



LIFE IP CleanEST projekti tegevus C.8.

Põlevkivi kaevandatud ala
isevoolsete väljalaskmete vee-
keemia ja veekoguste uuring ning
mõju hinnang pinnaveekogumitele

Töö nimetus: Põlevkivi kaevandatud ala isevoolsete väljalaskmete veekeemia ja veekoguste uuring ning mõju hinnang pinnaveekogumite seisundile.

Töö teostajad:

Indrek Tamm Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Marja 4D, Tallinn, 10617

Tel. 5083764

indrek.tamm@klab.ee

Töö tellija:

Keskkonnaministeerium, LIFE IP CleanEST partnerlusleping 4–6/50/9

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

Sisukord

Annotation.....	4
1 Sissejuhatus.....	8
1.1 Aruandes kasutatud meetodika taustateave	11
1.1.1 Isevoolsete väljalaskmete eesvooluks olevate pinnaveekogude valgalade piiridest 14	
2 Toolse jõe vesikond, Ubaja kaevanduse isevooline väljavool.....	19
3 Mustajõe vesikond Narva põlevkivikarjääri tranšee 13 isevooline väljavool	23
4 Pühajõe vesikonna kaevandusvee isevoolsed väljalaskmed	27
4.1 Jõhvi Kaevandus 2 väljalask	28
4.2 Tammiku väljavool.....	30
4.3 Ahtme Sanniku väljalask.....	34
5 Purtse jõe vesikonna kaevandusvee isevoolsed väljalaskmed	38
5.1 Käva väljavool	40
5.2 Kiviõli-Küttejõu väljavool	43
5.3 Viru väljavool	47
5.4 Aidu väljavool	50
6 Kokkuvõte.....	54
7 Kasutatud kirjanduse viited.....	59

Aruande lisad

Lisa 1. Analüüside ja mõõtmiste tulemused isevoolsed väljalasud.xlsx

Annotation

The study of the water chemistry and quantities of self-flowing artificial outlets of mine water in the oil shale excavated area and assessment their impact on surface water bodies has been prepared in accordance with the cooperation agreement no. 4-6/50/9 between the Ministry of the Environment and the Estonian Environmental Research Centre (EKUK). This partnership agreement has been concluded in connection with the LIFE IP CleanEST project (LIFE Grant Agreement no. LIFE17 IPE/EE/000007; 14 December 2018).

Essential aspects of self-flowing mine water outlets from the viewpoint of groundwater requirements. The water of the self-flowing artificial outlets (of which 60–100% is groundwater) has a high hardness and in majority of the outlets water the concentrations of sulphates is above the threshold value of the Minister of the Environment Regulation No. 48 (250 mg/l) and the limit value (250 mg/l) for drinking water according to Minister of Social Affairs Regulation No 61. Sulphate content is higher in mines and quarries that have been filled with water for a relatively short time. Over time, sulphate levels in groundwater decreases but remains significantly higher than those in the non-mined area or prior to mining.

Compared to the other self-flowing artificial outlets, water at Kiviõli-Küttejõu outlet had a high chemical oxygen demand (COD, average 9.9 mg/l). The Küttejõu quarry has been repeatedly burnt in past and the impact of other processes (e.g. humid acids) on the COD content cannot be ruled out.

The nickel content at the of Aidu and Viru (average content 12 µg/l and 19 µg/l, respectively) outlets exceed the groundwater threshold value (10 µg/l) of the Minister of the Environment Regulation No 39, the groundwater limit value (200 µg/l) was not exceeded. In the water of other self-flowing artificial outlets, the nickel content was below the groundwater threshold value.

The content of molybdenum in the water of the Narva quarry trench No.13 outlet was above the groundwater threshold value 5 µg/l in the Minister of the Environment Regulation No 39, the groundwater limit value (70 µg/l) was not exceeded (there is no limit value for surface water for molybdenum). The molybdenum content in the water of the other self-flowing artificial outlets was below the groundwater threshold value.

Of the analysed organic substances (phenols, chlorophenols, BTEX, VOC, PAH, PCB, petroleum products, organotin and pesticides), the contents of phenols, chlorophenols, BTEX, VOC, PCB and petroleum products were low and mostly below the laboratory limit of quantification.

In all self-flowing outlets of the mine water, in few samples were found PAH compounds above the laboratory limit of quantification. Only the water sample taken from the outlet of Viru mine (0.19 µg/l, 14.01.2020) exceeds the groundwater phenanthrene threshold value (0.05 µg/l) according to Regulation No. 39, also the threshold value 0.1 µg/l for the sum of polycyclic aromatic compounds was exceeded (Minister of the Environment Regulation No. 48).

Of the pesticides, the content of Chloridazon Desphenyl, the metabolite of Chloridazon, in the water samples of the Ubja and Käva self-flowing artificial outlets exceeded the groundwater limit value of 0.1 µg/l. The content of the metabolite starting material pesticide Chloridazon was below the laboratory limit of 0.005 µg/l in all water samples.

In the underground mined areas, the residues of Chloridazon metabolites may reach into groundwater rapidly and in the groundwater, there may be different conditions for their further degradation than in soil (metabolite Chloridazon Desphenyl half-life in soil <150 days).

Essential aspects of self-flowing mine water outlets from the viewpoint of surface water requirements. With a few exceptions, all the physical-chemical quality indicators (N, P, NH₄, pH, BHT₅) of the self-flowing outlets water correspond to the limits of at least good ecological status class of watercourses. Characteristically for groundwater (groundwater share is 60–100%) the degree of dissolved oxygen saturation in the water of most outlets is low.

The total nitrogen content of the water from the self-flowing outlet of the Ubja oil shale mine is 1.9–8.5 mg/l (average 6.3 mg/l) corresponding to the poor ecological status class. According to the concentrations of 0.79–4.1 mg/l of total nitrogen, the majority of water samples from Kaevandus 2 outlet would correspond to only a moderate water class. Compared to the rest self-flowing outlets of mine water, the nitrate concentrations in Ubja (concentrations 6.7–35 mg/l) and Kaevandus 2 (concentrations 3.9–14 mg/l) outlets are higher due the use of land above and around the mine as arable land.

According to the results of the study, the most important finding for the water quality of surface water bodies is that the nickel content in the water of most self-flowing outlets exceeded the annual average surface water limit value (AA-EQS) 4 µg/l in most of water samples. Only in the water from the Käva, Ubja and Narva quarry trench No. 13 outlets, the nickel content in all water samples remained below 4 µg/l.

The nickel annual average limit value for surface water 4 µg/l was exceeded several times in all water samples from Viru (average 19 mg/l) and Aidu (average 12 mg/l) outlets. The maximum surface water environmental quality limit (MAC-EQS) for nickel of 34 µg/l was not exceeded.

As a result of mining, the groundwater natural protection against pollutants is reduced and contaminants could more easily enter into groundwater and in groundwater-filled mines there maybe lack of suitable conditions for the degradation of some PAH compounds over time.

The content of benzo(a)pyrene in some water samples taken from Viru, Ubja and Kaevandus 2 outlets was 0.002 µg/l, exceeding the annual average surface water limit value (AA-EQS, 0.00017 µg/l) of the Minister of the Environment Regulation No. 28. The maximum surface water quality limit value (MAC-EQS 0.27 µg/l) was not exceeded. In one water sample of Käva and Viru outlets, the fluoranthene content exceeds the annual average environmental quality limit value (AA – EQS of 0.0063 µg/l). The maximum surface water environmental quality limit (MAC-EQS, 0.12 µg/l) was not exceeded.

Of the pesticides, in the water sample taken 01.06.2020 from the Aidu outlet, the content of heptachlor-endoepoxide exceeds annual average surface water limit value (AA-EQS, 0.0000002 µg/l) of the Minister of the Environment Regulation No. 28. The maximum environmental quality limit value (MAC-EQS, 0.0003 µg/l) was not exceeded. This found result 0.0001 µg/l is equal to the limit of quantification of the laboratory and all other heptachlor, heptachlor-exoepoxide and heptachlor-endoepoxide concentrations of in the rest of water samples were below the limit of quantification of the laboratory.

Organotin monobutyltin (MBT) or monoocetyltn (MOT) was repeatedly found above the quantification limit of laboratory (0.005 µg/l) in all self-flowing artificial outlets water.

Detected concentrations significantly exceed surface water priority dangerous substance maximum limit value 0.0015 µg/l (group indicator tributyltin-cation, CAS 36643-28-4) of the Minister of the Environment Regulation No. 28.

The group indicator tributyltin-cation (TBT) content in the water sample 02.06.2020 from the Narva quarry trench No. 13 outlet was over the quantification limit of laboratory (0.001 µg/l). Organotin has been analysed in terrestrial waters and groundwater only since 2018 and there is currently no exact knowledge of its origin.

Conclusions. The water of self-flowing artificial outlets characterizes compliance or non-compliance with groundwater quality requirements over very large area of groundwater body. The most common indicator of poor groundwater status is the excessive content of sulphates and secondly also pesticides.

In addition to the groundwater requirements, due to the groundwater bodies feeding surface waters, additional attention is needed to the content of nickel and PAH compounds in the groundwater.

The physical-chemical quality indicators (N, P, NH₄, pH, BHT₅) of the self-flowing outlets mine water in Ida-Viru County correspond to the limits of the good ecological status class of watercourses. Such nutrient-poor water discharges into watercourses reduces the risk of eutrophication.

Of the substances hazardous to surface water, it is important to pay attention to the exceedances of the annual average nickel limit value (AA – EQS) of 4 µg/l of the Minister of the Environment Regulation No. 28 for surface water in the surface water bodies of the Purtse river catchment area. The groundwater formed in the extracted area of this area has a nickel content predominantly greater than 4 µg/l (below the groundwater threshold value 10 µg/l).

The highest concentrations of nickel are in the groundwater of mines and quarries that have been filled with water for a relatively short time. Nickel in minerals on the fracture surface of limestone is able to move as a result of chemical processes taking place at appropriate pH in an anaerobic environment (e.g. pyrite oxidation), nor can nickel leaching be excluded due to the action of micro-organisms [4].

The reasons for the today's low nickel contents in the Narva quarry trench No. 13 (which has been filled with water for the least time) may be: less depth (less anaerobic environment); in the limestone there may have a lower nickel content; due to the passing of a short period of time, the conditions for leaching nickel in quarry backfill dumps have not yet been established.

There is no relevant information on the characteristics of groundwater and nickel contents formed in the middle of the oil shale backfill dump plateaus at Aidu and Narva quarries.

The low nickel content of the self-flowing outlet from the Käva oil shale mine, which characterizes the oldest mining area in Ida-Viru County, and the rare analysis of nickel content of self-flowing outlets from 2005, indicate the possibility of decrease the nickel content over time (if the current high content of nickel is associated with processes similar to the oxidation of pyrite). It cannot be ruled out that the nickel leaching process is more complex and the current study period is not sufficient to assess all factors in the process.

In the sections of the Purtse and Ojamaa rivers, where the majority of the river runoff consists of mining water flowing out of self-flowing outlets or pumped out of operating mines, it is possible to exceed the annual average nickel limit value (AA–EQS) of 4 µg/l.

The chemical status of the Purtse river water body (Purtse from the Ojamaa river to the mouth, 1068200_2) is poor due to residual pollution in sediments and exceedances of the annual- average surface water limit value for nickel ($4 \mu\text{g/l}$) in some water samples. The annual average limit value for nickel was exceeded in the mouth of the Purtse river (SJA9900000) in year 2012. Water pumped out of operating oil shale quarries and mines and self-flowing outlets make the majority of the Purtse river runoff in the minimum period [12]. The sources and calculations of the nickel load in the in the Purtse river basin will be specified in a further study to be carried out at the end of 2021.

Due nickel content, the chemical status of the watercourse would be poor in the Ojamaa river water body 1068700_1. On the 300 m long section before entering into the Purtse river (below the self-flowing outlet of Aidu quarry), the annual average limit value of nickel is exceeded due to the high proportion of Aidu water in Ojamaa runoff.

If surface water body catchment area located in underground mined areas, the directions of groundwater flow in water-filled mines and its changes over time are important background knowledge.

In order to implement measures to ensure the good status of surface water bodies, the nickel problem must be thoroughly studied. As a first step it is necessary clarification of the nickel load in the Purtse River basin area, monitor the flow rates and water quality of self-flowing outlets and discharges from operating oil shale quarries and mines.

Water analyses of self-flowing outlets from Ahtme, Tammiku and Viru mines at a frequency of once a year have been added to the monitoring program of the chemical status of ground-water bodies in 2021.

1 Sissejuhatus

Kaevandamise tagajärjel muutunud keemilise koostisega põhjavee isevoolne väljavool pinnavette avaldab mõju pinnaveekogudele, nii veehulga kui veekvaliteedi osas, ja see mõju ulatub väljapoole kaevandatud ala. Aastal 2008 oli ligikaudse hinnangu järgi isevoolsete väljalaskmete vooluhulgaks pinnaveekogudesse 100 000 m³ vett ööpäevas ehk 1157 l/s [27], tänaseks on lisandunud Aidu, Viru ja Kohtla kaevanduste isevoolne põhjavee väljavool pinnaveekogudesse.

Kuival aastaajal on kaevandusvesi (töötavad karjääride ja kaevanduste veekõrvaldus + töötamise lõpetanud isevoolsed väljalaskmed) moodustanud enamuse kaevandusvee suublast olevate Purtse, Rannapungerja ja Mustajõe äravoolust [12].

Töö eesmärgiks on selgitada põlevkivi kaevandatud ala isevoolsete väljalaskmete vee koostist, kogust ja mõju pinnaveekogumitele. Aruandes on kasutatud LIFE IP CleanEst raames läbiviidud veekvaliteedi ja veekogude uuringuid ning Keskkonnaregistri andmestuid ning teiste asjakohaste varasemate uuringute andmeid.

Vaadeldavad kaevandusvee isevoolsed väljalaskmed (paiknemine vaata joonis 1) tekkisid peale põlevkivikarjääride ja kaevanduste töö lõppemist kaevanduste ja karjääride veega täitumisel.

Karjäärid. Põlevkivi karjääriviisil kaevandatud alal on põhja- ja pinnavesi omavahel hüdrauliliselt seotud, üldreeglina puuduvad pinna- ja põhjavett eristavad vettpidavad pinnasekihid.

Võrreldes kaevandamiseelse situatsiooniga on karjääriviisil kaevandatud ala pinnasele kaevandamisjärgselt iseloomulik suurem veejuhtivus ja veeand (efektiivpoorsus).

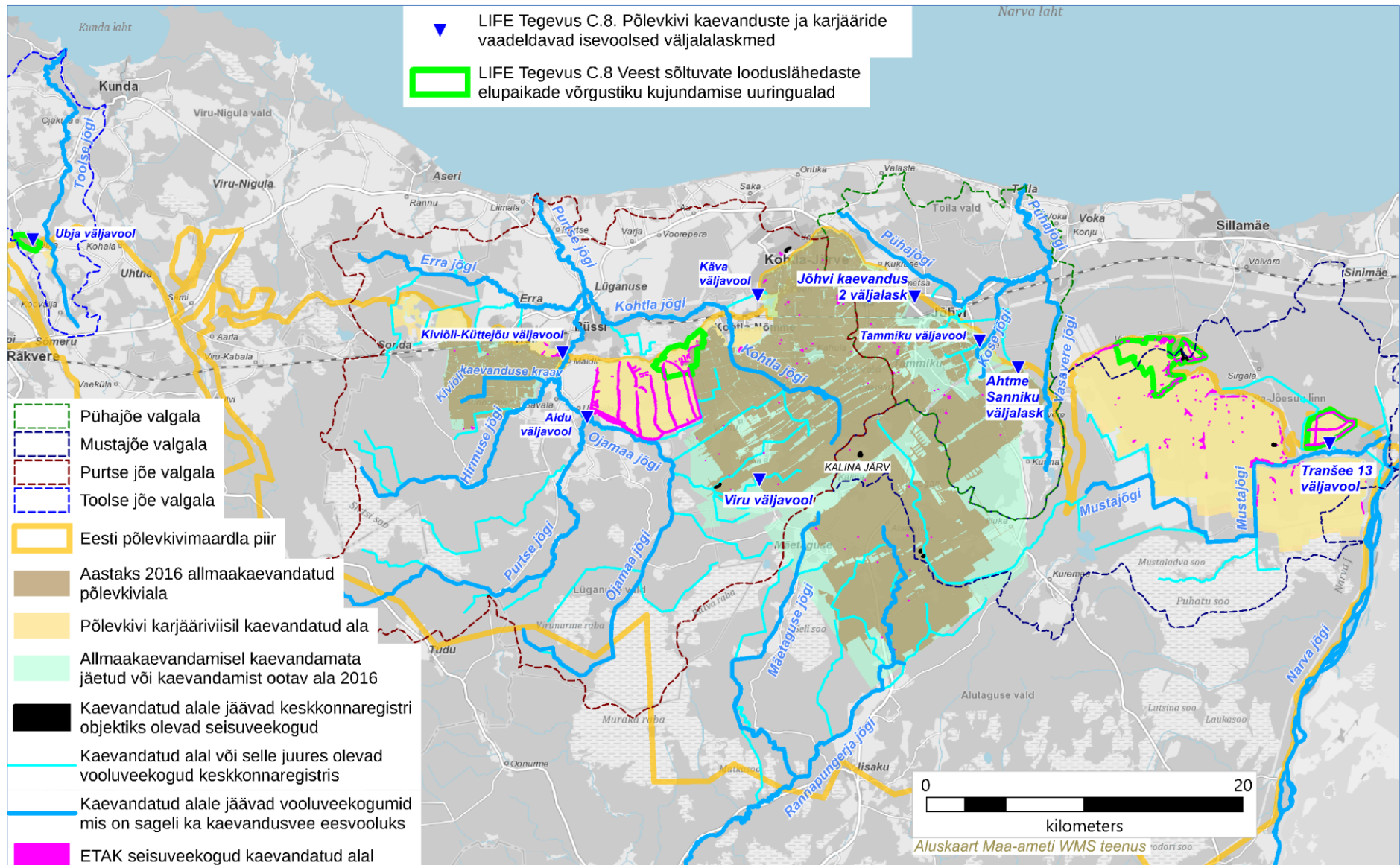
Johtuvalt tagasitäitepuistangute pinnase heast veejuhtivusest langevad põlevkivikarjääride põhjaveetase ja puistangutel olevate ning neid ümbritsevate karjääriveekogude veetasemed praegu hästi kokku ning pinna- ja põhjavesi moodustavad hüdrauliliselt seotud ühtse süsteemi [5].

Väga suure pindalaga (ruutkilomeetrites) tagasitäitepuistangute levikualal on peetud tõenäoliseks, et põhjaveetase puistangu keskosas võib olla 1–2 m kõrgemal tagasitäitepuistangu madalamates osades ja puistangut ümbritsevate pinnaveekogude veetasemega võrreldes [18].

Harvades kohtades, kus põlevkivikarjääride tagasitäitepuistangutes levivad savikad väikese veejuhtivusega pinnased, on sademeveest toituvate tiikide veetase kõrgemal kui puistangusisene põhjaveetase [5].

Karjääriviisil kaevandatud aladelt toimub vee väljavool isevoolsetes väljalaskmetes pinna-veena, kuid väljalaskme veehulga ja veekvaliteedi määrab põhjavee suur osakaal, moodustades väljalaskme veest enamuse.

Karjääriviisil kaevandatud ala isevoolse väljalaskme vesi iseloomustab karjääri territooriumi alal tagasitäitepuistangutes sademetest formeerunud ülemise põhjaveekihi vett. Karjääri külgnemisel veega täitunud allmaakaevandusega, lisandub veega täitunud kaevanduste põhjavesi. Näiteks nii lisandub endisesse Küttejõu karjääri Kiviõli kaevanduse vesi, Aidu karjääri (moodustab ühise veesüsteemi endise Kohtla karjääriga) alale Kohtla kaevanduse vesi.



Joonis 1. Kaevanduste ja karjääride isevoolsete väljalaskmete paiknemine (EELIS valgalade variant 1, valgalade viimane uuendus oli aastal 2017).

Allmaakaevandatud alad. Allmaakaevandamise järel suurenevad kaevanduse peal olevate lubjakivide vertikaalsuunaline veejuhtivus ja ka veeand, paremini on see jälgitav maapinnalähedaste kaevanduste alal. Pea kogu aurumisest üle jääv sademetevesi infiltreerub kiiresti põhjavette ja pinnaveekogud tekivad allmaakaevanduse vee väljavoolul.

Võrreldes kaevandamiseelsega situatsiooniga jääb kaevandamisjärgselt allmaakaevanduste alal põhjaveetase reeglina madalamale. Veetase on kaevandamiseisel kõrgusel (ja mõnikord ka kõrgemal) vaid kaevandatud ala maapinnareljeefi kõige madalamates kohtades. Sellistesse madalatesse kohtadesse on tänaseks rajatud veega täitunud allmaakaevanduste põhjaveetaseme reguleerimiseks isevoolsed väljalaskmed. Allmaakaevandatud aladel toimub põhjavee väljavool isevoolsetes väljalaskmetes „toruallikatest“ (Ahtme ja Viru kaevandustes), kaevanduskäigu varinguaugust (Tammiku kaevandus) või suletud kaevandusstollidest ja pindalaliste allikavöönditena kunagiste väljaveotranšeede servades (Kiviõli, Ubja ja Käva kaevandused).

Allmaakaevandamise lõppemisel põhjaveetase Jõhvi kõrgustiku lael ei taastu kaevandamiseelsele tasemele ja mitmete avalikult kasutatavate veekogude ülemjooksud on püsivalt või valdav osa aastast kuivad (Kohtla, Kose ja Rannapungerja jõgede ja Raudi kanali ülemjooksud, Kiviõli kaevanduse kraav) [2].

Sügavamal paiknevate kaevanduste või paksema ja väikese veejuhtivusega pinnakatte aladel esineb allmaakaevandatud aladel ka üksikuid seisuveekogusid. Neist enamuse moodustavad kevadise lumesulamise järgse veega järvikud ja ühtegi maismaa seisuveekogumit pole põlevkivi allmaakaevandatud aladel moodustatud.

Allmaakaevandatud ala isevoolse väljalaskme vesi iseloomustab lähima kaevanduse territooriumi ülemise põhjaveekihi vett ja veega täitunud naaberkaevandustest lisanduvat põhjavett.

Vaadeldavate isevoolsete väljalaskmete veeproovide võtmine ja vooluhulkade mõõtmised tehti ajavahemikul 2019–2020 Eesti Keskkonnauuringute Keskuse (edaspidi EKUK) spetsialistide poolt. Mõõtmistel ja proovide võtmisel, säilitamisel ja käsitlemisel lähtuti keskkonnaministri 03.10.2019 määruses nr 49 „Proovivõtumeetodid“ (edaspidi määrus nr 49) toodud nõuetest. Veeproovid võeti EKUK spetsialistide poolt, kes on atesteeritud pinnaveest proovivõtmise valdkonnas vastavalt määruses nr 49 toodud korrale.

