
	Asiakirjan nimi		
	Kittilän kaivoksen ympäristötarkkailun vuosiraportti 2023		
	Luokka	Pvm. / Versio	Sivu
	Environment	31.3.2024	LIITE 12
Laatija(t)	Hyväksyjä		
Anne Rajanen, Juho Väyrynen	Mika Nieminen		

Liite 12

Käytöstä pois jääneiden pintavalutuskenttien tila ja niistä aiheutuva vesistökuormitus

Giron Consulting Oy

	Asiakirjan nimi		
	Kittilän kaivoksen ympäristötarkkailun vuosiraportti 2023		
	Luokka	Pvm. / Versio	Sivu
	Environment	31.3.2024	LIITE 12.1
Laatija(t)	Hyväksyjä		
Anne Rajanen, Juho Väyrynen	Mika Nieminen		

Liite 12.1

Käytöstä pois jääneiden pintavalutuskenttien tila ja niistä aiheutuva vesistökuormitus. 31.8.2023.

Giron Consulting Oy



GIRON CONSULTING OY

■ P00122 ■ 31.8.2023

Agnico Eagle Finland Oy

**KÄYTÖSTÄ POIS JÄÄNEIDEN
PINTAVALUTUSKENTTIEN TILA JA NIISTÄ
AIHEUTUVA VESISTÖKUORMITUS**



Päivämäärä:	31.8.2023
Projektin numero:	P00122
Projektin nimi:	Käytöstä pois jääneiden pintavalutuskenttien tila ja niistä aiheutuva vesistökuormitus
Tilaaaja:	Agnico Eagle Finland Oy
Selvityksen laatija:	Maarit Tuomela, Pekka Tuomela, Giron Consulting Oy
	+358 50 300 5633
	pekka@gironconsulting.com
	www.gironconsulting.com
	www.linkedin.com/in/pekkatuomela1977/

Sisällys

1 Johdanto	7
2 Turpeet	8
2.1 Turpeiden metallipitoisuuksista	8
2.2 Aiempia tutkimuksia turpeen metallipitoisuuksista Kittilän kaivoksen pintavalutuskentillä	13
2.3 Pintavalutuskenttien turvetutkimukset	15
2.3.1 Vertailualue	16
2.3.2 Pintavalutuskenttä 1	17
2.3.3 Pintavalutuskenttä 4	20
3 Vedet	26
3.1 Suo- ja purovesien metallipitoisuudet	26
3.2 Kittilän päästö- ja vaikutustarkkailun tulokset	29
3.2.1 Pintavalutuskenttien päästötarkkailu	29
3.2.1 Pintavesien vaikutustarkkailu	32
4 Tulosten tarkastelu	37
4.1 Turpeet	37
4.2 Pintavalutuskenttien valumavedet ja vesistö	42
4.2.1 Pintavalutuskenttien valumavedet	42
4.2.2 Vesistö	45
4.2.3 Veden laatuun liittyvät vaatimukset ja raja-arvot.....	48
5 Yhteenveto ja jatkotoimenpide –ehdotukset	50
Lähteet.....	52

Liitteet

1. Eri tutkimuksissa määritettyjä turpeen alkuainepitoisuuksia (mg/kg)
2. Yhteenveto turvenäytteiden tuloksista
3. Purovesien ja turvemaiden valumavesien mitattuja liukoisia alkuainepitoisuuksia eri tutkimuksissa

Disclaimer

The work was carried out with customary thoroughness, in accordance with our standard professional services, as well as with the competence, experience and best professional judgment of the team; The interpretation and conclusions of this report are based on information obtained, and in the course of the work we have relied upon representations and information furnished by the Client. The report and the liability of Giron Consulting Oy for the report is subject to the KSE2013 (GENERAL CONDITIONS FOR CONSULTING). Giron Consulting Oy liability for the work for Agnico Eagle Finland Oy is limited to the fee of the project. However, no representation or warranty is included or intended by Giron Consulting Oy for the completeness, accuracy or reliability of the information contained in the report to any third party. Giron Consulting Oy will not carry any financial responsibility of any consequences – direct or indirect, to any third parties – which might be due to the content of this report. The report is confidential and made for Agnico Eagle Finland Oy only.

1 Johdanto

Agnico Eagle Finland Oy:n (AEF) Kittilän kaivoksella otettiin joulukuussa 2020 käyttöön uusi purkupuutki, jota pitkin kaivoksen ylitevedet johdetaan Loukiseen. Tätä ennen, vuodesta 2006 alkaen, avolouhoksen ja maanalaisen kaivoksen kuivatusvedet johdettiin pintavalutuskentän 1 kautta Seurujokeen. Esikäsitellyt prosessivedet puolestaan johdettiin kesästä 2010 alkaen pintavalutuskenttä 4 kautta Seurujokeen. Kittilän kaivosalueen toiminnan laajentamista koskevan ympäristöluvan (PSAVI 29.5.2020, nro 67/2020) lupamääräyksen 75. mukaan: ”*Luvan saajan on laadittava uuden purkupuutken käyttöönoton jälkeen selvitys käytöstä pois jäävien pintavalutuskenttien tilasta ja niistä aiheutuvasta kuormituksesta. Tämän selvityksen perusteella on laadittava suunnitelma pintavalutuskenttien jälkihoidosta sekä mahdollisesta tarpeesta johtaa pintavalutuskentiltä tulevat vedet käsiteltäväksi.*”

AEF käynnisti pintavalutuskenttiin liittyviä selvityksiä kesällä 2021, jolloin pintavalutuskenttien alueella otettiin turvenäytteitä ja niistä analysoitiin haitta-aineiden pitoisuuksia. Näytteenotto toistettiin kesien 2022 ja 2023 aikana, jolloin saatiin lisää vertailumateriaalia turpeen laadusta. Pintavalutuskentille niiden käytön aikana johdetuissa vesissä oli merkittäviä pitoisuuksia erityisesti antimonia, arseenia ja nikkeliä, joita on sitoutunut kenttien turpeeseen ja kiintoaineeseen.

Tässä raportissa on selvitetty kirjallisuudesta turpeen ja soiden valumavesien metallipitoisuuksia muualla Suomessa. Geologian tutkimuskeskuksen vuosikymmenien ajan tekemästä turvekartoituksesta selviää Suomen soiden keskimääräiset alkuainepitoisuudet. Energiaturpeena käytetystä turpeesta on myös saatavilla mitattuja metallipitoisuuksia. Katsauksessa tuodaan esille myös joitain tutkimuksia, joissa on selvitetty mm. elinkaarensa eri vaiheissa olevien turvetuotantoalueiden tai alapuolisen kallioperän laadun vaikutusta turpeen metallipitoisuuksiin. Kittilän kaivoksen pintavalutuskenttien turpeista analysoituja metallipitoisuuksia vertaillaan näihin muun Suomen soiden pitoisuuksiin.

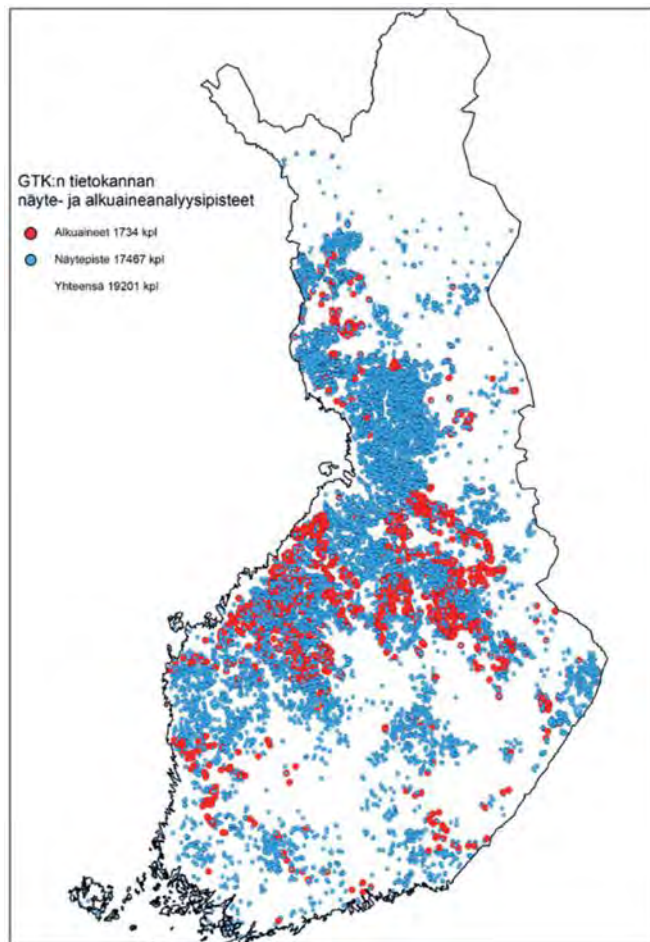
Vesipäästöjen tarkkailuohjelma, jolla seurattiin pintavalutuskenttien käytön aikana niiltä Seurujokeen aiheutuvaa kuormitusta, oli käytössä vuoteen 2020 asti. Se sisälsi veden määrän ja laadun tarkkailun ennen ja jälkeen pintavalutuskenttiä sijaitsevilla tarkkailupisteillä. Vuoden 2021 alusta tarkkailua on toteutettu purkupuutken käyttöönoton yhteydessä laaditun uuden vesipäästöjen tarkkailuohjelman mukaisesti. Sen myötä Seurujokeen johdettavien vesien laatua tarkkaillaan pintavalutuskentiltä poistuvien vesien tarkkailupisteiltä PVK1 P ja PVK4 P. Näiltä otetaan näytteet kerran kuussa, käytännössä näytteenotto onnistuu vain kevään sulamiskaudella, muulloin tarkkailupisteillä ei ole ollut riittävästi vettä näytteenottoon. Näille tuloksille tuo vertailupohjaa myös kaivoksen pintavesitarkkailun (vaikutustarkkailu) tulokset Seurujoen vedestä sekä kaivoksen ylä- että alapuolisilta osilta. Lisäksi tarkastellaan pitoisuuksia kauempaa alavirrasta, Loukisen havaintopisteeltä, joka sijaitsee lähellä Seurujoen liittymäkohtaa. Vertailukohteena on myös kaivosalueen eteläpuolista taustapitoisuutta edustava joen kohta Loukisessa, johon kaivoksen vedet eivät ole missään yhteydessä. Näitä pitoisuuksia tarkastellaan verrattuna kirjallisuudessa mainittuihin soiden valumavesien metallipitoisuuksiin sekä purovesien keskimääräisiin metallipitoisuuksiin. Vertailun perusteella voidaan arvioida pintavalutuskenttien jälkihoidon sekä valumavesien käsittelyn tarvetta.

2 Turpeet

2.1 Turpeiden metallipitoisuuksista

Turpeen luontaisia metallipitoisuuksia on tutkittu Suomessa niukasti. Useissa tutkimuksissa pitoisuuksia on määritetty maantieteellisesti varsin suppeilta alueilta tai on keskitytty selvittämään esimerkiksi suon alapuolisen mustaliuskevyöhykkeen vaikutusta turpeen alkuainepitoisuuksiin. Sen sijaan Suomessa käytetyn energiaturpeen raskasmetallipitoisuuksista on useitakin tutkimuksia (mm. Alakangas ym. 2016).

Kattavimmin tietoa turpeen keskimääräisistä alkuainepitoisuuksista Suomessa on saatavilla Geologian tutkimuskeskuksen turvetietokannasta. GTK on tehnyt turvekartoituksia vuosikymmeniä ja 1970-luvulta lähtien niiden yhteydessä on tehty myös turpeen alkuainemäärittäyksiä. Näistä on laadittu tutkimusraportti



Kuva 1. GTK:n tutkimien soiden näytepisteet (sininen) ja alkuainenäytepisteet (punainen).

