikonna kihistus esinevad vahelduvad lubjakivid ja merglid kukersiidi vahekihtidega ja Uhaku lademe Kõrgekalda kihistu on esindatud savika lubjakiviga, milles esineb savika kukersiidi vahekihte (Suuroja jt., 2006).

Regionaalne põhjaveetase maapinnalt esimeses põhjaveekihi langeb valglas edelast (Pandivere kõrgustiku poolt) ja kagust Kunda jõe suunas (joonis 3.12). Kunda jõe põhjaveevalgla on tõenäoliselt palju suurema pindalaga kui käsitletav pinnaveevalgla, kuid ala iseloomustavad põhjavee vaatluspunktid on valitud Kunda jõe vahetuslähedusse, et saadud tulemused võimaldaksid kõige otsesemalt hinnata põhja- ja pinnavee vastastikmõju. Uuringuala läänepoolne osa kuulub põhjaveekogumisse nr. 15 ((Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas) ja ala idapoolne osa põhjaveekogumisse nr. 13 (Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekogum Ida-Eesti vesikonnas).



Joonis 3.12. Kunda jõe uuringuala pinna- ja põhjavee seirevõrku, ala geoloogilist ehitust ning hüdrogeoloogilisi tingimusi kirjeldav kaart. Hüdrosihüpsid pärinevad geoloogiliselt baaskaardilt (Maa-amet 2020) ja kirjeldavad põhjaveetaset maapinnalt esimeses põhjaveekihi.

Põhjavee vaatlusvõrk valglas koosneb kokku kuuest vaatluspunktist, millest üks on Rahkla allikas, kaks tarbepuukaevud ja kolm uuringupuurkaevud (tabel 2.1; joonis 3.12). Sealjuures on uuringupuurkaevudest üks riikliku põhjaveekogumite keemilise seisundi seirekaev nr. 3585 Sämi külas ning kaks uued

uuringupuurkaevud Kunda jõe idakaldal (Kohala-1 ja Kohala-2), mis on rajatud antud uuringu raames. Uued uuringukaevud avavad uuritavaid põhjaveekihte vastavalt 11-16 m ja 18-25 m sügavuselt ja võimaldades uurida põhjavee kvaliteedi vertikaalset muutlikust. Lisaks on nende asukohtade valikul lähtutud tõsiasiast, et Kunda jõe idakalda selles lõigus seireks sobivad tarbepuurkaevud puudusid. Ülejäänud puurkaevud on manteldatud maapinnalt 4-23 m sügavuseni ja kaks neist avavad maapinnalt esimest põhjaveekihti (nr. 3585 ja 54554). Uuringukaevud kaasatakse seiresse 2020. aasta III kvartalist ja allpool esitatakse ainult tarbepuurkaevust ja allikast kogutud proovide tulemused.

Rahkla allikad asuvad Kunda jõe vasakul kaldal ning valdavalt tõusuallikatest koosneva allikagrupi vooluhulk on 0.1-0.2 m³/s (AS Maves 2002). Rahkla allikad on Kunda jõkke suubuva Rahkla oja lätteks. Rahkla allikast võetakse alates 2019. aasta oktoobrist koos pinnaveeseirega proove igakuiselt.

Seiratud põhjavesi on CaMg-HCO₃ või MgCa-HCO₃SO₄ tüüpi lahustunud ainete sisaldusega 480-680 mg/l ja väga kare (6-15 mg-ekv/l; tabel 3.9). Suurem sulfaadi sisaldus (kuni 120 mg/l) tuvastati ala põhjaosas olevas Jäätma küla kaevus nr. 24160 ning see võib viidata kaevu läheduses paikneva Ubja karjääri mõjule. Mujal jäid SO₄²⁻ sisaldused vahemikku 25-85 mg/l (tabel 3.9). Arvestades veekihti moodustavate kivimite mineraloogilist koostist on sulfaadi tõenäolisimaks allikaks püriidi oksüdatsioon. Vesi on peamiste veekihti moodustavate mineraalidest kaltsiidi suhtes tasakaalus või alaküllastunud (SI-kaltsiit -0.2 kuni 0.0) ja dolomiidi suhtes alaküllastunud (SI-dolomiit -0.8 kuni -0.3; tabel 3.9). Sealjuures on suuremad küllastusindeksi väärtused iseloomulikud sügavamatele kaevudele, mis viitab põhjavee viibeaja kasvule sügavuse suunas. Uuritud põhjaveekihi valitsevad valdavalt aeroobsed või nõrgalt anaeroobsed tingimused (lahustunud O₂ sisaldus 0.1-7.1 mg/l ehk 1-60% küllastus O₂ suhtes; tabel 3.9). Ka hapniku sisaldus väheneb oodatult sügavuse suunas, olles väiksem Jäätma küla puurkaevus (nr. 24160). Kuna kaevude vees, mis on väiksema hapnikusisaldusega, esinevad märkimisväärsed üld-raua sisaldused (1,5-5 mg/l) koos küllaltki väikeste nitraadi sisaldustega (<2 mg/l), viitab see nitraatide redutseerumisele põhjaveekihi sügavamas osas ja mangaani ning rauaoksiidide/-hüdrosiidide redokstsooni esinemisele (Appelo & Postma, 2005; tabel 3.9, 3.10).

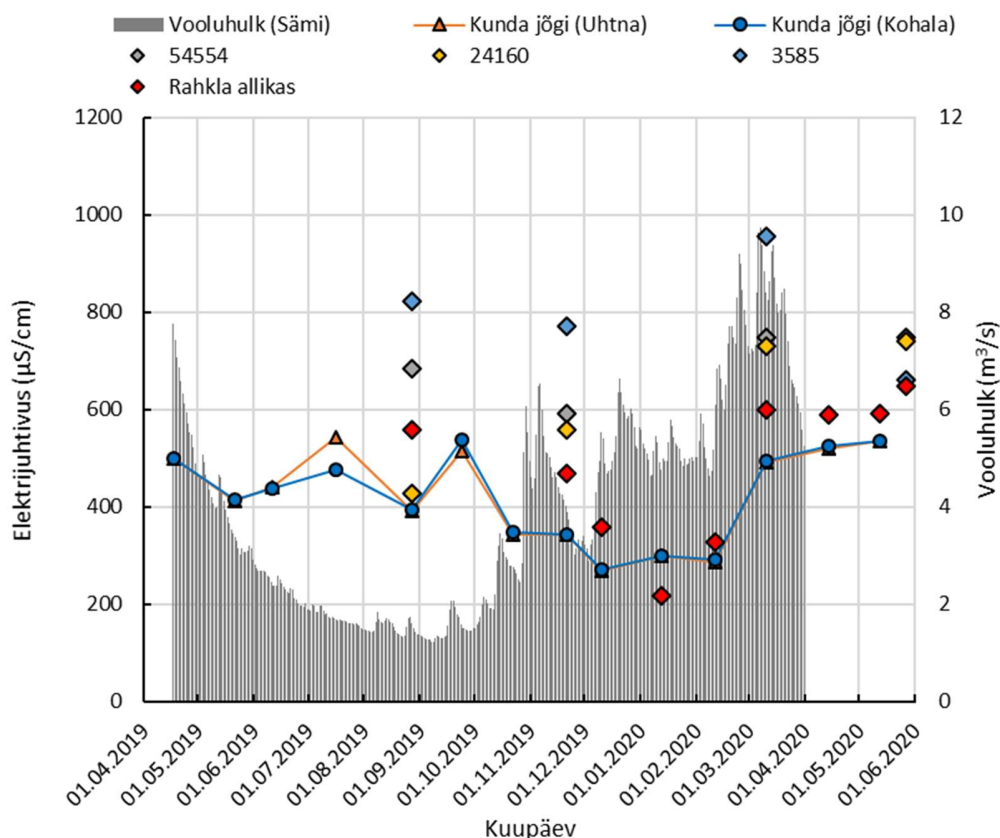
Põhjavee keemilise koostis valglas muutub sesoonselt. Sarnaselt Sõmeru valglaga väheneb põhjavee lahustunud ainete sisaldus ja elektrijuhtivus uuringupunktides sügisese kõrgveeperioodi alguses ja suureneb seejärel märgatavalt kõrgveeperioodi maksimumi suunas (2020. aasta märtsis, joonis 3.13). Põhjavee makrokomponendid (nt. Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻; tabel 3.9) käituvad sarnaselt, kuigi kontrastid ei ole sama suured kui elektrijuhtivuse puhul, sest esimesel seireaastal sattus põhjavee üldanalüüside määramine madalaveeperioodi või selle vahetusse lähedusse. Kirjeldatud mustrit seletab kõige paremini põhjavee suhteliselt aeglane veevahetus valglaga seotud põhjaveekihtides, mis väljendub suurveeperioodil värskest infiltreerunud vee jõudmises allikatesse viibega, millele eelneb varem põhjaveekihi olnud suurema mineraalsusega vee väljavool. Eelpool kirjeldatu viitab vajadusele määrata edaspidi põhjavee üldkeemiline koostis igal seirekorral ja põhjavee elektrijuhtivust mõõtvate automaatandurite paigaldamise olulisusele Rahkla allikagrupi väljavoolu, kust saadavad suure sagedusega (1-3 tundi) mõõtmistulemused võimaldaksid täiendavalt selgitada allikatega seotud karstisüsteemide toimimist.

Tabel 3.9. Põhjavee keemiline koostis Kunda jõe uuringualal.

Nr./Nimi	Asukoht	Kuupäev	pH	Elektri- juhtivus (µS/cm)	Temp. (°C)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Fe(üld) (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Üld-karedus (mg-ekv/L)	SI- kaltsiit	SI- dolomiit
54554	Kohala küla	04.09.2019	7.0	684	8.8	0.6	5.0	120.0	27.0	7.9	5.4	6.10	420.0	8.8	57.0	8.3	-0.13	-0.78
54554	Kohala küla	14.11.2019	7.2	592	7.3	7.1	60.0							7.3	53.0			
54554	Kohala küla	10.03.2020	6.9	748	4.2	6.5	51.0							6.7	50.0			
54554	Kohala küla	27.05.2020	6.9	747	7.4	1.3	11.0						432.0	7.8	53.0			
24160	Jäätma küla, Türkeli maaüksus	04.09.2019	7.1	428	7.6	0.2	2.0	110.0	120.0	4.7	3.5	1.20	310.0	7.0	120.0	15.0	-0.23	-0.31
24160	Jäätma küla, Türkeli maaüksus	14.11.2019	7.2	558	7.1	0.1	1.0							6.1	110.0			
24160	Jäätma küla, Türkeli maaüksus	10.03.2020	7.1	731	6.7	0.1	1.0							9.1	120.0			
24160	Jäätma küla, Türkeli maaüksus	28.05.2020	7.1	739	7.0	0.3	2.0						336.0	7.8	120.0			
3585	Sämi küla	05.09.2019	7.3	538	7.6	0.1	1.0	78.0	25.0	9.5	4.3	0.18	290.0	18.0	57.0	6.0	-0.10	-0.58
3585	Sämi küla	15.11.2019	6.9	474	7.5	0.2	2.0							18.0	56.0			
3585	Sämi küla	10.03.2020	7.5	616	7.4	0.3	3.0							16.0	68.0			
3585	Sämi küla	28.05.2020	7.4	660	7.3	0.5	4.0	87.0	26.0	8.4	5.4	0.55	299.0	17.0	86.0	6.5	0.05	-0.30
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	05.09.2019	7.1	558	6.6	1.5	12.0	91.0	28.0	3.5	1.6	< 0,002	330.0	8.5	42.0	6.8	-0.21	-0.82

Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	22.10.2019																
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	15.11.2019	6.5	469	7.0	1.0	8.0							6.5	35.0			
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	10.12.2019	7.4	360	6.5	4.7	32.0											
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	12.01.2020	7.5	218	6.6	2.7	22.7											
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	11.02.2020	7.5	329	6.5	3.2	26.7							7.4	28.3			
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	10.03.2020	7.4	600	6.5	3.2	27.0							7.8	32.0			
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	14.04.2020	7.3	590	6.7	4.2	34.0							7.1	25.4			
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	12.05.2020	7.2	592	6.2	3.3	26.0							7.6	36.3			
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	28.05.2020	7.2	649	7.1	11.2	40.2						332.0	7.7	33.0			

Pinnavee elektrijuhtivus uuritavas valglas (270-540 $\mu\text{S}/\text{cm}$) on valdavalt sarnane või väiksem põhjaveest mõõdetud elektrijuhtivusest (220-950 $\mu\text{S}/\text{cm}$; tabel 3.9; joonis 3.13). Sellest hoolimata on elektrijuhtivuse suhteline muutus esimese aasta seiretulemustes nii pinna- kui põhjavees sarnase suunaga. Ilmneb ka, et elektrijuhtivuse dünaamika jõe vees korreleerub kõige paremini elektrijuhtivuse muutustega Rahkla allika proovivõtulävendis. Sellest võib järeldada, et pinnavee seirepunktide ülesvoolu jäävate Pandivere kõrgustiku nõlval asuvate allikate keemiline koostis omab jõevee kvaliteedile tõenäoliselt olulisemat mõju, kui põhjavee hajus sissevool Pandivere kõrgustiku nõlvast allavoolu. Seda toetab ka tõsiasi, et jõevee elektrijuhtivus on põhjapoolsemas Kohala proovivõtu lävendis peaaegu samasugune kui ülesvoolu jäävas Uhtna lävendis (joonis 3.13).



Joonis 3.13. Põhjavee elektrijuhtivuse muutus Kunda jõe uuringuala pinna- ja põhjavees esimese seireaasta jooksul. Tulbad näitavad vooluhulga muutust Sāmi hüdromeetriaajas.

Põhjavee toitainete (lämmastiku- ja fosforiühendid) sisaldustest on sarnaselt eelmistele valglatele kõige olulisema osakaaluga NO_3^- sisaldus. Põhjavee NO_3^- sisaldused uuritud valglas olid vahemikus <0.2 mg/l kuni 18 mg/l (ehk kuni 4 mg-N/l; tabel 3.10). Väiksemad sisaldused esinesid seiratud puurkaevude vees ja suuremad sisaldused iseloomustavad Rahkla allikate vett. Seal esineb NO_3^- sisaldustes kaks maksimumi 2019. aasta novembris ja 2020. aasta aprillis.