Kõik laborianalüüsid tehti EKUK laboratooriumites, mis on EAK poolt akrediteeritud katselabor (reg nr L008, <http://www.eak.ee/?pageCus=akr&id=11>). Analüüsimeetodid valiti kooskõlas standardiga EVS-EN ISO/IEC 17025 ja määruses nr 23¹ toodud nõuetega.

Lähtudes vee algupärast (põhjavesi) vaadeldakse käesolevas aruandes põlevkivi kaevandatud ala isevoolsete väljalaskmete veekvaliteeti esmalt lähtudes põhjavee ja seejärel ka pinnavee nõuetest, sest maapinnale välja voolanud põhjavesi moodustab väljalaskmes pinnavee.

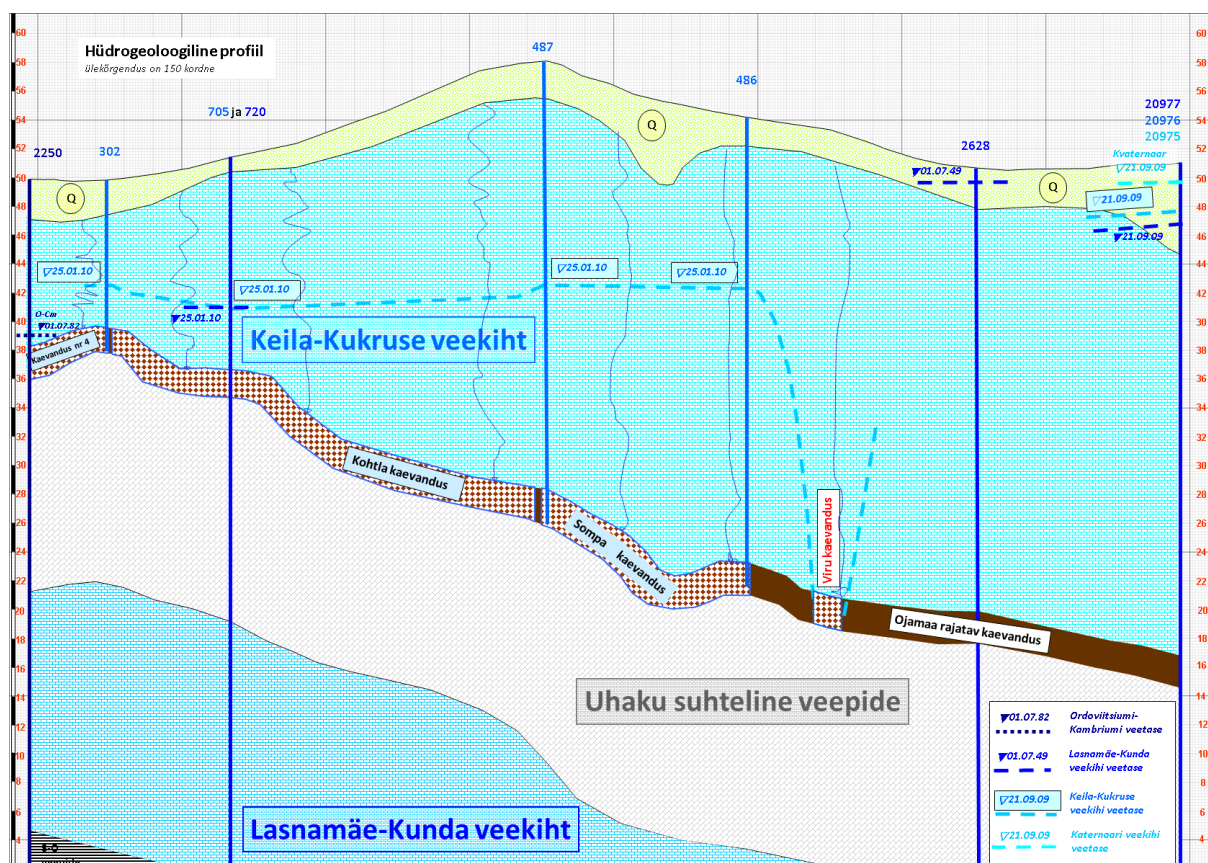
¹ Keskkonnaministri 28.06.2019 määrus nr 23 „Nõuded vee füüsikalise-keemiliste ja keemiliste parameetrite uuringuid teostavale katselaborile, nende uuringute raames tehtavatele analüüsidele ja katselabori tegevuse kvaliteedi tagamisele ning analüüsi referentmeetodid“.

1.1 Aruandes kasutatud meetodika taustateave

Allmaakaevandatud alade isevoolsete väljalaskmete vesi on põhjavesi, mis formeerub kaevandatud alal maapinda infiltreerunud sademeveest (sademete ja aurumise vahest).

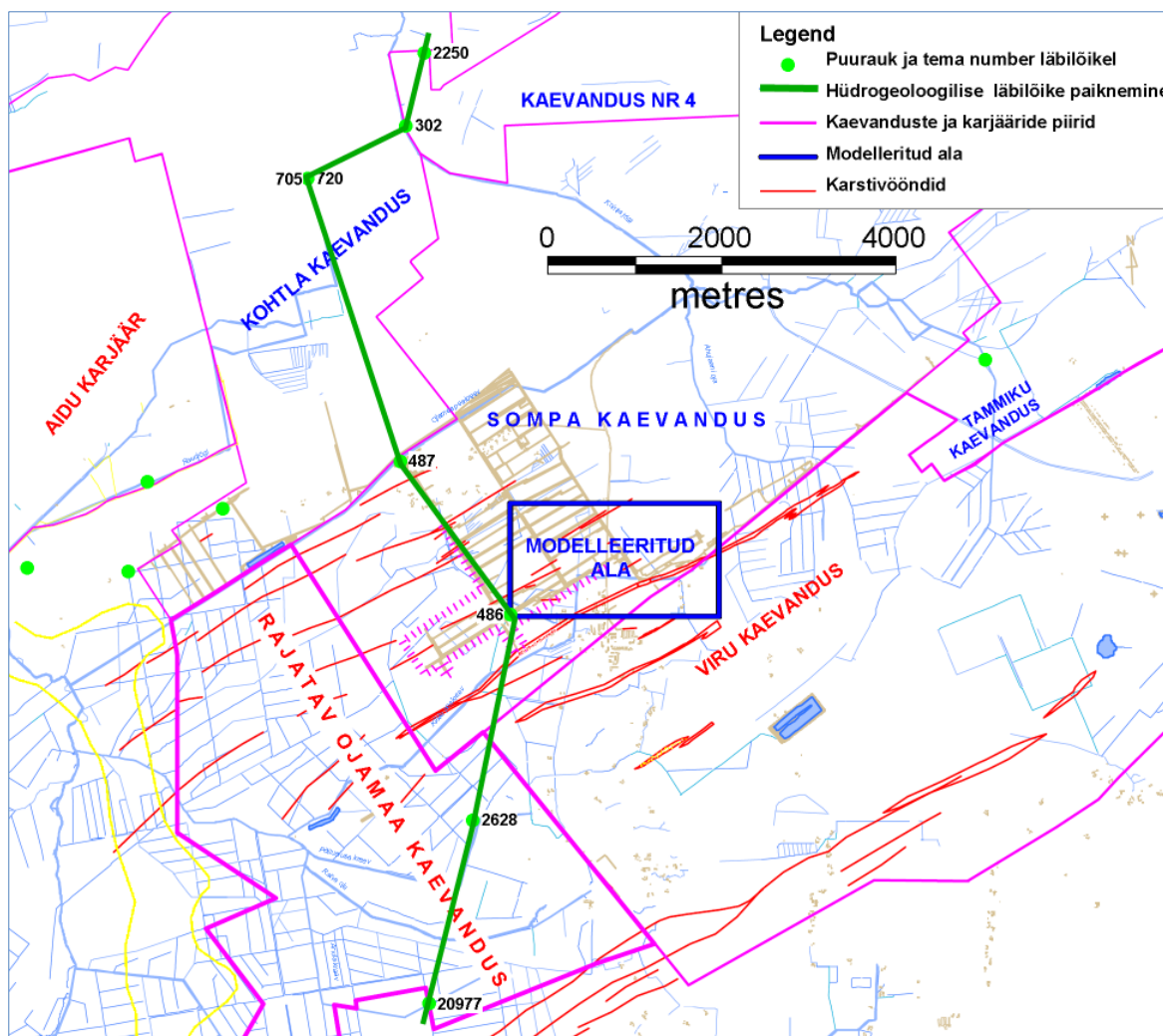
Osa maapinda infiltreerunud sademeveest aurub põhjavee pinnalt ja aeratsioonivööst tagasi atmosfääri, alles jääv infiltreerunud veekogus täiendab põhjaveevaru nn netoinfiltratsioonina. Vaadeldavas piirkonnas (joonisel 1 isevoolset väljalaskmed) on oluline, et põlevkivi allmaakaevandatud aladel ja karjääriviisil kaevandatud alade puistanguplatoodel on netoinfiltratsioon põhjavette kordades suurem (200–300 mm aastas) kui Eestis keskmiselt (70 mm aastas).

Liigniisketel aladel (sood, märgalad) on põhjavee toitumine väiksem võrreldes kuivade aladega. Sellest tulenevalt on Ida-Virumaa lõunaosa (Alutaguse) metsades ja soodes põhjavee toitumine väiksem kui Jõhvi kõrgendikul. Ida-Virumaa põhjaosa (Soome lahe vesikond) netoinfiltratsioon (saadud jõgede minimaalse vooluhulga järgi arvatud põhjavee äravoolu moodulist) on valdavalt 63–114 mm aastas, lõunaosas (Narva jõe vesikond) 38–91 mm aastas ning kaevandatud aladel põhjavee toitumine on oluliselt suurem [28].



Joonis 2. Allmaakaevandatud ala tüüpläbilõige[34], profiili asukoht on toodud joonisel 3.

Ülaltoodud joonis 2 kajastab aasta 2010 situatsiooni ja tänaseks on Viru kaevanduse veetase reguleeritud absoluutkõrgusele ca 52.5 m ning johtuvalt vee liikumisest naaberkaevandustesse töötab Viru isevoolne väljalask (nn “Ratva toruallikad, kahenõiakaev”) vaid periooditi.

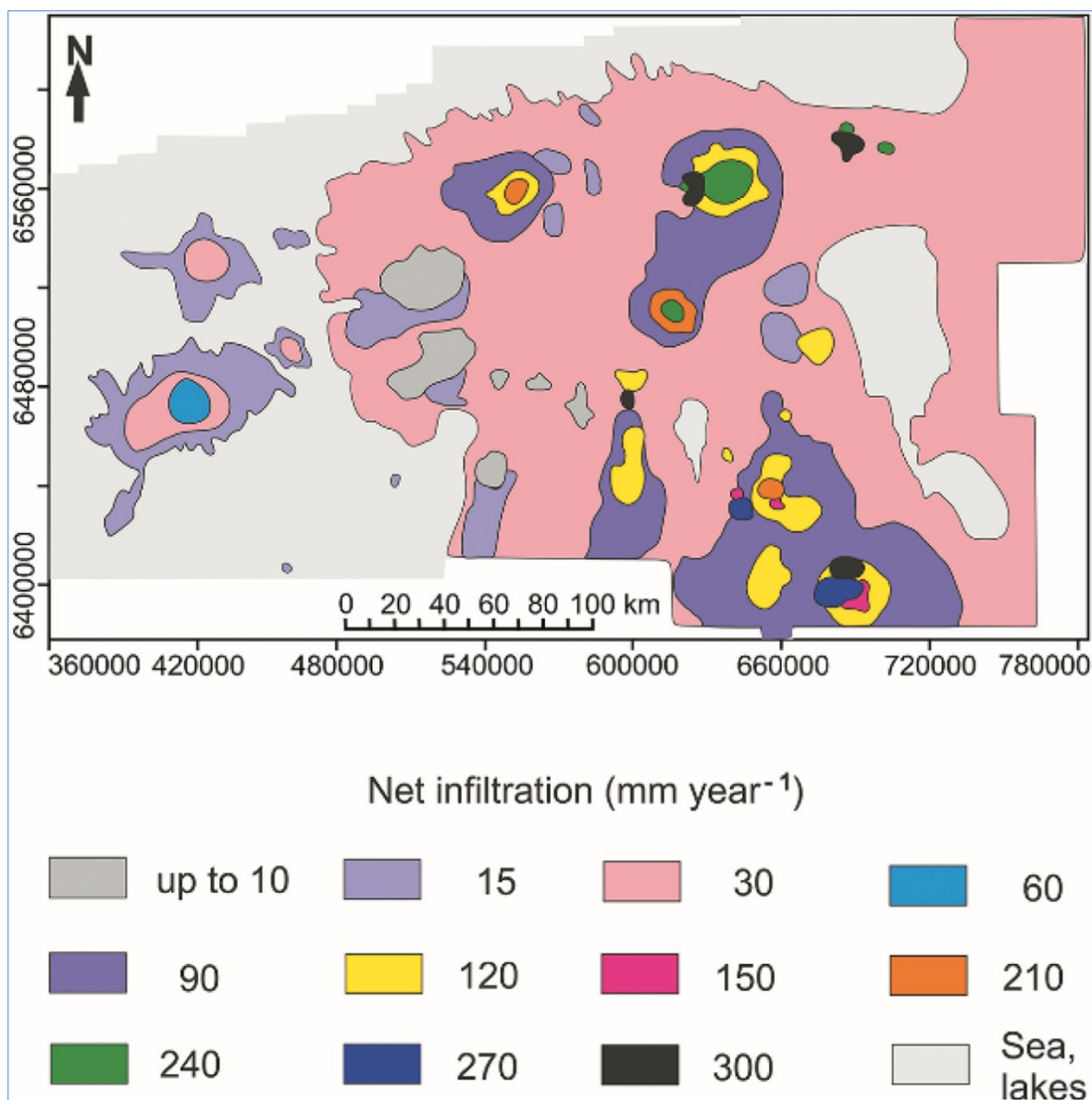


Joonis 3. Hüdrogeoloogilise tüüpprofiili paiknemine [34].

Kaevandatud alal on varasemate uuringute eri mudelarvutustes kasutatud järgmisi aastaseid netoinfiltratsioone:

- Viru kaevanduse alal 280 mm [22];
- Ahtme kaevanduse alal 200 mm [31] ja 280 mm [9];
- Estonia kaevanduse alal 180 mm [25], 300 mm [24] ja 320 mm [26];
- Aidu karjääri alal 290 mm aastas [32] ja 350 mm [23];
- Kohtla kaevanduse alal 200 mm [29];
- Sompa kaevanduse alal 170–270 mm [34];
- Narva karjääri tranšee 13 alal 290 mm [30];
- Tammiku kaevanduse alal 200 mm [31].

Nende uuringute, bilansiarvutuste ja koostatud põhjaveemudelite põhjal võib teha üldistuse, et johtuvalt kaevanduse sügavusest, alal levivate kivimite omadustest ja kaevanduslae hoidmisviisist ning altkaevandatud ala osakaalust kaevanduse piires, jääb kaevandatud alade netoinfiltratsioon vahemikku 200–300 mm aastas.



Joonis 4. Eesti netoinfiltratsioon L. Vallneri ja A. Pormani teadusartiklis ajakirjas *Hydrology Research* [36].

Ida-Virumaa veega täitunud allmaakaevanduste ala suurt netoinfiltratsiooni kajastab ka joonisel 4 toodud väljavõtte üle Eestilisest netoinfiltratsioonist L. Vallneri ja A. Pormani teadusartiklis [36].

Veega täitunud allmaakaevanduste isevoolseid väljalaske võib vaadelda kui tehislikke allikaid. Eestis on lubjakivialade allikatele iseloomulik allika vooluhulkade äärmiselt suur muutlikkus, see johtub asjaolust, et allikad reeglina on iseloomustavad maapinnalähedast veekihti, mis on tundlik ilmastikuoludele.

Veega täitunud allmaakaevanduste vesi on enamasti küll maapinnalt esimeseks põhjaveekihtiks, kuid paikneb allikatega võrreldes oluliselt sügavamal. Sügavamates kaevandustes möödub kuni nädal kaks enne kui sademed kajastuvad töötavate kaevanduste poolt väljapumbatud veekogustes ja kuivaperioodi järel langevate väiksemate vihmade mõju võib

jäädagi märkamatuks (aeratsioonivöös aurumise tõttu). Allmaakaevanduste isevoolsete väljalaskmete vooluhulkade ebaühtlus võrreldes allikatega on veidi väiksem johtuvalt põhjaveekihi paiknemisest maapinnast sügaval.

Korduvalt eri spetsialistide poolt tehtud mudelarvutuste ja bilansiarvutuste kogemusi üldistades on käesolevas aruandes otstarbekas kasutada kaevanduste ja karjääride isevoolsete veelaskmete mõõdetud vooluhulki hindamaks põhjavee ala suurust, mida see isevoolne väljalask iseloomustab.

Isevoolsete väljalaskme keskmisest vooluhulgast ja netoinfiltratsioonidest (200 mm, 250 mm ja 300 mm aastas) arvutati isevoolse väljalaskme vee poolt iseloomustatava põhjaveeala suurus. Nii saadud põhjaveeala suurus võib informatiivselt võrrelda pinnaveekogu valgalaga, kuid arvestada tuleb, et põlevkivi kaevandatud aladel olevad pinnaveekogude valgalad on eri põhjustel sageli ebatäpsed (vaata peatükk 1.1.1). Põhjavee isevoolse väljalaskme valgala erineb oluliselt maapinnakõrguste ja veejuhtmete järgi arvutatud pinnavee valgalast.

Isevoolsete väljalaskmete vooluhulkade projektsioon, eri pinnaveemudelite arvutatud ja mõõdetud äravooludega Purtse jõe valgalas, tehakse teostamisel oleva nikli probleemistiku täiendava uuringu käigus 2021 aasta lõpus. Vastavalt 2021 aasta uuringukavale² mõõdetakse ka pinnaveekogude vooluhulki lisaks veeproovidele, kuid käesolevas aruandes kasutatakse neist vaid Ojamaa jõe (enne Aidu väljalaskme vee lisandumist) ja Kohtla jõe osas vooluhulki Lüganusel.

1.1.1 Isevoolsete väljalaskmete eesvooluks olevate pinnaveekogude valgalade piiridest

Veega täitunud põlevkivikarjääride ja -kaevanduste isevoolsete väljalaskmete vesi lisandub pinnaveekogudesse ja klassikalised pinnaveekogumi valgalapiirid on seetõttu sageli muutunud, valgalal tervikuna kiireneb ka põhjavee maasisene väljavool jõgedesse [33].

Põhjavee lisandumisest ja kaevandamisest muudetud pinnaveekogudest johtuvad keerukused valgalade leidmisel on iseloomulikult nähtavad Jõhvi kõrgustiku alal (vaata joonised 6 ja 7).

Maapinna kõrgusmudelitest arvutatud valgalad (tabelis 1 variandid 2 ja 3) sõltuvad arvutusmetoodikast ja iseloomustavad hästi külmunud maapinnalt kevadise lumesulamisvee valgala.

Alljärgnevas tabelis 1 on toodud eri allikatest pärinevad veega täitunud põlevkivi kaevanduste ja karjääride isevoolsete väljalaskmete eesvoolude valgalade suurused. Kuigi valgalade suuruses on erinevusi, pole need erinevused käesoleva töö seisukohast enamasti kuigi olulised.

Nii kõrgusmudelitest saadud kui ka varasemalt määratud valgaladel on raske olnud kajastada ajas muutuvat situatsiooni, kui vooluveekogu on kaevandamise lõppemisel või tagajärjel tänaseks kadunud ja kogu sademete aurumisest üle jääv vesi infiltreerub allmaakaevandatud alal põhjavette.

² Projekti „LIFE IP CleanEST“ uuringu- ja seireplaan“.

Tabel 1. Valgalade eri variandid (tugeva rõhuasetusega valgalanumbreid kasutatakse peatükkides 2–5 isevoolsete väljalaskme eesvooluks oleva pinnaveekogu valgalana)

Veekogu nimetus	Kesk-konna-portaal km ²	Variant 1. EELIS rakenduse valgalad km ² , (viimane uuendus ³ aastal 2017)	Variant 2. EELIS rakenduse töölehe valgalad km ² , (valgalad on EELIst salvestatavad)	Variant 3 . TLÜ valgalade töövariant 10 m ruuduga kõrgusmudelid, KAUR juuli 2021, km ²
Mustajõgi kokku	399.9 ⁴	406	341	379 (371 ⁵)
Sellest Metsküla oja	77.7	<i>Ei esitata</i>	68	63
Pühajõgi kokku	219.7	220	216	214
Sellest Kose jõgi	70.9	71	56	62 (65 ⁶)
Purtse jõgi kokku	811	811	819	813
<i>Kunagine Purtse kogum 1068200_1</i>		12		
<i>Kunagine Purtse kogum 1068200_2</i>		15	51 (uus kogum 1068200_2]	53
<i>Kunagine Purtse kogum 1068200_3</i>		19		
<i>Kunagine Purtse kogum 1068200_4</i>		136	137 (uus kogum 1068200_1	134
Sellest Erra jõgi	97.4	97	119	104
Sellest Kohtla jõgi	186.5	186	176	190
Sellest Ojamaa jõgi	233.7	234	231	224
Sellest Hirmuse jõgi	110.6	111	105	108
Toolse jõgi	84.3	85	88	91

Vee liikumist veega täitunud kaevandustes on kirjeldatud mitmetes varasemates uuringutes, tuginedes sealhulgas ka kasutada olnud põhjaveemudelitele, kuid kõik need uuringute prognoosid on enam kui 10 aasta vanused [6, 9, 14, 15, 21, 22, 23, 27, 28, 29]. Tänase situatsiooni kajastamine on keeruline ka töötavate kaevanduste ajas muutuva mõju tõttu.

Joonisel 5 on toodud olukorra näitlikustamiseks aastal 2005 koostatud Jõhvi kõrgustikul olevate kaevanduste ja karjääride veevahetuse prognoosi (*joonis 21 aruandest „Veebilansside koostamine valgaladel. Kaevandusvee bilanss“. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn 2005 [14]*).