Turpeen alkuainemäärittäykset GTK:ssa (Herranen ja Toivonen 2018) ja uudempi tutkimuskatsaus Turpeen alkuainemäärittäykset Geologian tutkimuskeskuksessa – tuloksia laajasta analyysiaineistosta (Herranen ja Toivonen 2020). Jälkimmäinen on lyhennelmä edellisestä, mutta siinä on alkuaineanalyysejä noin 70 000 kpl enemmän, koska se sisältää alkuainemäärittäykset myös vuosilta 2017 - 2019. Lisäksi näissä uusimmissa näytteissä arseeni ja kadmium on määritetty tarkemmalla menetelmällä (Labtium 503PM). Aivan koko Suomen kattavia tutkimuksia turpeen alkuainepitoisuuksista ei GTK:llakaan ole, koska aiemmin turpeen alkuainemäärittäyksiä tehtiin vähän. Kuvassa 1 on esitetty GTK:n turvenäytteiden sijoittuminen. Valtaosa turpeiden alkuainemäärittäyksistä on tehty Pohjanmaalla ja Kainuussa sijaitsevilta soilta.

Valtaosa GTK:n turvetutkimusten yhteydessä otetuista turvenäytesarjoista ulottuu suon pinnasta lähelle pohjaa. Alkuainemäärittäykset on tehty pinta- ja pohjaosan näytteistä sekä useista näiden väliltä otetuista näytteistä. Turpeen alkuainepitoisuudet ovat vertailun perusteella useimmilla alkuaineilla alemmalla tai selvästi alemmalla tasolla kuin mineraalimaassa, mutta usein samaa luokkaa kivennäismaiden humuskerroksen arvojen kanssa. Korkeimpia alkuainepitoisuuksia tavattiin usein soiden pohjaturvekerrostumien tai turpeen alla olevien liejakerrosten runsastuhkaisissa näytteissä.

Alkuaineiden esiintymiseen turvekerrostumissa vaikuttavat monet tekijät. Geokemialliset prosessit ovat yksi tekijä, eli turpeen alaisen kallioperän mineraalikoostumus, kallioperästä geologisten prosessien kautta syntynyt mineraalimaa sekä mineraalien rapautumisherkkyyks. Myös erilaiset kasvifysiologiset prosessit saavat aikaan alkuaineiden siirtymistä turvetta muodostaviin kasveihin (Luukkanen 2014).

Taulukossa 1 on alkuainemäärittysten yhteenvetotulokset loppuvuoteen 2019 mennessä tehdyistä määrittämisistä. Sekä arseenin että kadmiumin analyysitulosten mediaani ja keskiarvo koko turvenäyteaineistossa ovat kuitenkin jonkin verran todellisuutta korkeampia, sillä ennen vuotta 2017 otetuissa näytteissä yli 90 % kadmium- ja yli 60 % arseeninäytteistä on jäänyt käytetyimmän menetelmän 503P määrittämisrajojen (As 5 mg/kg, Cd 0,5 mg/kg) alapuolelle. Alle määrittämisrajan jääneet tulokset ovat katsauksessa mukana siten, että niille on annettu lukuarvo oletetun määrittämisrajan ja nollan puolivälistä. Vuodesta 2017 lähtien näytteet on määrittetty menetelmällä 503PM, jonka määrittämisraja arseenille on 0,05 mg/kg ja kadmiumille 0,01 mg/kg. Turvenäytteiden (598 kpl) arseenipitoisuuden keskiarvoksi saatiin tällä tarkemmalla menetelmällä 1,65 mg/kg ja mediaaniksi 0,94 mg/kg ja kadmiumipitoisuuden keskiarvoksi 0,13 mg/kg ja mediaaniksi 0,07 mg/kg. Nämä tulokset kuvastavat totuudenmukaisemmin kadmiumin ja arseenin pitoisuutta turvekerrostumissa.

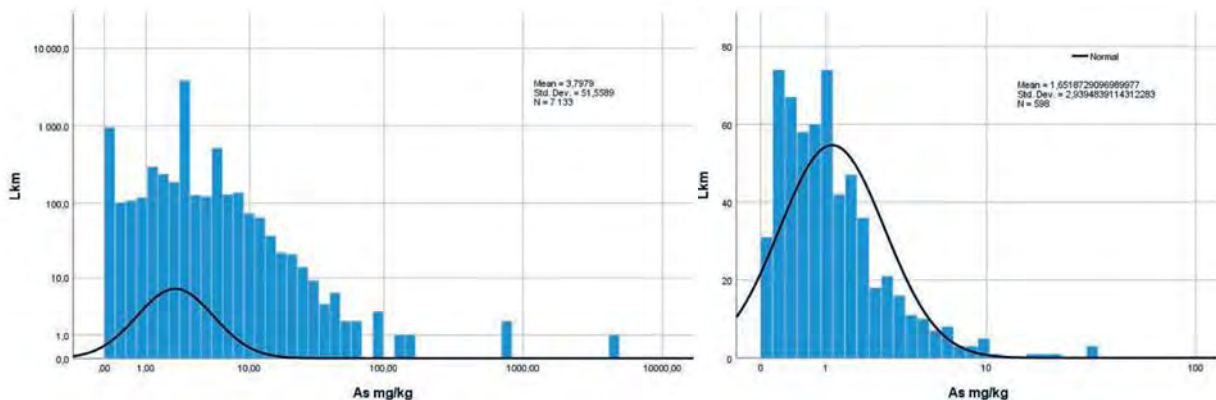
Taulukko 1. GTK:n turvekartoituksen yhteydessä saadut turpeen alkuainemäärittysten yhteenvetotulokset. *huomattavasti nolla-arvoja.

	Al mg/kg	As	B	Ba	Be	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	La	Li
Lkm	7195	7133	7171	7171	7145	7195	7273	7272	7202	7272	7272	7195	822	2301
Min	26	0	0	1,96	0	148	0	0,05	0,1	0,2	74,1	5	0*	0*
Max	25300	4220	67	1090	18	33000	6,5	1550	220	389	142000	7390	348	14
Keskiarvo	2679	3,80	2,68	57,9	0,23	3998	0,26	1,63	5,67	11,26	6529	166,4	9,69	0,45
Mediaani	1860	2,50	2,50	45	0,1	2870	0,25	0,5	3	5,4	4420	50	4	0,1
Keskihajonta	2753	51,6		1,52	56,5	0,58	3456	0,16	18,9	9,34	18,1	11006	350,8	
21.8	1,06													

	Mg mg/kg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Sb	Sc	Si	Sr	Th	Ti
Lkm	7195	7272	4648	7171	7272	7196	7271	7173	7171	770	819	7171	39	7170
Min	23	0,5	0	2,5	0,1	52	0,025	64,5	0*	0*	4,2	0,5	0,02	0,25
Max	4260	3590	75	1010	4270	7430	3840	147000	51	10,3	1030	355	3	928
Keskiarvo	659	78,7	0,73	47,1	6,38	550	4,5	2853	2,99	1,17	143	27,5	0,72	70,9
Mediaani	523	36,3	0,5	25	3,0	471	2,5	1770	0,01	0,60	132	23,3	0,21	38
Keskihajonta	494	129,8	2,76	58,2	59,8	1135	45,5	5743	3,71	1,55	88,2	19,44	0,93	105,6

	U mg/kg	V	Y	Zn	Zr	C %	H	N	S
Lkm	60	7170	770	7271	2022	8515	233	8523	58482
Min	0,02	0,05	0*	0,5	0*	27,0	5,3	0,06	0
Max	80,8	786	115	6750	46,2	62,7	7,91	4,52	14,6
Keskiarvo	4,19	12,32	5,28	13,88	2,18	51,67	6,69	1,80	0,25
Mediaani	0,64	5,44	2,5	3,9	1	52,1	6,93	1,84	0,18
Keskihajonta	12,9	29,95	8,96	140	3,84	3,73	0,65	0,58	0,37

Kuvassa 2 on esitetty GTK:n turvetutkimuksesta saatujen turpeen arseenipitoisuuksien jakaumat. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on tulosten jakauma, kun käytössä olleen analyysimenetelmän määrittysraja oli 5 mg/kg ja oikeanpuoleisessa, kun määrittysraja oli 0,05 mg/kg. Tarkemmasta määrittysmenetelmästä saatu jakauma osoittaa, että todellinen keskipitoisuus turpeissa on pienempi kuin aiemmin luultiin. Tosin molemmista jakaumista, ja etenkin vanhemmasta, voidaan myös havaita, että toisinaan turpeissa löytyy huomattavasti keskiarvoa suurempia pitoisuuksia, 50 – 4 000 mg/kg.

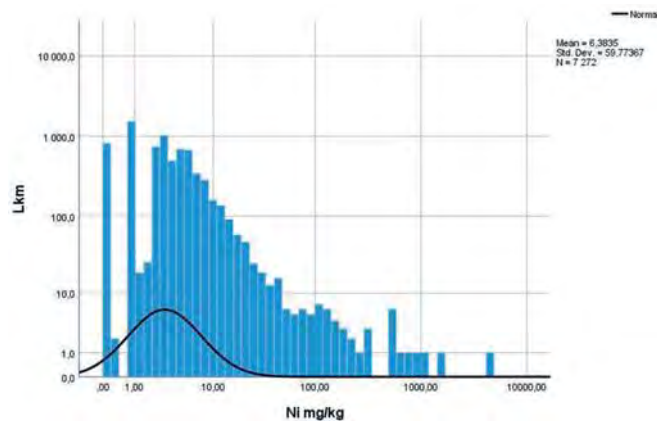


Kuva 2. Turpeen arseenipitoisuuksien jakaumat (vasemmalla määrittysraja 5 mg/kg, oikealla 0,05 mg/kg) (Herranen ja Toivonen 2018 & 2020).

Soilla, joilla arseenipitoisuudet ovat poikkeuksellisen suuria (usein mm. mustaliuskevyöhykkeen läheisyydessä), arseenia voi olla missä tahansa turvekerrostuman osassa, mutta suurimmat arseenipitoisuudet ovat yleensä suon pohjalla mineraaliainesta sisältävissä turpeissa (Virtanen 2004), mikä tuli hyvin esille tässäkin GTK:n laajassa aineistossa. Humuskerroksen keskimääräinen arseenipitoisuus on hieman korkeampi kuin tässä tutkimuksessa on turpeella havaittu (Salminen ym. 2011). Maaperän keskimääräinen arseenipitoisuus on 5 mg/kg (Koljonen 1992).

Myös antimonin osalta on havaittavissa, että taulukossa 1 oleva keskiarvo ei anna oikeaa kuvaa turpeen antimonipitoisuuksista. Suurimmassa osassa määritetyistä näytteistä antimonipitoisuus on jäänyt alle määrittysrajan (0,02 mg/kg), jolloin katsauksessa näytteelle on annettu pitoisuusarvo nollan ja määrittysrajan puolivälistä, tässä tapauksessa 0,01 mg/kg. Tämä on myös saatu mediaaniarvo. Toisaalta näytteistä on mitattu myös joitain korkeita antimonipitoisuuksia (maksimipitoisuus 51 mg/kg), jotka nostavat tuloksista saatua keskipitoisuutta (2,99 mg/kg).

Nikkelipitoisuuden keskiarvo turvenäytteissä oli 6,4 mg/kg ja mediaani 3,0 mg/kg. Pitoisuuksien vaihteluväli oli suuri, 0,1 – 4 270 mg/kg, kuten jakaumakuvasta 3 voi havaita. Osa korkeimmista turpeen nikkelipitoisuuksista sijoittui mustaliuskevyöhykkeille, mutta osassa ei ole tiedossa lähellä olevia mustaliuskevyöhykkeitä. Suurin osa turpeen korkeista nikkelipitoisuuksista on tavattu pohjaturvekerrostumasta. Turpeen nikkelipitoisuudet ovat samaa luokkaa kuin on havaittu maaperän humuskerroksessa, mutta pienemmät kuin maaperässä on keskimäärin havaittu.