Põhjavee PO_4^{3-} sisaldused jäid valdavalt alla määramispiiri (<0.06 mg/l) ja $\text{P}_{\text{üld}}$ kontsentratsioonid alla määramispiiri või selle lähedale (<0.02 kuni 0.04 mg-P/l; tabel 3.10). Erandiks oli Sāmi küla uuringukaevu vee (nr. 3585) fosforiühendite sisaldused. $\text{P}_{\text{üld}}$ sisaldus suurenes selles vaatluspunktis 2020. aasta märtsiks

väärtuseni 0.4 mg-P/l, mis oli rohkem kui 8 korda suurem samal ajal Kunda jõe vees mõõdetud sisaldustest. Seega ei saa esialgsete seiretulemuste põhjal välistada võimalust, et teatud osa jõevee P_{üld} pärineb ümbritsevast põhjaveekihi. Määramispiirist kõrgemaid väikeseid NH₄⁺ sisaldusi (0.01-0.14 mg/l) esines kõigi seiratud puurkaevude vees (tabel 3.10). Põhjavee NO₂⁻ sisaldused varieerusid vahemikus <0.02-0.04 mg/l (tabel 3.10). Määramispiirist suuremad sisaldused esinesid Kohala külas (kaev nr. 54544) ja Sämi külas (kaev nr. 3585). Kuna neis kaevudes olid nitraadi sisaldused väga madalad ja O₂ küllastus <50%, siis esinevad uuritud põhjaveekihtides vähemalt kohati soodsad tingimused denitrifikatsiooniks.

Tabel 3.10. Põhjavee toitainete (lämmastiku- ja fosfori-ühendite) sisaldused Kunda jõe uuringualal.

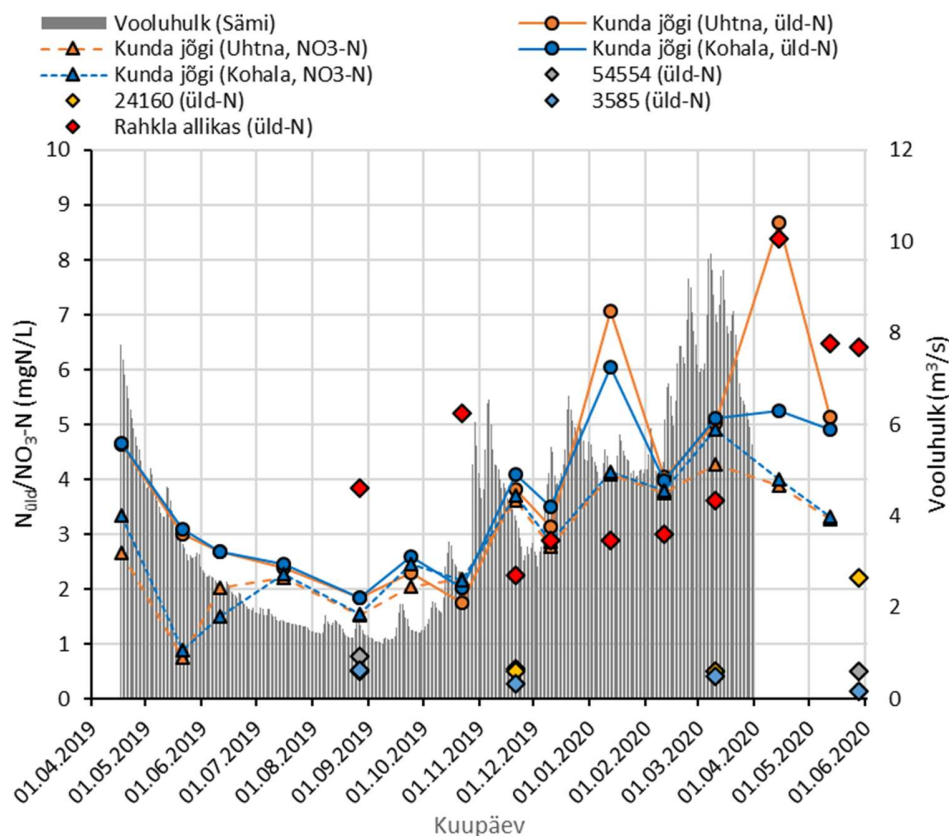
Nr./Nimi	Asukoht	Kuupäev	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₃ -N (mgN/L)	N _{üld} (mgN/L)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)	P _{üld} (mgP/L)
54554	Kohala küla	04.09.2019	2.2	0.5	0.8	0.03	0.09	< 0,06	< 0,02
54554	Kohala küla	14.11.2019	1.1	0.2	0.6	< 0,016	< 0,01	< 0,06	0.02
54554	Kohala küla	10.03.2020	0.4	0.1	0.5	0.02	0.01	< 0,06	< 0,02
54554	Kohala küla	27.05.2020	< 0,1		0.5	< 0,01	0.11	0.02	0.011
24160	Jäätma küla, Türkeli maaüksus	04.09.2019	< 0,20		0.5	< 0,016	0.07	< 0,06	< 0,02
24160	Jäätma küla, Türkeli maaüksus	14.11.2019	< 0,20		0.5	< 0,016	0.04	< 0,06	< 0,02
24160	Jäätma küla, Türkeli maaüksus	10.03.2020	< 0,20		0.5	< 0,016	0.05	< 0,06	< 0,02
24160	Jäätma küla, Türkeli maaüksus	28.05.2020	< 0,1		2.2	< 0,01	0.10	0.02	0.01
3585	Sämi küla	05.09.2019	< 0,20		0.5	< 0,016	0.08	< 0,06	0.04
3585	Sämi küla	15.11.2019	0.3	0.1	0.3	0.02	0.13	0.06	0.04
3585	Sämi küla	10.03.2020	0.5	0.1	0.4	0.04	0.14	0.10	0.39
3585	Sämi küla	28.05.2020	< 0,1		0.2	< 0,01	0.15	0.13	0.08
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	05.09.2019	17.0	3.8	3.0	< 0,016	< 0,01	< 0,06	< 0,02
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	22.10.2019	16.2	3.7	5.2		< 0,003	0.01	0.01
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	15.11.2019	10.0	2.3	2.5	< 0,016	< 0,01	0.02	0.02
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	10.12.2019	11.7	2.6	2.9		< 0,003	0.01	0.01
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	12.01.2020			2.9		< 0,003	0.01	0.01
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	11.02.2020			3.0		0.01	0.02	0.01
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	10.03.2020	16.0	3.6	3.8	< 0,016	< 0,01	< 0,06	< 0,02

Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	14.04.2020	17.1	3.9	8.4		< 0,003	0.02	0.01
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	12.05.2020	17.5	4.0	6.5		< 0,003	0.02	0.01
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	28.05.2020	18.0	4.1	6.4	< 0,01	0.04	0.03	0.03

Seiratud Kunda jõe lõigu $N_{\text{üld}}$ sisaldus varieerus vahemikus 1.7 kuni 8.6 mg-N/l, olles 2019. aasta kevadel ning perioodil november 2019 kuni mai 2020 kõrgem V2A tüüpi vooluveekogudele kehtestatud mitte-hea seisundi piirist (<3 mg-N/l; Keskkonnaministri määrus nr. 19; joonis 3.14). Põhjavee $N_{\text{üld}}$ enamiku moodustas NO_3-N (50-100%; tabel 3.10). Sealjuures olid väiksemad NO_3-N sisaldused seotud suuremate $N_{\text{üld}}$ sisaldustega (tabel 3.10 Rahkla allika näitel). Samal ajal varieerus NO_3-N osakaal pinnavees sesoonselt (25-100%), olles suurem madalveeperioodil (juuli-september 2019; joonis 3.14). NO_3-N ja $N_{\text{üld}}$ vahe väljendab orgaanilise lämmastiku osakaalu. Seega on jõevees orgaanilise lämmastiku osakaal üldiselt suurem kui põhjavees, aga kuna kõrgema $N_{\text{üld}}$ sisalduse juures väheneb ka põhjavees NO_3-N osakaal, võib teatud osa jõe orgaanilise lämmastiku koormusest pärineda põhjaveest.

Rahkla allikatest mõõdetud NO_3-N sisaldused on nii oma absoluutväärtustelt kui ajaliselt muutlikkuselt väga sarnased uuritavas jõelõigus esinevate nitraadi sisalduste ja muutusega seireperioodi jooksul (joonis 3.14). See toetab varasemaid järeldusi sellest, et just Pandivere kõrgustiku nõlvadel avanevad allikad võivad olla peamiseks NO_3-N allikaks Kunda jõe vees. Suvisel poolaastal on Rahkla allikate $N_{\text{üld}}$ sisaldused suuremad Kunda jõe $N_{\text{üld}}$ sisaldustest ja selle sisalduse kiire tõus põhjavees 2019. aasta oktoobris ja 2020. aasta märtsis kattub $N_{\text{üld}}$ sisalduse tõusuga uuritud jõelõigul. Seega võib põhjavesi olla oluline jõe $N_{\text{üld}}$ allikas ning seda eriti madalveeperioodil ja nii sügisese kui kevadise kõrgveeperioodi alguses. Rahkla allikast allavoolu paiknevates puurkaevudes olev vesi on tõenäoliselt pikema viibeaajaga ja juba denitrifikatsiooni protsessidest mõjutatud ning sealt toimuv põhjavee hajus sissevool jõe lämmastikukoormusele enam olulist mõju ei avalda. Lisaks põhjaveele on kõrgveeperioodil selgelt täheldatav ka pindmise äravooluga seotud toitainete koormus. Joonisel 3.14 on näha suureneva vooluhulgaga seonduv $N_{\text{üld}}$ kasvuperioodi jõevees 2020. aasta jaanuaris, mil vastava näitaja sisaldused on põhjavees esinevatest sisaldustest oluliselt suuremad.

Kunda jõe lämmastik-ühendite sisaldused on varem käsitletud valgatest oluliselt väiksemad. See seonduv tõenäoliselt valgate maakasutuse erinevustega. Põllumassiivide katvus uuritud Kunda jõe valglas (umbes 35%) on oluliselt väiksem Sõmeru jõe, Vohnja oja ning Kihlevere ja Põdruse peakraavi valgatega, kus see katvus on >50%. Lisaks sellele on oluliselt suurema valglaga Kunda jõe puhul suurem potentsiaal jõkke jõudvate toitainete koormuste lahjendumiseks.



Joonis 3.14. Põhjavee üld-lämmastiku ($N_{\text{üld}}$) ja nitraat-lämmastiku ($\text{NO}_3\text{-N}$) sisalduste muutus Kunda jõe uuringuala pinna- ja põhjavees esimese seireaasta jooksul. Tulbad näitavad vooluhulga muutust Sämi hüdromeetriaajas.

3.6 Pada jõgi

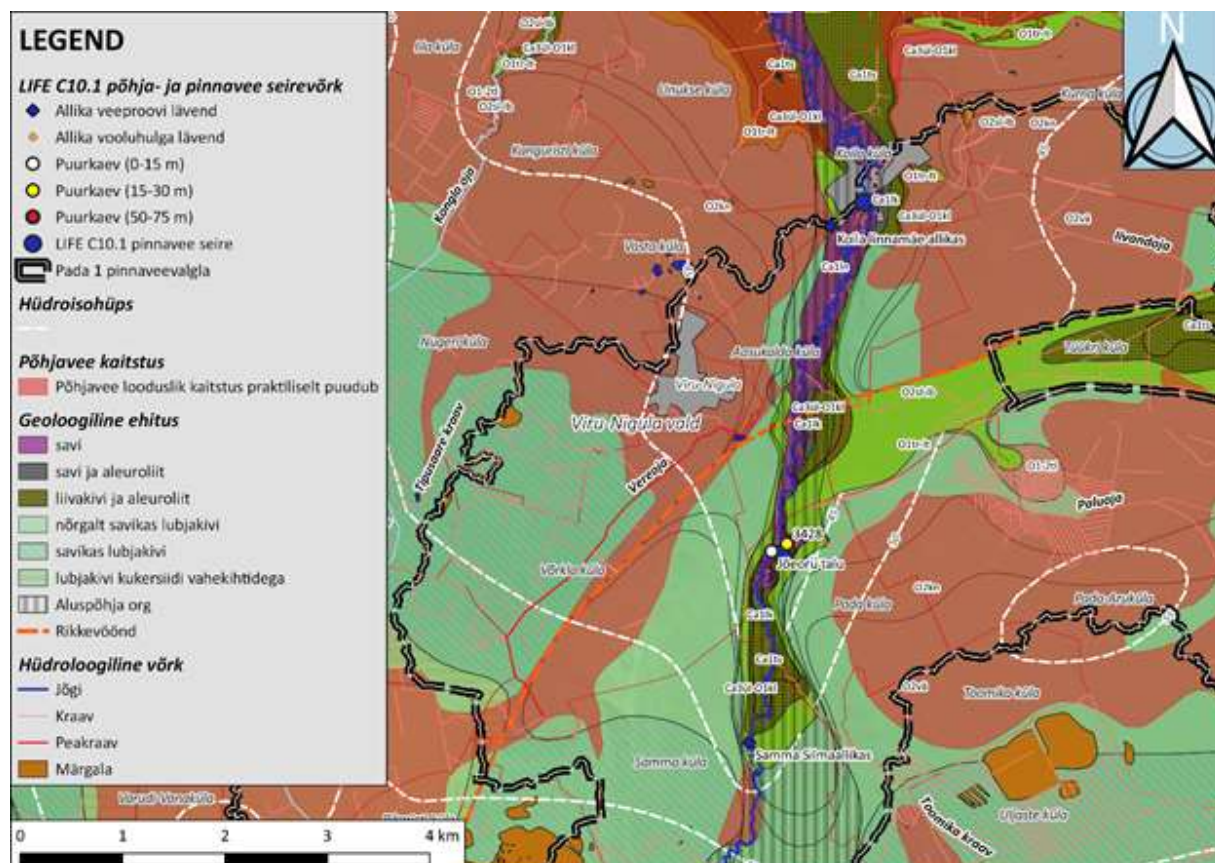
Pada jõe uuringuala paikneb pinnaveekogumi Pada jõgi Tüükri kraavini (Pada_1) põhjaosas Viru-Nigula vallas Viru-Nigula aleviku ja Samma, Pada, Aasukalda, Tüükri ja Koila külade territooriumil (joonis 3.15). Pada pinnaveekogumi maakasutus on sarnaselt Kunda jõe 2. pinnaveekogumi maakasutusele põllumajandusest vähem mõjutatud kui esimese nelja valgla oma ning põllumassiivide pindala moodustab umbes 30% antud pinnaveevalgla pindalast (PRIA 2020).