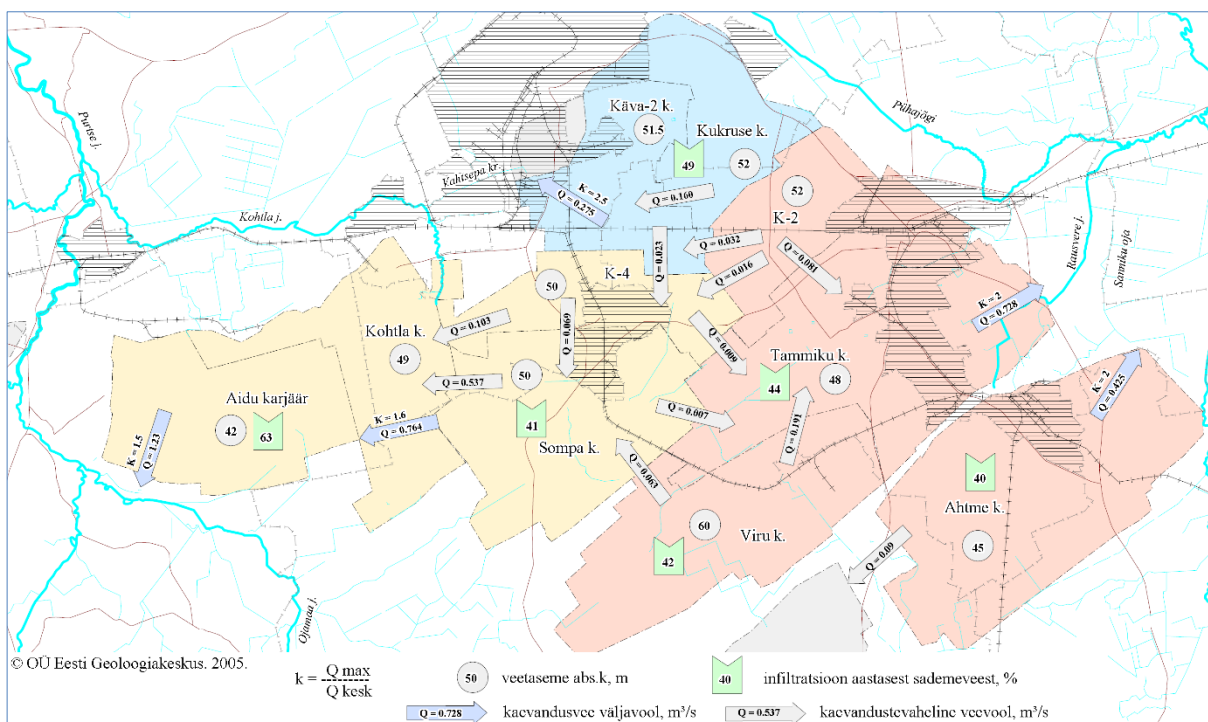
Joonisel 5 toodud skeemilt puudub töötav Ojamaa kaevandus, veega täitunud Viru kaevanduse veetase on tänaseks reguleeritud absoluutkõrgusele ca 52.5 m ning Estonia kaevandus on Ahtme kaevandusele oluliselt lähemale liikunud.

³ Valgala suuruse info täidetud kõige kaasaegsema ja antud hetkel kõige õigemaks loetud info kohaselt. Osaliselt 2008. ja 2009. aastal maaparandusbüroode poolt üle vaadatud valgala andmed, nende puudumisel on kasutatud 1990.ndate lõpus koostatud valgalade kaardikihi arvutatud valgalade pindalaid.

⁴ Uusim valgala arvutatud 10m lahutusega DEM (Maa-amet) põhjal. Valgala suuruse info täidetud kõige kaasaegsema ja antud hetkel kõige õigemaks loetud info kohaselt. Osaliselt 2008. ja 2009. aastal maaparandusbüroode poolt üle vaadatud valgala andmed, nende puudumisel on kasutatud 1990.ndate lõpus koostatud valgalade kaardikihi arvutatud valgalade pindalaid. Lisainfona varasemalt või teistes allikates kasutatud valgalasuuruste andmed: - 1986. aasta nimestikus - 418 km² - 1990.ndate lõpus koostatud valgalade kaardikihi arvutatud - 404,4 km².

⁵ Pindala Pühajõega kattuvuseta

⁶ Veeveeb suvavalgala arvutus, <https://veeveeb.envir.ee/vesi/>

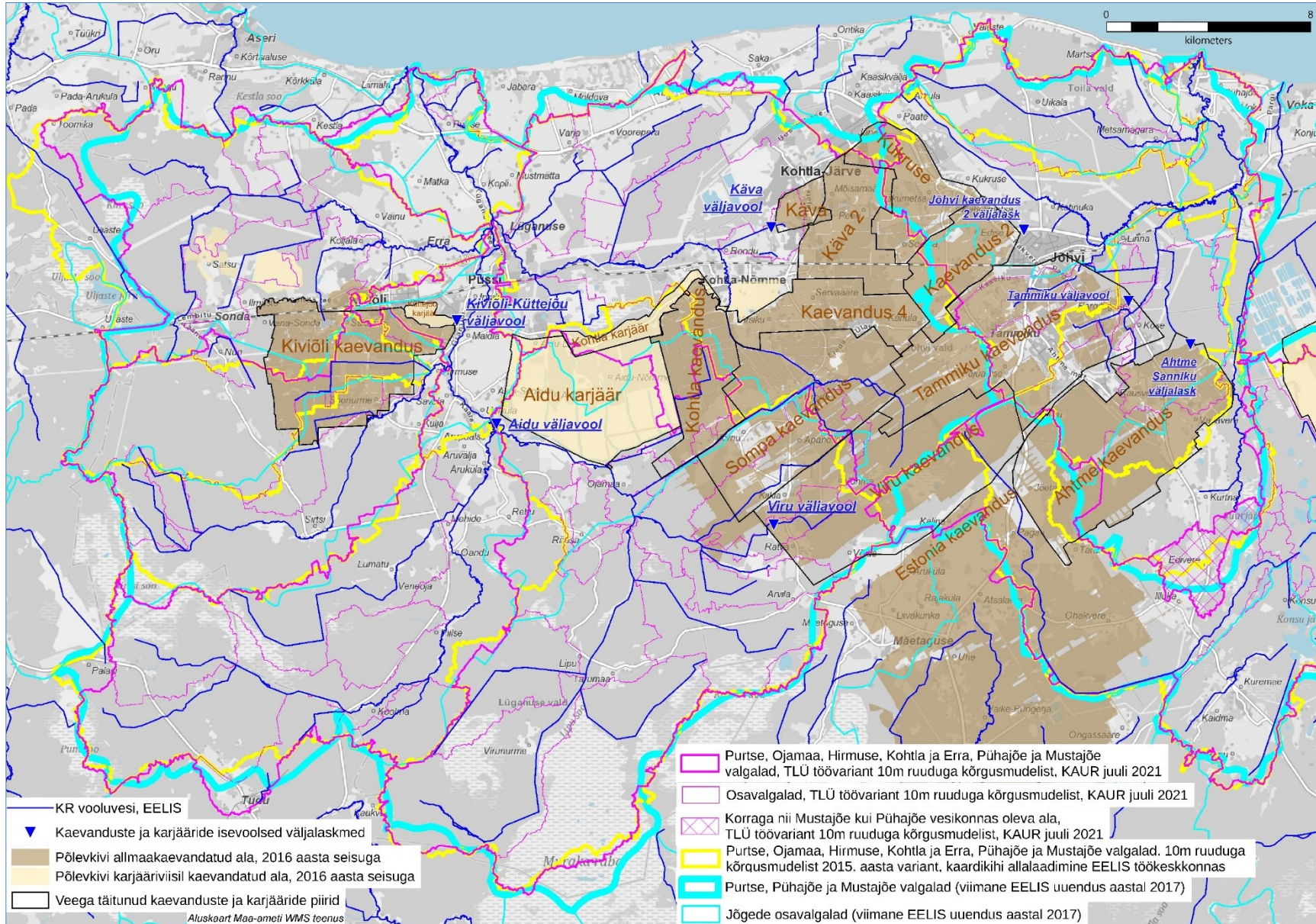


Joonis 5. Kaevanduste ja karjääride vahelise läbivoolu jaotumise prognoos aastast 2005 Aidu karjääri-vee absoluutkõrgusel kõrgusel 42 m [14].

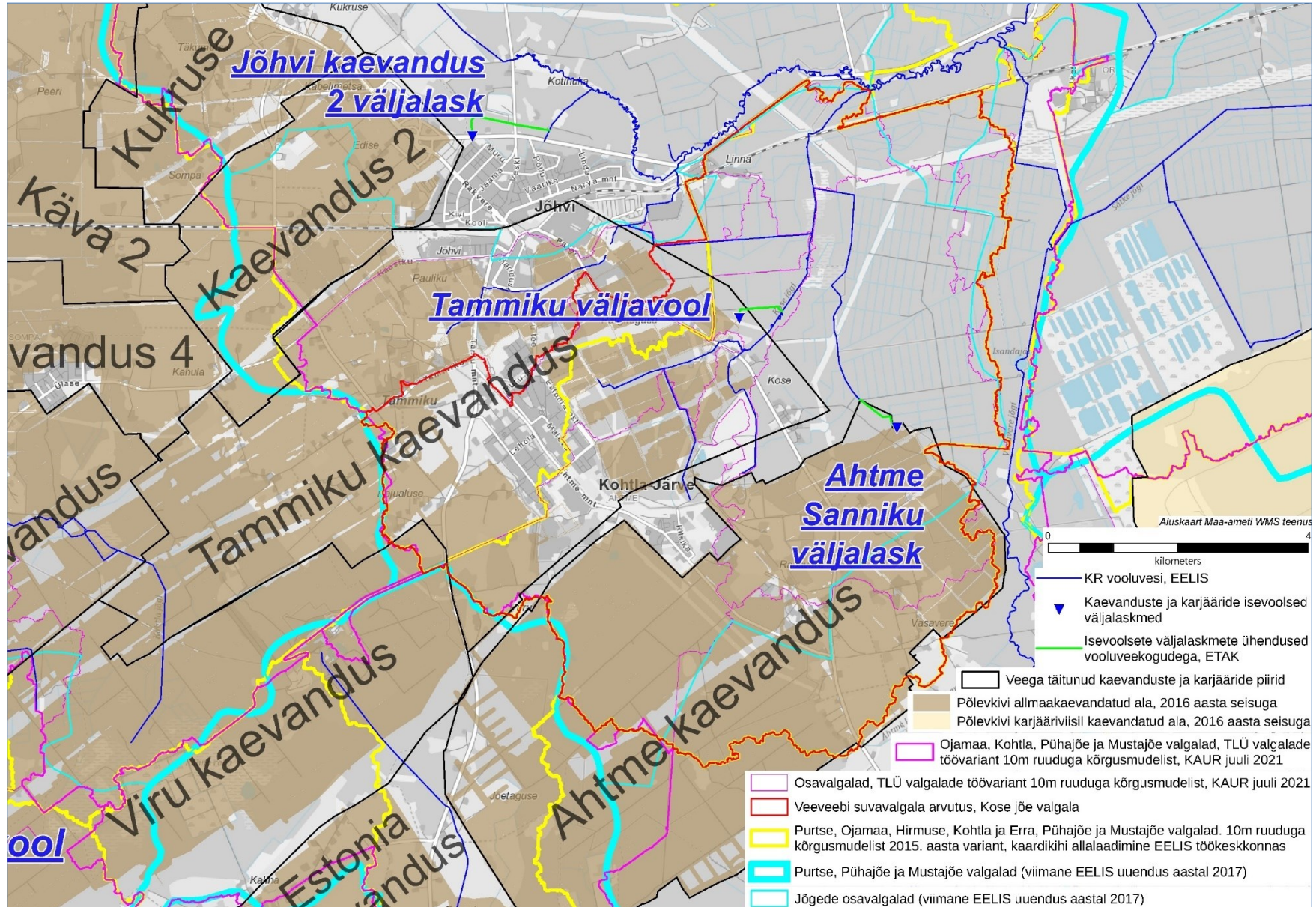
Põlevkivi kaevandatud alade põhjaveevoolu skeemide ja pinnaveele põhjavee mõju kaasajastamiseks on kaevandusvee isevoolsete väljalaskmete vooluhulgad hädavajalikud, nende puudumise korral pole võimalik ka kaevanduste vahelise veebilansi täpsustamine põhjaveemudelites.

Aastal 2018 valminud töö „Virumaa maavarade võimaliku kaevandamise keskkonnamõjud põhja- ja pinnaveele ning maastikule keskkonnageoloogiliste mudelitega analüüsitud koos alternatiivsete leevendusmeetmetega“ käigus koostatud põhjaveemudel põhjavee valgalsid kaevandatud alal ei täpsusta. Kuna Virumaa põhjaveemudelil töömahukas täpsustamine annaks ka vaid kaevandatud alade järjekordse hetkeseisu (kaevandamine jätkub), on tulevikuvaates otstarbekas jätkata pinnaveele olulistes väljalaskmetes veekvaliteedi ja vooluhulkade uuringuid.

Alljärgnevatel peatükkides 2–5 esitatakse isevoolsete väljalaskmete 2019–2020 aastate uuringutulemused kaevandusvee eesvooluks olevate vooluveekogumite kaupa grupeeritult (Toolse jõe, Mustajõe, Pühajõe ja Purtse jõe vesikonnad).

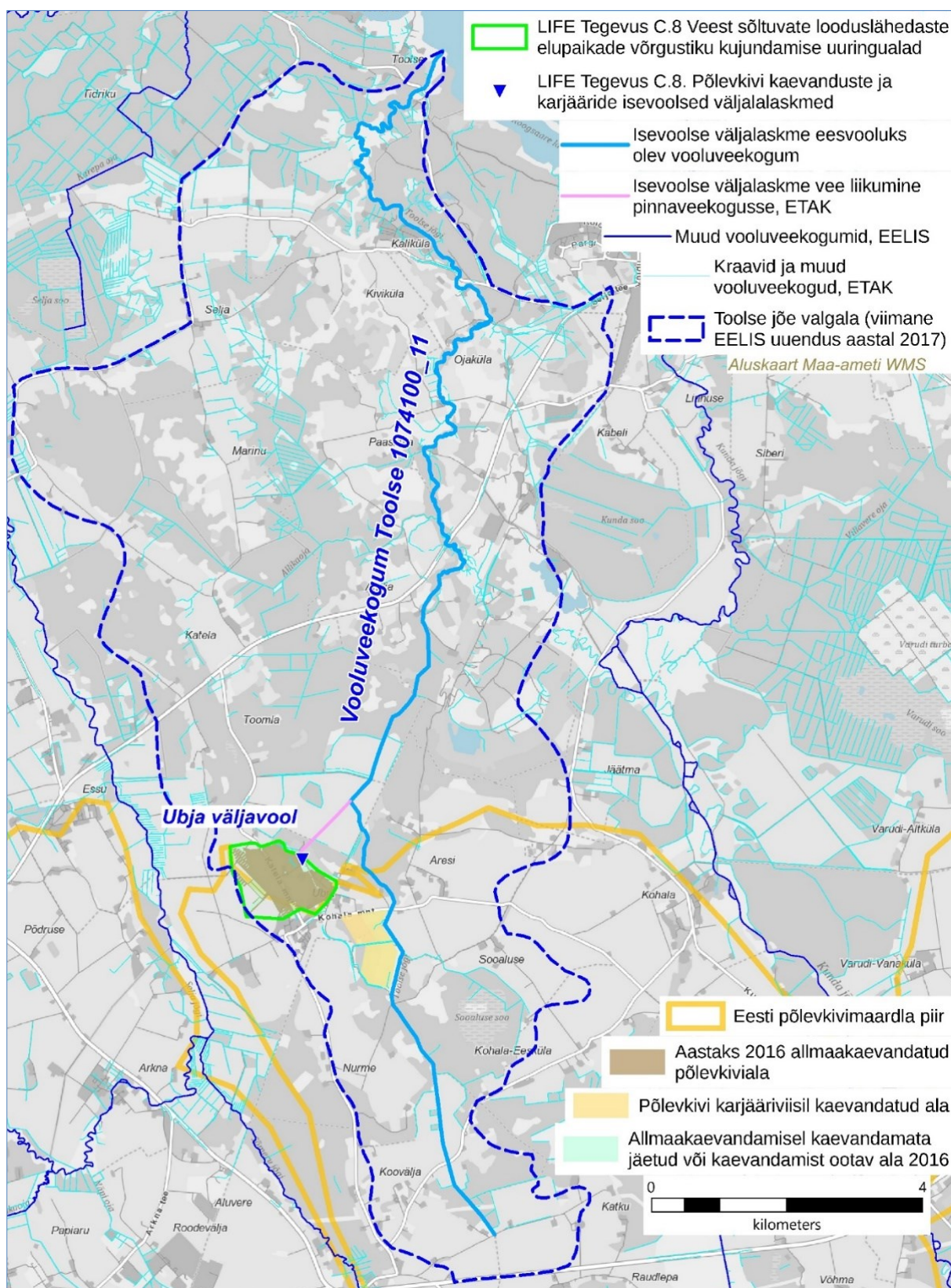


Joonis 6. Kaevanduste ja karjääride isevoolsete väljalaskmete paiknemine erinevatel valgalapindadel.



Joonis 7. Kose jõe valgala erinevate valgalapindade järgi.

2 Toolse jõe vesikond, Ubaja kaevanduse isevoolne väljavool



Joonis 8. Ubaja kaevanduse väljavool Toolse jõe vesikonda (EELIS valgala variant 1, valgala viimane uuendus oli aastal 2017).

Toolse jõe vesikonnas paikneb Ubja põlevkivikaevanduse iseoolne väljavool. Ubja kaevandus (pindalaga *ca* 1 km²) töötas aastatel 1926–1959. Peale kaevanduse täitumist veega hakkas toimuma põhjavee iseoolne väljavool stollist (foto 1).



Foto 1. Ubja kaevandusest voolab põhjavesi välja suletud stollist (seirejaam SJB3506000).

Ubja kaevanduse iseoolse väljalaskme vesi (foto 1, seirejaam SJB3506000, 100% on põhjavesi, vooluhulgad on 19–85 l/s, keskmiselt 61 l/s) jõuab (vaata joonis 8) maaparandussüsteemi Kaevanduse 4 (1107410020040, rajati 1981) eesvooluks olevasse 0.8 km pikkusesse kraavi ja sealt edasi Toolse jõkke (VEE1074100, vooluveekogum Toolse 1074100_1, vooluveekogu tüüp 1B).

Toolse jõe valgala on *ca* 85 km². Väljalaskme põhjavee vooluhulkade ja sademete infiltratsiooni järgi põhjavette iseloomustab Ubja kaevanduse iseoolse väljalaskme vesi ala pindalaga 6–10 km².

Põhjavesi. Ubja kaevanduse iseoolse väljalaskme vesi (seirejaam SJB3506000) Toolse jõkke on suurekaredusega (10–11 mg-ekv/l), elektrijuhtivusega (987–1041 µS/cm) ja sulfaatide sisaldusega (200–240 mg/l) põhjavesi, mille pH on 7.1–7.3.

Kõik analüüsitud põhjavee üldnäitajad⁷ vastavad määrus nr 48⁸ ja määrus nr 61⁹ joogivee piirsisaldustele. Võrreldes teiste üleujutatud karjääride ja kaevanduste väljalaskmete veega on Ubjas nitraatide sisaldus märksa kõrgem (sisaldused 6.7–35 mg/l) johtuvalt Ubja kaevanduse kohal ja ümbruses maa-ala kasutamisest põllumaana. Kaevanduse kohal paiknevatel põldudel on korduvalt tekkinud ka varingaugud (foto2).



Foto 2. Varinguauk Ubja kaevanduse peal oleval põllul.

Analüüsitud raskmetallidest (As, Ba, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Zn, Cu) oli Ubja väljalaskme seitsmest veeproovist kuues baariumi sisaldus (49–74 µg/l) üle määrus nr 39¹⁰ põhjavee künnisarvu (50 µg/l), põhjavee piirarv (7000 µg/l) ületatud ei olnud.

Analüüsitud ohtlike orgaaniliste ühendite (fenoolid, klorofenoolid, BTEX, VOC, PAH, PCB, naftasaadused, tinaorgaanika ja pestitsiidid) sisaldused olid madalad ja enamasti alla labori määramispiiri (kõik analüüsitud fenoolid, BTEX, VOC, PCB ja naftasaadused).

PAH ühenditest leiti 20.11.2019 võetud veeproovis benso(a)püreeni 0.002 µg/l ja 14.04.2020 võetud veeproovis naftaleeni 0.007 µg/l, kuid sisaldused jäid alla põhjavee vastavat künnisarvu ja läviväärtust.

⁷ NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Fe^{üld}, permanganaatne hapnikutarve (PHT), vaba CO₂, üldkaredus, kuivjääk.

⁸ Keskkonnaministri 01.10.2019 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“ (edaspidi määrus nr 48).

⁹ Sotsiaalministri 24.09.2019 määrus nr 61 „Joogivee kvaliteedi- ja kontrollinõuded ning analüüsimeetodid“ (edaspidi määrus nr 61).

¹⁰ Keskkonnaministri 04.09.2019 määrus nr 39 „Ohtlike ainete põhjavee kvaliteedi piirväärtused“ (edaspidi määrus nr 39).

Analüüsitud pestitsiididest leiti Ubja väljalaskme seitsmest veeproovist kahes kloridasooni metaboliiti kloridasoon-desfenüüli (0.05–0.18 µg/l). Veeproovides 17.09.2019 ja 09.03.2020 ületasid sisaldused määrus nr 48 vastavat põhjavee piirväärtust 0.1 µg/l. Metaboliidi lähteaine pestitsiid toimeainega kloridasoon sisaldus oli kõigis veeproovides alla labori määramispiiri 0.005 µg/l. Tõenäoliselt jõuavad kloridasooni metaboliitide jäägid allmaakaevandatud alal kiiresti põhjavette, seal võivad olla teistsugused tingimused nende edasiseks lagunemiseks kui mullas (poolestusaeg mullas <150 päeva¹¹).

Piirväärtus 0.1 µg/l on kehtestatud pestitsiidide toimeainetele, sealhulgas nende asjakohastele¹² metaboliitidele, lagunemis- ja reaktsioonisaadustele.

Pinnavesi. Kui enamuse uuritud kaevandusvee iseoolsete väljalaskmete vees oli nikli sisaldus pinnavee jaoks kõrge, siis Ubjas (SJB3506000) vastas nikli sisaldus (2.4–2.7 µg/l) kõigi proovide vees määruse nr 28¹³ pinnavee aastakeskmisele piirväärtusele (AA-EQS) 4 µg/l.

Seitsmest veeproovist ühes (20.11.2019) ületas benso(a)püreeni sisaldus 0.002 µg/l määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 0.00017 µg/l. Benso(a)püreeni suurim pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 0.27 µg/l ületatud ei olnud.

Teistest analüüsitud pinnaveele ohtlikest ainetest võib esile tuua tinaorgaanika monobutüültina (MBT) ja monooktüültina (MOT) leidumist (sisaldused 0.006-0.055 µg/l) seitsmest veeproovist viies üle labori määramispiiri 0.005 µg/l. Ületatud oli määruse nr 28 prioriteetse ohtliku aine tributüültina ühendid grupiindikaatori (tributüültinakatioon, CAS nr 36643-28-4) maksimaalne piirväärtust pinnavees 0.0015 µg/l.

Ubja väljalaskme põhjavee füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad ($P_{\text{üld}}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, pH, BHT_5) vastavad vooluveekogumite väga hea ökoloogilise seisundiklassi piiridele, kvaliteedinäitaja üldlämmastik (sisaldus 1.9–8.5 mg/l; keskmine 6.3 mg/l) samuti lahustunud hapnik (põhjaveele iseloomulikult madala väärtusega) vastab halvale seisundiklassile.