Kuva 3. Turpeen nikkelpitoisuusjakauma (Herranen ja Toivonen 2020).

Turpeen poikkeuksellisen korkeita alkuainepitoisuuksia tavataan usein mustaliuskevyöhykkeiden läheisyydessä. GTK:n tutkimuksen perusteella ainakin alumiini, arseeni, kadmium, koboltti, kupari, nikkeli, rikki ja sinkki olivat rikastuneet turpeeseen mustaliuskeiden läheisyydessä. Virtasen ja Lerssin (2006) tutkimuksessa tällaisia alkuaineita olivat barium, koboltti, kromi, rauta, mangaani, nikkeli, lyijy, rikki, titaani, vanadiini ja sinkki. Mustaliuskeiden vaikutus turpeen alkuainepitoisuuksiin on useilla alkuaineilla kaksinkertainen turpeen normaaliin taustapitoisuuteen verrattuna, mutta muutamilla alkuaineilla yksittäisten näytteiden pitoisuudet voivat olla jopa monikymmenkertaisia taustapitoisuuksiin verrattuna (esimerkiksi vanadiini ja rikki).

Mustaliuskekallioperän vaikutus turpeen metallipitoisuuksiin näkyi selvästi myös tutkimuksessa, jossa mitattiin Talvivaaran Ni-Cu-Zn-Co-esiintymän lähistöllä sijaitsevien kolmen suon turpeiden alkuainepitoisuuksia (Mäkilä ym. 2012). Nämä kolme suota edustavat erilaisia kallioperäalueita ja hydrologisia olosuhteita. Co-, Cu-, Fe-, Mn-, Ni-, U-, Zn- ja S-pitoisuudet olivat alemmat kiilleliuskekallioperässä olevalla suolla kuin mustaliuskeen (grafiittia ja sulfideja sisältävien metasedimenttikivien) päällä olevilla soilla ja pitoisuudet olivat suurempia soiden pohja- kuin pintaturpeissa. Talvivaaran vaikutus näkyi erityisesti mustaliuskekallioperän päällä sijaitsevan rinessuon turvenäytteissä (M2). Esimerkiksi keskimääräinen nikkelpitoisuus 238,9 mg/kg oli noin 37-kertainen GTK:n turvetietokannan keskimääräiseen nikkelpitoisuuteen verrattuna (Taulukko 2).

Taulukko 2. Talvivaaran läheisyydessä olevien kolmen suokohteen (M1, M2 ja M3) keskimääräiset alkuainepitoisuudet.

suotyypit	mg/kg							
	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	S
M1	0,9	17	2 091	10	7	3,5	8,9	6 522
M2	19	179,4	57 879	40,2	238,9	3,4	1 501	59 744
M3	1,7	20	5 587	72,3	33,8	3,4	72,5	11 332

Suomessa käytetystä energiaturpeesta on useissa tutkimuksissa määritetty raskasmetallipitoisuuksia. Näistä on esimerkiksi Alakangas ym. koonnut julkaisuunsa (2016) eri tutkimuksista saatuja arvoja, joita on esitelty taulukoissa 3 ja 4. Näiden mukaan

arsenipitoisuuden keskiarvo on polttoturpeessa korkeampi kuin GTK:n määrittämässä turpeissa. Muut pitoisuudet ovat samaa luokkaa kuin GTK:n turvetutkimuksessa.

Taulukko 3. Polttoturpeen raskasmetallipitoisuudet kuiva-aineessa (mg/kg) (Vähä-Savo et al. 2016, koboltti on Vapon aikaisemmista tutkimuksista vuosilta 1996–2013).

Ominaisuus	Keskiarvo	Mediaani	Keskihajonta	Minimi	Maksimi
Arseeni, As	3,3	3,1	1,4	0,5	6,9
Kadmium, Cd	0,13	0,12	0,04	0,06	0,2
Koboltti, Co	1,29	1,1	0,74	0,3	8,8
Kromi, Cr	6,14	5,5	3,18	0,82	15,0
Kupari, Cu	7,7	6,95	3,4	2,1	18,0
Nikkeli, Ni	4,37	4,0	2,1	0,94	13,0
Lyijy, Pb	3,74	3,4	2,11	0,5	11,0
Sinkki, Zn	7,5	7,23	2,7	2,1	16,0
Elohopea, Hg	0,056	0,05	0,019	0,05	0,20
Vanadiini, V	8,7	8,3	4,1	1,2	20,0
Molybdeeni, Mo	1,07	1,0	0,52	0,5	3,4

Taulukko 4. Polttoturpeen raskasmetallipitoisuudet kuiva-aineessa (mg/kg) (Taipale 1996).

	Arseeni, As	Kadmium, Cd	Koboltti, Co	Kromi, Cr	Kupari, Cu	Nikkeli, Ni	Lyijy, Pb	Sinkki, Zn
Keskiarvo	2,2	0,12	1,4	5,9	6	3,9	4,6	9,0
Keskihajonta	1,2	0,025	0,61	2,78	2,61	1,66	1,48	3,54
Minimi	0,2	0,03	0,1	0,9	1,4	0,8	0,6	2,8
Maksimi	9,3	0,2	3,7	24,9	16,5	16,7	9,9	36,5

Lehtovaara ym. (2014) kartoittivat kolmen eri Keski-Suomessa sijaitsevan tuotantosuon turpeen raskasmetallipitoisuuksia sekä mahdollista korrelaatiota näiden ja valumavesien raskasmetallipitoisuuksien välillä. Tämä tutkimus oli erillisosio ja kuului Lehtovaaran ym. (2016) myöhemmin toteutetun tutkimuksen ensimmäiseen vaiheeseen. Tutkimuksessa mitattiin turpeiden ja vesien elohopea-, kadmium-, lyijy- ja nikkelpitoisuudet. Turpeen elohopean pitoisuuden keskiarvo oli 0,038 mg/kg, kadmiumin 0,11 mg/kg, lyijyn 1,47 mg/kg ja nikkelin 2,62 mg/kg (Taulukko 5). Keskipitoisuudet ovat kadmiumia lukuun ottamatta alemmat kuin turpeella on keskimäärin havaittu eri tutkimuksissa.

Taulukko 5. Raskasmetallipitoisuuksia turvetuotantosoiden turpeissa (Lehtovaara ym. 2014).

	Elohopea mg/kg ka	Kadmium mg/kg ka	Lyijy mg/kg ka	Nikkeli mg/kg ka
kpl	46	46	46	46
keskiarvo	0,038	0,107	1,468	2,618
mediaani	0,036	0,076	0,611	1,866
keskihajonta	0,016	0,11	3,00	2,37
variانسsi	0,00024	0,012	8,80	5,49
maks	0,08	0,58	16	12
min	0,005	0,03	0,11	0,61
95% maks	0,07	0,33	7,47	7,35
95% min	0,007	-0,11	-4,53	-2,12

Lehtovaaran ym. (2016) toisen tutkimuksen tavoitteena oli saada kattavampaa tietoa elinkaarensa eri vaiheissa olevien turvetuotantoalueiden sekä metsäojitettujen soiden turpeen ja valumaveden raskasmetallipitoisuuksista ja näiden välisestä korrelaatiosta. Tutkimuksessa havaittiin eri maankäyttömuodon piirissä olevien soiden raskasmetallipitoisuuksien keskiarvojen olevan lähellä toisiaan (Taulukko 6), eivätkä ne eronneet merkittävästi toisistaan. Tämän tutkimuksen turpeet ovat pitoisuustasoiltaan varsin tavanomaisia, sillä turpeiden analyysitulokset ovat yhteneviä aiempiin tutkimuksiin verrattuna (Lehtovaara ym. 2014, Peuravuori & Pihlaja 1988, Virtanen 2005) sinkkiä lukuun ottamatta. Sinkin pitoisuuseroa selittää ainakin tämän tutkimuksen osalta elävien pintanäytteiden mukana olo. Sinkki on kasviraavinne ja maaperässä varsin liikkuva, joka rikastuu pintamaan humuksen ja muihin orgaanisiin kerroksiin (Heikkinen 2000). Turpeiden arseenipitoisuus vastasi varsin hyvin Peuravuori & Pihlajan (1988) ja Virtasen (2005) tutkimuksissaan saamia pitoisuuksia, mutta sen sijaan GTK:n turvetutkimuksen tuloksiin verrattuna ne ovat lähes kaksinkertaiset.

Taulukko 6. Turpeiden raskasmetallipitoisuudet maankäyttömuodoiltaan erilaisilla soilla (Lehtovaara ym. 2016).

		As	Cd	Co	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Tuotantosuo	kpl	54	54	54	54	54	54	54	54
	keskiarvo	2,70	0,14	0,84	5,53	0,054	3,14	4,63	12,71
	mediaani	2,0	0,1	0,6	3,5	0,050	2,3	1,1	6,0
Valmistelussa	kpl	24	24	24	24	24	24	24	24
	keskiarvo	1,87	0,20	1,50	11,38	0,054	5,43	5,27	17,64
	mediaani	1,50	0,11	0,68	5,35	0,050	2,35	3,50	10,00
Metsäojitetut	kpl	18	18	18	18	18	18	18	18
	keskiarvo	3,05	0,16	0,93	5,96	0,057	3,27	5,64	15,06
	mediaani	2,25	0,12	0,69	3,6	0,050	2,4	2,6	8,8
Koko aineisto	kpl	96	96	96	96	96	96	96	96
	keskiarvo	2,56	0,16	1,02	7,07	0,055	3,74	4,98	14,39
	mediaani	1,9	0,11	0,67	3,8	0,05	2,3	2,2	7,4

2.2 Aiempia tutkimuksia turpeen metallipitoisuuksista Kittilän kaivoksen pintavalutuskentillä

Kittilän kultakaivoksilla kaivosvesien käsittelyyn käytettyjen pintavalutuskenttien turpeiden alkuainepitoisuuksia on analysoitu tutkimuksissa, joissa on tutkittu turvekosteikkojen toimivuutta vesien puhdistajina. Pönkän (2013) tutkimuksessa käytettiin sekä Päckilän (2008) että Ronkasan ym. (2012) Kittilän kaivoksen pintavalutuskentiltä mittaamia turpeiden alkuainepitoisuuksia ja verrattiin näitä pitoisuusarvoihin, joiden vuoden 2011 vesianalyyysien perusteella laskennallisesti arvioitiin kertyneen turpeisiin.

Päckilän tutkimuksessa alkuainepitoisuudet oli mitattu vuonna 2007 PVK 1:n alueelta kolmelta tutkimuspisteeltä. Tuolloin pintavalutuskentille johdettiin kaivoksen rakentamisaikaisia kuivanapitovesiä, eivätkä havaitut pitoisuudet siten edusta toimintaa edeltänyttä taustatilannetta, lukuun ottamatta pistettä 15. Vuoden 2007 näytepisteet vastaavat myöhemmin mainitussa Envineerin pintavalutuskenttien 1 ja 4 haitta-aineselvityksessä käytettyjä pisteitä 12, 13 ja 15 (kappale 2.2). Päckilän tutkimuksessa näytepisteet 12 ja 13 sijoitettiin pintavalutuskentän alueelle ja piste 15 oli mukana kentän ulkopuolisena vertailunäytteenä. Ronkasan ym. tutkimuksessa

pitoisuudet mitattiin vuonna 2011 PVK 1:n alueella neljältä pisteeltä, joista 12, 13 ja 15 olivat samat kuin Päckilän tutkimuksessaan käyttämiä ja 11 ja 14 uusia pisteitä. PVK 4:n alueella Ronkasella ym. oli kymmenen näytepistettä, 1 – 4, 45 – 49 ja 410. Lisäksi pintavalutuskentän 4 pohjoispuolella olevalla luonnontilaisella vertailualueella, jonne kaivoksen vesiä ei johdeta, oli kolme näytepistettä. Kappaleessa 2.2 käsitellyssä Envineerin selvityksessä kummankin pintavalutuskentän ja vertailualueen kaikki näytepisteet vastaavat Ronkasen ym. tutkimuksessaan käyttämiä.