Geoloogiliselt paikneb uuringuala Pada ürgoru mõlemal kaldal, kus avanevad valdavalt Ordoviitsiumi ladestu karbonaatkivimid ja ürgoru põhjas Kambriumi ladestu Kallavare ja Tiskre kihistu lubjakivid (Maa-amet 2020). Kvaternaari setete paksus uuritava jõe jõelõigul kasvab ürgorus kuni 40 m, jäädes oru nõlvadel valdavalt vahemikku 5-15 m, kahanedes ürgorust eemaldudes (Suuroja jt., 2007). Ürgoru piirest väljaspool esineb suure ulatusega põhjavee suhtes kaitsmata alasid (Suuroja jt., 2007; joonis 3.15).

Pada ürgoru nõlvadel avanevad ürgoru suunas Kesk-Ordoviitsiumi Uhaku, Lasnamäe, Aseri, Kunda ja Toila lademe karbonaatkivimid (Suuroja jt., 2007; Maa-amet 2020; joonis 3.15). Ürgoru sügavamas osas lamavad pinnakatte all Alam-Ordoviitsiumi Leetse, Pakri ning Kambriumi Kallavare ja Tiskre kihistu terrigeensed settekivimid ning Alam-Kambriumi Lontova kihistu savid (Suuroja jt., 2007; Maa-amet 2020; joonis 3.15). Uhaku lade on uuringualal esindatud Kõrgekaldal kihistu savikate lubjakividega, milles esineb

savika kukersiidi vahekihte. Lasnamäe lademe Vão kihistus esinevad keskmise-kuni paksukihilised kohati dolomiidistunud lubjakivid. Aseri ja Kunda ladesse kuuluvad kohati raudoiide sisaldavad lubjakivid.

Regionaalne põhjaveetase maapinnalt esimeses põhjaveekihi langeb valglas edela- ja kagupoolt Pada ürgoru suunas (joonis 3.15). Pada jõe põhjaveevalglapiirid ei kattu pinnaveevalgla piiridega ja seda eriti sügavamate Ordoviitsiumi-Kambriumi põhjaveekihtide puhul. Ala iseloomustavad põhjavee vaatluspunktid paikneksid vahetult Pada jõe kallastel, et saadud tulemused võimaldaksid kõige otsesemalt hinnata põhja- ja pinnavee vastastikmõju.



Joonis 3.15. Pada jõe uuringuala pinna- ja põhjavee seirevõrku, ala geoloogilist ehitust ning hüdrogeoloogilisi tingimusi kirjeldav kaart. Hüdrosihüpsid pärinevad geoloogiliselt baaskaardilt (Maa-amet 2020) ja kirjeldavad põhjaveetaset maapinnalt esimeses põhjaveekihi.

Põhjavee vaatlusvõrk valglas koosneb kokku kolmest vaatluspunktist, millest kaks on allikad (Samma Silmaallikas ja Koila Linnamäe allikas) ja üks on salvkaev (Jõeoru talu kaev; tabel 2.1; joonis 3.15). Põhjavee seirevõrku oli algselt kaasatud Oru maaüksuse puurkaev nr. 3428, kuid pärast esimest proovivõttu 2019. aasta septembris loobus kaevu omanik seires osalemisest. Alates 2019. aasta IV kvartalist on kaevu asemel seirevõrku kaasatud kõrval kinnistul paiknev Jõeoru talu salvkaev. Antud muutus on õigustatud ka seetõttu, et kaev nr. 3428 oli manteldatud 29 m sügavuseni ja avas tõenäoliselt sügavamaid toitainete koormusest vähem mõjutatud põhjaveekihte. Jõeoru talu salvkaev on aga avatud maapinna lähedal (0.5-4.5 m) ja kirjeldab paremini reostustundlikku maapinnalähedast põhjaveekihti. Koila linnamäe allika toiteala paikneb sellest ülesvoolu õhukese pinnakatttega põllumassiivil (EELIS 2020a; joonis 3.15). Allika

vooluhulgaks on varem mõõdetud 0.0005-0.03 m³/s (*Ibid.*; käimasoleva seire käigus 0.02-0.03 m³/s). Koila allikast võetakse alates 2019. aasta oktoobrist koos pinnaveeseirega proove igakuiselt.

Seiratud põhjavesi on Ca-HCO₃ või CaMg-HCO₃ tüüpi lahustunud ainete sisaldusega 400-590 mg/l ja kare kuni väga kare (4.4-7.6 mg-ekv/l; tabel 3.11). Vesi on peamiste veekihti moodustavatest karbonaatsetest mineraalidest kaltsiidi suhtes tasakaalus või nõrgalt alaküllastunud (SI-kaltsiit -0.4 kuni +0.2) ja dolomiidi suhtes alaküllastunud (SI-dolomiit -1.4 kuni -0.1; tabel 3.11). See viitab suhteliselt kiirele veevahetusele uuritavas maapinnalähedases põhjaveekihi. Uuritud põhjaveekihi valitsevad valdavalt aeroobsed tingimused (lahustunud O₂ sisaldus 0.5-10 mg/l ehk 6-85% küllastus O₂ suhtes; tabel 3.11). Väiksemad hapnikusisaldused mõõdeti puurkaevus nr. 3428 ja Samma Silmaallikas. Kuna väiksema hapnikusisaldusega põhjavees esinesid kohati küllaltki suured üld-raua sisaldused (kuni 1.3 mg/l) koos väikeste nitraadi sisaldustega (<10 mg/l), viitab see nitraatide redutseerumisele ja mangaani ning rauaoksiidide/-hüdrosiidide redokstsooni esinemisele uuringuala ülemjooksul ja sügavamates põhjaveekihtides (Appelo & Postma, 2005; tabel 3.11, 3.12).

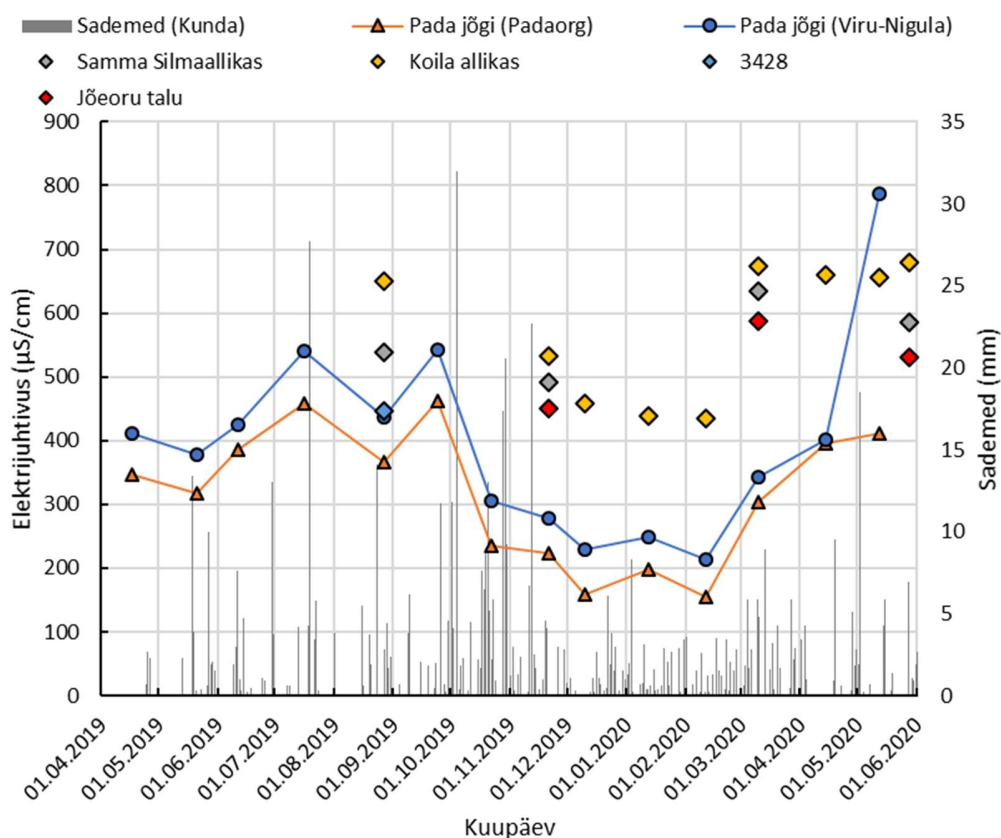
Põhjavee keemilise koostis valglas muutub sesoonselt. Nagu täheldatud Sõmeru ja Kunda valglates, on põhjavee lahustunud ainete sisaldus ja elektrijuhtivus väiksem sügisese kõrgveeperioodi alguses ja uuesti kevadise kõrgveeperioodi maksimumis (2020. aasta märtsis, joonis 3.16). Põhjavee makrokomponendid (nt. Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻; tabel 3.11) käituvad sarnaselt, kuigi kontrastid ei ole sama suured kui elektrijuhtivuse puhul, sest esimesel seireaastal sattus põhjavee üldanalüüside määramine madalaveeperioodi või selle vahetusse lähedusse. Eelpool kirjeldatu viitab vajadusele määrata edaspidi põhjavee üldkeemiline koostis igal seirekorral.

Tabel 3.11. Põhjavee keemiline koostis Pada jõe uuringualal.

Nr./Nimi	Asukoht	Kuupäev	pH	Elektri-juhtivus (µS/cm)	Temp. (°C)	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Fe(üld) (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Üld-karedus (mg-ekv/L)	SI-kaltsiit	SI-dolomiit
3428	Pada oru põhjas, Oru maaüksus	05.09.2019	7.1	446	7.0	0.1	1.0	65.0	24.0	3.2	1.7	1.30	260.0	4.7	40.0	5.2	-0.44	-1.19
	Jõeoru talu	14.11.2019	7.3	450	9.6	3.6	33.0							11.0	22.0			
	Jõeoru talu	10.03.2020	7.1	587	6.0	4.0	34.0							7.0	18.0			
	Jõeoru talu	27.05.2020	7.2	530	7.5	5.9	40.0	67.0	13.0	11.0	19.0	< 0,02	212.0	8.2	16.0	4.4	-0.38	-1.36
VEE4308600	Samma Silmaallikas	05.09.2019	7.1	538	6.8	1.6	13.0	86.0	27.0	3.5	2.3	< 0,002	360.0	5.4	19.0	6.5	-0.19	-0.76
VEE4308600	Samma Silmaallikas	13.11.2019	7.2	492	7.1	0.5	6.0							6.8	19.0			
VEE4308600	Samma Silmaallikas	10.03.2020	7.4	635	6.8	4.8	41.0							6.1	17.0			
VEE4308600	Samma Silmaallikas	28.05.2020	7.3	585	7.1	2.2	18.0	88.0	20.0	3.1	2.1	0.03	346.0	4.5	17.0	6.1	0.04	-0.45
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	05.09.2019	7.3	651	7.4	8.5	72.0	92.0	37.0	5.3	3.5	< 0,002	370.0	15.0	36.0	7.6	0.06	-0.16
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	22.10.2019																
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	13.11.2019	7.1	532	7.3	8.9	75.0							14.0	21.0			
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	10.12.2019	7.5	458	7.0	9.3	78.9											

Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	12.01.2020	7.5	438	7.1	9.7	80.9											
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	11.02.2020	6.6	435	7.1	9.0	75.0							15.0	23.5			
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	10.03.2020	7.4	674	7.2	10.0	85.0							14.0	22.0			
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	14.04.2020	7.4	659	7.4	8.9	73.0							12.0	19.7			
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	12.05.2020	6.5	657	6.9	8.6	71.0							11.4	25.4			
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	28.05.2020	7.4	679	7.6	8.3	72.0	97.0	26.0	3.0	3.0	< 0,02	362.0	11.0	24.0	7.0	0.19	-0.07

Pinnavee elektrijuhtivus uuritavas valglas (150-790 $\mu\text{S}/\text{cm}$) jäi samasse vahemikku põhjaveest mõõdetud elektrijuhtivusega (430-670 $\mu\text{S}/\text{cm}$; tabel 3.11; joonis 3.16). Elektrijuhtivuse suhteline muutus on kogu seireperioodi vältel nii pinna- kui põhjavees sarnase suunaga (joonis 3.16). Talvise poolaasta (oktoober-märts) madalam elektrijuhtivus pinnavees näitab suurema pindmise äravoolu mõju. Jõe elektrijuhtivuse kasv allavoolu asuvas Viru-Nigula vaatluspunktis Padaoru vaatluspunktiga võrreldes võib kajastada sügavamate (Ordoviitsiumi-Kambriumi) põhjaveekihtide sissevoolu osakaalu kasvu. Nimelt on Ordoviitsiumi-Kambriumi veekompleksi elektrijuhtivus eeldatavalt suurem alal levivate Siluri-Ordoviitsiumi põhjaveekihtide vee omast (nt. Pärn jt., 2018; joonis 3.16).



Joonis 3.16. Põhjavee elektrijuhtivuse muutus Pada jõe uuringuala pinna- ja põhjavees esimese seireaasta jooksul. Kuna Pada jõel ei asu hüdromeetriaamu ja pinnaveeseire käigus vee vooluhulka ei mõõdetata, siis on joonisel uuringuala hüdroloogiliste tingimuste kirjeldamiseks kasutatud Kunda rannikujaama sademete andmeid.

Põhjavee toitainete (lämmastiku- ja fosfori-ühendid) sisaldustest on sarnaselt eelmistele valglatele kõige olulisema osakaaluga NO_3^- sisaldus. Põhjavee NO_3^- sisaldused uuritud valglas olid vahemikus <0.2 mg/l kuni 77 mg/l (ehk kuni 17.5 mg-N/l; tabel 3.12). Suuremad NO_3^- sisaldused iseloomustavad madala Jõeoru salvkaevu ja Koila linnamäe allikate vett 2019. aasta novembris ja 2020. aasta märtsis (joonis 3.17). Samas kasvas talvisel poolaastal ka uuringuala ülemjooksul asuva Samma Silmaallika NO_3^- sisaldus (tabel 3.12, joonis 3.17). Põhjavee NH_4^+ sisaldused olid valdavalt allpool määramispiiri või selle lähedal (<0.01 - 0.03 mg/l; tabel 3.12). Põhjavee NO_2^- sisaldused jäid samuti enamasti valdavalt alla määramispiiri (<0.02 - 0.02 mg/l; tabel 3.12).