Arvestades Ubja kaevanduse paiknemist intensiivse põllumajanduse piirkonnas, kaevanduse väikest sügavust ja varingaukude teket põllumaal, kajastab selle väljalaskme vesi ka põllumajanduslikku koormust põhjaveele (lämmastik ja pestitsiidid).

¹¹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720326267#bb0150> S. Hintze et al./Science of the Total Environment 733 (2020) 139109.

¹² Mitteasjakohased metaboliidid on ühendid, millel ei ole pestitsiidseid omadusi ega muid vastuvõetamatuid toksiko-ökoloogilisi omadusi ning neid saaks reguleerida sarnaselt teiste kemikaalidega ning erinevalt pestitsiididest ja nende asjakohastest metaboliitidest.

¹³ Keskkonnaministri 24.07.2019 määrus nr 28 „Prioriteetsete ainete ja prioriteetsete ohtlike ainete nimekiri, prioriteetsete ainete, prioriteetsete ohtlike ainete ja teatavate muude saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused ning nende kohaldamise meetodid, vesikonnaspetsiifiliste saasteainete keskkonna kvaliteedi piirväärtused, ainete jälgimisenimekirjaga seotud tegevused“ (edaspidi määrus nr 28).

3 Mustajõe vesikond Narva põlevkivikarjääri tranšee 13 isevoolne väljavool

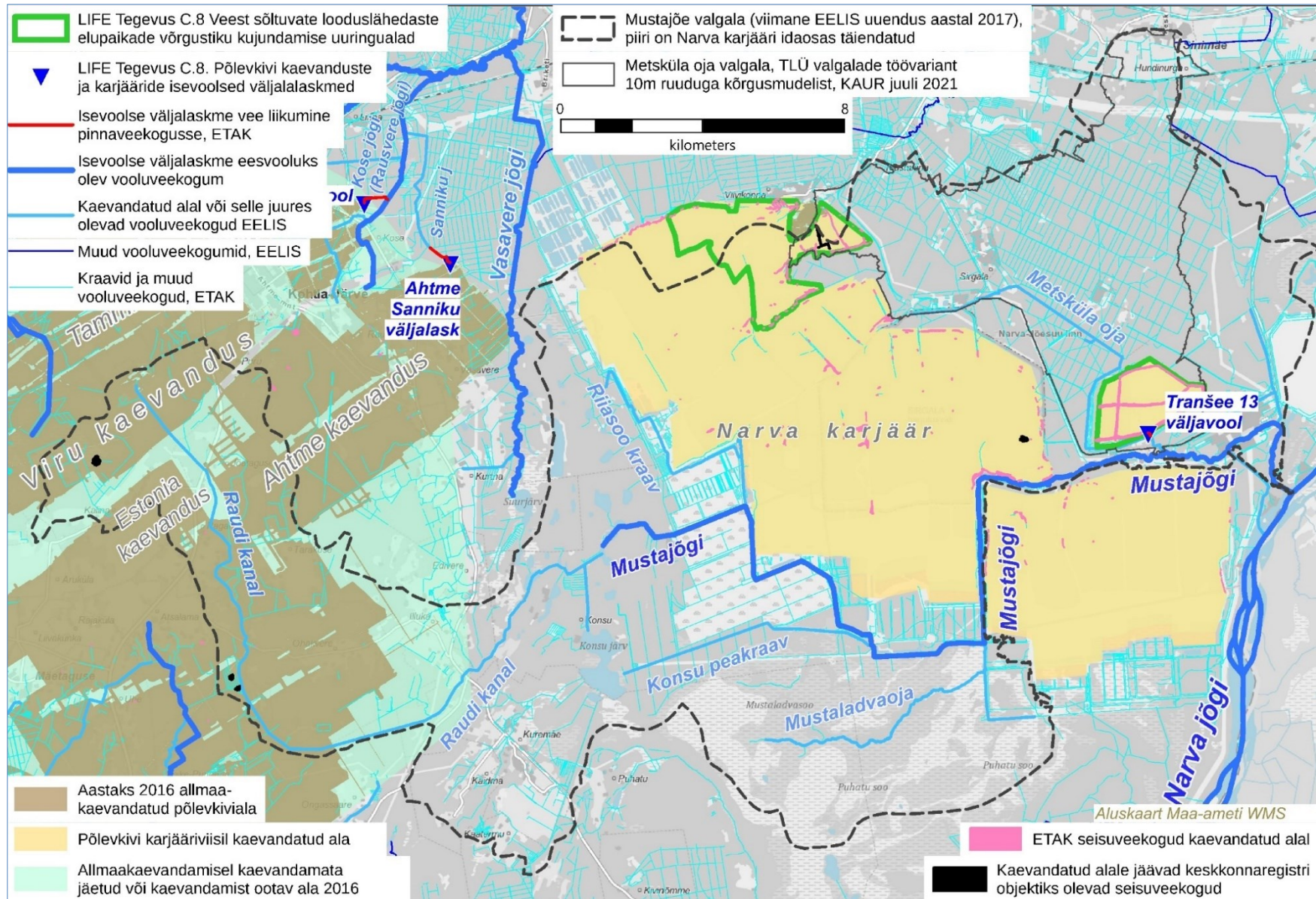
Mustajõe vesikonnas paikneb Narva põlevkivikarjääri tranšee 13 isevoolne väljavool. Narva karjääri tranšee 13 (pindalaga ca 4.4 km²) töötas aastatel 1992–2015, vee väljapumpamine karjäärialalt lõpetati 01.02.2016. a. Karjääri täitumisel veega moodustus väljaveotranšees „Rästikmetsa järv“ mille vesi (seirejaam SJB350000) hakkas rajatud väljavoolukraavi (foto 3) kaudu voolama (vooluhulgad 17–256 l/s, keskmiselt 91 l/s) korrastustöödel alles jätetud settebasseini kraavi ja sealt edasi Metsküla ojasse (VEE1064700). Enne kaevandamist läbis Metsküla oja Narva karjääri tranšee 13 ala põhjast lõunasse, karjääri rajamisel paigutati oja väljaspool mäeeraldist oma praegusesse uude sängi. „Rästikmetsa järv“ toitub peamiselt põhjaveest, põhjavee osakaal moodustab enam kui 60%.



Foto 3. Väljavoolukraav „Rästikmetsa järvest, seirejaam SJB350000.

Metsküla oja suublaks on Mustajõgi VEE1063800, mis moodustab samanimelise vooluveekogumi (kood 1063800_1, tugevalt muudetud vooluveekogu tüüp 1B). Mustajõgi suubub Narva jõkke (VEE1062200). Mustajõe valgala on ca 371 km², sellest on Metsküla oja valgala ca 63 km² (joonisel 9).

Väljavoolava põhjavee vooluhulkade ja sademete infiltratsiooni järgi põhjavette iseloomustab Narva karjääri tranšee 13 isevoolse väljalaskme vesi ala pindalaga 10–14 km².



Joonis 9. Narva karjääri tranšee 13 alal väljaveotranšees moodustunud „Rästikmetsa järve“ vee väljavool Mustajõe vesikonda.

Põhjavesi. Narva põlevkivikarjääri tranšee 13 väljalaskme vesi (seirejaam SJB350000) Metsküla ojasse on suure karedusega (16–18 mg-ekv/l), elektrijuhtivusega (1451–1664 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ja sulfaatide sisaldusega (670–790 mg/l) vesi, mille pH on 8.0–8.3.

Analüüsitud põhjavee üldnäitajatest¹⁴ ületab sulfaatide sisaldus kõigis veeproovides määrus nr 48 vastavat põhjavee läviväärtust (250 mg/l) ja määrus nr 61 vastavat piirsaldust (250 mg/l) joogiveele. Sulfaatide sisaldus on iseloomulikult suur suhteliselt vähe aega veega täitunud olnud põlevkivikarjääridele. Ülejäänud Narva põlevkivikarjääri tranšee 13 väljalaskme vees analüüsitud üldnäitajad vastavad eelpoolnimetatud määruste nõuetele. Keemiline hapnikutarve KHT (permanganaatne, 5.5 mg/l) ületas 10.03.2020 veeproovis määrus nr 61 vastavat joogivee piirsaldust (5 mg/l).

Analüüsitud raskmetallidest (As, Ba, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Zn, Cu) oli Narva põlevkivikarjääri tranšee 13 väljalaskme kõigis seitsmes veeproovis molübdeeni sisaldus (10–13 $\mu\text{g}/\text{l}$) üle määrus nr 39 põhjavee künnisarvu 5 $\mu\text{g}/\text{l}$, põhjavee piirarv (70 $\mu\text{g}/\text{l}$) ületatud ei olnud (pinnaveele Mo piirväärtust pole kehtestatud).

Analüüsitud ohtlike orgaaniliste ühendite (fenoolid, klorofenoolid, BTEX, VOC, PAH, PCB, naftasaadused, tinaorgaanika ja pestitsiidid) sisaldused olid madalad ja enamasti alla labori määramispiiri (kõik analüüsitud fenoolid, BTEX, PCB ja naftasaadused).

Lenduvatest orgaanilistest ühenditest VOC oli 29.05.2019 ja 02.06.2020 veeproovides triklorometaani sisaldused (0.17 $\mu\text{g}/\text{l}$ ja 0.34 $\mu\text{g}/\text{l}$) üle määrus nr 39 põhjavee künnisarvu 0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$. Triklorometaani sisaldused ei ületanud määruse nr 39 põhjavee piirarvu 2 $\mu\text{g}/\text{l}$ ja määruse nr 28 ja pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 2.5 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Analüüsitud PAH ühenditest¹⁵ leiti üle labori määramispiiri naftaleeni 19.11.2019, 15.01.2020 ja 15.04.2020 võetud veeproovides (0.01–0.022 $\mu\text{g}/\text{l}$) ning fenantreeni ning püreeni (0.012 $\mu\text{g}/\text{l}$ ja 0.011 $\mu\text{g}/\text{l}$) 15.04.2020 võetud veeproovis. PAH ühendite sisaldused jäid alla määruse nr 39 põhjavee vastavat künnisarvu ja määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust.

Pestitsiididest oli 15.04.2020 veeproovi vees 1,3,5-triklorobenseeni (0.007 $\mu\text{g}/\text{l}$), sisaldus ei ületanud määrus nr 48 vastava põhjavee piirväärtust 0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$ ja määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust.

Pinnavesi. Kui enamuse uuritud kaevandusvee iseoolsete väljalaskmete vees oli nikli sisaldus pinnavee jaoks kõrge, siis Narva põlevkivikarjääri tranšee 13 väljalaskmes (seirejaam SJB350000) vastas nikli sisaldus kõigi proovide vees (1.4–3.7 $\mu\text{g}/\text{l}$) määruse nr 28 pinnavee aastakeskmisele piirväärtusele (AA-EQS) 4 $\mu\text{g}/\text{l}$. Üle põhjavee künnisarvu leitud molübdeenile pole pinnavees piirväärtust seatud.

Teistest analüüsitud ohtlikest ainetest pinnaveele võib esile tuua tinaorgaanika monooktüültina (MOT) ja tributüültina (TBT) esinemist üle labori määramispiiri (vastavalt 0.005 $\mu\text{g}/\text{l}$ ja 0.001 $\mu\text{g}/\text{l}$) neljas veeproovis viiest. Tributüültina TBT sisaldus (0.009 $\mu\text{g}/\text{l}$) 02.06.2020 võetud veeproovis ületas määruse nr 28 prioriteetse ohtliku aine (CAS nr 36643-28-4) maksimaalsest piirväärtusest pinnavees 0.0015 $\mu\text{g}/\text{l}$. Monooktüültina (MOT)

¹⁴ NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Fe}_{\text{üld}}$, permanganaatne hapnikutarve (PHT), vaba CO_2 , üldkaredus, kuivjääk.

¹⁵ Analüüsiti antratseen, atsenafteen, atsenafüleen, benzo(a)antratseen, benzo(a)püreen, benzo(b)fluoranteeni, benzo(g,h,i)perüleen, benzo(k)fluoranteeni, dibenso(a,h)antratseen, fenantreen, fluoranteeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-cd)püreen, krüseen, naftaleeni ja püreeni.

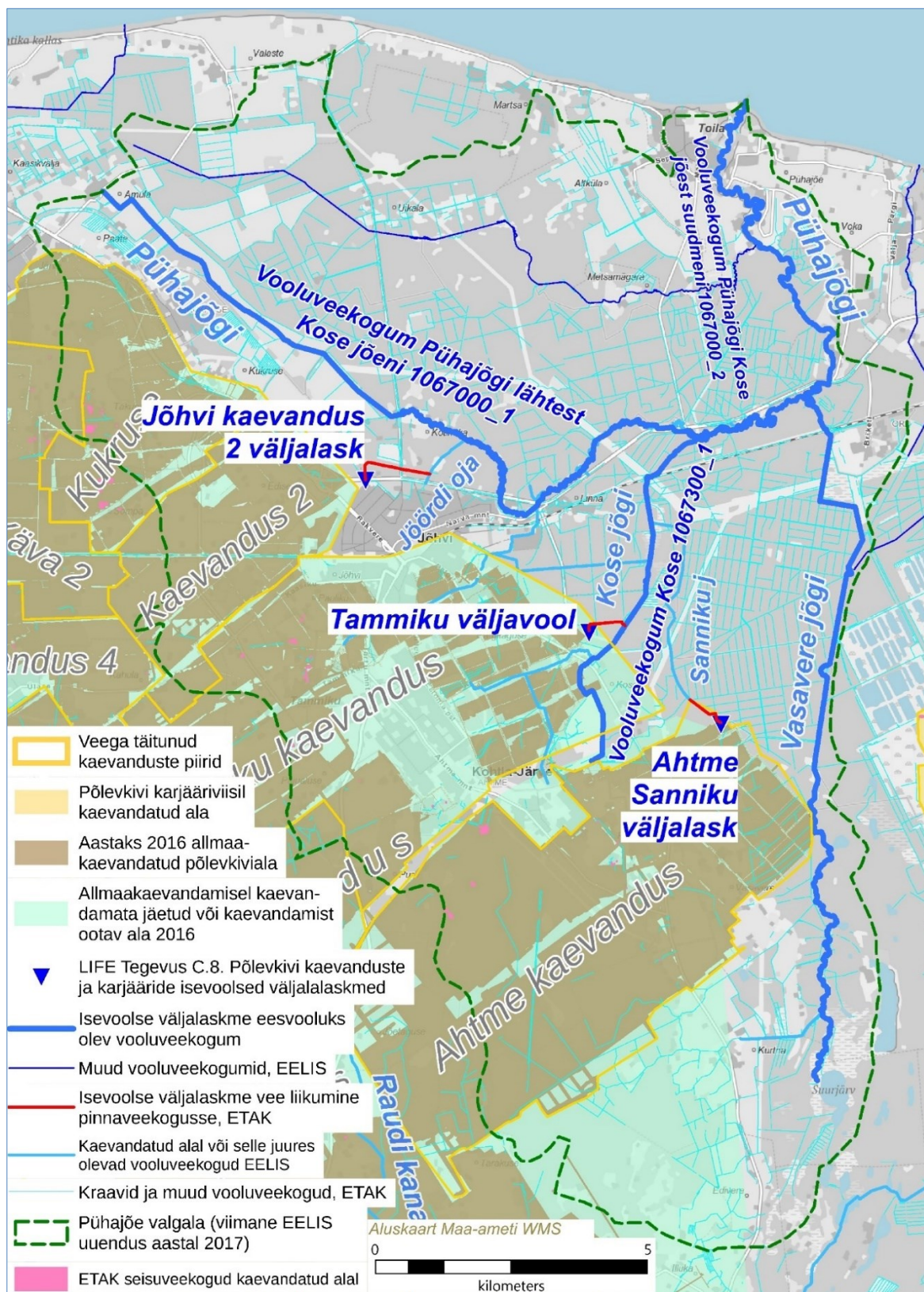
sisaldused (0.018–0.046 µg/l) ületasid määruse nr 28 prioriteetse ohtliku aine tributüültina ühendid grupiindikaatori (tributüültina, CAS nr 36643-28-4) maksimaalsest piirväärtusest pinnavees 0.0015 µg/l.

Narva põlevkivikarjääri tranšee 13 väljalaskme vee füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad ($N_{\text{üld}}$, $P_{\text{üld}}$, NH_4-N , pH, BHT_5) vastavad vooluveekogumite väga hea ökoloogilise seisundiklassi piiridele, s.h lahustunud hapniku küllastusaste (väljavool toimub pindmisest veekihi).

Vees olevate toiteainete sisaldused on madalad. Narva karjääri tranšee 13 alal ja selle ümbruses pole põllumajandust.

4 Pühajõe vesikonna kaevandusvee isevoolsed väljalaskmed

Pühajõe vesikonnas paiknevad põlevkivikaevanduste Ahtme, Tammiku ja Kaevandus 2 isevoolsed väljalaskmed.



Joonis 10. Pühajõe vesikonna kaevandusvee isevoolsed väljalaskmed.

4.1 Jõhvi Kaevandus 2 väljalask

Põlevkivi Kaevandus 2 (pindalaga ca 12 km², sellest kaevandatud ala 11 km²) töötas aastatel 1949–1974. Seejärel täitusid kaevanduskäigud põhjaveega ja johtuvalt 2003 augusti alguse paduvihmadest (ööpäevaga ca 100 mm sademeid) ja sellele järgnenud üleujutustest tungis Kaevandus 2 vesi Jõhvi linna madalamates kohtades keldritesse ja maapinnale, põhjustades üleujutusi. Veetaseme tõus Kaevanduses 2 oli augustis 2003 ca 3 meetrit [14].

Üleujutusele järgnenud Ida-Virumaa piirkonna liigvete projekt II etapi tööde käigus rajati Jõhvi üleujutuste ärahoidmiseks regulaatorpuuraukudega sifoontorude paar hoidmaks Kaevandus 2 maksimumveetasel allpool absoluutkõrgust ca 52 m. Kuna Kaevandus 2-ga külgnevas Tammiku kaevanduses veetase reguleerus Tammiku väljalaskme töö tulemusena absoluutkõrgusele ca 47 m, voolab osa Kaevandus 2 vett Tammiku kaevandusse ja Jõhvi Kaevandus 2 väljalask töötab sifoona väga harva. Aastatest 2011 ja 2012 on teada aastakeskmised vooluhulgad 47 l/s ja 8 l/s, väljalaskme veeproovide osas varasem teave puudub. Keskkonnaametil ja kohalikul omavalitsusel kaasaegsemat teavet selle väljalasu tööst ei ole (ümberjuhitav põhjavesi väljalasust HVL0441770, IV177, veeluba L.VV/330444).



Foto 4. Jõhvi Kaevandus 2 väljalaskme torupaar nimetusse kraavi Tallinn-Narva maantee ääres.

Jõhvi Kaevandus 2 väljalaskme vesi (foto 4, seirejaam SJB3495000, 100% on põhjavesi, vooluhulgad 0.1–41.7 l/s, keskmiselt 10 l/s) voolab nimetu ETAK-is oleva kraavi kaudu Jõõrdi ojasse (VEE1067100) ja sealt edasi Pühajõkke (VEE1067000).

Kaevandus 2 vesi jõuab Pühajõe vooluveekogumisse Pühajõgi lähtest Kose jõeni (1067000_1, vooluveekogu tüüp 1B). Kaevandus 2 väljalaskmest voolava põhjavee mõju Pühajõeale on praeguste väga väikeste veekoguste tõttu ebaoluline.

Põhjavesi. Jõhvi Kaevandus 2 väljalaskme vesi (seirejaam SJB3495000) Jööri ojasse on suure karedusega (9.6–14 mg-ekv/l), elektrijuhtivusega (1144–2150 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ja sulfaatide sisaldusega (240–510 mg/l) põhjavesi, mille pH on 6.9-7.1.

Analüüsitud põhjavee üldnäitajatest¹⁶ ületas sulfaatide sisaldus 15.04.2020 võetud veeproovis määrus nr 48 vastavat põhjavee läviväärtust (250 mg/l) ja määrus nr 61 vastavat piirsaldust (250 mg/l) joogiveele. Kõik ülejäänud Jõhvi Kaevandus 2 väljalaskme põhjavees analüüsitud üldnäitajad vastavad eelpoolnimetatud määruste nõuetele. Vee koostis on muutlik johtudes ilmselt väljalaskme töötamise suurest muutlikkusest.

Analüüsitud raskmetallide (As, Ba, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Zn, Cu) sisaldused Kaevandus 2 väljalaskme vees olid kõik alla määrus nr 39 põhjavee vastavaid künnisarve.

Põhjavees analüüsitud ohtlike orgaaniliste ühendite (fenoolid, klorofenoolid, BTEX, VOC, PAH, PCB, naftasaadused, tinaorgaanika ja pestitsiidid) sisaldused olid madalad ja enamasti alla labori määramispiiri (kõik analüüsitud fenoolid, BTEX, VOC, PCB, naftasaadused ja pestitsiidid).

PAH ühenditest oli 23.04.2019 veeproovis püreeni 0.005 $\mu\text{g}/\text{l}$ ja 20.11.2019 võetud veeproovis benzo(a)püreeni 0.002 $\mu\text{g}/\text{l}$, kuid sisaldused jäid alla põhjavee vastavat künnisarvu ja läviväärtust.

Pinnavesi. Jõhvi Kaevandus 2 väljalaskme vees (seirejaam SJB3495000) ületas viiest proovist ühes nikli sisaldus (2.1–5.3 $\mu\text{g}/\text{l}$) määruse nr 28 pinnavee nikli aastakeskmise piirväärtus (AA-EQS) 4 $\mu\text{g}/\text{l}$. Nikli suurim pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 34 $\mu\text{g}/\text{l}$ ületatud ei olnud.

Plii sisaldus (0.25-2 $\mu\text{g}/\text{l}$) ületas 15.04.2020 veeproovis määruse nr 28 pinnavee plii aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 1.2 $\mu\text{g}/\text{l}$. Plii suurim pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 14 $\mu\text{g}/\text{l}$ ületatud ei olnud.

20.11.2019 võetud veeproovi benzo(a)püreeni sisaldus 0.002 $\mu\text{g}/\text{l}$ ületas määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 0.00017 $\mu\text{g}/\text{l}$. Benzo(a)püreeni suurim pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 0.27 $\mu\text{g}/\text{l}$ ületatud ei olnud.

Teistest analüüsitud pinnaveele ohtlikest ainetest võib esile tuua tinaorgaanika monooktüültina (MOT) katiooni (0.032–0.08 $\mu\text{g}/\text{l}$) esinemist neljas veeproovis viiest üle määruse nr 28 prioriteetse ohtliku aine tributüültina ühendid grupiindikaatori (tributüültinakation, CAS nr 36643-28-4) maksimaalset piirväärtust pinnavees 0.0015 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Jõhvi Kaevandus 2 väljalaskme põhjavee füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad ($P_{\text{üld}}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, pH) vastavad vooluveekogumite väga hea ökoloogilise seisundiklassi piiridele.