Vuonna 2007 näytteet otettiin kairaamalla 10 – 20 cm syvyydeltä. PVK 1:n turvenäytteiden arseenipitoisuuden keskiarvo oli 0,47 mg/kg ja nikkelin 0,39 mg/kg, antimonia ei ollut määritetty. Tuolloin pintavalutuskenttä 1 oli ollut käytössä vasta vuoden ajan. Ronkasen ym. vuonna 2011 toteutetussa tutkimuksessa näytteet otettiin kairaamalla 0 – 20 cm syvyydeltä. Tuolloin turpeen antimonipitoisuuden keskiarvo PVK 1:llä oli 102,5 mg/kg, arseenipitoisuus 35,3 mg/kg ja nikkelpitoisuus 28,5 mg/kg. Pitoisuudet olivat siis huomattavasti nousseet neljän vuoden aikana. Pintavalutuskenttä 4 alueen tutkimuspisteissä alkuainepitoisuudet olivat huomattavasti kentän 1 pitoisuuksia matalammat. PVK 4:n keskimääräinen antimonipitoisuus oli 8,0 mg/kg, arseenipitoisuus 11,8 mg/kg ja nikkelpitoisuus 5,3 mg/kg. Vastaavat pitoisuudet vertailualueella olivat antimonille <3 mg/kg, arseenille 3,2 mg/kg ja nikkelille 5,3 mg/kg. Ronkasen ym. tutkimuksessa määritettiin turpeen ainepitoisuuksia PVK 4:n alueella myös syvyyksiltä 20 – 30 cm ja 30 – 40 cm. Määritysten perusteella antimoni ja arseni pidättyvät ylimpään 20 cm turvekerrokseen, mutta nikkelpitoisuus oli samaa tasoa kaikissa kolmessa turvekerroksessa. Antimonipitoisuus oli turvekerroksessa 20 – 30 cm <3 mg/kg ja kerroksessa 30 – 40 cm, ja arseenipitoisuus vastaavasti 5,6 mg/kg ja 4,8 mg/kg. Ronkanen ym. tutkivat myös arseenin, antimonin ja nikkelin huuhtoutumista pintavalutuskentiltä. Tulosten perusteella kaivosvesien sisältämä antimoni ja arseni pidättyvät melko pysyvästi pintavalutuskenttien turpeisiin, nikkelin huuhtoutuminen sen sijaan vaikutti lievästi lisääntyvän mitä enemmän turpeeseen oli nikkeliä sitoutunut.

Myös Pönkän tutkimuksessa päädyttiin tulosten perusteella siihen arveluun, että syvyys, jolle ainetta pintavalutuskentän turpeeseen pidättyy, on melko matala, pinnasta 10 – 15 cm. Toinen havainto oli, että pintavalutuskentille tuleva vesi jakautuu epätasaisesti kentän alalle ja todellinen virtausala on huomattavasti pienempi kuin pintavalutuskenttien todelliset pinta-alat. Tällöin metallit sitoutuvat pintavalutuskenttien alueilla turpeeseen epätasaisesti, mikä näkyy eri mittauspisteissä todettujen turpeiden metallipitoisuuksien suurinakin eroina.

Tulosten tarkastelussa huomioitavaa

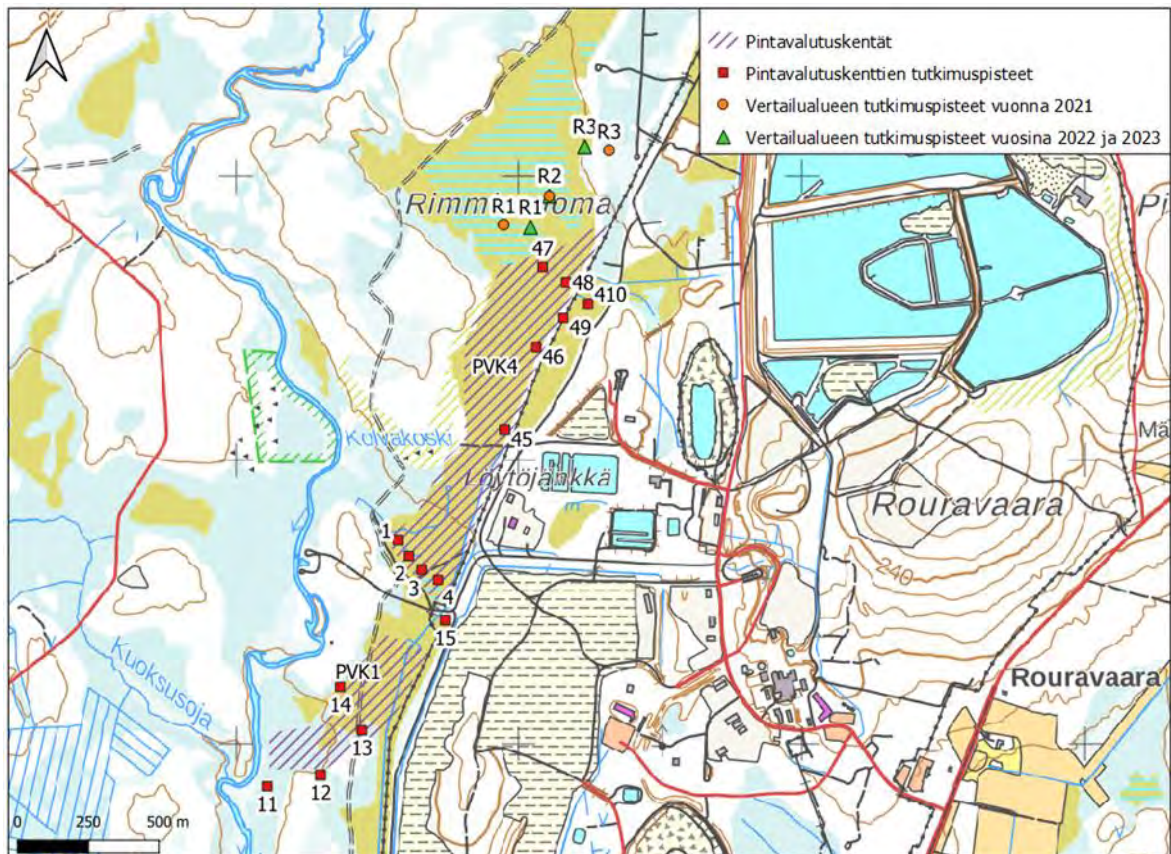
Turpeiden alkuainemäärittämissä saatuja tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että eri tutkimuksista saadut pitoisuudet eivät aina ole suoraan verrattavissa keskenään. Tutkimuksissa on mahdollisesti käytetty eri määrittämenetelmiä ja joissain tutkimuksissa ei ole kerrottu kulloinkin käytössä ollutta menetelmää. Vanhimmissa tutkimuksissa on esimerkiksi saatettu määrittää alkuainepitoisuudet tuhkasta eikä kuiva-aineesta, mikä voi tuoda epävarmuutta vertailuun. Useissa menetelmissä myös määrittärajat ovat hyvinkin eri tasolla, jolloin tuloksia on hankala vertailla. Tämä on havaittavissa esimerkiksi arseenin ja kadmiumin kohdalla. Etenkin vanhemmissa tutkimuksissa on käytetyt menetelmät ovat usein epätarkempia ja määrittärajat korkeampia.

Eri tutkimuksista saatuja turpeiden alkuainepitoisuuksia on koottu Liitteeseen 1.

2.3 Pintavalutuskenttien turvetutkimukset

Agnico Eagle Finland Oy on ympäristöluvan lupamääräyksen (PSAVI 29.5.2020, nro 67/2020, lupamääräys 75) mukaisesti käynnistänyt purkuputken käyttöönoton myötä tarpeettomiksi käyneiden pintavalutuskenttien tilaan liittyviä selvityksiä. Syksyllä 2021 pintavalutuskenttien alueella otettiin turvenäytteitä, joista analysoitiin mm. metallipitoisuuksia. Näytteenotto toistettiin kesien 2022 ja 2023 aikana, jotta turpeen laadusta saatiin lisätietoa ja enemmän vertailumateriaalia.

Pintavalutuskentät 1 ja 4 ovat alun perin luonnontilaisia suoalueita ja sijaitsevat kaivosalueen länsipuolella. PVK 1 on keski- ja pohjoisosiltaan rimpisuota (rimpineva) ja eteläosaltaan rämettä ja kokonaispinta-alaltaan se on noin 17 hehtaaria. PVK 1:n alueelle johdettiin vuodesta 2006 alkaen avolouhoksen ja maanalaisen kaivoksen kuivatusvesiä. PVK 4 sijaitsee Rimminvuoman suoalueella, jonka pohjoisosistaan mättäiselle suolle esikäsitellyt prosessivedet purettiin. Alueen keskiosissa on metsäsaareke, jonka eteläpuolella on lähes puuton neva. Kokonaispinta-alaltaan PVK 4 on noin 60 hehtaaria. PVK 4 otettiin käyttöön vuonna 2010 (Pönkä 2013). Pintavalutuskentille johdetuissa vesissä oli merkittäviä pitoisuuksia erityisesti antimonia, arseenia ja nikkeliä.



Kuva 4. Pintavalutuskenttien 1 ja 4 (PVK 1 ja PVK 4) ja tutkimuspisteiden (11 – 15, 1 – 4, 45 – 49, 410) sekä vertailualueen tutkimuspisteiden (R1 – R3) sijainnit. Vertailualueen tutkimuspisteiden R1 ja R3 paikkoja hieman siirrettiin vuonna 2022 alueelle rakennettujen aidan ja ojan takia.

Pintavalutuskenttien häirtä-ainetutkimukset toteutti ympäristöalan konsulttiyritys Envineer Oy. Pintavalutuskentiltä otettiin kesällä/syksyllä 2021, 2022 ja 2023 turvenäytteitä kunakin vuonna

18 tutkimuspisteeltä (PVK1: 5 tutkimuspistettä, PVK4: 10 tutkimuspistettä, vertailualue: 3 tutkimuspistettä), jotka pyrittiin sijoittamaan samoille paikoille kuin Oulun Yliopiston tekemissä haitta-aineselvityksissä vuosina 2007 ja 2010 – 2011 (Pönkä 2013, Päckilä 2008 ja Ronkanen ym. 2011). Näistä selvityksistä on kerrottu kappaleessa 2.2. Pintavalutuskenttien ja tutkimuspisteiden sijainnit on esitetty karttakuvassa 4. Vertailualueen tutkimuspisteitä R1 ja R3 jouduttiin vuonna 2022 siirtämään alkuperäisestä, koska alkuperäinen tutkimuspiste R1 oli jäänyt aluetta rajaavan aidan toiselle puolelle ja tutkimuspiste R3 sijoittui uuden ojan kohdalle.