Põhjavee PO_4^{3-} sisaldused jäid valdavalt alla määramispiiri ($<0.06 \text{ mg/l}$), kuid Jõeoru talus ja Koila silmaallikas kõrgveeperioodil mõõdeti määramispiirist oluliselt kõrgemaid PO_4^{3-} sisaldusi ($0.1\text{--}2.1 \text{ mg/l}$; tabel 3.12). Sarnaselt käituvad ka $\text{P}_{\text{üld}}$ kontsentratsioonid, olles kahes nimetatud põhjavee vaatluspunktis 0.04 kuni 0.7 mg-P/l (tabel 3.12). Väärtused ületavad kohati märkimisväärselt Pada jõest mõõdetud fosfori-ühendite sisaldusi. Sealjuures suuremad $\text{P}_{\text{üld}}$ väärtused, mis ületavad kohati ka V1B tüüpi vooluveekogudele kehtestatud mitte-hea seisundi piiri ($<0.08 \text{ mg-N/L}$; Keskkonnaministri määrus nr. 19), esineva just jões ülesvoolu paiknevas Pada oru lävendis, mis asub Jõeoru talu vahetusläheduses. Seega ei saa esialgsete seiretulemuste põhjal välistada võimalust, et teatud osa jõevee $\text{P}_{\text{üld}}$ pärineb ümbritsevast põhjaveekihist.

Tabel 3.12. Põhjavee toitainete (lämmastiku- ja fosfori-ühendite) sisaldused Pada jõe uuringualal.

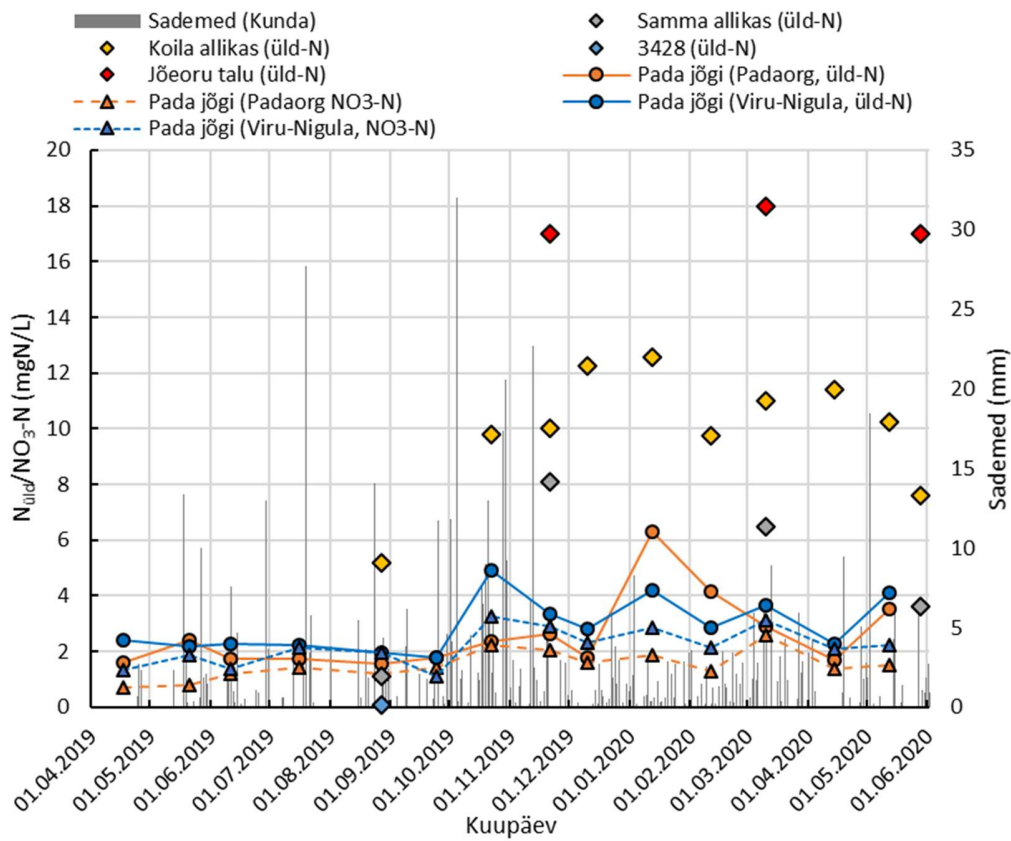
Nr./Nimi	Asukoht	Kuupäev	NO_3^- (mg/l)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mgN/L)	$\text{N}_{\text{üld}}$ (mgN/L)	NO_2^- (mg/l)	NH_4^+ (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)	$\text{P}_{\text{üld}}$ (mgP/L)
3428	Pada oru põhjas, Oru maaüksus (90202:005:0730)	05.09.2019	$< 0,20$		0.1	$< 0,016$	0.03	$< 0,06$	0.03
	Jõeoru talu	14.11.2019	69.0	15.6	17.0	0.02	$< 0,01$	2.1	0.75
	Jõeoru talu	10.03.2020	77.0	17.4	18.0	$< 0,016$	$< 0,01$	0.4	0.46
	Jõeoru talu	27.05.2020	72.0	16.3	17.0	0.01	0.03	1.4	0.53
VEE4308600	Samma Silmaallikas	05.09.2019	5.9	1.3	1.1	$< 0,016$	$< 0,01$	$< 0,06$	0.03
VEE4308600	Samma Silmaallikas	13.11.2019	33.0	7.5	8.1	$< 0,016$	$< 0,01$	$< 0,06$	0.04
VEE4308600	Samma Silmaallikas	10.03.2020	28.0	6.3	6.5	$< 0,016$	$< 0,01$	$< 0,06$	$< 0,02$
VEE4308600	Samma Silmaallikas	28.05.2020	15.0	3.4	3.6	$< 0,01$	0.02	0.06	0.02
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	05.09.2019	22.0	5.0	5.2	$< 0,016$	$< 0,01$	0.11	0.04
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	22.10.2019	38.0	8.6	9.8		$< 0,003$	0.10	0.04
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	13.11.2019	42.0	9.5	10.0	$< 0,016$	$< 0,01$	$< 0,06$	0.05
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	10.12.2019	37.6	8.5	12.3		$< 0,003$	0.10	0.03
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	12.01.2020	40.5	9.2	12.6		$< 0,003$	0.10	0.03
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	11.02.2020	0.0		9.8		$< 0,003$	0.10	0.03
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	10.03.2020	52.0	11.7	11.0	$< 0,016$	$< 0,01$	0.10	0.04
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	14.04.2020	39.9	9.0	11.4		$< 0,003$	0.10	0.03

Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	12.05.2020	32.1	7.2	10.2		< 0,003	0.09	0.03
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	28.05.2020	33.0	7.5	7.6	< 0,01	0.04	0.09	0.03

Seiratud Pada jõe lõigu $N_{\text{üld}}$ sisaldus varieerus vahemikus 1.6 kuni 6.3 mg-N/l, olles 2019. aasta kevadel ning perioodil november 2019 kuni mai 2020 kohati kõrgem V1B tüüpi vooluveekogudele kehtestatud mitte-hea seisundi piirist (<3 mg-N/L; Keskkonnaministri määrus nr. 19; joonis 3.17). Põhjavee $N_{\text{üld}}$ enamiku moodustas NO_3-N (70-100%; tabel 3.10). Samal ajal varieerus NO_3-N osakaal pinnavees sesoonselt (30-98%; joonis 3.17). NO_3-N ja $N_{\text{üld}}$ vahe väljendab orgaanilise lämmastiku osakaalu. Seega on jõevees orgaanilise lämmastiku osakaal kohati suurem kui põhjavees. Kuna see osakaal väheneb kõrgeveeperioodil ning kattub suuremate $N_{\text{üld}}$ kontsentratsioonidega (joonis 3.17), viitab see sellele, et suurem orgaanilise lämmastiku sissekanne jõkke on seotud pindmise äravooluga.

Võrreldes põhjavee ja Pada jõe vee $N_{\text{üld}}$ muutuste dünaamikat ilmneb, et nii seiratud pinna- kui ka põhjaveele on iseloomulik $N_{\text{üld}}$ kontsentratsiooni kasv kõrgveeperioodil (oktoober-november 2019, jaanuar 2020; joonis 3.17). Samuti kattub $N_{\text{üld}}$ sisalduse tõus põhjavees $N_{\text{üld}}$ sisalduse tõusuga pinnavees. Lisaks sellele on põhjavee lämmastikuühendite sisaldused peaaegu kogu seireperioodi vältel suuremad pinnavee lämmastikuühendite sisaldusest. See viitab sellele, et põhjavesi on tõenäoliselt oluline lämmastiku allikas Pada jõe valgla.

Sarnaselt eelmises alapeatükis käsitletud Kunda jõe on ka Pada jõe lämmastikuühendite sisaldused oluliselt väiksemad kui läänepool paiknevates valglates. See seondub tõenäoliselt valglate maakasutuse ja geoloogiliste tingimuste erinevustega. Pada ja Kunda jõgi paiknevad kaugemal Pandivere nitraaditundlikust alast, mida iseloomustab suur põllumassiivide osakaal. Põllumassiivide katvus uuritud Pada jõe valgla (umbes 30%) on oluliselt väiksem kui Sõmeru jõe, Vohnja oja ning Kihlevere ja Põdruse peakraavi valglates, kus see katvus ületas 50%. Lisaks avaneb erinevalt eelpool käsitletud valglatest Pada ürgorus ka Ordoviitsiumi-Kambriumi veekiht, kus on toitainete sisaldused väikesed (Pärn jt., 2018). Seetõttu saab sügavamatest põhjaveekihtide sissevool lahjendada maapinnalähedastest põhjaveekihtidest pärineva toitainete koormuse mõju.



Joonis 3.17. Põhjavee üld-lämmastiku ($N_{\text{üld}}$) ja nitraat-lämmastiku ($\text{NO}_3\text{-N}$) sisalduste muutus Kunda jõe uuringuala pinna- ja põhjavees esimese seireaasta jooksul. Kuna Pada jõel ei asu hüdromeetriaajamu ja pinnaveeseire käigus vee vooluhulka ei mõõdata, siis on joonisel uuringuala hüdroloogiliste tingimuste kirjeldamiseks kasutatud Kunda rannikujaama sademete andmeid.

3.7 Põhjavee isotoopkoostis

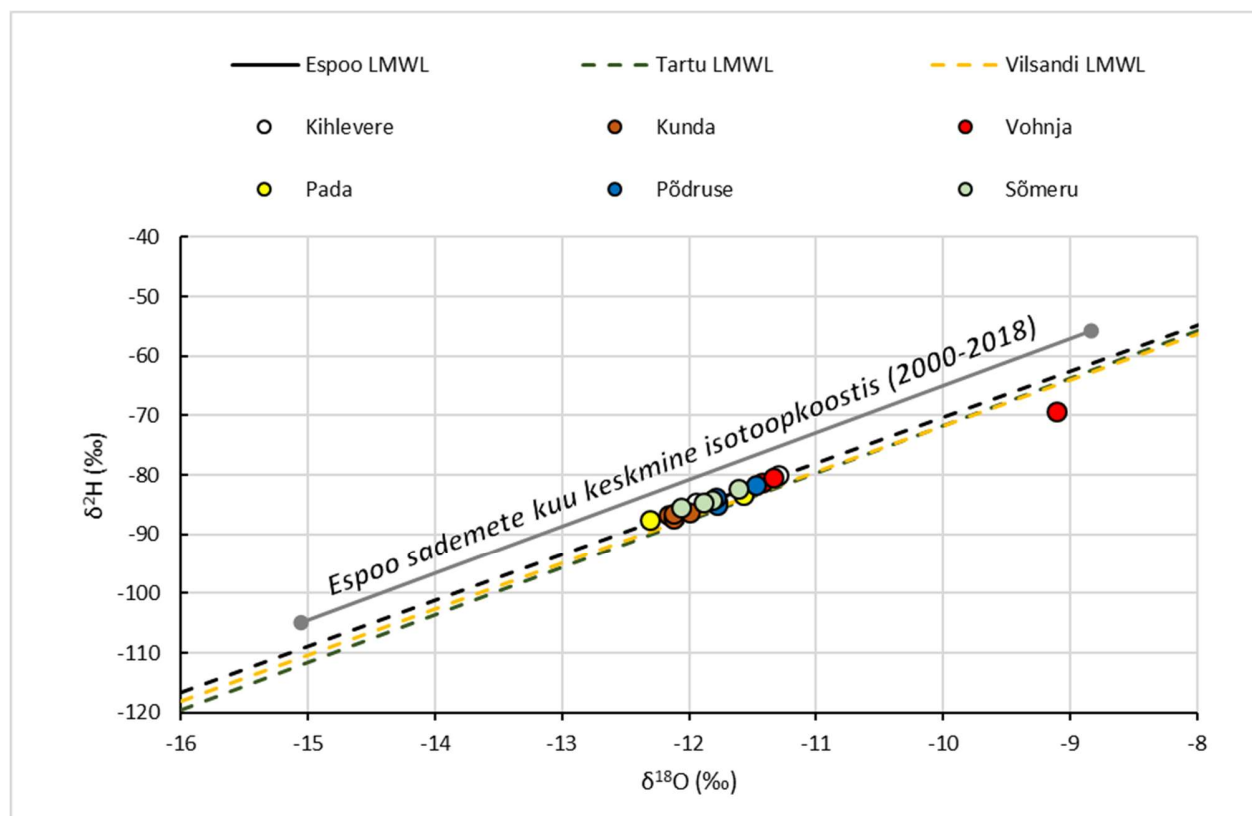
Põhjavee seire raames määratakse kaks korda aastas ka põhjavee isotoopkoostist ($\delta^{18}\text{O}$ ja $\delta^2\text{H}$). Allpool esitatakse lühike kokkuvõte 2019. aasta III kvartali seire tulemusest. Järgmised isotoopproovid võeti põhjavee seirelävenditest 2020. aasta mais, aga nende tulemusi on oodata 2020. aasta teises pooles. Põhjavee isotoopkoostise uurimine võimaldab uurida põhjavee päriolu ja pikema seireperioodi vältel kogutud andmed infiltreerumise aega (Clark & Fritz, 1997). Samuti väljenduvad vee isotoopkoostises vee aurustumisega seotud efektid.

Veemolekulide erinev isotoopkoostis ei muuda vee üldisi omadusi, aga erineva massiga molekulide veidi erinev käitumine füüsikalistes protsessides (vee aurustumine, kondenseerumine) on täpsete massi- ja laserspektromeetriliste mõõtmistega jälgitavad. Keemiliselt käituvad isotoobid keemilistes protsessides peaaegu identselt, kuid füüsikalistes protsessides saavad aatomite massierinevused määravaks. Vee aurustumisel eelistavad aurufaasi minna kergemaid O-16 ja H isotoope sisaldavad veemolekulid ning aurufaasist väljuda, ehk vihmana alla sadada, raskemaid isotoope (O-18 ja H-2) sisaldavad vee molekulid. Õhumassi liikumisel selle tekkekohast eemale muutub kergema hapniku isotoobi osakaal veeaurus (pilvedes) üha suuremaks. Selle protsessi intensiivsus on sõltuv temperatuurist ning nii sisaldavad sademed ekvaatori lähedal rohkem raskeid hapniku- ja vesinikuisotoope kui külmematel aladel.