Üldlämmastiku sisalduse 0.79–4.1 mg/l järgi vastaks vesi enamuse proovide järgi kesisele veeklassile, biokeemilise hapnikutarve BHT_5 osas oli 23.04.2019 veeproovis (3.9 mg O_2/l) ületatud hea kvaliteediklassi näitaja (3.5 mg O_2/l). Iseloomulikult põhjaveele on väljalaskme vees ka lahustunud hapniku küllastusaste madal.

Kaevandus 2 väljalaskmest põhjaveele on analüüside järgi omane veekvaliteedi suur muutlikkus, väljavoolava põhjavee mõju Pühajõe on ebaoluline väga väikeste veekoguste tõttu.

¹⁶ NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Fe}_{\text{üld}}$, permanganaatne hapnikutarve (PHT), vaba CO_2 , üldkaredus, kuivjääk.

4.2 Tammiku väljavool

Tammiku kaevandus (pindalaga ca 40 km², sellest kaevandatud ala 19.3 km²) töötas aastatel 1951–1999. Seejärel täitusid kaevanduskäigud põhjaveega ja johtuvalt 2003 augusti alguse paduvihmadest (ööpäevaga ca 100 mm sademeid) ja tungis vesi kaevanduskäigu varingu järel Kose külas maapinnale (foto 5) ujutades üle sealset metsaala ja tuli rajada uus kraav varingukohast lähima metsakuivenduse kraavini.



Foto 5. Tammiku väljavool metsakuivenduskraavi 2003 aasta lõpus [21].

Väljavoolukraavi ühes eesvooluks oleva metsakuivenduse kraaviga on hiljem veelgi süvendatud eesmärgil alandata veetaset veega täitunud Tammiku kaevanduses ja vähendades seeläbi üleujutusohu Jõhvi linnale. Tammiku kaevanduse piisavalt madala veetaseme juures liigub osa veega täitunud Kaevandus 2 veest Tammiku kaevandusse.



Foto 6. Tammiku varingukoht 2004 aasta alguses, veetase on vähemalt meetri võrra alanenud.

Kose varingukohast väljavoolav põhjavesi (seirejaam SJB3504000, 100% põhjavesi, vooluhulgad 76–1289 l/s, keskmiselt 444 l/s) voolab nimetu kraaviga metsakuivenduse Linnaküla/ TTP-495 Kose kuivenduskraavi, mille eesvooluks on Kose jõgi (VEE1067300) ja seejärel Pühajõgi (VEE1067000).

Tammiku veega täitunud kaevanduse vesi voolab Kose jõe vooluveekogumisse Kose 1067300_1 (tugevalt muudetud vooluveekogu veemajanduskavas toodud ettepaneku järgi, tüüp 1B) ja Pühajõel vooluveekogumisse Pühajõgi Kose jõest suudmeni 1067000_2 (vooluveekogu tüüp 2B).



Foto 7. Tammiku kaevandusest väljavoolav vesi metsakuivenduskraavis (2019 aprillis).

Tammiku isevoolse väljalaskme veeproovis 12.04.2005 oli sulfaadi sisaldus 396 mg/l, elektri juhtivus 1310 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ja nikli sisaldus 9 $\mu\text{g}/\text{l}$ [7].

Tammiku kaevanduse varingukohast on teada varasemad vooluhulkade mõõtmised 20.04.2005 (488 l/s), 03.05.2005 (81 l/s), 16.06.2005 (472 l/s), 01.06.2005 (379 l/s) ja Tammiku kaevanduse aastakeskmiseks äravooluks on prognoositud 380 l/s [14].

Lisaks Kose varinguaugust väljavoolavale veele on teada, et Viru vangla territooriumil Tammiku kaevandusest pärinev paekihtide vahelt kiilduv põhjavesi (ca 10 l/s) juhitakse vanglas rajatud kuivendussüsteemi abil Tammiku kraavi, mis suubub Pühajõkke Jõhvi linna juures [35].

Pühajõe valgala pindala on ca 220 km² ja sellest on Kose jõe valgala ca 71 km², kuid see võib olla ka veidi erinev johtuvalt veega täitunud allmaakaevanduste ulatumisest tinglikest valgalapiiridest väljapoole.

Suubumisel Pühajõkke koosneb Kose jõe (valgala 71 km²) vesi enam kui 90% osas Tammiku ja Ahtme isevoolsete väljalaskmete põhjaveest. Veemajanduskavas on ettepanek käsitleda Kose vooluveekogumit tugevalt muudetud vooluveekogumina, vooluveekogum Kose jõel võib olla ka mittevajalik johtuvalt isevoolsete väljalaskmete vee suurest osakaalust.

Väljavoolava põhjavee vooluhulga ja sademete infiltratsiooni järgi põhjavette iseloomustab Tammiku isevoolse väljalaskme vesi ala pindalaga 47–56 km², seejuures prognooside järgi suurenes vooluhulk peale Viru kaevanduse veega täitumist.

Põhjavesi. Tammiku väljalaskme vesi (seirejaam SJB3504000) Kose jõkke on suure karedusega (11–13 mg-ekv/l), elektrijuhtivusega (1085–1215 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ja sulfaatide sisaldusega (280–300 mg/l) põhjavesi, mille pH on 6.9–7.2.

Analüüsitud põhjavee üldnäitajatest¹⁷ ületab sulfaatide sisaldus kõigis veeproovides määrus nr 48 vastavat põhjavee läviväärtust (250 mg/l) ja määrus nr 61 vastavat piirsaldust (250 mg/l) joogiveele. Võrreldes varasema veeprooviga (12.04.2005) on sulfaatide sisaldus väljalaskme vees märgatavalt vähenenud. Ülejäänud Tammiku väljalaskme vee analüüsitud üldnäitajad vastavad eelpoolnimetatud määruste nõuetele.

Analüüsitud raskmetallide (As, Ba, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Zn, Cu) sisaldused Tammiku väljalaskme vees olid kõik alla määrus nr 39 põhjavee künnisarve.

Analüüsitud ohtlike orgaaniliste ühendite (fenoolid, klorofenoolid, BTEX, VOC, PAH, PCB, naftasaadused, tinaorgaanika ja pestitsiidid) sisaldused olid madalad ja enamasti alla labori määramispiiri (kõik analüüsitud fenoolid, BTEX, PCB ja naftasaadused).

Lenduvatest orgaanilistest ühenditest VOC oli 02.06.2020 veeproovis diklorometaani sisaldus 0.43 $\mu\text{g}/\text{l}$, sisaldus ei ületanud määrus nr 28 pinnavee piirväärtust (põhjavees pole diklorometaanile piirväärtusi seatud).

PAH ühenditest oli 17.09.2019 võetud veeproovis benso(k)fluoranteeni 0.002 $\mu\text{g}/\text{l}$ ja 15.04.2020 võetud veeproovis fenantreeni 0.016 $\mu\text{g}/\text{l}$, naftaleeni 0.013 $\mu\text{g}/\text{l}$ ning püreeni 0.006 $\mu\text{g}/\text{l}$. PAH ühendite sisaldused jäid alla põhjavee vastavat künnisarvu ja läviväärtust ning alla määrus nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust.

Analüüsitud pestitsiididest oli Tammiku väljalaskme vees 1,3,5-triklorobenseeni 15.04.2020 ja 26.08.2020 võetud veeproovides. Sisaldused 0.03 $\mu\text{g}/\text{l}$ ja 0.021 $\mu\text{g}/\text{l}$ jäid alla määrus nr 48 vastavat põhjavee piirväärtust 0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$ ja määrus nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 0.4 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Pinnavesi. Tammiku isevoolse väljalaskme vees (seirejaam SJB3504000) ületas kaheksast proovist neljas nikli sisaldus (3.7–4.6 $\mu\text{g}/\text{l}$) määrus nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 4 $\mu\text{g}/\text{l}$. Nikli suurim pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 34 $\mu\text{g}/\text{l}$ ületatud ei olnud.

Nikli sisaldus 9 $\mu\text{g}/\text{l}$ 12.04.2005 võetud veeproovis viitab nikli sisalduse võimalikule vähenemisele aja jooksul¹⁸, kui vähenemine on seotud püriidi oksüdeerumisega sarnase protsessiga (püriidi oksüdeerumisest johtuv sulfaatide sisaldus on väljalaskme vees aja jooksul vähenenud).

Teistest analüüsitud ohtlikest ainetest pinnaveele võib esile tuua tinaorgaanika monooktüültina (MOT) esinemist kaheksast veeproovist viies (sisaldused 0.015–0.029 $\mu\text{g}/\text{l}$) üle labori määramispiiri (0.005 $\mu\text{g}/\text{l}$) ja määrus nr 28 prioriteetse ohtliku aine tributüültina ühendid grupiindikaatori (tributüültinakatioon, CAS nr 36643-28-4) maksimaalset piirväärtust pinnavees 0.0015 $\mu\text{g}/\text{l}$.

¹⁷ NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Feüld, permanganaatne hapnikutarve (PHT), vaba CO_2 , üldkaredus, kuivjääk.

¹⁸ 12.04.2005 veeproovi analüüsitulemuste järgi on ka tsingi sisaldus tänaseks kordades vähenenud.

Tammiku väljalaskme põhjavee füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad ($N_{\text{üld}}$, $P_{\text{üld}}$, NH_4-N , pH, BHT_5) vastavad vooluveekogumite väga hea ökoloogilise seisundiklassi piiridele, v.a lahustunud hapniku küllastusaste, mis on põhjaveele iseloomulikult madal.

Nikli esinemine Tammiku väljalaskme vees, veidi üle määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust $4 \mu\text{g/l}$, annab oma osa Kose jõe niklikoormusesse. Kuna piirkonna kaevandatud alal moodustunud põhjavees on nikli sisaldus valdavalt üle $4 \mu\text{g/l}$, pole välistatud, et Kose 1067300_1 vooluveekogumis võib periooditi olla ületatud ka pinnavee aastakeskmise nikli piirväärtus (AA-EQS) $4 \mu\text{g/l}$. Aastakeskmise piirväärtuse ületamised on tõenäolisemad kuival ajal kui puudub juurdevool metsakuivenduse kraavidest.

4.3 Ahtme Sanniku väljalask

Ahtme kaevandus (ammendatud ala pindala on 33.4 km²) töötas aastatel 1948–2002 [9]. Seejärel täitusid kaevanduskäigud põhjaveega ja sulfaadirikka põhjavee liikumise takistamiseks Vasavere veehaarde poole rajati aastal 2005 Sanniku jõe lähedusse ülevoolu kolm ülevoolavat puurauku (katastri nr 21106, 21107, 21108, fotol 8) hoidmaks veetaset kaevanduses absoluutkõrgusel 42.0–43.5 m. Ahtme kaevanduse liigvee ärajuhtimiseks on neile puuraukudele ka omistatud keskkonnaloa L.VV/328395 järgne kood IV159 (keskkonna- registri kood HVL0441590).



Foto 8. Ahtme kaevanduse põhjavesi voolab kolmest puuraugust (seirejaam SJB3491000) maapinnale.

Puuraukudest väljavoolav põhjavesi (foto 8, seirejaam SJB3491000, 100% põhjavesi, vooluhulgad 30–832 l/s, keskmiselt 351 l/s) voolab spetsiaalselt rajatud nimetu kraavi kaudu metsakuivenduse Väravsaare/TTP-5 kraavi. Metsakuivenduse kraavi eesvooluks on Sanniku jõgi (VEE1067600, ka Sanniku oja), seejärel Kose jõgi (VEE1067300) ja Pühajõgi (VEE1067000). Ahtme kaevanduse vesi voolab Kose jõe vooluveekogumisse 1067300_1 (tugevalt muudetud vooluveekogu veemajanduskavas toodud ettepaneku järgi, tüüp 1B) ja jõuab seejärel Pühajõe vooluveekogumisse Pühajõgi Kose jõest suudmeni 1067000_2 (vooluveekogu tüüp 2B).

Ahtme põhjaveevaru aruande [9] järgi on käesoleva aruande seisukohast olulistest veele iseloomulikest näitajatest teada sulfaatide sisaldus 400–470 mg/l ja nikli sisaldus < 5 µg/l (11.08.2009 ja 05.08.2009 võetud veeproovid Ahtme kaevanduse puurkaev katastri nr 25622 järgi).

Üksikutes puurkaev nr 25622 veeproovides esines aastal 2009 ka fenoole (1.3–12.4 µg/l) ja naftasaadusi (20–60 µg/l) [9]. 30.03.2005 Ahtme Sanniku isevoolest väljalaskmest võetud veeproovis oli sulfaatide sisaldus 870 mg/l, elektrijuhtivus 1900 µS/cm ja nikli sisaldus 15 µg/l [7].

Ahtme Sanniku väljalaskme puuraugust katastri nr 21108 võetud veeproovide sulfaatide sisaldus on olnud muutlik, kuid aja jooksul vähenemise trend on ilmne (sulfaatide sisaldus: 01.04.2005 954 mg/l; 01.11.2005 801 mg/l; 23.11.2006 740 mg/l; 10.04.2007 1016 mg/l; 07.11.2007 689 mg/l; 23.10.2008 604 mg/l, 09.11.2010 432 mg/l ja 22.11.2011 441mg/l).

Ahtme Sanniku väljalaskmes 01.06.2005 tehtud mõõtmine andis vooluhulgaks 668 l/s [14]. Eesti Geoloogiakeskuse poolt ajavahemikul aprill–oktoober 2010 tehti kokku 9 vooluhulga mõõtmist (125–1988 l/s, keskmine 840 l/s) [9]. Aasta 2010 oli sademete poolest Jõhvi ilmajaama andmetel vaid veidi üle pikaajalise keskmise (704 mm). Oma osa praegusest ligi kaks korda suuremates vooluhulkades on asjaolul, et mõõteperiood ei hõlmanud talveaega.

Pühajõe valgala pindala on ca 220 km² ja sellest on Kose jõe valgala ca 71 km², kuid see võib olla ka veidi erinev johtuvalt veega täitunud allmaakaevanduste ulatumisest tinglikest valgalapiiridest kaugemale.

Väljavoolava põhjavee vooluhulkade ja sademete infiltratsiooni järgi põhjavette iseloomustab Ahtme Sanniku väljalaskme vesi ala pindalaga 37–44 km². Seejuures, johtuvalt Estonia kaevanduse lähenemisest (osa Ahtme vett liigub Estonia kaevandusse), on prognoositud puuraukudest väljavoolava vooluhulga vähenemist [9].



Foto 9. Sanniku jõgi ca 700 m allavoolu Ahtme Sanniku väljalasku.

Suubumisel Pühajõkke koosneb Kose jõe (valgala 71 km²) vesi enam kui 90% osas Tammiku ja Ahtme kaevanduste isevoolsete väljalaskmete põhjaveest. Veemajanduskavas on ettepanek käsitleda Kose vooluveekogumit tugevalt muudetud vooluveekogumina, vooluveekogum Kose jõel võib olla ka mittevajalik johtuvalt isevoolsete väljalaskmete vee suurest osakaalust (enam kui 90%).

Põhjavesi. Ahtme Sanniku väljalaskme vesi (seirejaam SJB3491000) Sanniku jõkke on suure karedusega (11–13 mg-ekv/l), elektrijuhtivusega (1020–1133 µS/cm) ja sulfaatide sisaldusega (230–300 mg/l) põhjavesi, mille pH on 7.0–7.2.

Analüüsitud põhjavee üldnäitajatest¹⁹ ületab keemiline hapnikutarve KHT (permanganaatne, 3.4–7.5 mg/l) kolmes veeproovis määrus nr 61 vastavat joogivee piirsaldust (5 mg/l).

Sulfaatide sisaldus ületab kuues veeproovis kaheksast määrus nr 48 vastavat põhjavee läviväärtust (250 mg/l) ja nr 61 vastavat piirsaldust (250 mg/l) joogiveele.

Võrreldes varasemate aastate veeproovidena on sulfaatide sisaldus Ahtme Sanniku väljalaskme vees tänaseks kordades vähenenud. Ülejäänud Ahtme Sanniku väljalaskme vee analüüsitud üldnäitajad vastavad eelpoolnimetatud määruste nõuetele.

Analüüsitud raskmetallidest (As, Ba, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Zn, Cu) oli Ahtme Sanniku väljalaskme kahes veeproovis kaheksast baariumi sisaldus (sisaldused 34–66 µg/l) üle määrus nr 39 põhjavee künnisarvu (50 µg/l), põhjavee piirarv (7000 µg/l) ületatud ei olnud.

Analüüsitud ohtlike orgaaniliste ühendite (fenoolid, klorofenoolid, BTEX, VOC, PAH, PCB, naftasaadused, tinaorgaanika ja pestitsiidid) sisaldused olid madalad ja enamasti alla labori määramispiiri (kõik analüüsitud fenoolid, PCB, naftasaadused ja pestitsiidid).

02.06.2020 võetud veeproovis leiti BTEX ühenditest m/p-ksüleen 0.19 µg/l, sisaldus jäi alla määrus nr 39 põhjavee künnisarvu 0.5 µg/l ja määrus nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 5 µg/l.

Lenduvatest orgaanilistest ühenditest VOC oli vees trikloroeteeni (trikloroetüleen) 0.18 µg/l (02.06.2020) ja 0.12 µg/l (09.03.2020) ning tetrakloroeteeni (perkloroeteen) 0.12 µg/l (09.03.2020). Sisaldused jäid alla määrus nr 39 põhjavee künnisarvu (vastavalt 0.5 µg/l ja 1 µg/l) ja alla määrus nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 10 µg/l.

PAH ühendeid oli vaid 15.04.2020 võetud veeproovis (fenantreen 0.015 µg/l ja naftaleen 0.009 µg/l) üle labori määramispiiri, kuid sisaldused jäid alla põhjavee vastavat künnisarvu ja läviväärtust ning alla määrus nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust.

Pinnavesi. Ahtme Sanniku väljalaskme SJB3491000 vees ületas kaheksast proovist kuues nikli sisaldus (3.6–5.5 µg/l) määrus nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 4 µg/l. Nikli suurim pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 34 µg/l ületatud ei olnud.

Nikli sisaldus 15 µg/l 30.03.2005 võetud veeproovis viitab nikli sisalduse võimalikule vähenemisele aja jooksul, kui vähenemine on seotud püriidi oksüdeerumisega sarnase protsessiga (püriidi oksüdeerumisest johtuv sulfaatide sisaldus on väljalaskme vees aja jooksul kordades vähenenud).

Teistest analüüsitud ohtlikest ainetest pinnaveele võib esile tuua tinaorgaanika monooktüültina (MOT) esinemist üle labori määramispiiri (0.005 µg/l) 19.11.2019, 15.01.2020

¹⁹ NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Fe_{üld}, permanganaatne hapnikutarve (PHT), vaba CO₂, üldkaredus, kuivjääk.

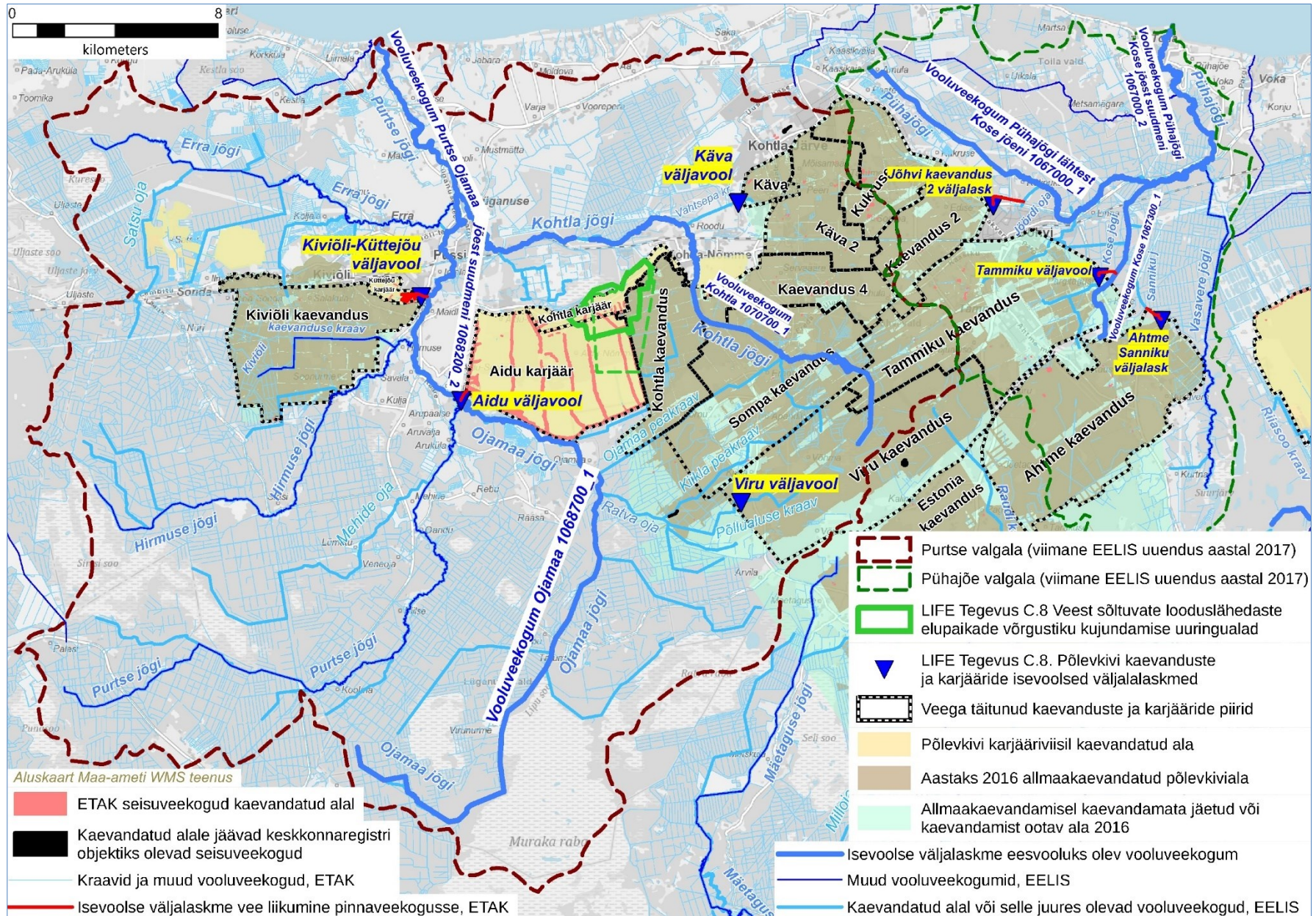
ja 15.04.2020 võetud veeproovides. Sisaldused on suuremad määruse nr 28 prioriteetse ohtliku aine tributüültina ühendid grupiindikaatori (tributüültinakatioon, CAS nr 36643-28-4) maksimaalsest piirväärtusest pinnavees 0.0015 µg/l.

Ahtme Sanniku väljalaskme põhjavee füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad ($N_{\text{üld}}$, $P_{\text{üld}}$, NH_4-N , pH, BHT_5) vastavad vooluveekogumite väga hea ökoloogilise seisundiklassi piiridele, v.a lahustunud hapniku küllastusaste, mis on põhjaveele iseloomulikult madal.