Näytteenotto tehtiin suokairalla tai lapiokoekuopista, joilla saatiin edustavat maanäytteet turvekerroksen pintaosasta eli syvyydeltä 0,0 – 0,1 m sekä sen alapuolisesta kerroksesta 0,1 – 0,3 m syvyydeltä. Näytteitä otettiin kunakin vuonna yhteensä 36 kpl. Vuonna 2021 näytteet otettiin turvekairalla vertailualueen näytepisteillä ja PVK4:n pisteillä 45, 46, 47, 48, 49 ja 410. Muista näytepisteistä näytteet otettiin pistolapiolla kuopan reunalle nostetusta turveprofiilipaakusta muovisella (puhdistetulla) näytteenottolapiolla tai mikäli turveprofiili ei pysynyt ehjänä, kaivetun kuopan seinämiltä. Näytteenottomenetelmää vaihdettiin, koska turvekairalla ei saatu kosteammista paikoista nostettua luotettavaa näyteprofiilia. Vuosina 2022 ja 2023 kaikki näytteet otettiin pistolapiolla kuopan reunalle nostetusta turveprofiilipaakusta kertakäyttökumihanskoja käyttäen. Turpeen pintakerrosta ja alapuolista kerrosta edustavat näytteet toimitettiin laboratorioanalyyseihin, jossa niistä analysoitiin hehkutushäviö sekä nk. PIMA-metallien kokonaispitoisuudet. Tuloksia verrattiin pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnin tueksi määritettyihin kynnys- ja ohjearvoihin, jotka on esitetty Valtioneuvoston asetuksessa 214/2007.

2.3.1 Vertailualue

Vertailualueen turvenäytteissä ei todettu vuosina 2021 – 2023 merkittävästi kohonneita metallipitoisuuksia muiden metallien kuin arseenin osalta. Arseenin keskiarvopitoisuus ylitti molemmissa turvekerroksissa kaikkina kolmena tutkimusvuonna VN:n 214/2007 mukaisen kynnysarvotason (5 mg/kg) (Taulukko 7). Pistekohtaisesti tarkasteltuna arseenipitoisuus ylitti kyseisen kynnysarvotason myös kaikkina kolmena vuonna tutkimuspisteen R3 pinta- ja alemmassa turvekerroksessa ja lisäksi pintaturvenäytteissä pisteessä R1 vuosina 2022 ja 2023 ja pisteessä R2 vuonna 2022. Tutkimuspisteen R3 arseenipitoisuudet olivat kaikkina kolmena tutkimusvuonna selvästi muissa pisteissä todettuja pitoisuuksia korkeammat, 14 – 48 mg/kg.

Metallipitoisuustasot vaihtelivat näiden kolmen tutkimusvuoden aikana erityisesti pintakerroksen turvenäytteissä ollen vuonna 2022 kaikissa kolmessa tutkimuspisteessä R1 - R3 vuoden 2021 pitoisuuksia korkeammat lukuun ottamatta pisteen R3 kobolttipitoisuutta, mikä oli puolet aiemmasta. Esimerkiksi kromin, lyijyn ja vanadiinin osalta lisäys on suunnilleen kaksinkertainen, arseenin ja nikkelin osalta osin jopa viisin-kuusinkertainen. Myös vuoden 2023 näytteissä useat metallipitoisuudet olivat korkeammat kuin vuonna 2021, mutta osa kuitenkin samalla tasolla kuin tuolloin. Alemmasta turvekerroksesta mitatuissa pitoisuuksissa ei ollut näin isoja eroja vuosien välillä.

Kaikkiaan voidaan todeta, että kappaleessa 2 mainittuihin valtakunnan laajuisiin tutkimuksiin nähden nämä vertailualueen näytteet edustavat erityisesti arseenin suhteen kohonneita pitoisuuksia.

Taulukko 7. Vertailualueella (R1-R3) todetut antimoinin, arseenin ja nikkelin keskiarvo- sekä minimi- ja maksimipitoisuudet (mg/kg) turpeen pinta- ja alemmassa kerroksessa vuosina 2011 ja 2021 – 2023. Laboratorion määrittämissä rajan alittavat tulokset on huomioitu keskiarvopitoisuutta laskiessa määrittämissä rajan puolikkaina.

		Sb				As				Ni			
		2011	2021	2022	2023	2011	2021	2022	2023	2011	2021	2022	2023
Pinta- maakerros (0,0 – 0,1 m)	ka	<3	0,5	0,5	0,8	3,2	5,6	14	19	5,3	2,9	5,3	3,8
	min		<1,0	<1,0	<1,0		1,4	5,6	3,8		1,4	<4,0	3,0
	max		<1,0	<1,0	1,4		14	28	48		4,9	8,3	4,7
Alempi maakerros (0,1 – 0,3 m)	ka		0,5	0,5	0,5		7,1	7,0	7,7		3,9	3,6	3,1
	min		<1,0	<1,0	<1,0		1,7	2,5	2,9		2,1	1,6	1,8
	max		<1,0	<1,0	<1,0		18	16	17		5,1	6,1	4,8

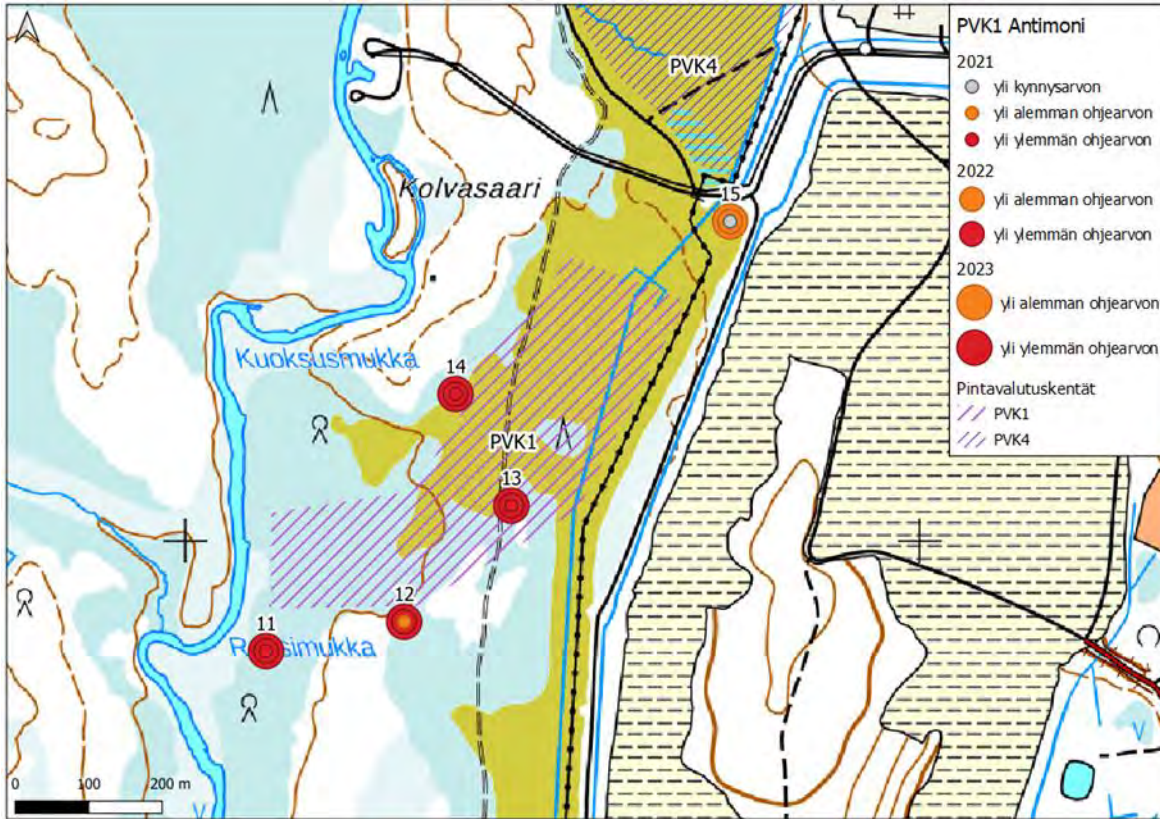
2.3.2 Pintavalutuskenttä 1

Pintavalutuskenttä 1 alueen kaikissa tutkimuspisteissä (11, 12, 13, 14 ja 15) todettiin kaikkina kolmena tutkimusvuonna (2021 – 2023) turpeessa antimonin ja arseenin sekä pisteissä 11, 13 ja 14 nikkeliä. Lisäksi kadmiumia mitattiin pisteiden 11, 13 ja 14 turvenäytteistä ja kobolttia pisteiden 11 ja 14 näytteistä. Muiden metallien pitoisuudet olivat pieniä. Elohopean osalta määrittämissä rajan alittui kaikissa otetuissa näytteissä ja useassa näytteessä myös kadmiumin osalta. Vaikka pintavalutuskentän 1 turpeen metallipitoisuudet olivat eri tutkimusvuosina keskenään samantasoisia, oli eri vuosien pitoisuuksissa vaihtelua. Yleisesti ottaen vuoden 2021 keskiarvopitoisuudet olivat matalimmat ja vuoden 2022 korkeimmat, kun taas 2023 keskiarvopitoisuudet olivat usein näiden kahden vuoden arvojen puolivälistä. Kuitenkin etenkin yksittäiset pitoisuudet vaihtelivat paljonkin näistä poiketen. Oulun Yliopiston vuonna 2011 tekemässä selvityksessä (Pönkä 2013) keskimääräiset pitoisuustasot olivat matalammat kuin näissä vuosina 2021 – 2023 tehdyissä tutkimuksissa. Kyseisessä tutkimuksessa näytteenotto- ja -säilytysväli oli 0,0 – 0,2 m, eli tulokset edustavat paksumpaa turvekerrosta, mikä voi näkyä suhteessa pienempinä pitoisuuksina. Pintakerroksen turpeissa (0,0 – 0,1 m) havaitut pitoisuudet olivat lähes poikkeuksetta huomattavasti korkeammat kuin alemmassa turvekerroksessa (0,1 – 0,3 m).

Vuonna 2021 **antimonin** mitattu keskiarvopitoisuus PVK1 alueen pintaturpeissa oli 118 mg/kg (pitoisuuksien vaihteluväli 5,1 – 232 mg/kg), vuonna 2022 se oli lähes kolminkertainen edellisvuoteen verrattuna, 322 mg/kg (33 – 1000 mg/kg) ja vuonna 2023 se oli edellisvuosien puolivälistä, 232 mg/kg (19 – 457 mg/kg). Alemmassa turvekerroksessa antimonin keskiarvopitoisuus oli vuonna 2021 19 mg/kg (<1,0 – 70 mg/kg), vuonna 2022 kaksinkertainen edellisvuoteen verrattuna, 45 mg/kg (<1,0 – 116 mg/kg) ja vuonna 2023 noin puolitoistakertainen verrattuna edellisvuoteen, 65 mg/kg (1,4 – 183 mg/kg).

Nämä pintavalutuskenttä 1 alueella mitatut antimonipitoisuudet olivat selvästi kohonneita etenkin pintakerroksen turpeissa, sillä ne ylittivät VNa 214/2007 mukaiset kynnyksarvot ja osin myös alemman tai ylempään ohjearvotason (kuva 5). Pintaturpeiden keskiarvopitoisuus ylitti kaikkina kolmena vuonna ylempään ohjearvotason (50 mg/kg) ja pistekohtaisesti tarkasteltuna se ylittyi vuosina 2021 – 2023 tutkimuspisteissä 11, 13 ja 14 sekä pisteessä 12 vuosina 2022 ja 2023. Lisäksi antimonipitoisuus ylitti alemman ohjearvotason (10 mg/kg) pisteessä 12 vuonna 2021 ja pisteessä 15 vuosina 2022 ja 2023. Alemman turvekerroksen keskiarvopitoisuus ylitti ylempään ohjearvotason vuonna 2023 ja alemman ohjearvotason vuosina 2021 ja 2022. Pistekohtaisesti tarkasteltuna alemmassa turvekerroksessa ylempi ohjearvotaso ylittyi

tutkimuspisteessä 11 vuonna 2022, pisteessä 13 vuonna 2023 ja pisteessä 14 kaikkina kolmena vuonna. Alemman ohjearvotason ylittäviä pitoisuuksia havaittiin pisteessä 11 vuosina 2021 ja 2023, pisteessä 13 vuonna 2021 ja pisteessä 15 vuonna 2023. Kynnysarvotaso (2 mg/kg) ylittyi pintakerroksen turpeessa pisteessä 15 vuonna 2021 sekä alemmassa turvekerroksessa pisteissä 12 ja 13 vuonna 2022.