Isotoopkoostise erinevuste kirjeldamise nullpunktiks on valitud maailmamere keskmine O-16 ja O-18 (ning H ja H-2) isotoopide suhe. Erinevust maailmamere isotoopkoostise suhtes väljendatakse promillides (tähis $\delta^{18}\text{O}$ ja $\delta^2\text{H}$). Kui uuritav veemass sisaldab ookeaniveega võrreldes vähem raskeid hapniku isotoope, siis on selle vee hapniku isotoopkoostis negatiivne ja kui olukord on vastupidine, siis on see positiivne.

Vee $\delta^{18}\text{O}$ ja $\delta^2\text{H}$ väärtused sademetes on tugevalt korreleeritud, mida väljendab sademete isotoopkoostise globaalne korrelatsioon ($\delta^2\text{H} = 8\delta^{18}\text{O} + 10$ – *Global Meteoric Water Line (GMWL)*). Piirkondlikus skaalas võib see korrelatsioon olla mõnevõrra erinev, aga parasvöötme kliimas varieeruvad erinevate piirkondade korrelatsioonivõrrandid globaalse keskmise lähedal (Clark & Fritz, 1997).

Üldiselt kattub uuritud põhjavee isotoopkoostis sademete isotoopkoostise pikaajalise variatsiooniga Eestis ja Soomes (joonis 3.18; IAEA/WMO, 2020). Kõige paremini seostub uuringuala põhjavee isotoopkoostis Helsingi lähedal Espoos paikneva mõõtejaamaga. See tähendab, et valdava osa uuringupunktide põhjavesi on tekkinud kohalike sademete infiltratsioonil ja ei ole mõjutatud aurustumisest. Ainsa erandina saab välja tuua Kolu Silmaallikast tehtud mõõtmise, mille raskem isotoopkoosis ($\delta^{18}\text{O}$ väärtus -9.1‰) ja hõlbimine sademete joonelt viitavad evapotranspiratsiooni mõjule. Seega ei toimunud sellest allikast 2019. aasta septembris aktiivset välja voolu ja sinna jõudis kraavide kaudu ülesvoolu väljavoolanud põhjavesi.



Joonis 3.18. Põhjavee isotoopkoostis 6 uuringualal koos Espoo (Soomes), Tartu/Tõravare ja Vilsandi sademete iseloomustava lokaalse sademete joonega (LMWL – *local meteoric water line*)

Teiste proovipunktide $\delta^{18}\text{O}$ väärtused varieerusid vahemikus -11.3 kuni -12.3‰ (tabel 3.13). See on sarnane Eesti ala maapinnalähedasest põhjaveest varem mõõdetud väärtustega (-10.0 kuni -12.5‰ ,

Raidla jt., 2016). Samas on uuringualade põhjavee isotoopkoostis mõnevõrra negatiivsem piirkonna sademete isotoopkoostisest (aasta keskmised $\delta^{18}\text{O}$ väärtused -10.2‰ kuni -11.4‰ ; IAEA/WMO, 2020). Selle erinevuse põhjuseid võib olla kaks. Ühelt poolt võib see näidata, et põhjavee infiltratsioon uuringualal ei toimu läbi aasta, vaid põhiliselt ainult kevadise või sügise kõrgveeperioodi jooksul (Raidla jt., 2016). Võrreldes põhjavee isotoopkoostist Espoo mõõtejaamas mõõdetud kuude pikaajalise keskmise isotoopkoostisega, langeb põhjavee isotoopkoostis kokku aprilli ja oktoobri kuu pikaajaliste keskmistega, mis toetab järeldust põhjavee infiltreerumisest kevadisel või sügisel suurveeperioodil (IAEA/WMO, 2020). Kevadisel ajal võimendab negatiivset isotoopsignaali enamikel aastatel lisaks sademetele ka lume sulavesi, mille isotoopkoostis on kevadistest sademetest negatiivsem. Samal ajal võib negatiivsema isotoopkoostisega põhjavesi näidata pikema viibeajaga põhjavee esinemisele sademete isotoopkoostise mõõteperioodiga võrreldes (Pärn, 2018). Kuna uuritud põhjavesi oli valdavalt veel alaküllastunud kaltsiidi ja dolomiidi suhtes (küllastusindeks <0) ja uuringualadel levivad valdavalt karstumisest mõjutatud põhjaveekihi, siis on tõenäolisem esimene seletus. Edaspidi tehtavad isotoopanalüüsid võimaldavad seda järeldust kontrollida. Suurema valgla järgede uuringualade (Kunda, Pada, Sõmeru) põhjavee isotoopkoostis on märksa negatiivsem kui väiksemate peakraavide uuringualadel. See näitab tõenäoliselt regionaalsemate põhjavee voolusüsteemide suuremat osakaalu antud valglates võrreldes peakraavidega seotud lokaalsemate voolusüsteemidega.

Tabel 3.13. Põhjavee isotoopkoostis uuritud valglates 2019. aasta III kvartalis.

Nr./Nimi	Asukoht	Kuupäev	Valgla	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	d-parameeter (d-excess)
2561	Kihlevere k., Mäeotsa talu	04.09.2019	Kihlevere	-11.94	-84.6	10.9
50635	Hõbeda küla, Valgejõe	05.09.2019	Kihlevere	-11.30	-80.0	10.4
54554	Kohala küla	04.09.2019	Kunda	-12.16	-86.7	10.5
24160	Jäätma küla, Türkeli maaüksus	04.09.2019	Kunda	-12.00	-86.3	9.7
3585	Sämi küla	05.09.2019	Kunda	-12.12	-87.3	9.6
Rahkla allika veeproovi lävend	Rahkla allikas	05.09.2019	Kunda	-12.12	-86.5	10.5
5443	Ohepalu k., Sarapiku 4-krt. elamu	04.09.2019	Vohnja	-11.42	-81.3	10.0
15247	Vaiatu k., Heinrichshofi kinnistu	04.09.2019	Vohnja	-11.34	-80.5	10.2
Kolu silmaallikas	Kolu allikad	04.09.2019	Vohnja	-9.11	-69.4	3.5
3428	Pada oru põhjas, Oru maaüksus (90202:005:0730)	05.09.2019	Pada	-12.31	-87.5	10.9
VEE4308600	Samma Silmaallikas	05.09.2019	Pada	-11.78	-84.4	9.8
Koila linnamäe allikas	Koila linnamäe allikas	05.09.2019	Pada	-11.57	-83.3	9.3
50236	Essu küla, Lepa	04.09.2019	Põdruse	-11.78	-85.1	9.2
24825	Varangu küla, Seltsimaja maaüksus	04.09.2019	Põdruse	-11.48	-81.7	10.2
54190	Essu küla, Tammispea tee 11b	04.09.2019	Põdruse	-11.79	-83.8	10.5
Mõdriku hiieallika veeproovi lävend	Mõdriku hiieallikad	06.09.2019	Sõmeru	-11.82	-84.1	10.4
Rägavere allika veeproovi lävend	Rägavere allikas (SJA8045000)	06.09.2019	Sõmeru	-11.89	-84.6	10.5
Vetiku allikate veeproovi lävend	Vetiku Sõeoru allikad	06.09.2019	Sõmeru	-11.61	-82.4	10.5
13675	Vinni vald, Mõdriku küla, Mõdriku k.	06.09.2019	Sõmeru	-12.07	-85.5	11.0

3.8 Järeldused ja soovitused

Esimese seireaasta tulemuste põhjal saab teha üldisemad järeldused ja anda soovitused edasiseks põhjaveeseireks:

1. Kõigil uuritud aladel võib põhjavesi olla oluliseks pinnavee kvaliteeti ja toitainete sisaldust mõjutavaks teguriks;
2. Uuritud põhjavesi paikneb suhteliselt kiire veevahetusega põhjaveekihtides. Seda näitab vee küllastusaste karbonaatsete mineraalide suhtes ja põhjavee keemilise koostise sesoonse muutlikkus;
3. Põhjaveega transporditavate toitainetest (N- ja P-ühenditest) on olulisim nitraat. Kohati esinevad põhjavees ka suuremad orgaanilise lämmastiku sisaldused. Fosfori- ja teiste lämmastiku-ühendite sisaldused on üldiselt väikesed. Siiski tuvastati osades uuritud valglates (nt. Vohnja, Sõmeru ja Pada), et põhjavesi võib olla oluliseks jõevee üld-fosfori allikaks;
4. Nitraadi ja üld-lämmastiku sisaldused põhjavees varieeruvad sesoonselt sarnaselt seiratud pinnaveekogude vastavatele näitajatele. Siiski on üldjuhtudel põhjaveest pärinevate toitainekoormuste mõju suurem madalveeperioodil (suvisel poolaastal). Erandiks on siin Pandivere kõrgustikult lähtuvad jõed (Sõmeru ja Kunda), kus põhjavee mõju jõe veekvaliteedile võib olla pindmisest äravoolust olulisem kogu aasta vältel;
5. Põhjavee isotoopkoostise analüüsid kinnitavad varasemat järeldust, et uuritud põhjaveekihtides toimub kiire veevahetus ning üldjuhul vee infiltreerumisel aurumist ei toimu. Praegu olemasolevate andmete valguses viitab see vee infiltreerumisele kevadisel ja sügisel kõrgveeperioodil, mil evapotranspiratsiooni mõju on väiksem;
6. Lähtuvalt tuvastatud põhjavee keemilise koostise märgatavast sesoonsest muutlikkusest soovitame edaspidi määrata põhjavee üldkeemilist koostist igal seirekorral. Lisaks tuleb olulisemate seiratavate allikate väljavooludesse paigaldada põhjavee elektrijuhtivust mõõtvate automaatandurid, kust saadavad suure sagedusega (1–3 tundi) mõõtmistulemused võimaldaksid täiendavalt selgitada allikatega seotud põhjaveesüsteemide toimimist.

4. Kasutatud allikad

Appelo, C.A.J. & Postma, D., 2005. *Geochemistry, Groundwater and Pollution, 2nd Edition*. Balkema, Leiden.

AS Maves, 2002. *Karst ja allikad Pandiveres*. AS Maves, Tallinn.

Clark, I.D., Fritz P., 1997. *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. CRC Press, New York.

EELIS 2020a. Ürglooduse objektid (10.01.2010).
<https://infoleht.keskkonnainfo.ee/default.aspx?id=334349141&state=1;-164545161;est;eelisand;..>
Viimati vaadatud 12.06.2020.

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

IAEA/WMO 2020. WISER – Water Isotope System for data analysis, visualization and electronic retrieval.
<https://nucleus.iaea.org/wiser/index.aspx>. Viimati vaadatud 11.06.2020.

Järvekülg, A. 2001. *Eesti jõed*. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu.

KAUR 2019. Pinnavee ja põhjavee seisund. Veekogumite kaardirakendus (27.03.2019).
<https://kaur.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=fd27acd277084f2b97eee82891873c41>
1. Viimati vaadatud 10.06.2020.

Keskkonnainfo 2020. Keskkonnaregistri avalik teenus. Põhjaveehaarded.
<http://register.keskkonnainfo.ee/envreg/main#HTTPHFjO73Vjm7dYc5g4YXUAY2cGucARWw>. Viimati
vaadatud 10.06.2020.

Keskkonnaministri 01.10.2019. a määrus nr. 48 „Põhjaveekogumite nimekiri ja nende eristamise kord, seisundiklassid ja nende määramise kord, seisundiklassidele vastavad keemilise seisundi määramiseks kasutatavate kvaliteedinäitajate väärtused ja koguselise seisundi määramiseks kasutatavate näitajate tingimused, põhjavett ohustavate saasteainete nimekiri, nende sisalduse läviväärtused põhjaveekogumite kaupa ja kvaliteedi piirväärtused põhjavees ning taustataseme määramise põhimõtted“

Keskkonnaministri 24.04.2020. a määrus nr. 19 „Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmere seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused“

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

Maa-amet 2020. Ruumiandmed. Geoloogilised andmed (27.11.2019).
<https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Geoloogilised-andmed-p115.html>. Viimati vaadatud
01.05.2020.

Marandi, A., Osjamets, M., Polikarpus, M., Pärn, J., Raidla, V., Tarros, S., Vallner, L., 2019. *Põhjaveekogumite piiride kirjeldamine, koormusallikate hindamine ja hüdrogeoloogiliste kontseptuaalsete mudelite koostamine*. Eesti Geoloogiateenistus, Rakvere.

Parkhurst, D.L. & Appelo, C.A.J. (2013). *Description of Input and Examples for PHREEQC Version 3 — A Computer Program for Speciation, Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations*. U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 6, chapter A43, 497 p. U.S. Geol. Surv. Tech. Methods, B. 6, chapter A43 6–43A.

Perens, R., Kajak, K., Kajak, K., Lang, T., Laas, L., Norman, A., Solovjova, S., Mardla, A., 1978. *Aruanne hüdrogeoloogilisest ja ehitusgeoloogilisest kaardistamisest mõõtkavas 1:50 000 maaparanduse eesmärgil 1976.-1978.a (Tapa-Viru-Roela objekt)*. Geoloogia Valitsus, Tallinn.

PRIA 2020. Põllumassiivide register. <https://www.pria.ee/registrid/pollumassiivide-register>. Viimati vaadatud 10.06.2020.

Pärn, J., Affolter, S., Ivask, J., Johnson, S., Kirsimäe, K., Leuenberger, M., Martma, T., Raidla, V., Schloemer, S., Sepp, H., Vaikmäe, R., Walraevens, K. 2018. Redox zonation and organic matter oxidation in palaeogroundwater of glacial origin from the Baltic Artesian Basin. *Chemical Geology*, 488, 149–161.

Raidla, V., Kern, Z., Pärn, J., Babre, A., Erg, K., Ivask, J., Kalvāns, 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.

Suuroja, K., All, T., Mardim, T., Morgen, E., Otsmaa, M., Ploom, K., Vahtra, T., Veski, A., 2005. *Eesti geoloogilise baaskaardi Kadrina (6433) leht. Seletuskiri*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.