Nikli esinemine Ahtme Sanniku väljalaskme vees veidi üle määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust 4 µg/l annab oma osa Sanniku jõe ja selle suublaks oleva Kose jõe niklikoormusesse. Kuna piirkonna kaevandatud alal moodustunud põhjavees on nikli sisaldus valdavalt üle 4 µg/l on võimalik, pole välistatud, et Sanniku jões ja Kose 1067300_1 vooluveekogumis võib periooditi olla ületatud ka pinnavee aastakeskmise nikli piirväärtus (AA-EQS) 4 µg/l. Aastakeskmise piirväärtuse ületamised on tõenäolisemad kuival ajal, kui puudub juurdevool metsakuivenduse kraavidest.

5 Purtse jõe vesikonna kaevandusvee isevoolsed väljalaskmed

Pühajõe vesikonnaga külgnevas Purtse jõe vesikonnas paiknevad Käva ja Viru põlevkivikaevanduste, Kiviõli põlevkivikaevandus+Küttejõu karjäär ning Aidu põlevkivikarjääri isevoolsed väljalaskmed.



Joonis 11. Purtsi jõe vesikonna isevooldes väljalaskmed saavad veega täitunud kaevanduste (Kukuruse, Kaevandus 2) kaudu osa vett ka Pühajõe vesikonnast.

5.1 Käva väljavool

Käva kaevandus (pindalaga ca 3 km²) töötas aastatel 1925–1945. Sealsamas kõrval töötas Käva 2 kaevandus aastatel 1924–1973 (pindala ca 14.4 km², sellest kaevandatud ala ca 14 km²). Käva kaevandused külgnevad Kukruse kaevandusega (töötas 1921–1967, 13 km²) ja kaevandusega nr 4 (töötas 1953–1975, 13 km²). Kaevanduste töö lõppedes täitusid kaevanduskäigud veega (Kukruse kaevanduses kohati vaid osaliselt, on kaevanduskäike, milles on vett vaid põhjas) ja põhjavesi hakkas Käva kaevanduse stollidest ja väljaveostrekkidest voolama Vahtsepa kraavi kaudu Kohtla jõkke. Käva väljavool iseloomustab seega mitme kaevanduse alal moodustunud põhjavett.



Foto 10. Käva väljavool on Vahtsepa kraavi alguseks.

Väljavool toimub pindalalise väljavooluna Käva kaevanduse stollidest ja väljaveostrekkidest.

Kuna ühte konkreetset väljavoolukohta ei ole, tehakse Käva vooluhulga mõõtmine ja veeproovide võtmine raudteesilla juures (seirejaam SJB3348000).



Foto 11. Vahtsepa kraav, vaade ülesvoolu enne raudteesilla kaksiktruupe.

Raudteesilla kaksiktruupidest allavoolu on Vahtsepa kraavist eemaldatud põlevkivikeemiatööstuse reostunud setteid Kohtla jõe puhastustööde käigus.



Foto 12. Vahtsepa kraavi väljavool kaksiktruubiga raudteesilla juures, seirejaam SJB3348000.

Seirejaama SJB3348000 veest >90% moodustab allmaakaevanduste põhjavesi (möödetud vooluhulgad on olnud 96–668 l/s, keskmiselt 382 l/s).

Kävas allmaakaevandustest pärinev põhjavesi voolab Vahtsepa kraavi VEE1071000 kaudu Kohtla jõkke (VEE1070700) ja sealt edasi Purtse jõkke (VEE1068200).

Käva isevoolse väljalaskme vesi jõuab Kohtla jõe vooluveekogumisse Kohtla (1070700_1, tugevalt muudetud vooluveekogu veetüüp 2B) ja sealt edasi Purtse jõe vooluveekogumisse Purtse Ojamaa jõest suudmeni (1068200_2, vooluveekogu tüüp 2B).

Varasemaid käesoleva töö seisukohast asjakohaseid veeanalüüse Käva väljalaskme veest teada ei ole, tehtud on üks veeanalüüs fenoolide määramiseks²⁰, analüüsitud sisaldused jäid alla labori määramispiiri. Vahtsepa kraavi varasemad veeanalüüsid pärinevad alalt, kus tänaseks on tehtud põlevkivikeemiatööstuse reostunud setete eemaldamine ja need veeanalüüsid ei iseloomusta Käva isevoolse väljalaskme põhjavett.

Ida-Virumaa piirkonna liigvete projekt II etapp, lõpparuanne [37] hindab Käva kaevandusest isevoolsest tulevaks veehulgaks 400–600 l/s. Käva väljalaskmes on mõõdetud vooluhulki 29.03.2005 (255 l/s), 12.04.2005 (460 l/s) ja 10.05.2005 (454 l/s) ning põhjavee äravooluks Vahtsepa kraavi on prognoositud 450 l/s [14].

Kohtla jõe valgala pindala on *ca* 186 km², kuid see on tegelikkuses ilmselt väiksem (orienteeruvalt 150 km²) johtuvalt veega täitunud allmaakaevanduste ja karjäärade mõjust.

Väljavoolava põhjavee vooluhulkade ja sademete infiltratsiooni järgi põhjavette iseloomustab Käva isevoolse väljalaskme vesi ala pindalaga 40–48 km². Aastal 2021 tehtud mõõtmiste järgi moodustab Käva väljalaskme põhjavesi 31–39% Kohtla jõe veest selle suubumisel Purtse jõkke.

Põhjavesi. Käva väljalaskme vesi (seirejaam SJB3348000) Vahtsepa kraavi on suure karedusega (11–14 mg-ekv/l), elektrijuhtivusega (1172–1212 µS/cm) ja sulfaatide sisaldusega (300–350 mg/l) põhjavesi, mille pH on 7.0–7.3.

Analüüsitud põhjavee üldnäitajatest²¹ ületab sulfaatide sisaldus kõigis veeproovides määrus nr 48 vastavat põhjavee läviväärtust (250 mg/l) ja määrus nr 61 vastavat piirsisaldust (250 mg/l) joogiveele. Ülejäänud Käva väljalaskme vee analüüsitud üldnäitajad vastavad eelpoolnimetatud määruste nõuetele.

Väljalaskme vees analüüsitud raskmetallide (As, Ba, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Zn, Cu) sisaldused jäid alla määrus nr 39 põhjavee vastavaid künnisarve.

Analüüsitud ohtlike orgaaniliste ühendite (fenoolid, klorofenoolid, BTEX, VOC, PAH, PCB, naftasaadused, tinaorgaanika ja pestitsiidid) sisaldused olid madalad ja enamasti alla labori määramispiiri (kõik analüüsitud fenoolid, VOC, BTEX, PCB ja naftasaadused).

Analüüsitud PAH ühenditest²² leiti 14.04.2020 võetud veeproovis fenantreeni, fluoranteeni, naftaleeni ja püreeni üle labori määramispiiri, sisaldused jäid alla põhjavee vastavat künnisarvu ja läviväärtust.

Käva väljalaskme veeproovides analüüsitud pestitsiididest ületas kuues veeproovis seitsmest kloridasooni metaboliidi kloridasoon-desfenüüli sisaldused (0.1–1.3 µg/l) määrus nr 48

²⁰ Ohtlike jääkreostuskollete kontroll ja uuringud, AS Maves töö nr 3116, Tallinn 2004.

²¹ NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Fe_{üld}, permanganaatne hapnikutarve (PHT), vaba CO₂, üldkaredus, kuivjääk.

²² Analüüsiti antratseen, atsenafteen, atsenaftüleen, benso(a)antratseen, benso(a)püreen, benso(b)fluoranteeni, benso(g,h,i)perüleen, benso(k)fluoranteeni, dibenso(a,h)antratseen, fenantreen, fluoranteeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-cd)püreen, krüseen, naftaleeni ja püreeni.

vastavat põhjavee piirväärtust 0.1 µg/l. Metaboliidi lähteaine pestitsiidid kloridasooni sisaldus oli samas kõigis Käva väljalaskme veeproovides alla labori määramispiiri 0.005 µg/l. Tõenäoliselt jõuavad kloridasooni metaboliitide jäägid allmaakaevandatud alal kiiresti põhjavele, seal võivad olla teistsugused tingimused nende edasiseks lagunemiseks kui mullas (poolestusaeg mullas <150 päeva²³).

Piirväärtus 0.1 µg/l on kehtestatud pestitsiidide toimeainetele, sealhulgas nende asjakohastele²⁴ metaboliitidele, lagunemis- ja reaktsioonisaadustele.

Pinnavesi. Kui enamuse uuritud kaevandusvee iseoolsete väljalaskmete vees oli nikli sisaldus pinnavee jaoks kõrge, siis Kävas (seirejaam SJB3348000) vastas nikli sisaldus (1.9–2.4 µg/l) kõigis veeproovides määruse nr 28 pinnavee aasta keskmisele piirväärtusele (AA-EQS) 4 µg/l. Käva väljavool iseloomustab kõige vanemaid (samas ka madalamal paiknevaid) veega täitunud kaevandusi ja pole välistatud võimalus, et pikema aja jooksul võib nikli sisaldus allmaakaevandatud ala põhjavees väheneda.

Analüüsitud PAH ühenditest ületas fluoranteeni sisaldus 0.008 µg/l 14.04.2020 võetud veeproovis määruse nr 28 aastakeskmist keskkonna kvaliteedi piirväärtust (AA-EQS) 0.0063 µg/l. Fluoranteeni suurim pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 0.12 µg/l ületatud ei olnud.

Teistest analüüsitud ohtlikest ainetest pinnaveele võib esile tuua tinaorgaanika monooktüültina (MOT) esinemist (0.009–0.028 µg/l) üle labori määramispiiri (0.005 µg/l) neljas veeproovis seitsmest. Sisaldused on suuremad määruse nr 28 prioriteetse ohtliku aine tributüültina ühendid grupiindikaatori (tributüültinakatioon, CAS nr 36643-28-4) maksimaalsest piirväärtusest pinnavees 0.0015 µg/l.

Käva väljalaskme vee füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad ($N_{\text{üld}}$, $P_{\text{üld}}$, NH_4-N , pH, BHT_5) vastavad vooluveekogumite väga hea ökoloogilise seisundiklassi piiridele, s.h lahustunud hapniku küllastusaste (proovipunkt on põhjavee pindalalise väljavoolu kohast sedavõrd allpool et vee hapnikusisaldus on seal juba suurem).

Nikli madalad sisaldused Käva väljalaskme vees (2021 aasta mõõtmiste järgi 31–39% Kohtla jõe veest Lüganusel) leevendavad Purtse jõe niklikoormust, mistõttu Purtse jõe alamjooksul vastab nikli sisaldus enamasti pinnavee aastakeskmisele piirväärtusele (AA-EQS) 4 µg/l.

²³ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720326267#bb0150> S. Hintze *et al.*/Science of the Total Environment 733 (2020) 139109.

²⁴ Mitteamajakohased metaboliidid on ühendid, millel ei ole pestitsiidseid omadusi ega muid vastuvõetamatuid toksiko-ökoloogilisi omadusi ning neid saaks reguleerida sarnaselt teiste kemikaalidega ning erinevalt pestitsiididest ja nende asjakohastest metaboliitidest.

5.2 Kiviõli-Küttejõu väljavool

Küttejõu karjäär töötas aastatel 1922–1947. Aastal 1930 avati Kiviõli kaevandus ja 1933 Küttejõu kaevandus, mis aastal 1951 ühendati Kiviõli kaevandusega. Kiviõli kaevandus suleti aastal 1989. Karjääriviisil kaevandatud ala suuruseks on *ca* 1.2 km² ja allmaakaevandatud ala *ca* 26.7 km². Kiviõli kaevanduse töö lõppedes täitusid kaevanduskäigud veega ja vesi voolas suletud kaevandusstollidest endisesse Küttejõu karjääri. Tõenäoliselt on peetud ka osa Kiviõli kaevanduse vee väljumist Purtse jões allikatena.

Johtuvalt Kiviõli Keemiatööstuse paiknemisest Kiviõli kaevanduse allmaakaevandatud ala kohal, isoleeriti Tallinn - Peterburi raudteest põhjapoolne allmaakaevandatud ala lõunapoolsest veetiheda seinaga vähendamaks ohtu keemiatööstuse võimaliku reostuse laialikandumiseks.



Foto 13. Kiviõli kaevanduse väljavoolu üks stollidest ja Küttejõu karjääri väljaveotranšees moodustunud nimetu veekogu, august 2015.

Kuna põhjavee väljavool Kiviõli kaevandusest endisesse Küttejõu karjääri toimub mitmest kohast ja vooluhulki neist mõõta ei saa, paikneb Kiviõli-Küttejõu väljalaskme seirejaam SJB3497000 (*ca* 90% on põhjavesi, vooluhulgad 238–2659 l/s, keskmiselt 1094 l/s) Küttejõu karjääri nimetul, *ca* 300 m pikkusel, väljavoolukraavil (vt foto 14) Purtse jõkke (VEE1068200).



Foto 14. Kiviõli-Küttejõu väljavoolu seirejaam SJB3497000 Küttejõu karjääri kraavil.

Aasta keskmiseks ööpäevaseks äravooluks Kiviõli kaevandusest on hinnatud 370–650 l/s (keskmine pikaajaline 503 l/s) [15], see on 2019–2021 aastate mõõtmiste perioodil olnud veidi suurem.

Varasematest aastatest on teada Kiviõli-Küttejõu väljalaskme vooluhulgad: 200 l/s (27.02.2009); 2199 l/s (08.04.2009) ja 396 l/s (15.05.2009), mõõtmistulemused kajastavad vooluhulga suurt ebahütlust kevadise suurvee ajal [23].

Kiviõli-Küttejõu väljalaskme vesi suubub Purtse jõe vooluveekogumisse Purtse Ojamaa jõest suudmeni (1068200_2, vooluveekogu tüüp 2B).

Kiviõli-Küttejõu isevoolest väljalaskmest 27.06.2007 võetud veeproovis oli nikli sisaldus 6 µg/l, analüüsitud orgaaniliste ohtlike ainete sisaldused jäid kõik alla labori määramispiiri [8].

Purtse jõe valgala pindala on ca 811 km². Väljavoolava põhjavee vooluhulkade ja sademete infiltratsiooni järgi põhjavette iseloomustab Kiviõli-Küttejõu isevoole väljalaskme vesi ala pindalaga 115–138 km². Pindala on suur veega täitunud Kiviõli kaevanduse jätkuvast dreeneerivast mõjust külgnevale alale. Nii on varasemates uuringutes mõõdetud, et osa Hirmuse jõe veest satub Kiviõli kaevandusse (20.05.2009 mõõtmiste hetkel ca 80 l/s kolme kilomeetrise lõigul [23]). Suubumisel Purtse jõkke moodustub Kiviõli-Küttejõu isevoole väljalaskme põhjavesi kuni 15% Purtse jõe äravoolust.

Põhjavesi. Kiviõli-Küttejõu väljalaskme vesi (seirejaam SJB3497000) Purtse jõkke on suure karedusega (8.7–11 mg-ekv/l), elektrijuhtivusega (822–966 µS/cm) ja sulfaatide sisaldusega (210–270 mg/l) vesi, mille pH on 7.0–7.4.

Analüüsitud põhjavee üldnäitajatest²⁵ ületab keemiline hapnikutarve KHT (permanganaatne, 7.7–11 mg/l) kõigis veeproovides määrus nr 61 vastavat joogivee piirsaldust (5 mg/). Küttejõu karjääri ala on korduvalt põlenud ja välistada ei saa Küttejõu karjääriala madalates veekogudes toimuvate muude protsesside mõju keemilise hapnikutarbe näitajale²⁶. Väljalaskme vee BHT₅ on madal (≤ 1 mg O₂/l) ja lahustunud orgaaniline süsinik (DOC) sisaldused on 2021 aasta veeproovides olnud 11–12 mgC/l, olles ligi kaks korda kõrgemad kui teistes isevoolsetes väljalaskmetes.

Sulfaatide sisaldus ületas kahes veeproovis seitsmest määrus nr 48 vastavat põhjavee läviväärtust (250 mg/l) ja määrus nr 61 vastavat piirsaldust (250 mg/l) joogiveele. Ülejäänud Kiviõli-Küttejõu väljalaskme vees analüüsitud üldnäitajad vastavad eelpoolnimetatud määruste nõuetele.

Analüüsitud raskmetallidest (As, Ba, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Zn, Cu) oli Kiviõli-Küttejõu väljalaskme kuues veeproovis seitsmest baariumi sisaldus (39–64 µg/l) üle määrus nr 39 põhjavee künnisarvu (50 µg/l), põhjavee piirarv (7000 µg/l) ületatud ei olnud.

Analüüsitud ohtlike orgaaniliste ühendite (fenoolid, klorofenoolid, BTEX, VOC, PAH, PCB, naftasaadused, tinaorgaanika ja pestitsiidid) sisaldused olid madalad ja enamasti alla labori määramispiiri (VOC, BTEX, PCB ja naftasaadused).

1-aluselisi fenooli oli 19.09.2019 võetud veeproovis (2,3-dimetüülfenool 0.5 µg/l ja 3,5-dimetüülfenool 0.44 µg/l) üle põhjavee künnisarvu 0.5 µg/l, põhja- ja pinnavee piirarve ei ületatud. Ühealuseliste fenoolide sisaldus põhjavees jäi alla määrus nr 48 läviväärtust (1 µg/l).

PAH ühendeid oli 14.04.2020 võetud veeproovis (benso(g,h,i)perüleen, fenantreen, fluoranteen, fluoreen, naftaleen ja püreen) üle labori määramispiiri, sisaldused jäid all põhjavee vastavat künnisarvu ja läviväärtust ning alla määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust.

Pestitsiididest leiti 01.06.2020 veeproovis 1,3,5-triklorobenseeni 0.006 µg/l, analüüsitud sisaldused ei ületanud määrus nr 48 vastavat piirväärtust ja määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 0.4 µg/l.

Pinnavesi. Kiviõli-Küttejõu väljalaskme vees (seirejaam SJB3497000) ületas kaheksast proovist viies nikli sisaldus (3.9–4.8 µg/l) määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 4 µg/l. Nikli suurim pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 34 µg/l ületatud ei olnud.

Teistest analüüsitud ohtlikest ainetest pinnaveele võib esile tuua tinaorgaanika monooktüültina (MOT) esinemist üle labori määramispiiri (0.005 µg/l) veeproovides, mis võeti 28.05.2019 ja 14.01.2020. Sisaldused on suuremad määruse nr 28 prioriteetse ohtliku aine tributüültina ühendid grupiindikaatori (tributüültinakatioon, CAS nr 36643-28-4) maksimaalsest piirväärtusest pinnavees 0.0015 µg/l.

Kiviõli-Küttejõu väljalaskme vee füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad (N_{üld}, P_{üld}, NH₄-N, pH, BHT₅) vastavad vooluveekogumite väga hea ökoloogilise seisundiklassi piiridele, v.a lahustunud hapniku küllastusaste, mis on põhjaveele iseloomulikult madal.

²⁵ NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Fe_{üld}, permanganaatne hapnikutarve (PHT), vaba CO₂, üldkaredus, kuivjääk.

²⁶ Näiteks humiinhapped

Nikli esinemine Kiviõli-Küttejõu väljavoolu vees veidi üle määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust 4 µg/l lisandub Purtse jõe niklikoormusesse. Kuna piirkonna kaevandatud alal moodustunud põhjavees on nikli sisaldus üle 4 µg/l, on vooluveekogumis Purtse Ojamaa jõest suudmeni 1068200_2 võimalik, et jõelõikudel, kus enamuse Purtse jõe vooluhulgast moodustab isevoolsete väljalaskmete põhjavesi ja kaevandustest väljapumbatav vesi, ületab nikli sisaldus pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 4 µg/l. Aastakeskmise piirväärtuse ületamised on tõenäolisemad Purtse jõe miinimumvooluhulkade perioodil.

5.3 Viru väljavool

Viru kaevandus (pindalaga 41.9 km², sellest kaevandatud ala ca 32 km²) töötas aastatel 1964–2013. Aastal 2014 hakkasid kaevanduskäigud täituma põhjaveega ja veetaseme reguleerimiseks rajati Ratva külas kaks ülevoolavat puurauku katastri nr 58151 ja nr 58154. Põhjavee väljavool (vt foto 15) nendest puuraukudest moodustab seirejaama SJB350800, vaata ka <https://www.facebook.com/ratvakahenoiakaev/>. Vooluhulka mõõdetakse kraavis, sest betoonist ülevoolu mõõtekolmnurk on liialt väike nende ülevoolavate puuraukude töötamisel.



Foto 15. Seirejaama SJB350800 ülevoolavad puuraugud 17.06.2021.

Lisaks veega täitunud Viru kaevanduses veetaset reguleerivatele ülevoolavatele puuraukudele, tekkis 2020 aastal alguses naabruses olevale põllule allikas (foto 16) (koordinaadid 683405, 6575140).



Foto 16. Põllule tekkinud allikas (14.07.2020).

Veetase puuraukudes katastri nr 58151 ja nr 58154 muutub suurtes piirides ning aeg-ajalt väljavoolu ei esine. Kohati voolab allikast vett välja ka ajal, kui puudub ülevool puuraukudest katastri nr 58151 ja nr 58154. Eesti Geoloogiateenistuse poolt tehtud veetasemete mõõtmine näitas põlluallika ja ülevoolavate puuraukude veetasemete küllalt head kokkulangevust ajal, kui väljavoolu Viru kaevandusest ei esine.



Foto 17. Seirejaama SJB350800 puuraukudest väljavool sageli puudub (14.07.2020).

Hüdrogeoloogilise prognoosi järgi [22] peaks Viru väljalaskme aastakeskmine vooluhulk olema 170–180 l/s, mis vastab praegustele mõõtmistele (40–270 l/s, keskmiselt 162 l/s, ühes põlluallikaga orienteeruvalt 57–338 l/s ja keskmiselt 200 l/s).

Viru väljalaskme vooluhulga ebaühtlus on äärmiselt suur ja tippvooluhulkasi ei ole saadud mõõta, maksimaalne vooluhulk võib <https://www.facebook.com/ratvakahenoiakaev/> fotode ja videote järgi olla kuni kaks korda suurem.

Viru kaevanduse vesi liigub ka veega täitunud Ahtme, Tammiku ja Sompka kaevandustesse ning töötavatesse Ojamaa ja Estonia kaevandustesse.

Ülevoolavate puuraukude katastri nr 58151 ja nr 58154 rajamisjärgsed veeproovid (27.04.2018 üks veeproof iseloomustab kahte puurauku) pole kaevandusveele kuigi iseloomuliku koostisega (katastri nr 58151 kloriid 223 mg/l ja sulfaat 2.1 mg/l).

Veega täitunud Viru kaevanduse isevoolse väljalaskme põhjavesi voolab Põllualuse kraavi VEE1069300 (maaparandusobjekt Ratva II 1) kaudu Ratva ojasse VEE1069100, sealt edasi Ojamaa VEE1068700 ning Purtse (VEE1068200) jõgedesse.