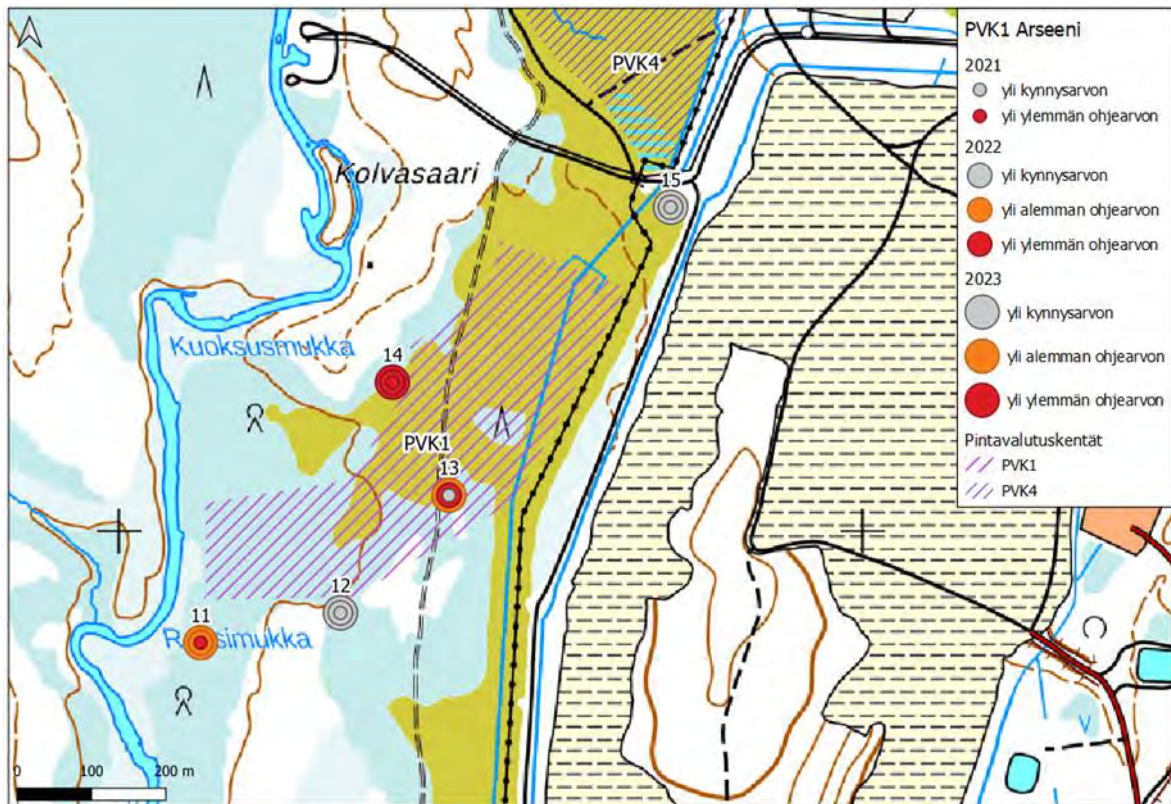


Kuva 5. Pintavalutuskenttä 1 alueelta vuosina 2021 – 2023 mitatut pintaturpeiden antimonipitoisuudet vertailtuna VNä 214/2007 kynnys- ja ohjearvopitoisuuksiin. Kunkin tutkimuspisteen sisin kehä kuvaa vuoden 2021, keskimäinen vuoden 2022 ja uloin vuoden 2023 pitoisuuksia.

Arsenin keskiarvopitoisuus pintakerroksen turpeissa oli vuonna 2021 77 mg/kg (7,5 – 211 mg/kg). Seuraavana tutkimusvuonna keskiarvopitoisuus oli noin puolitoistakertainen tähän verrattuna, 122 mg/kg (9,8 – 340 mg/kg) ja vuonna 2023 vain vähän korkeampi, 96 mg/kg (9,4 – 273 mg/kg). Alemmassa turvekerroksessa arseenin keskiarvopitoisuudet olivat kahtena ensimmäisenä tutkimusvuonna keskenään samaa suuruusluokkaa, 7,4 mg/kg vuonna 2021 (1,6 – 13,9 mg/kg) ja 6,8 mg/kg vuonna 2022 (2,2 – 10,2 mg/kg). Vuonna 2023 keskiarvopitoisuus oli näihin nähden kolminkertainen, 21 mg/kg (2,1 – 69 mg/kg).

Myös arseenipitoisuus todettiin selvästi kohonneeksi PVK1:n alueella, sillä se ylitti VNä 214/2007 mukaiset kynnys- ja ohjearvotasot paria alemman turvekerroksen pistettä lukuun ottamatta. Ylempi ohjearvotaso (100 mg/kg) ylittyi pintaturpeen arseenipitoisuuden osalta tutkimuspisteessä 14 kaikkina kolmena tutkimusvuonna, pisteessä 11 vuonna 2021 ja pisteessä 13 vuonna 2022. Lisäksi alempi ohjearvotaso (50 mg/kg) ylittyi pisteessä 11 vuosina 2022 ja 2023 ja pisteessä 13 vuonna 2023. Pitoisuudet ylittivät kynnysarvotason (5 mg/kg) pisteissä 12 ja 15 kaikkina kolmena vuonna sekä pisteessä 13 vuonna 2021 (Kuva 6). Alemmassa turvekerroksessa korkein pitoisuus oli pisteessä 13 vuonna 2023, jolloin alempi kynnysarvotaso ylittyi. Pitoisuus ylitti kaikkina kolmena vuonna kynnysarvotason muissa tutkimuspisteissä paitsi

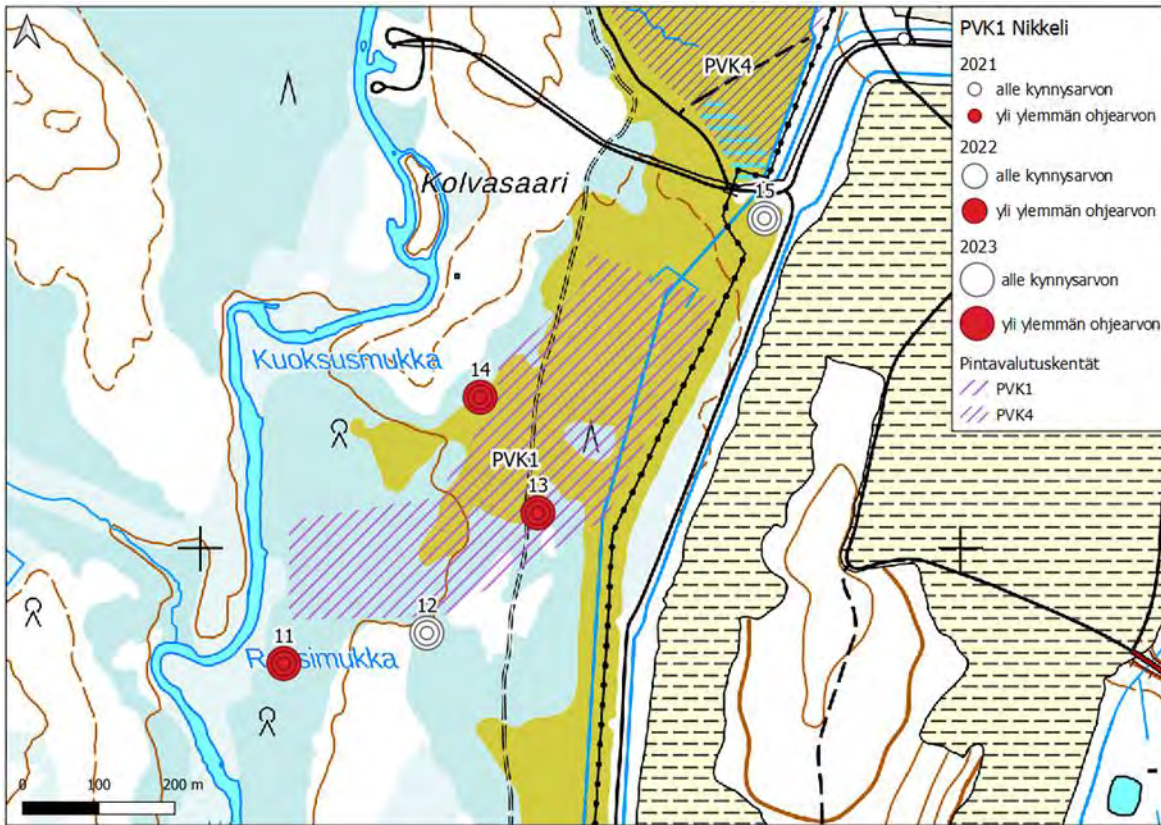
pisteessä 12 sekä vuonna 2022 pisteessä 13. Pintaturpeiden keskiarvopitoisuus ylitti ylempään ohjearvotason vuonna 2022 ja alemman ohjearvotason vuonna 2021 ja 2023. Alemmassa turvekerroksessa arseenin keskiarvopitoisuus ylitti kaikkina tutkimusvuosina kynnysarvotason.



Kuva 6. Pintavalutuskenttä 1 alueelta vuosina 2021 – 2023 mitatut pintaturpeiden arseenipitoisuudet vertailtuna VNa 214/2007 kynnys- ja ohjearvopitoisuuksiin. Kunkin tutkimuspisteen sisin kehä kuvaa vuoden 2021, keskimäinen vuoden 2022 ja uloin vuoden 2023 pitoisuuksia.

Pintakerroksen turpeen **nikkelin** keskiarvopitoisuus oli 161 mg/kg (4,3 – 370 mg/kg) vuonna 2021, 223 mg/kg (23 – 610 mg/kg) vuonna 2022 ja 139 mg/kg (16 – 292 mg/kg) vuonna 2023. Alemmassa turvekerroksessa nikkelin keskiarvopitoisuus oli vuonna 2022 lähes kaksinkertainen ja vuonna 2023 kolminkertainen vuoden 2021 verrattuna. Nikkelipitoisuudet olivat 16 mg/kg (4,2 – 37 mg/kg) vuonna 2021, 29 mg/kg (2,5 – 83 mg/kg) vuonna 2022 ja 75 mg/kg (2,7 – 337 mg/kg).

Nikkelin mitatuissa pitoisuuksissa todettiin VNa 214/2007 mukaisten ylempien ohjearvotasojen (150 mg/kg) ylittäviä pitoisuuksia tutkimuspisteiden 11, 13 ja 14 pintaturvenäytteissä kaikkina kolmena vuonna (Kuva 7) sekä alemmassa turvekerroksessa pisteessä 13 vuonna 2023. Lisäksi kynnysarvopitoisuus (50 mg/kg) ylittyi pisteen 11 alemmassa turvekerroksessa vuonna 2022. Keskiarvopitoisuudet ylittivät pintaturpeissa ylempään ohjearvotason vuosina 2021 ja 2022 ja alemman ohjearvotason vuonna 2023. Alemmassa turvekerroksessa keskiarvopitoisuus ylitti kynnysarvotason vuonna 2023.



Kuva 7. Pintavalutuskenttä 1 alueelta vuosina 2021 – 2023 mitatut pintaturpeiden nikkelpitoisuudet vertailtuna VNa 214/2007 kynnyks- ja ohjearvopitoisuuksiin. Kunkin tutkimuspisteen sisin kehä kuvaa vuoden 2021, keskimäinen vuoden 2022 ja uloin vuoden 2023 pitoisuuksia.