Suuroja, K., Ploom, K., Mardim, T., All, T., Otsmaa, M., Vahtra, T., Veski, A., 2006. *Eesti geoloogilise baaskaardi Rakvere (6434) leht. Seletuskiri*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.

Suuroja, K., Mardim, T., Morgen, E., All, T., Kõiv, M., Otsmaa, M., Niin, M., 2007. *Eesti geoloogilise baaskaardi Kiviõli (6443) leht. Seletuskiri*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.

Suuroja, K., Kaljuläte, K., Mardim, T., Morgen, E., Ploom, K., Shtokalenko, M., Vahtra, T., 2015. *Eesti geoloogilise baaskaardi Väike-Maarja (6432) leht. Seletuskiri*. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn.

Vainu, M., Koit, O., Lode, E., Ploompuu, T., Terasmaa, J., Ravis, R., 2019. *Põhjaveekogumite seosed maismaaökosüsteemide ja pinnaveekogudega, hüdrogeoloogilised mudelid ning seirevõrgu kujundamine*. Tallinna Ülikooli Ökoloogia keskus, Tallinn.

LIFE IP CleanEst projekti tegevuse C10.1 pinnaveeuuringud

Esimese aasta (2019-2020) seiretulemuste kokkuvõte

Arvo Iital, Vallo Kõrgmaa, Karin Pachel, Kati Roosalu

Tallinna Tehnikaülikool, Eesti Keskkonnauuringute Keskus

1. Sissejuhatus

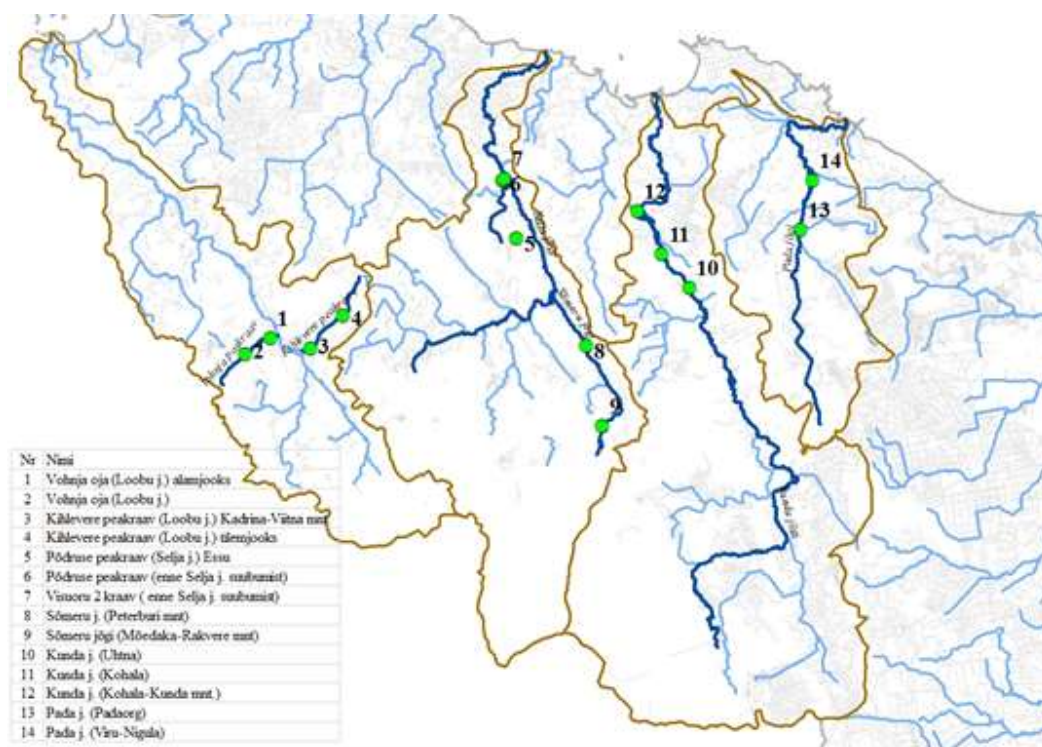
Pinnavee hüdroloogilist seiret tehakse uuritavas piirkonnas Selja jõe Varangu, Loobu-Arbavere ning Kunda-Sämi hüdromeetria jaamades. Vooluveekogude füüsikalis-keemilise seirega on kaetud Loobu jõgi Vihasoo, Kunda-Lavi, Kunda-suue ning Seljajõgi-suue lävendites. 2013. aastal teostatud operatiivseire raames koguti veekeemia andmeid Selja jõe Varangu, Essu, Arkna ja Paatna lävenditest ning Sõmeru jõe Sõmeru lävendist. 2015. aastal operatiivseirega koguti mõne kuu vältel veekeemia andmeid ülalpool ja allpool Viru-Nigula veelaset Pada jõel.

2018. aastal on Sõmeru, Kunda, Loobu ja Pada jõe ökoloogiline seisund hinnatud mitteheaks, mille põhjuseks on paisud jõgedel ning toitained (KAUR, 2019). Samas on andmestik eelkõige Pada ja Sõmeru jõe füüsikalis-keemiliste näitajate osas väga vähene.

2. Uuringu-/seirekohad

Vooluveekogude füüsikalis-keemiliste näitajate seirega alustati 2019. aasta aprillis ja tehakse 6 jõe (Vohnja oja ja Kihlevere peakraav Loobu jõe vesikonnas, Põdruse pkr ja Visuoru pkr. Selja j. vesikonnas, Kunda ja Pada jões kokku 14 lävendis põllumajandusliku reostuse allikatest ülesvoolu ja allavoolu. Valim sisaldab nii väiksemaid vooluveekogusid valglaga < 30 km² kui ka suuremaid jõgesid. Pinnaveeuuring viiakse läbi 14 lävendis (joonis 1; tabel 1) sagedusega 12 korda aastas. Valitud lävendites kogutakse veeproovid füüsikalis-keemiliste põhinäitajate (Nüld, Püld, PO₄, ammoonium, nitraadid, BHT, KHT, pH, temperatuur, elektrijuhtivus ja hapnik) analüüsiks ning analüüsitakse TTÜ Veekeemia laboris. Kuues seirelāvendis (tabelis 1 märgitud tärniga) kogutakse 4 korda aastas veeproove taimekaitsevahendite sisalduse selgitamiseks ning analüüsitakse EKUK laboris. Kaks korda aastas, kogutakse kuues lävendis (tabelis 1 märgitud tärniga) veeproove ravimijääkide sisalduse analüüsiks, mis tehakse Soome Keskkonnainstituudi (SYKE) laboris. 2019. aastal kogutud veeproovide ravimijääkide analüüsi tulemused ei ole veel kättesaadavad.

Vooluhulka mõõdetakse proovivõtu päevadel kolmes lävendis (Vohnja oja alamjooks, Kihlevere pkr - Kadrina-Viitna mnt ning Põdruse pkr -Varangu).



Joonis 1. Pinnavee seire lävendid Viru alamvesikonnas

Tabel 1. Pinnaveeuuringu seirekohad

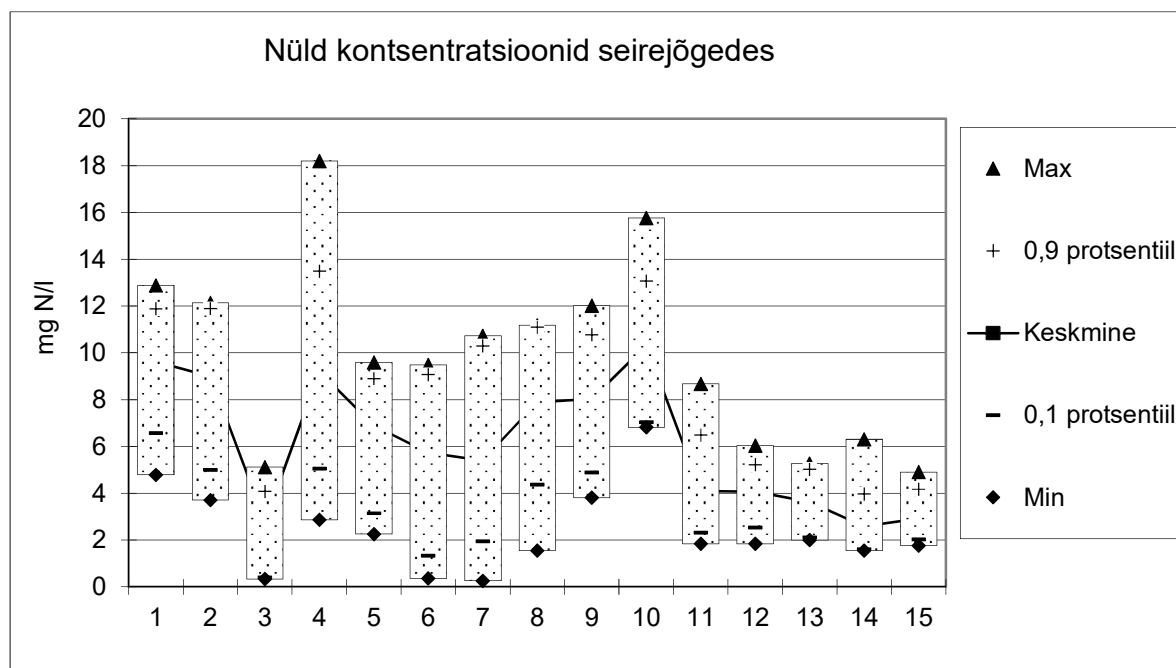
Seirelävend	X	Y	Ohtlikud ained	Ravimijäägid
Vohnja oja - ülemjooks	6 582 687,980	615100,84		
Vohnja oja - alamjooks	6 583 798,320	616 818,077	*	*
Kihlevere peakraav - ülemjooks	6 585 374,810	621 897,338		
Kihlevere peakraav - Kadrina-Viitna mnt	6 583 049,939	619 628,655	*	*
Põdruse peakraav - ülemjooks	6 590 705,806	633 916,750		
Põdruse pkr - Varangu	6 594 730,834	632 953,981	*	*
Visuoru 2 kraav - Varangu	6 594 832,189	633 063,856		
Sõmeru jõgi - Peterburi mnt	6 583 286,488	638 783,083		
Sõmeru jõgi - Mõedaka-Rakvere mnt	6 577 735,705	639 875,365	*	*
Kunda jõgi - Uhtna	6 587 305,489	645 927,139		
Kunda jõgi - Kohala	6 589 602,288	643 982,518		
Kunda jõgi - Kohala-Kunda mnt	6 592 571,302	642 304,785	*	*
Pada jõgi - Padaorg	6 591 320,305	653 659,876		
Pada jõgi - Viru-Nigula-Aseri mnt	6 594 748,668	654 462,804	*	*

3. Lämmastiku sisaldus seirejõgedes

Üldlämmastiku minimaalsed, maksimaalsed, keskmised sisaldused ning 10% ja 90% tagatusega kontsentratsioonid vooluveekogude seirelävendites ja ka Sõmeru jõe ülemjookus allikates perioodil 04.2019 – 05.2020 on toodud joonisel 2 ja tabelis 2. Üldlämmastiku keskmine sisaldus ületab vooluveekogudele kehtestatud mitte-hea seisundi piiri 3 mg-N/l (Keskkonnaministri määrus nr. 19) 12 lävendis uuritud 15 lävendist. Üldjuhul on lämmastiku sisaldus kõrgem väiksema valglaga suure (>50%) põllumajandusmaa osakaaluga valglates (Vohnja, Kihlevere, Põdruse) aga ka Sõmeru jõe kõikides seirelävendites ulatudes Kihlevere peakraavi alamjooksul 18,2 mgN/l. Väiksem üldlämmastiku sisaldus analüüsiti Pada jões, mis keskmisena jäi lämmastiku sisalduse alusel hea seisundi piiresse. Lämmastiku sisalduse varieeruvus on väikevalglates oluliselt suurem.

Ammooniumlämmastiku 90% tagatusega väärtus ületas Keskkonnaministri määrusega nr. 61 kehtestatud hea seisundi piiri vaid Sõmeru jõe Rakvere-Mõedaka mnt. seirelävendis (0,36 mgN/l), kui maksimaalne NH₄-N sisaldus ulatus 0,62 mg/l.

NO₃/Nüld suhe varieerus seirejõgedes 0,59 ja 0,81 vahel, olles suurem väiksemates, suurema põllumajandusmaa osakaaluga valglates.



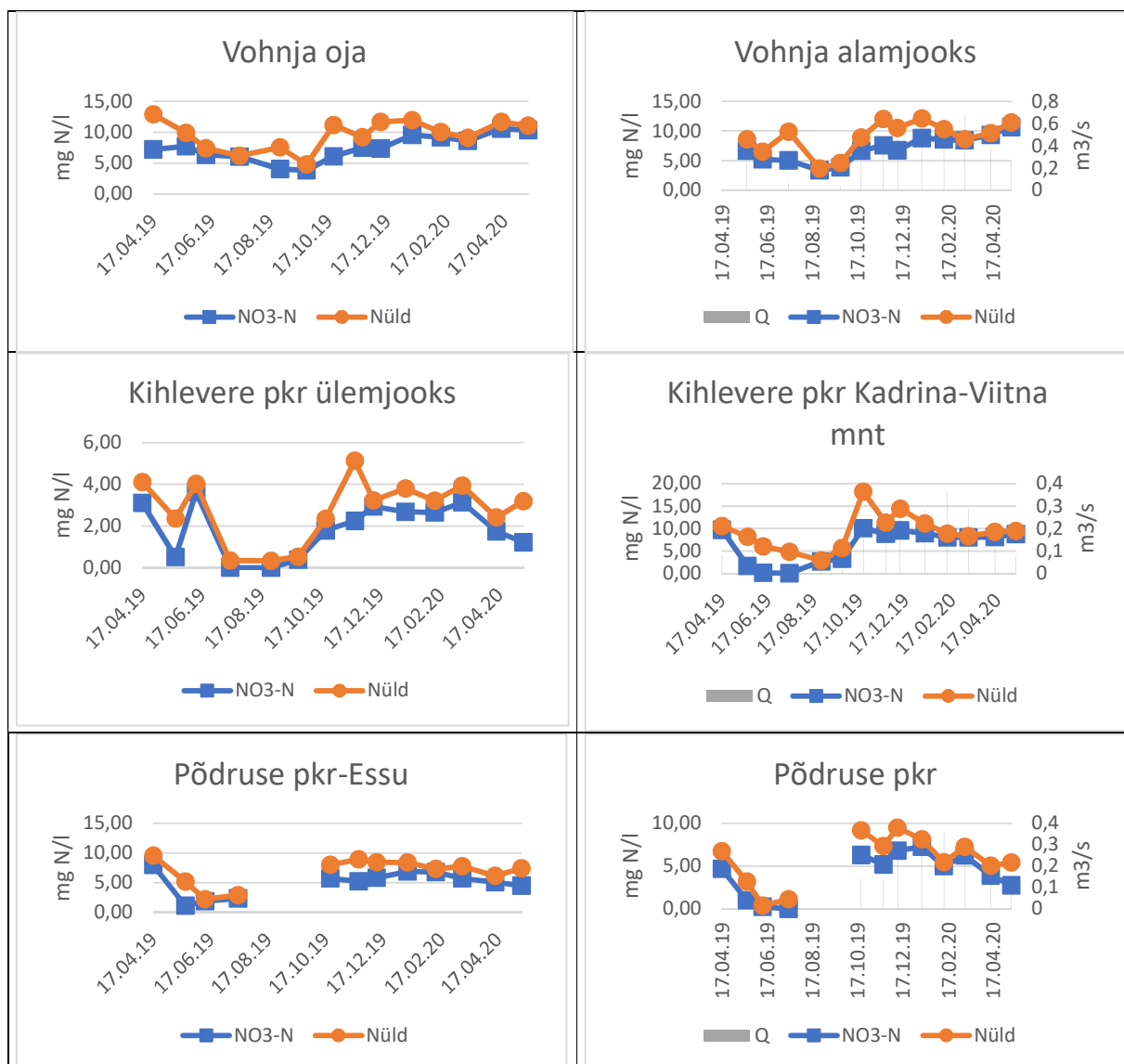
Joonis 2. Üldlämmastiku sisaldus seirejõgedes 04.2019-05.2020 (jõgede numeratsioon on antud tabelis 2).