Viru kaevanduse isevoolse väljalaskme vesi jõuab tugevalt muudetud vooluveekogumitesse Ojamaa (1068700_1, vooluveekogu veetüüp 1A) ja seal edasi Purtse jõe vooluveekogumisse Purtse Ojamaa jõest suudmeni (1068200_2, vooluveekogu veetüüp 2B).

Ojamaa jõe valgala pindala on ca 234 km², sellest 176 km² jääb Ratva ojaga selle suubumisest ülesvoolu ja 58 km² on valgala suurus vahemikus Ratva oja suubumisest kuni Ojamaa jõe suubumiseni Purtse jõkke.

Väljavoolava põhjavee vooluhulga ja sademete infiltratsiooni järgi põhjavee iseloomustab Viru isevoolse väljalaskme vesi ala pindalaga 20–30 km². Iseloomustatava põhjaveeala suurus on väiksem Viru kaevanduse alast, sest küllalt suur osa absoluutkõrgusele ca 52.5 m reguleeritud Viru kaevanduse põhjaveest liigub külgnevatesse veega täitunud või töötavatesse kaevandustesse.

Viru kaevanduse ülevoolavate puuraukude vooluhulgad stabiliseeruvad lõplikult ilmselt alles peale Ojamaa ja Estonia kaevanduste veega täitumist. Praeguse teabe järgi on tõenäoline, et äravool veega täitunud Viru kaevanduse alalt sellega külgnevatesse veega täitunud ja töötavatesse naaberkaevandustesse on püsiv suurus, mistõttu väljavool Ratva puuraukudest toimub vaid juhul kui Viru kaevandusse infiltreeruva vee hulk ületab märgatavalt väljavoolu naaberkaevandustesse.

Põhjavesi. Puuraukudest katastri nr 58151 ja nr 58154 voolab välja suure kareduse (24–29 mg-ekv/l), elektrijuhtivusega (2110–2220 µS/cm) ja sulfaatide sisaldusega (1100–1300 mg/l) põhjavesi, mille pH on 7–7.3. Viru väljalaskme puuraukude juures oleva põlluallika vesi on 14.04.2020 tehtud paralleelsete analüüsitulemuste järgi praktiliselt identne puuraukudest väljavoolava veega.

Analüüsitud põhjavee üldnäitajatest²⁷ ületab sulfaatide sisaldus kõigis veeproovides määrus nr 48 vastavat põhjavee läviväärtust (250 mg/l) ja määrus nr 61 vastavat piirsaldust (250 mg/l) joogiveele. Sulfaatide sisaldus on iseloomulikult suur suhteliselt vähe aega veega täitunud olnud põlevkivikaevandustele. Ülejäänud analüüsitud põhjavee üldnäitajad vastavad eelpoolnimetatud määruste nõuetele.

Põhjavees analüüsitud raskmetallidest (As, Ba, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Zn, Cu) ületas nikli sisaldus Viru väljalaskme kõigis veeproovides määrus nr 39 järgset põhjavee künnisarvu²⁸ 10 µg/l, põhjavee piirarv(200 µg/l) ületatud ei olnud. Nikli sisaldused põhjavees jäid vahemikku

²⁷ NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Fe_{üld}, permanganaatne hapnikutarve (PHT), vaba CO₂, üldkaredus, kuivjääk.

²⁸ Ohtlike ainete künnisarvu ületamise korral tuleb hinnata ohtlikust ainest põhjustatavat ohtu põhjavee kasutajale ning ökosüsteemidele, lähtudes joogivee ning muudest põhjavee ning sellest sõltuva pinnavee kvaliteedi nõuetest.

19–21 µg/l, ületades kahes veeproovis ka määrus nr 61 vastava piirsalduse (20 µg/l) joogiveele.

Analüüsitud ohtlike orgaaniliste ühendite (fenoolid, klorofenoolid, BTEX, VOC, PAH, PCB, naftasaadused, tinaorgaanika ja pestitsiidid) sisaldused olid madalad ja enamasti alla labori määramispiiri (kõik analüüsitud fenoolid, VOC, BTEX, PCB ja naftasaadused).

PAH ühenditest oli Viru kaevanduse väljalaskme vee üle labori määramispiiri antratseni, benso(a)püreeni, fenantreeni, fluoranteeni, naftaleeni ja püreeni.

14.01.2020 võetud veeproovis oli fenantreeni sisaldus 0.19 µg/l üle määrus nr 39 põhjavee fenantreeni künnisarvu (0.05 µg/l). Ületatud oli ka määrus nr 48 polütsükliiliste aromaatsete ühendite põhjavee läviväärtus 0.1 µg/l, seda ka fluoreeni sisalduse osas (0.11 µg/l).

Ülejäänud Viru väljalaskme vees leitud PAH ühendid ei ületanud põhjavee künnisarve ja läviväärtust.

Pestitsiididest leiti Viru väljalaskme vees 14.01.2020 glüfosaati 0.05 µg/l. Analüüsitud sisaldus ei ületanud määrus nr 48 põhjavee piirarvu 0.1 µg/l ja määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 0.1 µg/l.

Pinnavesi. Viru väljalaskme vees (seirejaam SJB350800) ületas nikli sisaldus (19–21 µg/l) kõigis veeproovides mitmekordselt määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 4 µg/l. Nikli suurim pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 34 µg/l ületatud ei olnud.

PAH ühenditest oli benso(a)püreeni sisaldus 18.11.2019 veeproovis (0.002 µg/l) üle määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 0.00017 µg/l. Benso(a)püreeni suurim pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 0.27 µg/l ületatud ei olnud.

Fluoranteeni sisaldus 0.015 µg/l ületas 14.01.2020 võetud veeproovis määrus nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 0.0063 µg/l, suurim pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 0.12 µg/l ületatud ei olnud.

Teistest analüüsitud ohtlikest ainetest pinnaveele võib esile tuua tinaorgaanika monobutüülina (MBT) ja monooktüültina (MOT) esinemist üle labori määramispiiri (0.005 µg/l) neljas veeproovis viiest. Sisaldused on suuremad määruse nr 28 prioriteetse ohtliku aine tributüülina ühendid grüpiindikaatori (tributüülinaakatioon, CAS nr 36643-28-4) maksimaalsest piirväärtusest pinnavees 0.0015 µg/l.

Viru kaevanduse väljalaskme puuraukude katastri nr 58151 ja nr 58154 põhjavee füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad ($N_{\text{üld}}$, $P_{\text{üld}}$, NH_4-N , pH, BHT_5) vastavad vooluveekogumite väga hea ökoloogilise seisundiklassi piiridele, v.a lahustunud hapniku küllastusaste, mis on põhjaveele iseloomulikult madal.

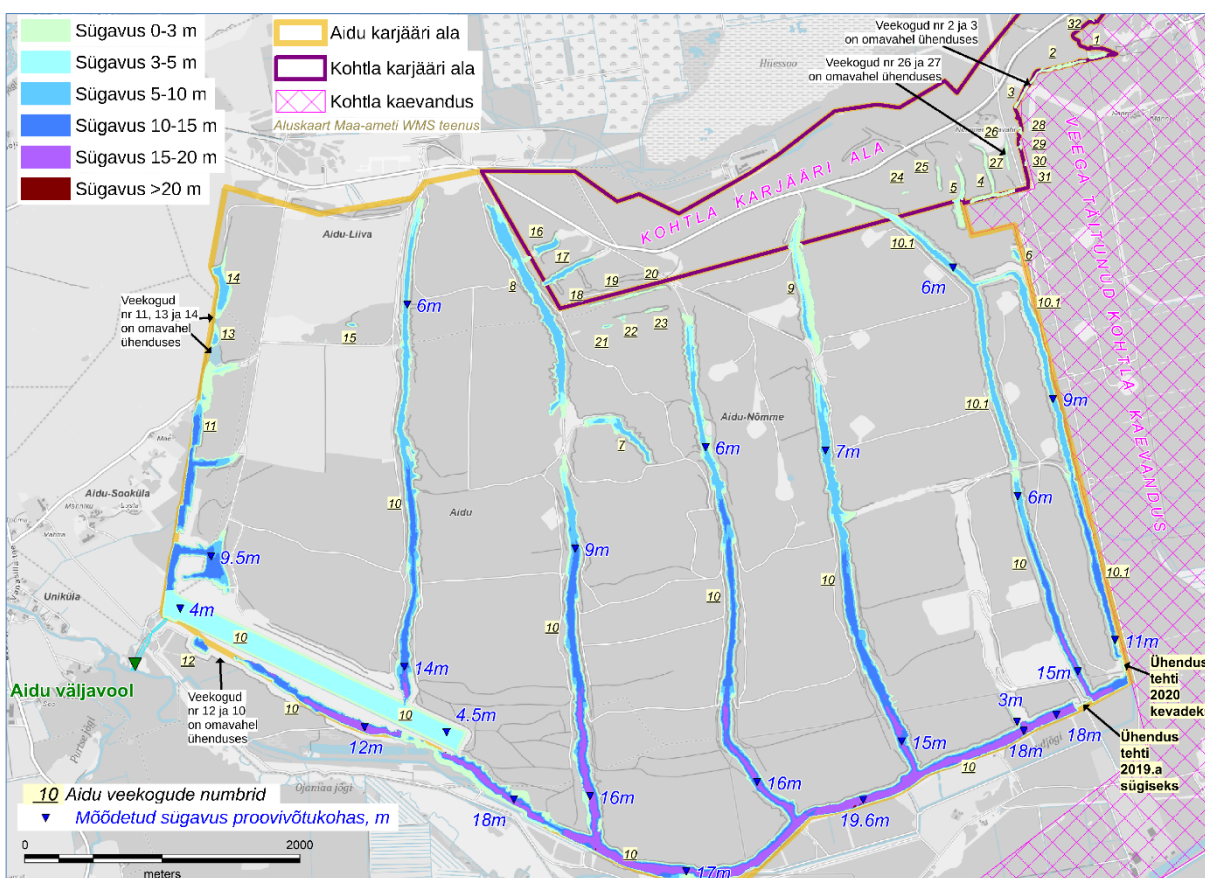
Kuigi Viru väljalaskme ülevoolavad puuraugud töötavad vaid periooditi, annavad nad töötamise ajal olulise panuse Ojamaa jõe niklikoormusesse. Kuna piirkonna kaevandatud alal moodustunud põhjavees on nikli sisaldus üle 4 µg/l (lisaks Viru kaevandusele ka Kohtla ja Ojamaa kaevanduste alad) on vooluveekogumis Ojamaa 1068700_1 tõenäoline, et nikli sisaldus ületab pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 4 µg/l. Ületamised on suurimad jõelõikudel, kus enamuse Ojamaa jõe vooluhulgast moodustab iseoolsete väljalaskmete põhjavesi ja kaevandustest väljapumbatav vesi (tõenäoliselt näiteks allpool Aidu vee lisandumist).

5.4 Aidu väljavool

Aidu põlevkivikarjäär (pindalaga 25 km²) töötas aastatel 1974–2012. Aidu karjäär liitus varem kaevandatud Kohtla karjääri (3 km²) alaga moodustades ühe tervikliku karjääriala. Ida- ja kirdeosas külgneb karjääriviisil kaevandatud ala Kohtla kaevandusega (pindala ca 16 km²). Kohtla kaevandus alustas tööd karjäärina aastal 1931 ja allmaakaevandusena alates aastast 1937.

Peale Kohtla kaevanduse sulgemist aprillis 2001, tekkisid kunagise Kohtla karjääri tranšeedesse esimesed veekogud²⁹, need on nähtavad 2003 aasta aerofotodel.

Vee väljapumpamine Aidu põlevkivikarjäärist lõpetati 2012. a. augustis ja alale on tekkinud ulatuslik veekogude süsteem (vaata joonis 12). Peale Aidu põlevkivikarjäärist vee väljapumpamise lõpetamist tõusis veetase 1.3–3.7 m endise Kohtla karjääri alal olnud veekogudes[2].



Joonis 12. Aidu veekogude samasügavusjooned Maa-ameti LIDAR andmetest tehtud kõrgusmudelitest ja proovivõtul mõõdetud sügavused.

Aidus karjääri idapoolseim tranšeeveekogu (joonisel 12, nr 10.1) saab vee Kohtla kaevandusest. Kohtla kaevanduse põhjavee osakaal Aidu väljavoolus võib olla kuni 50%. Summaarne põhjavee osakaal Aidu väljalaskme vooluhulgast võib hinnanguliselt ulatuda 70%-ni [4].

Korraldustöödel planeeriti Aidu sõudespordikanali veekogudesüsteemi veetasemeks abs. kõrgus 42 m (BK77), mis võimaldab ca 445 m pikkuse seni nimetu kraaviga isevoolu teel vett ära juhtida Ojamaa ja Purtse jõe kaudu Soome lahte.

Aidu veesüsteemist ärajuhitavaks aastakeskmiseks vooluhulgaks on prognoositud 856 l/s [23], mis küllalt lähedane praeguseks mõõdetud vooluhulkadele (99–1929 l/s, keskmiselt 1002 l/s).

²⁹ Mõned väikesed veekogud tekkisid ka Aidu karjääri ala kirdeosas

Aidu karjäär täitus veega 2014 aasta kevadel ja seejärel voolab Aidu isevoolse väljalaskme vesi (seirejaam SJB3492000) endise settebasseini asukohta rajatud nimetu kraavi kaudu Ojamaa VEE1068700 jõkke ja sealt edasi Purtse (VEE1068200) jõkke.



Foto 18. Aidu väljavool Ojamaa jõkke (19.04.2019, seirejaam (seirejaam SJB3492000)).

Aidu isevoolse väljalaskme vesi jõuab vooluveekogumisse Ojamaa (1068700_1, vooluveekogu veetüüp 1A) ja seal edasi Purtse jõe vooluveekogumisse Purtse Ojamaa jõest suudmeni (1068200_2, vooluveekogu veetüüp 2B).

Ojamaa jõe valgala pindala on ca 234 km² ja Aidu isevoolse väljalaskme vesi suubub Ojamaa jõkke vaid ca 300 m enne Ojamaa jõe suubumist Purtse jõkke. Aasta 2021 mõõtmiste järgi moodustab Aidu väljalaskme vesi 32–59% Ojamaa jõe vooluhulgast selle suubumisel Purtse jõkke. Aidu vee osakaal on suurem miinimumvooluhulkade ajal, mis ongi iseloomulik suurema põhjavee osakaaluga pinnaveekogumitele.

Väljavoolava põhjavee vooluhulga ja sademete infiltratsiooni järgi põhjavette iseloomustab Aidu isevoolse väljalaskme vesi ala pindalaga 105–126 km². Vooluhulga järgi iseloomustatava põhjaveeala suurus on suurem Aidu + Kohtla karjääri + Kohtla kaevanduse alast kuna Kohtla kaevandusse jõuab ka teiste veega täitunud kaevanduste vesi (Kaevandus 4, Sompka kaevandus, Viru kaevandus).

Purtse jõe vesikonnas (valgala pindala on ca 811 km²) on veega täitunud põlevkivikaevanduste ja -karjääride isevoolsete väljalaskmete poolt iseloomustav ala kokku orienteeruvalt 280–340 km² moodustades 35–42% Purtse jõe valgast. Käesoleva töö käigus tehtud mõõtmiste järgi

on kaevandusvee isevoolsete väljalaskmete koguvooluhulk Purtse jõkke ca 2.5 m³/s ja orienteeruvalt 35–40% Purtse aastakeskmisest vooluhulgast pärineb veega täitunud kaevandatud alalt.

Arvestades põhjavee osakaalu isevoolsete väljalaskmete vees ja veega täitunud kaevanduste ning karjääride suurt reguleerivat veemahtu, on tõenäoline, et Purtse jõe miinimumvooluhulkade ajal võib kaevandatud ala isevoolsete veelaskmete osakaal ulatuda 50%-ni, olles seega määravaks teguriks jõe miinimumvooluhulkade veekvaliteedi kujundamisel.

Põhjavesi. Aidu väljalaskme (seirejaam SJB3492000) vesi Ojamaa jõkke on suure karedusega (22–31 mg-ekv/l), elektrijuhtivusega (1956–2440 µS/cm) ja sulfaatide sisaldusega (1100–1500 mg/l), vee pH on 7.7–8.2.

Analüüsitud põhjavee üldnäitajatest³⁰ ületas sulfaatide sisaldus kõigis veeproovides määrus nr 48 vastavat põhjavee läviväärtust (250 mg/l) ja määrus nr 61 vastavat piirsisaldust (250 mg/l) joogiveele. Sulfaatide sisaldus on iseloomulikult suur suhteliselt vähe aega veega täitunud olnud põlevkivikarjääridele. Ülejäänud analüüsitud põhjavee üldnäitajad vastavad eelpoolnimetatud määruste nõuetele.

Analüüsitud raskmetallidest (As, Ba, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, Zn, Cu) oli Aidu väljalaskme nikli sisaldus (12–16 µg/l) kõigis veeproovides üle määrus nr 39 põhjavee künnisarvu (10 µg/l), põhjavee piirarv (200 µg/l) ületatud ei olnud.

Aidu väljalaskme vees analüüsitud ohtlike orgaaniliste ühendite (fenoolid, klorofenoolid, BTEX, VOC, PAH, PCB, naftasaadused, tinaorgaanika ja pestitsiidid) sisaldused olid madalad ja enamasti alla labori määramispiiri (kõik analüüsitud fenoolid ja PCB analüüsid).

BTEX ühenditest oli 01.06.2020 võetud veeproovis m/p-ksüleeni sisaldus 1 µg/l ja toluene sisaldus 0.51 µg/l üle põhjavee künnisarvu 0.5 µg/l, põhjavee piirarve ei ületatud. Kahel korral leiti vees benseeni 0.06-0.13 µg/l, korra etüülbenseeni 0.29 µg/l. Analüüsitud sisaldused jäid alla põhjavee vastavat künnisarvu (vastavalt 0.2 µg/l ja 0.5 µg/l) ja kõik BTEX ühendite sisaldused jäid alla määruse nr 28 pinnavee aastakeskmisi piirväärtusi.

Naftasaadusi oli üle labori määramispiiri 14.04.2020 võetud veeproovis (40 µg/l), analüüsitud sisaldus ületas määrus nr 39 põhjavee künnisarvu ja määrus nr 48 läviväärtust (20 µg/l). Naftasaaduse sisaldus ei ületanud põhjavee (600 µg/l) ega pinnavee (100 µg/l) vastavaid piirarve.

Lenduvatest orgaanilistest ühenditest (VOC) oli 01.06.2020 võetud veeproovis triklorometaani (kloroform) 0.2 µg/l ja stüreeni 0.18 µg/l. Triklorometaani sisaldus ületas määrus nr 39 põhjavee künnisarvu 0.1 µg/l, stüreeni sisaldus künnisarvu 0.5 µg/l ei ületanud. Leitud lenduvate orgaaniliste ühendite sisaldused ei ületanud vastavaid põhjavee piirarve ja määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 2.5 µg/l (triklorometaan, stüreenile piirväärtust pole seatud).

PAH ühendeid leiti 14.04.2020 võetud veeproovis (fenantreen, fluoreen, naftaleen ja püreen), kõik sisaldused jäid all põhjavee vastavat künnisarvu ja läviväärtust ning alla määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust.

³⁰ NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Fe_{üld}, permanganaatne hapnikutarve (PHT), vaba CO₂, üldkaredus, kuivjääk.

Pestitsiididest leiti 01.06.2020 veeproovis 0.0001 µg/l alfa-heksaklorotsükloheksaani, gamma-heksaklorotsükloheksaani ja heptakloor-endoepoksiidi, analüüsitud sisaldused ei ületanud põhjavee piirväärtust 0.1 µg/l.

Pinnavesi. Aidu väljalaskme (seirejaam SJB3492000) vees ületas nikli sisaldus (12–16 µg/l) kõigis veeproovides mitmekordselt määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 4 µg/l. Nikli suurim pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 34 µg/l Aidu väljalaskme vees ületatud ei olnud, sest väljavool toimub pindmisest veekihist.

Pestitsiididest ületas Aidu väljalaskme veeproovis 01.06.2020 heptakloor-endoepoksiidi sisaldus³¹ 0.0001 µg/l määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 0.0000002 µg/l, pinnavee suurim keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 0.0003 µg/l Aidu väljalaskme vees ületatud ei olnud.

Teistest analüüsitud ohtlikest ainetest pinnaveele võib esile tuua tinaorgaanika monoooktüültina (MOT) esinemist üle labori määramispiiri 0.005 µg/l veeproovides mis võeti 09.03.2020 ja 09.03.2020. Sisaldused on suuremad määruse nr 28 prioriteetse ohtliku aine tributüültina ühendid grupiindikaatori (tributüültinakatioon, CAS nr 36643-28-4) maksimaalsest piirväärtusest pinnavees 0.0015 µg/l.

Aidu väljalaskme vee füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad ($N_{\text{üld}}$, $P_{\text{üld}}$, NH_4-N , pH, BHT_5) vastavad vooluveekogumite väga hea ökoloogilise seisundiklassi piiridele, s.h lahustunud hapniku küllastusaste (väljavool toimub pindmisest veekihist).

Aidu väljavool annab olulise osa Ojamaa jõe vee niklikoormusest. Kuna piirkonna kaevandatud alal moodustunud põhjavees on nikli sisaldus üle 4 µg/l (Viru kaevanduse, Kohtla ja Ojamaa kaevanduste alad), oleks jõelõigul allpool Aidu vee lisandumist vooluveekogumis Ojamaa 1068700_1 ületatud ka pinnavee nikli aastakeskmise piirväärtust (AA-EQS) 4 µg/l. Aasta 2021 kolme mõõtmise järgi moodustab Aidu väljalaskme vesi 32–59% Ojamaa jõe vooluhulgast

³¹ 0.0001 µg/l on ka labori määramispiir

6 Kokkuvõte

Põhjavee nõuetest lähtuvad kaevandusvee isevoolsete väljalaskmete olulise aspektid.

Kaevandusvee isevoolsete väljalaskmete vesi, millest 60–100% moodustab põhjavesi, on suure karedusega. Välja arvatud Ubja³², Kiviõli-Küttejõu ja Kaevandus 2 veelaskmed, on sulfaatide sisaldus valdavalt üle määrus nr 48 vastavat põhjavee läviväärtust (250 mg/l) ja määrus nr 61 vastavat piirsisaldust (250 mg/l) joogiveele. Sulfaatide sisaldus on suurem suhteliselt vähe aega veega täitunud olnud kaevandustes ja karjäärides [38, 39]. Aja jooksul sulfaatide sisaldused vähenevad, kuid jäävad oluliselt kõrgemaks võrreldes põhjaveega kaevandamise mõjuta alal või kaevandamiseelselt alal olnud sulfaatide sisaldusega.

Keemiline hapnikutarve KHT ületas kõigis Kiviõli-Küttejõu väljalaskme veeproovides (keskmine 9.9 mg/l) määrus nr 61 vastavat joogivee piirsisaldust (5 mg/l). KHT oli üle 5 mg/l ka ühes Narva karjääri tranšee 13 ja kolmes (kaheksast) Ahtme Sanniku väljalaskme veeproovis. Küttejõu karjääri ala on korduvalt põlenud ja välistada ei saa Küttejõu karjääriala madalates veekogudes toimuvate teiste protsesside mõju³³ 2-3 korda kõrgemale KHT sisaldusele võrreldes ülejäänud kaevandusvee isevoolsete väljalaskmetega.