Kadmiumin keskiarvopitoisuudet pintakerroksen turpeissa ylittivät hieman kynnyksarvopitoisuustason (1 mg/kg) vuosina 2021 ja 2023, ollen tuolloin 1,1 mg/kg ja 2,1 mg/kg. Kynnyksarvotason ylittäviä pitoisuuksia havaittiin pisteiden 11, 13 ja 14 näytteissä. **Koboltin** kynnyksarvopitoisuus (20 mg/kg) ylittyi vuoden 2022 keskiarvopitoisuuden osalta, jolloin pintaturpeen pitoisuus oli 27 mg/kg. Lisäksi koboltin kynnyksarvo ylittyi pisteen 11 pintaturvenäytteessä vuonna 2021 ja kynnyksarvo sekä alempi ohjearvopitoisuus pisteen 14 pintaturpeessa vuonna 2023 ja 2022.

Pintavalutuskentän 1 alueella haitta-ainepitoisuudet, erityisesti antimoni, arseeni ja nikkeli, olivat turpeen pintakerroksessa huomattavasti korkeammat kuin pintavalutuskentän 4 alueella. Alemmassa turvekerroksessa pitoisuustasot olivat kuitenkin kummallakin pintavalutuskentällä lähes samaa luokkaa. Kaikkien kolmen tutkimusvuoden tulosten perusteella PVK1:n kuormitus on myös jakautunut epätasaisesti kentän alueelle. Erityisesti tutkimuspisteet 11, 13 ja 14 ovat kuormittuneita verrattuna pisteisiin 12 ja 15.

2.3.3 Pintavalutuskenttä 4

Pintavalutuskentän 4 lähes kaikissa tutkimuspisteissä (1, 2, 3, 4, 45, 46, 47, 48 ja 49) todettiin kaikkina kolmena tutkimusvuonna (2021 – 2023) turvenäytteissä jonkin verran kohonneita pitoisuuksia antimonia ja arseenia sekä vuosina 2022 ja 2023 nikkeliä pisteissä 46 ja 48. Lisäksi todettiin kadmiumia ja kobolttia muutaman tutkimuspisteen näytteissä. Muutoin metallipitoisuudet olivat matalia. Elohopeapitoisuudet alittivat määritysrajan kaikissa näytteissä ja kadmium-, kromi- ja kuparipitoisuudet useassa näytteessä. Vaikka pintavalutuskentän 4

turpeen metallipitoisuudet olivat eri tutkimusvuosina keskenään samantasoisia, oli eri vuosien pitoisuuksissa vaihtelua. Useimmiten vuoden 2021 keskiarvopitoisuudet olivat matalimmat ja vuosien 2022 ja 2023 tätä korkeammat, mutta etenkin yksittäiset pitoisuudet vaihtelivat myös näistä poiketen. Oulun Yliopiston vuonna 2011 tekemässä selvityksessä (Pönkä 2013) keskimääräiset pitoisuustasot olivat matalammat kuin näissä vuosina 2021 – 2023 tehdyissä tutkimuksissa. Kyseisessä tutkimuksessa näytteenottosyvyys oli 0,0 – 0,2 m, eli tulokset edustavat paksumpaa turvekerrosta, mikä voi näkyä suhteessa pienempinä pitoisuuksina. Pintakerroksen turpeissa (0,0 – 0,1 m) havaitut pitoisuudet olivat kaikkina kolmena tutkimusvuonna lähes poikkeuksetta huomattavasti korkeammat kuin alemmassa turvekerroksessa (0,1 – 0,3 m).

Pintavalutuskentällä 4 **antimonin** keskiarvopitoisuus pintakerroksen turpeissa oli vuonna 2021 17 mg/kg (pitoisuuksien vaihteluväli <1,0 – 68 mg/kg), kun vuosina 2022 ja 2023 se oli noin kaksinkertainen, 29 mg/kg (1,2 – 100 mg/kg) ja 39 mg/kg (<1,0 – 139 mg/kg). Alemmassa turvekerroksessa antimonin keskiarvopitoisuus oli vuosina 2021 ja 2023 keskenään samaa luokkaa, eli 5,0 mg/kg ja 7,1 mg/kg, mutta vuonna 2022 pitoisuus oli noin kaksinkertainen näihin nähden, 13 mg/kg. Pitoisuudet vaihtelivat vuonna 2021 välillä <1,0 – 20 mg/kg, vuonna 2022 välillä <1,0 – 59 mg/kg ja vuonna 2023 välillä <1,0 – 26 mg/kg.

Myös PVK4 turpeen antimonipitoisuudet ylittivät lähes jokaisessa tutkimuspisteessä VNa 214/2007 mukaiset kynnystasot ja usein myös ohjearvotasot. Pintaturpeissa ylempi ohjearvotaso ylittyi vuonna 2021 tutkimuspisteessä 2, vuonna 2022 pisteissä 1, 46 ja 48 ja vuonna 2023 pisteessä 1, 45 ja 46. Alempi ohjearvotaso ylittyi pisteissä 3 ja 49 kaikkina kolmena vuonna, sekä pisteessä 45 vuosina 2021 ja 2022, pisteessä 48 vuosina 2021 ja 2023, pisteessä 2 vuonna 2023 ja pisteessä 46 vuonna 2021. Kynnysarvotaso ylittyi vuonna 2021 pisteessä 1 ja 47, vuonna 2022 pisteessä 2, 4 ja 47 ja vuonna 2023 pisteissä 4 ja 47 (Kuva 8). Alemmassa turvekerroksessa antimonin ylin ohjearvo ylittyi vain vuonna 2022 pisteessä 46. Alempi ohjearvo ylittyi vuonna 2021 pisteissä 2 ja 3, vuonna 2022 pisteissä 1, 2, 48 ja 49 ja vuonna 2023 pisteissä 45, 46 ja 49. Kynnysarvotason ylittäviä pitoisuuksia oli vuonna 2021 pisteissä 1, 45, ja 49, vuonna 2022 pisteissä 3, 4 ja 45 sekä vuonna 2023 pisteissä 1, 2 ja 3. PVK4 alueella pintaturpeessa antimonin keskiarvopitoisuus ylitti alemman ohjearvopitoisuuden tason kaikkina kolmena tutkimusvuonna. Alemmassa turvekerroksessa antimonin keskiarvopitoisuus ylitti vuonna 2022 alemman ohjearvopitoisuuden ja muina vuosina kynnysarvotason.



Kuva 8. Pintavalutuskenttä 4 alueelta vuosina 2021 – 2023 mitatut pintaturpeiden antimonipitoisuudet vertailtuna VNa 214/2007 kynns- ja ohjearvopitoisuuksiin. Kunkin tutkimuspisteen sisin kehä kuvaa vuoden 2021, keskimäinen vuoden 2022 ja uloin vuoden 2023 pitoisuuksia.

Arsenin keskiarvopitoisuus pintakerroksen turpeissa oli vuonna 2021 huomattavasti pienempi, eli 12 mg/kg, kuin vuosina 2022 ja 2023, jolloin pitoisuudet olivat 75 mg/kg ja 55 mg/kg. Pitoisuudet vaihtelivat vuonna 2021 välillä 1,9 – 38 mg/kg, vuonna 2022 välillä 5,4 – 320 mg/kg ja vuonna 2023 välillä 5,9 – 165 mg/kg. Alemmassa turvekerroksessa arseenipitoisuudet olivat keskenään samaa luokkaa kaikkina kolmena vuonna, 6,9 mg/kg (pitoisuuksien vaihteluväli 1,7 – 21 mg/kg) vuonna 2021, 7,5 mg/kg (1,5 – 15 mg/kg) vuonna 2022 ja 5,8 mg/kg (1,9 – 15 mg/kg) vuonna 2023.

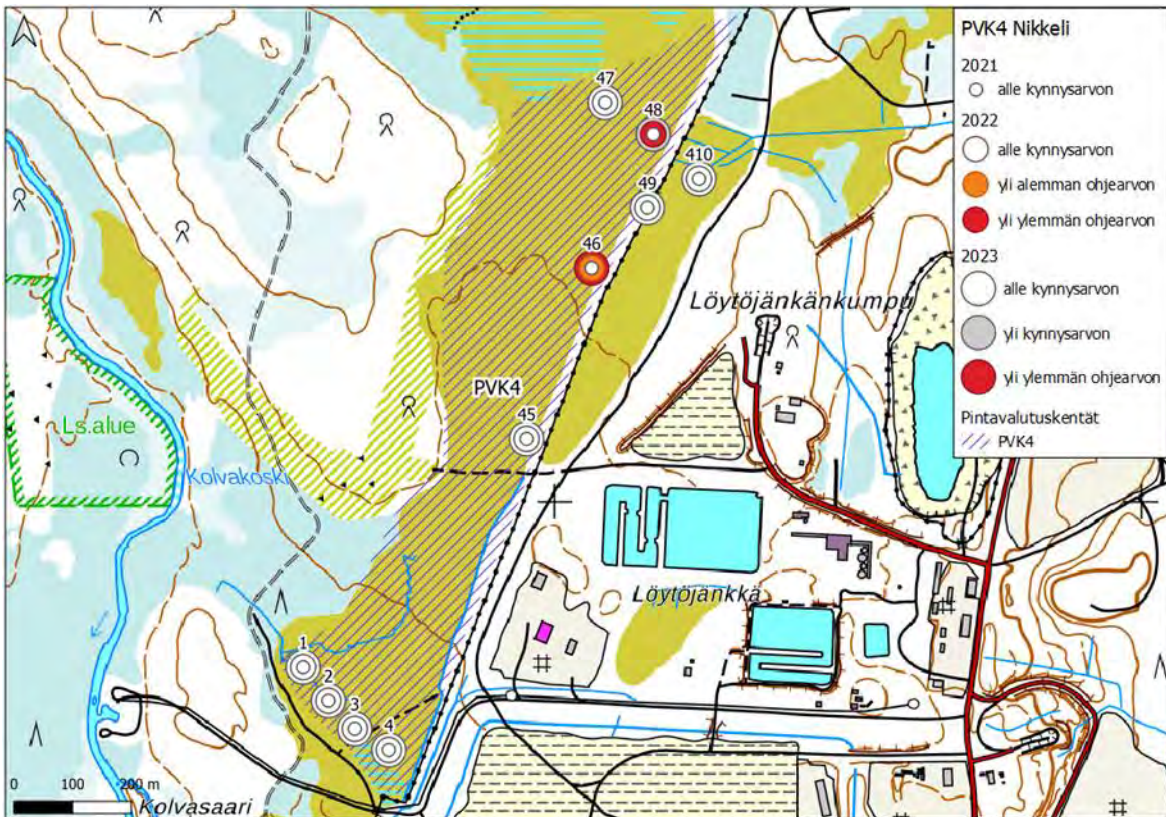
VNa 214/2007 mukainen ylempi ohjearvotaso ylittyi arseenin osalta pintaturpeissa vuonna 2022 tutkimuspisteissä 46 ja 48 sekä vuonna 2023 pisteissä 1 ja 45. Alemman ohjearvotason ylittäviä pitoisuuksia oli vuonna 2022 pisteissä 1 ja 49 sekä vuonna 2023 pisteissä 46, 48 ja 49. Kynnsarvopitoisuus ylittyi pintaturpeissa vuonna 2021 pisteissä 2, 3, 46, 47, 48 ja 49, vuonna 2022 pisteissä 2, 3, 4, 45, 47 ja 410 sekä vuonna 2023 pisteissä 2, 3, 4, 47 ja 410 (Kuva 9). Alemmassa turvekerroksessa kynnsarvopitoisuus ylittyi vuonna 2021 pisteissä 1, 3, 4 ja 46, vuonna 2022 pisteissä 1, 46, 48 ja 49 sekä vuonna 2023 pisteissä 1, 45 ja 49. Arseenin keskiarvopitoisuudet pintavalutuskentällä 4 ylittivät pintaturpeissa alemman ohjearvopitoisuuden vuosina 2022 ja 2023. Kynnsarvotaso ylittyi vuonna 2021 pintaturpeiden keskiarvopitoisuuden osalta ja kaikkina kolmena tutkimusvuonna alemman kerroksen turpeiden keskiarvopitoisuuden osalta.