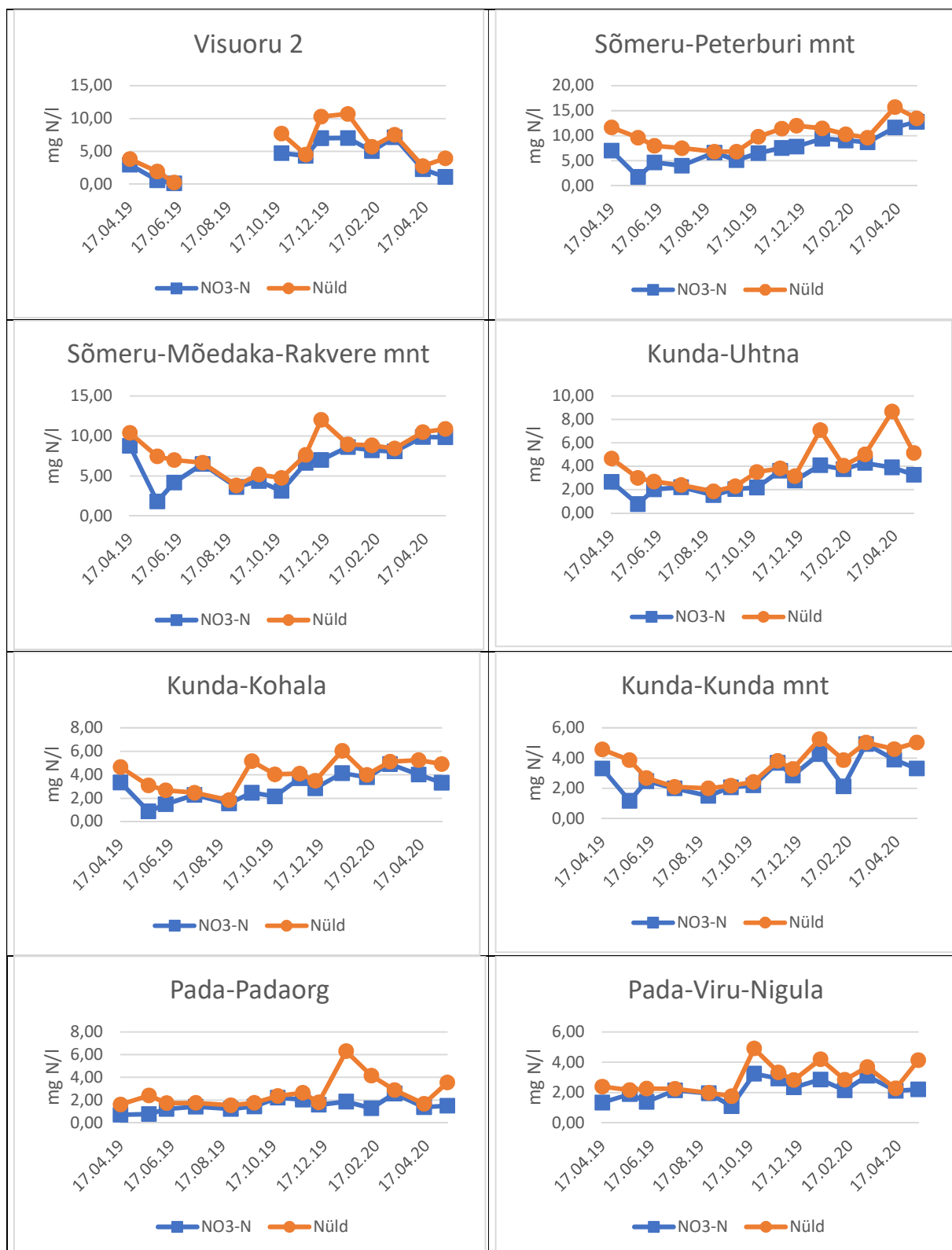
Tabel 2. Üldlämmastiku sisaldus (mgN/l) seirejõgedes perioodil 04.2019 – 05.2020.

Seirelävendi nr.	Seirelävend	Max	0,9 protsentiil	Keskmine	0,1 protsentiil	Min	Mediaan
1	Vohnja oja	12,9	11,9	9,6	6,6	4,8	10,0
2	Vohnja oja suue	12,1	11,9	9,0	5,0	3,7	9,6
3	Kihlevere ülemjooks	5,1	4,1	2,8	0,4	0,3	3,2
4	Kihlevere pkr.						
	Kadrina-Viitna mnt	18,2	13,5	9,2	5,0	2,9	9,0
5	Põdruse-Essu	9,6	8,9	6,9	3,1	2,3	7,6
6	Põdruse alamjooks	9,5	9,1	5,7	1,3	0,4	6,1
7	Visuoru	10,7	10,3	5,4	1,9	0,3	4,5
8	Sõmeru allikad	11,2	11,1	7,9	4,4	1,6	10,6
9	Sõmeru Mõedaka-Rakvere mnt	12,0	10,8	8,0	4,9	3,8	8,1
10	Sõmeru Peterburi mnt.	15,8	13,1	10,3	7,0	6,8	10,1
11	Kunda Uhtna	8,7	6,5	4,1	2,3	1,8	3,7
12	Kunda Kohala	6,0	5,2	4,1	2,5	1,8	4,1

13	Kunda-Kohala Kunda mnt.	5,3	5,0	3,6	2,1	2,0	3,8
14	Pada-Padaorg	6,3	4,0	2,6	1,6	1,5	2,1
15	Pada Viru-Nigula	4,9	4,2	2,9	2,0	1,8	2,6

Üld- ja nitraatlämmastiku sisalduste aastane käik on esitatud joonisel 3. Kõrgemad lämmastiku sisaldused analüüsiti kevadperioodil aga ka talvel, mis on seletatav sooja talvega, koos vihmasadudega ja kõrgeenenud äravooluga vahemikus 12.2019 - 02.2020 ja sellele järgnenud kevadel.



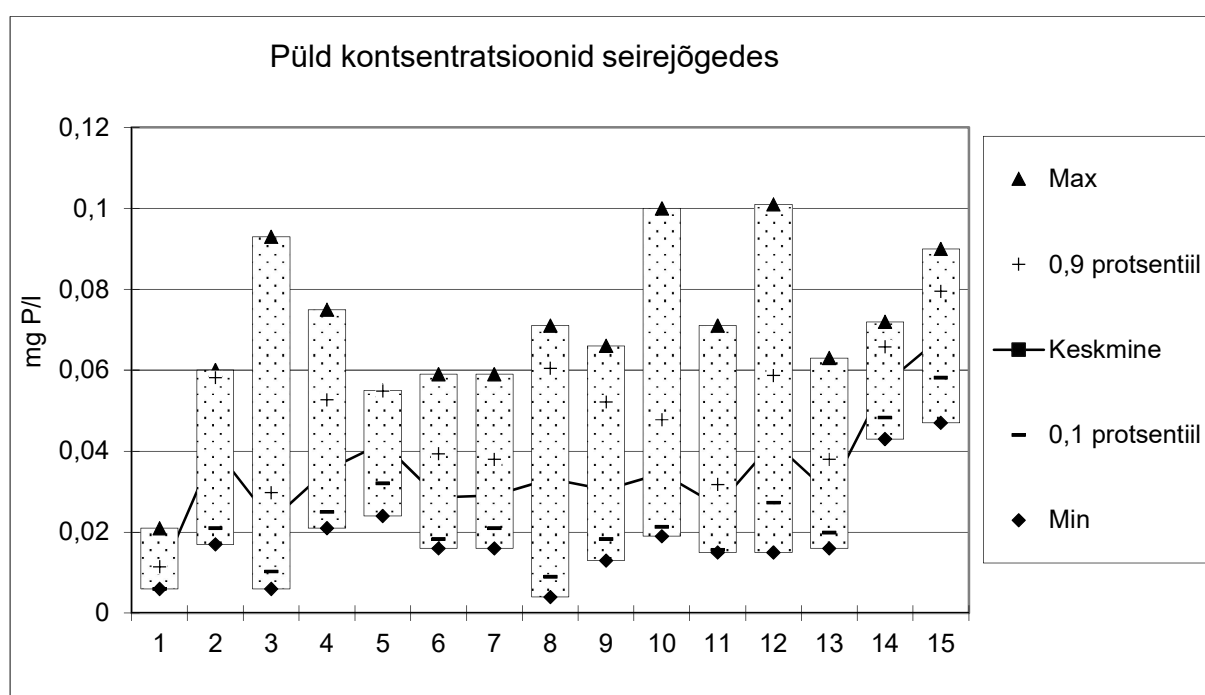


Joonis 3. Üld- ja nitraatlämmastiku sisaldus ja vooluhulk seirelävendites 04.2019 kuni 05.2020.

4. Fosfori sisaldus seirejõgedes

Üldfosfori minimaalsed, maksimaalsed, keskmised sisaldused ning 10% ja 90% tagatusega väärtused vooluveekogude seirelävendites ja ka Sõmeru jõe ülemjookus allikates perioodil 04.2019 – 05.2020 on toodud joonisel 4 ja tabelis 3. Üldfosfori keskmine sisaldus on kõikides uuritud vooluveekogudes suhteliselt madal ning ei ületa vooluveekogudele kehtestatud mitte-hea seisundi piiri 0,08 mg P/l (Keskkonnaministri määrus nr. 19). Maksimaalsed väärtused ulatuvad Sõmeru jõe alamjooksu lävendis ja Kunda j.-Kohala lävendis 0,1 mg P/l.

. PO₄/Püld suhe jäi uuritud jõgedes vahemikku 0,45 kuni 0,73.



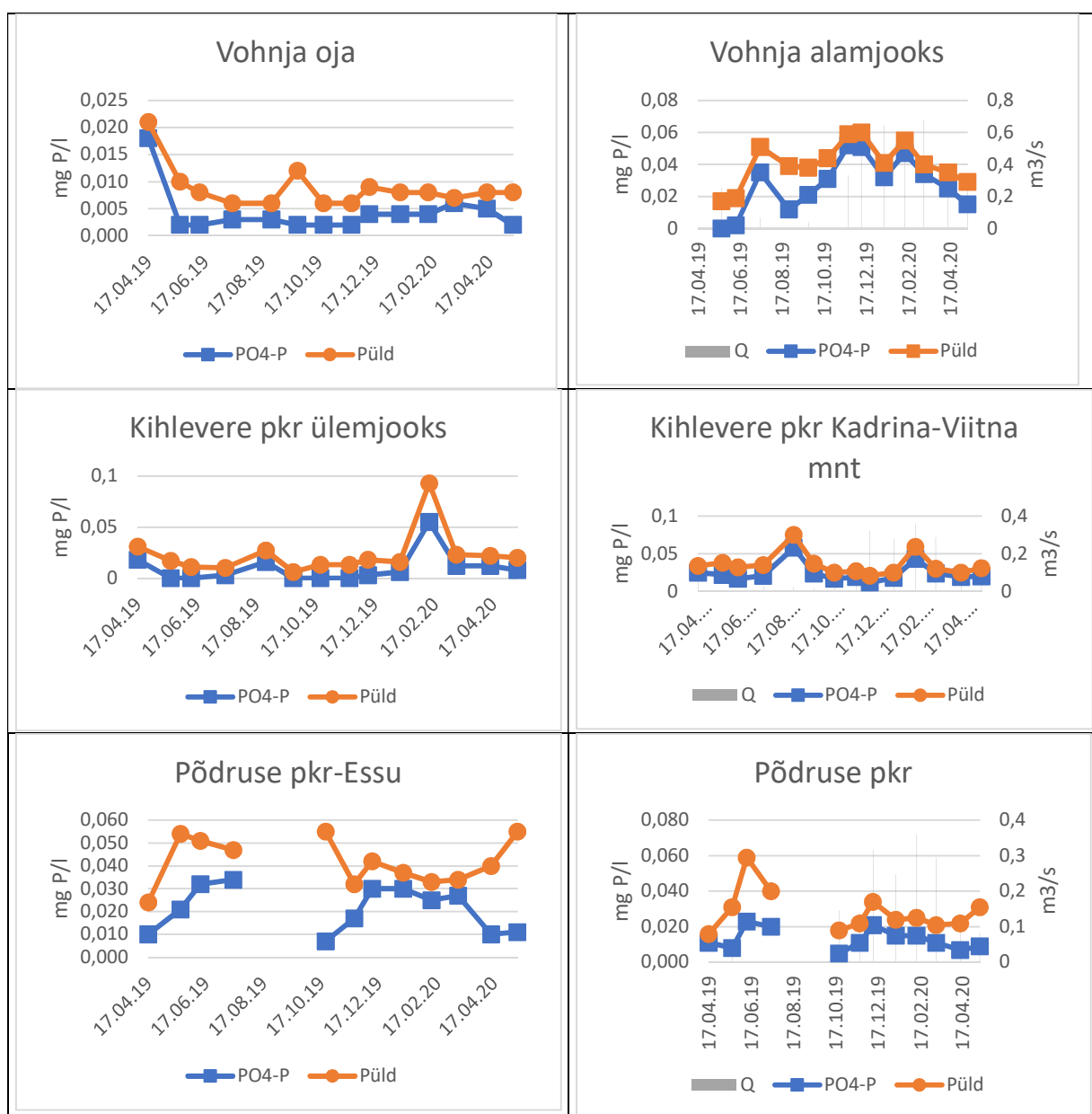
Joonis 4. Üldfosfori sisaldus seirejõgedes 04.2019-05.2020.