Raskmetallidest oli Aidu ja Viru (keskmine sisaldus vastavalt 12 µg/l ja 19 µg/l) väljalaskmete vees nikli sisaldus üle määrus nr 39 põhjavee künnisarvu³⁴ (10 µg/l), põhjavee piirarv (200 µg/l) ületatud ei olnud. Teiste uuritud isevoolsete väljalaskmete vees jäi nikli sisaldus alla põhjavee künnisarvu.

Aidu karjäär ja Viru kaevandus on suhteliselt vähe aega olnud veega täitunud ja aeroobses keskkonnas toimuv kivimi murdepinnal mineraalides oleva püriidi oksüdeerumisega kaasneva anaeroobse veekeskkonna tekkel pääseb nikkel sobiva pH juures liikuma (välistada ei saa ka nikli leostumist johtuvalt mikroorganismide tegevusest).

Molübdeeni sisaldus Narva põlevkivikarjääri tranšee 13 väljalaskme vees oli üle määrus nr 39 põhjavee künnisarvu 5 µg/l, põhjavee piirarv (70 µg/l) ületatud ei olnud (pinnaveele molübdeeni osas piirväärtust pole). Teiste uuritud isevoolsete väljalaskmete vees jäi molübdeeni sisaldus alla põhjavee künnisarvu. Eesti Ordoviitsiumi põhjavees molübdeeni kõrge sisalduse osas kindlaid piirkondlikke alasid eristada pole võimalik, põhjavee künnisarvu ületamised on pigem juhuslikud.

Analüüsitud veekeskkonnale ohtlike orgaaniliste ainetest (fenoolid, klorofenoolid, BTEX, VOC, PAH, PCB, naftasaadused, tinaorgaanika ja pestitsiidid) olid fenoolide, klorofenoolide, BTEX, VOC, PCB ja naftasaaduste sisaldused madalad ja enamasti alla labori määramispiiri.

Analüüsitud PAH ühendeid³⁵ oli üle labori määramispiiri kõigi kaevandusvee isevoolsete väljalaskmete üksikute veeproovide vees, kuid 14.01.2020 Viru kaevanduse väljalaskmest võetud veeproovis (0.19 µg/l) oli ületatud määrus nr 39 põhjavee fenantreeni künnisarv (0.05 µg/l) ja määrus nr 48 polütsükliiliste aromaatsete ühendite summa põhjavee läviväärtus 0.1 µg/l (seda

³² Sulfaatide sisaldus oli Ubja kõigis veeproovides alla 250 mg/l.

³³ Näiteks humiinhapped

³⁴ Ohtlike ainete künnisarvu ületamise korral tuleb hinnata ohtlikust ainest põhjustatavat ohtu põhjavee kasutajale ning ökosüsteemidele, lähtudes joogivee ning muudest põhjavee ning sellest sõltuva pinnavee kvaliteedi nõuetest

³⁵ atsenaftüleen, fenantreen, naftaleen, püreen, antratseen, atsenafteen, benso(a)antratseen, benso(a)püreen, benso(b)fluoranteeni, benso(g,h,i)perüleen, benso(k)fluoranteeni, dibenso(a,h)antratseen, fluoranteeni, fluoreen, indeno(1,2,3-cd)püreen ja krüseen

ka fluoreeni sisalduse osas 0.11 µg/l). Viru väljalaskme ülejäänud veeproovides ja teiste uuritud isevoolsete väljalaskmete vees PAH ühendite põhjavee künnisarvu ja läviväärtuse ületamisi ei olnud.

Pestitsiididest ületas kloridasooni metaboliidi kloridasoon-desfenüüli sisaldus Ubja ja Käva väljalaskme veeproovides määrus nr 48 põhjavee piirväärtust 0.1 µg/l (pestitsiidide toimeained, sealhulgas nende asjakohased metaboliidid, lagunemis- ja reaktsioonisaadused). Metaboliidi lähteaine pestitsiid toimeainega kloridasoon sisaldus oli samas kõigis veeproovides alla labori määramispiiri 0.005 µg/l.

Tõenäoliselt jõuavad kloridasooni metaboliitide jäägid allmaakaevandatud alal kiiresti põhjaveesse, seal võivad olla teistsugused tingimused nende edasiseks lagunemiseks kui mullas (kloridasoon-desfenüüli poolestusaeg mullas <150 päeva).

Pinnavee nõuetest lähtuvad kaevandusvee isevoolsete väljalaskmete olulise aspektid.

Kaevandusvee isevoolsete väljalaskmete vee füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad ($N_{\text{üld}}$, $P_{\text{üld}}$, NH_4-N , pH, BHT_5) vastavad vooluveekogumite hea ökoloogilise seisudiklassi piiridele. Iseloomulikult põhjaveele (põhjavesi 60–100%) on lahustunud hapniku küllastusaste enamuse väljalaskmete vees madal. Ubja põlevkivikaevanduse (paikneb intensiivse põllumajanduse piirkonnas) isevoolse väljalaskme vee (seirejaam SJB3506000) üldlammastiku sisaldus 1.9–8.5 mg/l (keskmine 6.3 mg/l) vastab halvale ökoloogilisele seisundiklassile. Üldlammastiku sisaldus oli suur ka Kaevandus 2 veelaskmes, $N_{\text{üld}}$ sisalduste 0.79–4.1 mg/l järgi vastaks vesi enamuse veeproovide järgi kesisele veeklassile. Võrreldes ülejäänud kaevandusvee isevoolsete väljalaskmetega on ka nitraatide sisaldused nii Ubjas (sisaldused 6.7–35 mg/l) kui Kaevandus 2 (sisaldused 3.9–14 mg/l) veelaskmetes kõrgemad kaevanduse pealse ja ümbruse maa-ala kasutamisest põllumaana.

Uuringutulemuste põhjal on pinnaveekogude veekvaliteedile kõige olulisem, et enamuse isevoolsete väljalaskmete vees ületas nikli sisaldus paljudes veeproovides määrus nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 4 µg/l. Vaid Käva, Ubja ja Narva põlevkivikarjääri tranšee 13 väljalaskmete vees jäi nikli sisaldus kõigis veeproovides alla 4 µg/l.

Pinnavee nikli aastakeskmine piirväärtus (AA-EQS) 4 µg/l oli mitmekordselt ületatud kõigis Viru (keskmine 19 µg/l) ja Aidu (keskmine 12 µg/l) isevoolsete väljalaskmete veeproovides. Nikli suurim pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 34 µg/l ületatud ei olnud.

Aidu karjäär ja Viru kaevandus on suhteliselt vähe aega olnud veega täitunud ja anaeroobse veekeskonna tekkel pääseb nikkel sobiva pH juures liikuma, välistada ei saa ka nikli leostumist johtuvalt mikroorganismide tegevusest. Kõige vähem aega veega täitunult olnud³⁶ Narva karjääri tranšee 13 praeguste väikeste niklisisalduste põhjusteks võib olla: väiksem sügavus (vähem anaeroobset keskkonda); lubjakivides võib olla väiksem nikli³⁷ sisaldus; vähese ajaperioodi möödumise tõttu pole tingimused nikli leostumiseks karjääri tagasitäite puistangutes veel välja kujunenud. Põlevkivikarjäärade tagasitäite puistangu platoode keskel moodustunud põhjavee omadustest ning nikli sisaldustest asjakohast teavet ei ole.

Üle labori määramispiiri olnud PAH ühenditest oli Viru, Ubja ja Kaevandus 2 väljalaskmetest võetud üksikutes veeproovides benzo(a)pireeni sisaldus 0.002 µg/l, ületades määrus nr 28

³⁶ vee väljapumpamine lõpetati 01.02.2016

³⁷ Nikli sisaldusest Eesti lubjakivides on teada vaid üksikud analüüsid, omaaegsed geoloogilised uuringud olid fokuseeritud maardlate avastamisele.

pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 0.00017 µg/l. Benso(a)püreeni suurim pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 0.27 µg/l ületatud ei olnud. Käva ja Viru väljalaskmetes ületas ühes veeproovis PAH ühenditest fluoranteeni sisaldus määruse nr 28 aastakeskmist keskkonna kvaliteedi piirväärtust (AA-EQS) 0.0063 µg/l. Fluoranteeni leiti üle labori määramispiiri³⁸ ka Kiviõli-Küttejõu väljalaskmest 14.04.2020 võetud veeproovis (0.005 µg/l). Fluoranteeni suurim pinnavee keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 0.12 µg/l ületatud ei olnud.

Johtuvalt kaevandamise tagajärjel põhjavee kaitstuse olulisest vähenemisest pääsevad saasteained kiiresti põhjavette ja reeglina pole veega täitunud kaevanduste põhjavees sobivaid tingimusi mõningate PAH ühendite lagunemiseks aja jooksul.

Pestitsiididest ületas Aidu väljalaskme 01.06.2020 veeproovis heptakloor-endoepoksiidi sisaldus määruse nr 28 pinnavee aastakeskmist piirväärtust (AA-EQS) 0.0000002 µg/l, pinnavee suurim keskkonna kvaliteedi piirväärtus (MAC-EQS) 0.0003 µg/l ületatud ei olnud. Leitud sisaldus 0.0001 µg/l on labori määramispiiriks ja kõigis teistes iseoolsete väljalaskmete veeproovides jäid heptakloori, heptakloor-eksoepoksiidi ning heptakloor-endoepoksiidi sisaldused alla labori määramispiiri.

Kõigi kaevandusvee iseoolsetes väljalaskmete vees leiti korduvalt tinaorgaanikat (monobutüültina (MBT) või monooktüültina (MOT) üle labori määramispiiri 0.005 µg/l ja oli ületatud määruse nr 28 prioriteetse ohtliku aine tributüültina ühendid grupiindikaatori (tributüültinakatioon, CAS nr 36643-28-4) maksimaalne piirväärtust pinnavees 0.0015 µg/l. Grupiindikaatori tributüültinakatioon (TBT) sisaldus oli üle labori määramispiiri 0.001 µg/l Narva karjääri tranšee 13 väljalaskmest 02.06.2020 võetud veeproovis. Maismaaveekogudes ja põhjavees on tinaorgaanikat analüüsitud alates 2018 aasta ja praegu puudub teadmine selle päritolu kohta.

³⁸ Kävas ja Kiviõli küttejõu väljalaskmetes üle labori määramispiiri ühes veeproovis seitsmest, Virus kahes veeproovis neljast.

Järeldused. Kaevanduste isavoolsete väljalaskmete vesi iseloomustab laialdase ala põhjavee vastavust või mittevastavust põhjavee kvaliteedinõuetele, levinuimaks põhjavee halva seisundi näitajaks on sulfaatide ja pestitsiidide ülemäärane sisaldus.

Põhjavee nõuetele lisanduvalt on johtuvalt kaevandatud ala põhjaveest toituvatest pinnaveekogumitest vajalik täiendav tähelepanu põhjavee nikli ja PAH ühendite sisaldustele.

Ida-Virumaa kaevandust iseoolsete väljalaskmete vee (põhjavesi 60–100%) füüsikalise-keemilised kvaliteedinäitajad ($N_{\text{üld}}$, $P_{\text{üld}}$, NH_4-N , pH, BHT_5) vastavad vooluveekogumite hea ökoloogiliste seisudiklassi piiridele, selline toitainete vaene vesi vähendab eesvooluks olevate veekogude eutrofeerumisohtu.

Pinnaveele ohtlikest ainetest on oluline pöörata tähelepanu määruse nr 28 pinnavee aastakeskmise nikli piirväärtuse (AA-EQS) 4 $\mu\text{g/l}$ ületamistele Purtse jõe valgala pinnaveekogudes. Selle piirkonna kaevandatud alal moodustunud põhjavees on nikli sisaldus valdavalt üle 4 $\mu\text{g/l}$ ja alla põhjavee künnisarvu 10 $\mu\text{g/l}$.

Kõrgeimad on nikli sisaldused suhteliselt vähe aega veega täitunud olnud kaevanduste ja karjääride põhjavees. Kivimi murdepinnal mineraalides olev nikkel pääseb anaeroobses keskkonnas sobiva pH juures toimuvate keemiliste protsesside (näiteks püriidi oksüdeerumine) tulemusena liikuma, välistada ei saa ka nikli leostumist johtuvalt mikroorganismide tegevusest [4].

Ida-Virumaa vanimat kaevanduste piirkonda iseloomustava Käva põlevkivikaevanduse iseoolse väljalaskme vee väike nikli sisaldus ja üksikute iseoolsete väljalaskmete niklisisalduste analüüside tulemused aastast 2005, viitavad võimalusele nikli sisalduse vähenemiseks aja jooksul (kui nikli praegused kõrged sisaldused on seotud püriidi oksüdeerumisega sarnaste protsessidega). Välistada ei saa et nikli leostumise protsess on mitmetahulisem ja praegune uuringute ajaperiood pole piisav protsessi kõigi mõjurite hindamiseks.

Purtse ja Ojamaa jõgede lõikudel, kus enamuse vooluhulgast moodustab iseoolsetest väljalaskmetest väljavoolav või töötavatest kaevandustest väljapumbatav kaevandusvesi, on võimalik nikli aastakeskmise piirväärtuse (AA-EQS) 4 $\mu\text{g/l}$ ületamine.

Vooluveekogumi Purtse Ojamaa jõest suudmeni 1068200_2 keemiline seisund KESE on halb setetes kohati säilinud jääkreostuse tõttu ja raskmetallidest esineb Ni aastakeskmise pinnavee piirväärtuse ületamisi. Ka Purtse jõe suudmes (SJA9900000) oli aastal 2012 ületatud nikli aastakeskmise piirväärtus 4 $\mu\text{g/l}$. Töötavatest põlevkivikarjääridest ja -kaevandustest väljapumbatav ning iseoolsete väljalaskmete vesi moodustab enamuse Purtse jõe äravoolust miinimumperioodil[12]. Purtse jõe valgala niklikoormuse allikaid ja arvutusi täpsustatakse teostamisel oleva täiendava uuringu käigus 2021 aasta lõpus.

Vooluveekogumi keemiline seisund KESE oleks halb ka veekogumis Ojamaa 1068700_1 (300 m pikkusel lõigul enne suubumist Purtse jõkke, allpool Aidu iseoolset väljalasku), kus raskmetallidest Ni aastakeskmise piirväärtus on ületatud johtuvalt Aidu vee suurest osakaalust³⁹.

Kaevandatud alade pinnavee valgala puhul tuleb arvestada veega täitunud kaevanduste põhjavee voolu suundadega, selle muutustega ajas. Pinnavee hea seisundi tagamiseks meet-

³⁹ Aasta 2021 mõõtmiste järgi moodustab Aidu väljalaskme vesi 32-59% Ojamaa jõe vooluhulgast selle suubumisel Purtse jõkke

mete rakendamiseks tuleb nikli probleemistikku põhjalikult uurida, selleks on esmase tegevusena vajalik heitveelaskude niklikoormuse täpsustamine ja pinnaveele oluliste Purtse jõe valgala veega täitunud kaevanduste ja karjääride isevoolsete väljalaskmete vooluhulkade ja veekvaliteedi seire.

Aasta 2021 põhjaveekogumite keemilise seisundi seireprogrammi on lisatud Ahtme, Tammiku ja Viru kaevanduste väljalaskmete veeanalüüsid sagedusega üks kord aastas.

7 Kasutatud kirjanduse viited

1. LIFE/IPE/EE/000007 alategevus C.8. Ülevaade põlevkivikarjäärade korrastustöödest, piilotalade seisundist ja neil läbiviidud uuringutest. EKUK, Jaanus Paali OÜ, Eesti Loodushoiu Keskus. Tallinn-Tartu 2019-2020
2. LIFE/IPE/EE/000007 alategevus C.8. Kaevandatud aladel tekkinud tehisveekogude inventuuri aruanne. EKUK, Tallinn 2021.
3. LIFE/IPE/EE/000007 alategevus C.8. Ülevaade Aidu karjääri ja Narva karjääri tranšee 13 ning piirkonna vanemate karjääriveekogude uuringutest. Eesti Loodushoiu Keskuse lõpparuanne, Tartu 2020.
4. LIFE/IPE/EE/000007 alategevus C.8. Ülevaade nikli sisaldusest Aidu ja Narva karjääri tranšee 13 veekogude süsteemis. EKUK, Tallinn 2020.
5. LIFE/IPE/EE/000007 alategevus C.8. Kaevandatud aladel tekkinud tehisveekogude vee-tasemete mõõtmine
6. Purtsse jõe põhjasetete ohtlike ainete uuring Purtsse jõe majandamise kavaks. AS Maves Tallinn 2008.
7. Jõhvi linnaga piirneva 2.kaevanduse kaevandusvete mõju ulatuse väljaselgitamine. AS Maves Tallinn 2005.
8. Fenoolide seire VKG AS-i poolkoksi ning lend- ja koldetuha ladestu ümbruse piirdekraa-vides ning Kiviõli Keemiatööstuse OÜ poolkoksiladestu ümbruses. AS Maves Tallinn 2007.
9. Ahtme kaevanduse veevaru hindamine as Kohtla-Järve Soojus tehnilise vee vajaduse rahuldamiseks. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn 2010
10. Aidu karjääris kavandatava kaevandamise sulgemise keskkonnamõju hindamise aruanne. Evox Invest OÜ, Tartu 2011.
11. 90 aastat põlevkivi kaevandamist Eestis. GeoTrail KS, Tallinn 2008.
12. Põlevkivi kasutamise riiklik arengukava 2016-2030.
Põlevkivi kasutamise riikliku arengukava 2016-2030 keskkonnamõju strateegilise hin-damise aruanne, AS Maves, Tallinn 2014
13. Põlevkivi altkaevandatud alade varingute uuring. TTÜ Geoloogia Instituut, Tallinn 2018.
14. Veebilansside koostamine valgaladel. Kaevandusvee bilanss. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn 2005.
15. Suletud ja suletavate kaevanduste mõju põhjaveele. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn 2003.
16. Pinnavee kontrollseire Ojamaa põlevkivikaevanduse võimaliku mõju hindamiseks. TTÜ Keskkonnatehnika Instituut, Tallinn 2014.
17. Põlevkivitööstusest tulevate veekeskkonnale ohtlike ainete mõju uuring. EKUK, Tallinn 2017.
18. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuur. Väljavõte „Nikkel ja selle ühendid“. EKUK, Tallinn 2018.

19. Rekultiveeritud põlevkivikarjääride pinna- ja põhjavete taseme taastumine. RPUI Eesti maaparandusprojekt, Tallinn 1992.
20. „Põlevkivi kasutamise riikliku arengukava 2016–2030” koostamiseks vajalike andmete analüüs. OÜ Inseneribüroo STEIGER. SA Säästva Eesti Instituut, AS Maves, OÜ Baltic Energy Partners. Tallinn 2012.
21. Põlevkivi Kaevandamise AS ettevõtete tööst tulenevate hüdrokeoloogiliste muutuste prognoosi koostamine. Etapp 4. Allmaamäetööde mõjust tulenevate hüdrokeoloogiliste muutuste prognoos. TTÜ Mäeinstituut, 2004.
22. Viru kaevanduse sulgemisest tulenevate hüdrokeoloogiliste muutuste prognoosimine. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn 2011.
23. Hüdrokeoloogiliste muutuste prognoosid seoses Uus-Kiviõli kaevanduse avamise ja Aidu karjääri sulgemisega. Eesti Geoloogiakeskus, Tallinn 2009.
24. Ratva raba hüdrokeoloogilised uuringud ja Selisoo seiresüsteemi rajamine. Tartu Ülikooli Ökoloogia ja Maateaduste Instituut, Tartu 2012.
25. Hüdrokeoloogilise ja limnoloogilise uuringu läbiviimine koos loodusdirektiivi järvedele lubatava veetaseme kõikumise vahemiku määramisega Kurtna maastikukaitsealal. Tallinn Ülikool ja Tartu Ülikool Tallinn-Tartu 2019.
26. Virumaa maavarade võimaliku kaevandamise keskkonnamõjud põhja- ja pinnaveele ning maastikule keskkonnageoloogiliste mudelitega analüüsituna koos alternatiivsete leevendusmeetmetega" köide 5. " Virumaade mudeli kirjeldus ning kasutusjuhend Virumaade põhjaveemudeli kirjeldus ning kasutusjuhend. Tallinn-Tartu 2018.
27. Põlevkivi kaevandamise mõju põhjaveele Rein Perens, Leonid Savitski, Eesti Geoloogiakeskus. Keskkonnatehnika 3/2008
28. Eesti põlevkivimaardla põhjaveevarule hinnangu andmine. Eesti Geoloogiakeskus. Tallinn 2010.
29. Hüdrokeoloogiliste muutuste prognoos Eesti põlevkivimaardla kaevandustööde piirkonnas 1. Etapp: Kohtla kaevanduse sulgemine. Eesti Geoloogiakeskus. Tallinn 2001.
30. Narva karjääri 13-nda tranšee mäetööde lõpetamise projekti hüdrokeoloogiline prognoos. AS Maves, Tallinn 2015.
31. Planeeritava Kose karjääri tööst tulenevate hüdrokeoloogiliste muutuste prognoos. AS Maves, Tallinn 2008.
32. Roodu aiandusühistu territooriumil põhjavee tõusust põhjustatud keskkonnohtlikkuse hindamine ning leevendusmeetmete väljatöötamine. AS Maves, Tallinn 2017.
33. Keskkond ja põlevkivi kaevandamine Kirde-Eestis. Tallinna Ülikool Ökoloogia Instituut, Tallinn 2005.
34. Mäetaguse valla Kiikla küla kaevandusveel baseeruva kaugküttesüsteemi põhjaveevaru hinnang. AS Maves, Tallinn 2010.
35. Viru vangla territooriumi (ca 16 ha) ja selle ümbruse maa-alade põhjavee režiimi seire ja vettkandvate kivimite filtratsiooniomaduste hinnang. AS Maves, Tallinn 2007

36. Vallner L. ja Porman A., 2016. Groundwater flow and transport model of the Estonian Artesian Basin and its hydrological developments. *Hydrology Research*, 47(4): 814-834. doi:10.2166/nh. <https://iwaponline.com/hr/article/47/4/814/996/Groundwater-flow-and-transport-model-of-the>.
37. Ida-Virumaa piirkonna liigvete projekt II etapp, lõpparuanne. AS Eesti Veevõrk Konsultatsioon & AS Maa ja Vesi Projekteerimisbüroo, Tallinn 2005.
38. Reinsalu, E; Valgma, I; Lind, H; Sokman, K (2006). Technogenic water body closed oil shale mines. *Oil Shale*, 23(1), 15 - 28. <https://www.kirj.ee/public/oilshale/oil-2006-1-2.pdf>
39. Groundwater sulphate content changes in Estonian underground oil shale mines. Tallinn University of Technology Dissertation of the degree of Doctor of Philosophy, Katrin Erg. Tallinn 2005.