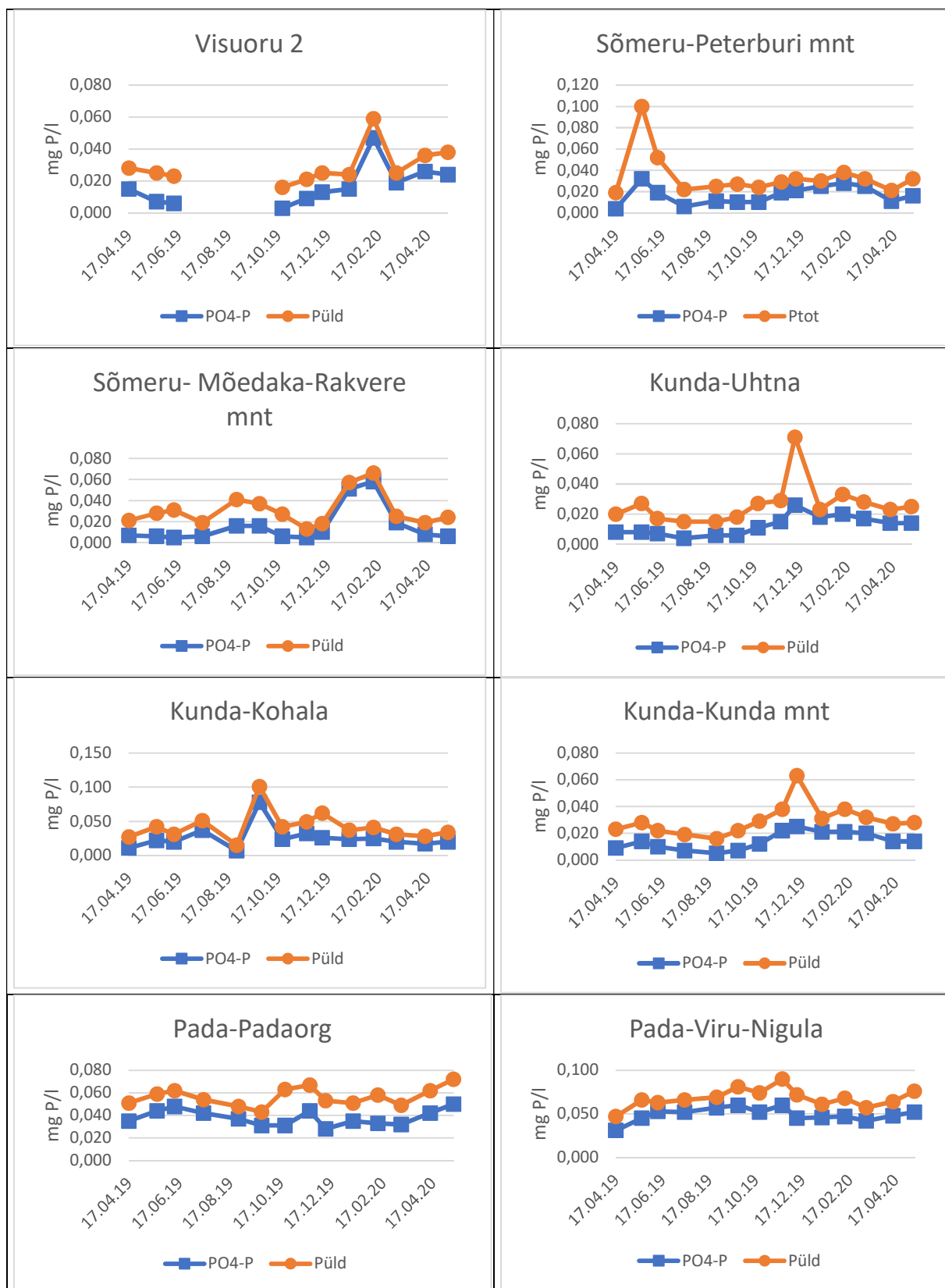
Tabel 3. Üldfosfori sisaldus (mgP/l) seirejõgedes perioodil 04.2019-05-2020.

Seire-lävendi nr.	Seirelävend	Max	0,9 protsentiil	Keskmine	0,1 protsentiil	Min	Mediaan
1	Vohnja oja	0.021	0.011	0.009	0.006	0.006	0.008
2	Vohnja oja suue	0.060	0.058	0.041	0.021	0.017	0.040
3	Kihlevere ülemjooks	0.093	0.030	0.023	0.010	0.006	0.012
4	Kihlevere pkr.						
	Kadrina-Viitna mnt	0.075	0.053	0.035	0.025	0.021	0.032
5	Põdruse-Essu	0.055	0.055	0.042	0.032	0.024	0.041
6	Põdruse alamjooks	0.059	0.039	0.029	0.018	0.016	0.025
7	Visuoru	0.059	0.038	0.029	0.021	0.016	0.025
8	Sõmeru allikad	0.071	0.061	0.033	0.009	0.004	0.030

9	Sõmeru Mõedaka-Rakvere mnt	0.066	0.052	0.030	0.018	0.013	0.026
10	Sõmeru Peterburi mnt.	0.100	0.048	0.035	0.021	0.019	0.030
11	Kunda Uhtna	0.071	0.032	0.027	0.016	0.015	0.024
12	Kunda Kohala	0.101	0.059	0.042	0.027	0.015	0.039
13	Kunda-Kohala Kunda mnt.	0.063	0.038	0.030	0.020	0.016	0.028
14	Pada-Padaorg	0.072	0.066	0.057	0.048	0.043	0.056
15	Pada Viru-Nigula	0.090	0.080	0.068	0.058	0.047	0.067

Üld- ja fosfaatfosfori sisalduse muutus seireperioodil on esitatud joonisel 5.





Joonis 5. Üld- ja fosfaatfosfori sisalduse muutus seirejõgedes 04.2019-05.2020.

N/P suhe oli kõikides seirelävendites üle 100, erandiks vaid Pada jõgi kus see oli 43 ja 46. Väikevalglates ulatus N/P suhe enamasti üle 200 ja oli Vohnja oja ülemjooksul isegi 1094, osutades fosforile kui limiteerivale toiteelemendile.

5. Toitainete äraanne valglates

Toitainete äraanne arvutati kolme vooluveekogu kohta, kus mõõdetakse igakuiselt vooluhulka. Tulemused on esitatud kalendriaasta (04. 2019 – 03. 2020) kohta tabelis 4.

Tabel 4. Toitainete äraanne kalendriaastal 04. 2019 – 03. 2020.

Seirelävendi nr.	Seirelävend	Nüld, tonni/a	Nüld, kg/ha/a	Püld, tonni/a	Püld, kg/ha/a
2	Vohnja oja suue	91,3	64,7	0,5	0,34
4	Kihlevere pkr. Kadrina-Viitna mnt	52,7	37,4	0,2	0,06
6	Põdruse alamjooks	31,2	15,1	0,1	0,04

Arvutuslik üldlämmastiku äraanne valgla pindala hektari kohta oli Vohnja ojas 64,7 tonni aastas ja on kõrge ka teistes väikevalglates (Kihlevere pkr. ja Põdruse pkr.). Vohnja ojas oli teiste seirejõgedega võrreldes kõrgem ka fosfori äraanne pinnaühiku kohta.

6. Muud kvaliteedinäitajad

Lahustunud hapniku küllastusaste vooluveekogudes 10% tagatusega oli valdavalt väga hea seisundiklassi tasemel.

BHT₅ seireperioodi seirelävendite keskmised jäid vahemikku 1,2-2,1 mg O₂/l ning kõikide vooluveekogude seisund on selle näitaja alusel väga hea.

7. Taimekaitsevahendite sisaldus pinnavees

Taimekaitsevahendid on ette nähtud kaitsmaks taimi või taimseid saadusi kõikide kahjulike organismide eest ja taimede elutsükli mõjutamiseks muul viisil kui toitainena kasvuregulaatorite näol. Taimekaitsevahendeid võib kasutada ka säilitamiseks taimseid saadusi, hävitamiseks ebasoovitavaid taimi või taimeosad ja kontrollimaks või ära hoidmaks taimede ebasoovitavat kasvu [EKUK, 2015].

Taimekaitsevahendite proove pinnaveest on võetud hetkeseisuga kahel korral (27.augustil 2019.a. ja 10.märtsil 2020.a.). Taimekaitsevahendite sisaldus pinnavees on reguleeritud keskkonnaministri (24.07.2019.a.) määrusega nr 28 „Prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete nimekirja, prioriteetsete ainete, prioriteetsete ohtlike ainete ja teatavate muude saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused ning nende kohaldamise meetodid, vesikonnaspetsiifiliste saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused, ainete jälgimisnimekirjaga seotud tegevused“. Määruses on eraldi pinnavee kvaliteedi piirmäärad kehtestatud prioriteetsetele ja prioriteetsete ohtlikele ainetele ning vesikonnaspetsiifilistele ainetele. Kuigi prioriteetsete ainete nimekirjas olevate taimekaitsevahendite turule lubamine ning kasutamine on valdavalt keelatud, siis vesikonnaspetsiifiliste ainete valikul võetakse arvesse Eestile iseloomulikku kasutust. Seetõttu on vesikonnaspetsiifiliste ainete nimekirjas võetud vaatluse alla kõige enam kasutatavad toimeained.

Kokku analüüsiti käesolevas uuringus 141 taimekaitsevahendi sisaldusi. Analüüsi tulemustest lähtuvalt on aga näha, et üle määramispiiri (LOQ) on leitud vaid kuut ainet kolmest uuringupunktist:

- Kihlevere peakraavist – 10. märtsi 2020.a. proovist leiti boskaliidi 0,002 µg/l ja tritosulfurooni 0,13 µg/l;
- Visuoja (Põdruse peakraav) – 10. märtsi 2020.a. proovist leiti bifenoksit 0,001 µg/l ja tsübutriini 0,0001 µg/l ning delta-heksaklorotsükloheksaani 0,0001 µg/l;
- Sõmeru jõgi – 10. märtsi 2020.a. proovist leiti tritosulfurooni 0,01 µg/l ning 27.08.2019.a. proovist leiti boskaliidi 0,002 µg/l ning p,p'-DDE 0,001 µg/l.

Leitud ainetest keskkonnakvaliteedi piirväärtused (EQS) pinnavees kehtestatud bifenoksile (AA-EQS on 0,012 µg/l ja MAC-EQS on 0,04 µg/l), tsübutriinile (AA-EQS on 0,025 µg/l ja MAC-EQS on 0,016 µg/l), heksaklorotsükloheksaanile (AA-EQS on 0,02 µg/l ja MAC-EQS on 0,04 µg/l).

Analüüsitulemuste kohaselt uuringupunktides keskkonnakvaliteedi piirväärtuste ületamisi ei tuvastatud.

Kokkuvõte

- Üldlämmastiku keskmine sisaldus ületab vooluveekogudele kehtestatud mitte-hea seisundi piiri 3 mg-N/l 12 seirepunktis uuritud 15 lävendist. Üldjuhul on lämmastiku sisaldus kõrgem väiksema valgla suure (>50%) põllumajandusmaa osakaaluga valglates (Vohnja, Kihlevere, Põdruse) aga ka Sõmeru jões.
- Ammooniumlämmastiku 90% tagatusega väärtus ületas kehtestatud hea seisundi piiri vaid Sõmeru jõe Rakvere-Mõedaka mnt. Seirelāvendis.
- Kõrgemad lämmastiku sisaldused vooluveekogudes analüüsiti kevadperioodil aga ka talvel, mis on seletatav sooja talvega, koos vihmasadudega ja kõrgeenenud äravooluga.
- Põhjavee lämmastiku sisaldus on kohati väga kõrge ja mõjutab ilmselt pinnavee kvaliteeti, eriti madalvee perioodil.
- Üldfosfori keskmine sisaldus on kõikides uuritud vooluveekogudes suhteliselt madal ning ei ületa vooluveekogudele kehtestatud mitte-hea seisundi piiri 0,08 mg P/l. Maksimaalsed väärtused ulatuvad Sõmeru jõe alamjooksu lävendis ja Kunda jõe Kohala lävendis 0,1 mg P/l.
- N/P suhe oli kõikides seirelāvendites üle 100, erandiks vaid Pada jõgi kus see oli 43 ja 46. Väikevalglates ulatus N/P suhe enamasti üle 200, osutades fosforile kui limiteerivale toiteelemendile.
- Arvutuslik üldlāmmastiku ārakanne valgla pindala hektari kohta oli Vohnja ojas 64,7 kg aastas ja on kõrge ka teistes väikevalglates (Kihlevere pkr. ja Põdruse pkr.). Vohnja ojas oli teiste seirejõgedega võrreldes kõrgem ka fosfori ārakanne pinnaūhiku kohta.
- Taimekaitsevahendi sisaldus oli üle määramispiiri (LOQ) vaid kuue aine osas kokku kolmes uuringupunktist (Kihlevere pkr, Visuoja (Põdruse) ja Sõmeru j.). Samas keskkonnakvaliteedi piirvārtuste ületamisi ei tuvastatud.

Viited:

EKUK (2015) Prioriteetsete ohtlike ainete allikaanalüüs Pärnu jões reostusallika kindlaks määramiseks ning reostuse lõpetamiseks. Leping nr 3-2_3/1124/2013.

KAUR 2019. Pinnavee ja põhjavee seisund. Veekogumite kaardirakendus. <https://kaur.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=fd27acd277084f2b97eee82891873c41>.

Keskkonnaministri 24.04.2020. a määrus nr. 19 „Pinnaveekogumite nimekiri, pinnaveekogumite ja territoriaalmere seisundiklasside määramise kord, pinnaveekogumite ökoloogiliste seisundiklasside kvaliteedinäitajate väärtused ja pinnaveekogumiga hõlmamata veekogude kvaliteedinäitajate väärtused“