Kuva 9. Pintavalutuskenttä 4 alueelta vuosina 2021 – 2023 mitatut pintaturpeiden arseenipitoisuudet vertailtuna VNa 214/2007 kynnyks- ja ohjearvopitoisuuksiin. Kunkin tutkimuspisteen sisin kehä kuvaa vuoden 2021, keskimäinen vuoden 2022 ja uloin vuoden 2023 pitoisuuksia.

PVK4 alueen pintaturpeessa **nikkelin** todettu keskiarvopitoisuus oli vuonna 2021 huomattavasti alempi, 10 mg/kg, kuin vuonna 2022 ja 2023, jolloin pitoisuudet olivat 49 mg/kg ja 42 mg/kg. Pitoisuudet vaihtelivat vuonna 2021 välillä 0,6 – 23 mg/kg, vuonna 2022 välillä <4,0 – 190 mg/kg ja vuonna 2023 välillä 0,9 – 169 mg/kg. Alemman turvekerroksen nikkelipitoisuuden keskiarvo oli vuosina 2021 ja 2023 keskenään samaa luokkaa, 6,0 mg/kg ja 7,0 mg/kg, mutta vuonna 2022 korkeampi, 16 mg/kg. Pitoisuustasot vaihtelivat vuonna 2021 välillä <0,5 – 19 mg/kg, vuonna 2022 0,7 – 104 mg/kg ja vuonna 2023 0,7 – 34 mg/kg.

Nikkelipitoisuuksien vuosittainen keskiarvo ei ylittänyt VNa 214/2007 mukaisia kynnyks- tai ohjearvopitoisuuksia kummassakaan tutkitussa turvekerroksessa pintavalutuskentän 4 alueella. Sen sijaan pistekohtaisesti tarkasteltuna nikkelipitoisuus ylitti sekä pinta- että alemmassa turvekerroksessa pisteessä 46 alemman ohjearvotason vuonna 2022 ja pintaturpeessa ylemmän ohjearvotason vuonna 2023. Pisteessä 48 pintaturpeessa ylempi ohjearvo ylittyi vuonna 2022 ja kynnyksarvo vuonna 2023 (Kuva 10).



Kuva 10. Pintavalutuskenttä 4 alueelta vuosina 2021 – 2023 mitatut pintaturpeiden nikkelpitoisuudet vertailtuna VNa 214/2007 kynnyks- ja ohjearvopitoisuuksiin. Kunkin tutkimuspisteen sisin kehä kuvaa vuoden 2021, keskimäinen vuoden 2022 ja uloin vuoden 2023 pitoisuuksia.

Kadmiumin keskiarvopitoisuudet pintakerroksen turpeissa ylittivät hieman kynnyksarvopitoisuustason (1 mg/kg) vuosina 2021 ja 2023, ollen tuolloin 3,1 mg/kg ja 1,0 mg/kg. Kynnyksarvotason ylittäviä pitoisuuksia havaittiin tutkimuspisteiden 1, 45, 46, 47, 48 ja 410 yksittäisissä näytteissä. **Koboltin** kynnyksarvopitoisuus ei ylittynyt kummassakaan turvekerroksessa vuosikeskiarvopitoisuuksien tasolla. Yksittäisissä tutkimuspisteissä kynnyksarvopitoisuus kuitenkin ylittyi: pisteen 46 pintaturpeessa vuosina 2022 ja 2023, pisteen 48 pintaturpeessa vuonna 2022 ja pisteen 3 alemmassa turvekerroksessa vuonna 2021.

Pintavalutuskentällä 4 pintaturpeen metallipitoisuudet ovat huomattavasti matalammat ja kuormitus on jakaantunut tasaisemmin kuin pintavalutuskenttä 1 alueella. PVK4:n alueella kuormittuneimmiksi tutkimuspisteiksi erottuvat antimonin, arseenin ja nikkelin osalta pisteet 1, 46 ja 48. Alemmassa turvekerroksessa pitoisuustasot olivat kuitenkin kummallakin pintavalutuskentällä lähestulkoon samaa luokkaa.

Tutkimuspisteissä havaitut keskiarvopitoisuudet sekä minimi- ja maksimipitoisuudet on esitetty taulukossa 8. Tulosten analysointi ja vertailu kirjallisuudesta saatavilla oleviin tuloksiin on esitetty luvussa 4. Liitteessä 2 on yhteenvedotaulukko kaikista tuloksista.

Taulukko 8. Pintavalutus kenttien 1 ja 4 alueilla todetut antimonin, arseenin ja nikkelin keskiarvo- sekä minimi- ja maksimipitoisuudet (mg/kg) turpeen pinta- ja alemmassa kerroksessa vuosina 2011 ja 2021 – 2023. Laboratorion määrittämissä rajat ylittävät tulokset on huomioitu keskiarvopitoisuutta laskiessa määrittämissä rajat puolikkaina.

Pintaturve (Näytesyvyys 0,0 – 0,1 m)		Sb				As				Ni			
		2011*	2021	2022	2023	2011	2021	2022	2023	2011	2021	2022	2023
PVK1	ka	102,5	118	322	232	35,3	77	122	96	28,5	161	223	139
	min		5,1	33	19		7,5	9,8	9,4		4,3	23	16
	max		232	1000	457		211	340	273		370	610	292
PVK4	ka	8,0	17	29	39	11,8	12	75	55	5,3	10	49	42
	min		<1,0	1,2	<1,0		1,9	5,4	5,9		0,6	<4,0	0,9
	max		68	100	139		38	320	165		23	190	169

*Vuoden 2011 näytteenotto syvyys oli 0,0 – 0,2 m

Alempi turvekerros (Näytesyvyys 0,1 – 0,3 m)		Sb			As			Ni		
		2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
PVK1	ka	19	45	65	7,4	6,8	21	16	29	75
	min	<1,0	<1,0	1,4	1,6	2,2	2,1	4,2	2,5	2,7
	max	70	116	183	14	10	69	37	83	337
PVK4	ka	4,9	13	7,1	6,9	7,5	5,8	6,0	16	7,0
	min	<1,0	<1,0	<1,0	1,7	1,5	1,9	<0,5	0,7	0,7
	max	20	59	26	21	15	15	19	104	34

3 Vedet

3.1 Suo- ja purovesien metallipitoisuudet

Geologian tutkimuskeskus on kartoittanut koko Suomen alueelta purovesien alkuainepitoisuudet, jotka on julkaistu Suomen geokemian Atlaksen osassa 3 (Lahermo ym. 1996). Näytteet otettiin ns. kolmannen jakovaiheen valuma-alueilta eli latvavesistöistä. Tämän tutkimuksen aineisto on vuodelta 1990. Uudemmassa tutkimuksessa näytteet otettiin samoilta kohdista vuosina 1995, 2000 ja 2006 (Tenhola & Tarvainen 2008). Tulokset on esitetty taulukossa 9. Lahermon ym. tutkimusaineistosta erotettiin myös turvemaiden purojen alkuainepitoisuuksia (Taulukko 10). Nämä tutkimukset soveltuvat hyvin tämän selvityksen vertailuaineistoksi, koska myös Seurujoen kuuluu kolmannen jakovaiheen valuma-alueeseen.

Taulukko 9. Purovesien fysikaalisten ominaisuuksien ja alkuainepitoisuuksien mediaani-(Med.), minimi-(Min.) ja maksimipitoisuudet (Maks.) sekä 2 % ja 98 % persenttiilit (Tenhola & Tarvainen, 2008).

	Yks. Unit	1990 = 286					1995 n = 286					2000 n = 286					2006 n = 249				
		Med. Med.	Min. Min.	Maks. Max.	2%	98%	Med. Med.	Min. Min.	Maks. Max.	2%	98%	Med. Med.	Min. Min.	Maks. Max.	2%	98%	Med. Med.	Min. Min.	Maks. Max.	2%	98%
pH		5,92	3,45	7,13	4,06	6,7	7,01	4,01	8,63	4,79	8,04	6,84	4,24	7,83	4,79	7,60	6,50	4,50	7,60	5,50	7,40
EC	mS/m	7,49	1,50	111	1,80	33,3	8,25	1,34	108	1,87	37,1	4,60	1,40	79,3	1,57	28,2	5,20	1,30	101	1,80	41,3
HCO ₃ ⁻	mg/l	19,6	0,61	183	0,61	90,2	19,5	0,61	149	2,44	92,2	13,0	0,28	85,0	2,81	57,3	22,0	0,61	203	6,10	118
NO ₃ ⁻	mg/l						0,19	0,02	47,3	0,02	13,2						0,10	0,10	95,8	0,10	20,8
KMnO ₄	mg/l	44,0	1,30	178	7,56	146,0	34,4	2,09	279	5,59	185						42,0	3,40	260	7,10	210
Värituku	mgPt/l	80,0	5,00	600	8,70	360	60,0	5,00	720	10,0	426,0						75,0	10,0	1300	19,8	560
SO ₄ ²⁻	mg/l	3,50	0,30	205	0,50	51,3	3,33	0,64	151	0,82	52,0	3,28	0,55	207	0,71	59,7	3,80	0,05	263	0,50	75,6
F ⁻	mg/l	0,08	0,03	1,80	0,03	1,25	0,08	0,02	1,35	0,02	1,07	0,06	0,03	1,29	0,03	1,01	0,05	0,05	1,30	0,05	1,19
Cl ⁻	mg/l	1,60	0,10	207	0,40	31,6	1,67	0,24	214	0,32	44,9	1,87	0,24	61,6	0,38	29,8	1,80	0,10	163	0,40	40,8
Al	µg/l	90,6	1,57	5260	5,93	701	74,7	2,57	2160	9,93	733	136	2,27	2950	8,83	1500	85,6	4,51	4460	9,65	665
As	µg/l	0,35	0,03	4,80	0,03	2,59	0,30	0,03	8,76	0,03	3,76	0,31	0,01	7,03	0,02	2,36	0,37	0,03	10,8	0,03	4,01
B	µg/l	3,03	0,25	253	1,00	57,7	2,75	0,25	192	0,25	83,1	2,83	1,00	142	1,00	33,8	4,01	0,77	133	1,01	56,1
Ba	µg/l	10,0	0,66	101	1,65	33,9	9,06	0,64	102	1,34	36,2	9,81	1,00	97,8	1,00	35,7	10,1	1,21	88,0	1,92	43,7
Ca	mg/l	4,24	0,97	29,4	1,44	23,7	4,94	0,81	35,2	1,40	24,5	4,29	0,96	25,2	1,45	19,7	4,84	0,05	36,9	1,40	23,5
Co	µg/l	0,24	0,05	27,5	0,06	4,72	0,14	0,01	19,1	0,02	3,18	0,20	0,01	19,6	0,01	4,65	0,17	0,02	47,8	0,03	3,29
Cr	µg/l	0,49	0,05	2,98	0,05	1,60	0,44	0,10	4,01	0,10	1,92	0,51	0,03	6,14	0,03	2,51	0,40	0,10	4,44	0,10	2,18
Cu	µg/l	0,65	0,11	14,5	0,15	3,43	0,53	0,06	5,20	0,11	3,85	0,61	0,03	6,26	0,10	3,64	0,55	0,05	21,4	0,05	3,93
Fe	mg/l	0,67	0,00	4,30	0,03	3,41	0,75	0,02	12,6	0,04	7,31	0,92	0,01	6,04	0,04	3,62	0,76	0,02	16,7	0,05	8,11
K	mg/l	0,73	0,01	22,6	0,07	5,64	0,79	0,06	27,1	1,31	9139	0,69	0,09	10,3	0,15	4,16	1,18	0,12	36,2	0,25	10,4
Mg	mg/l	1,42	0,47	18,6	0,54	9,63	1,66	0,30	15,3	0,48	11,5	1,45	0,37	16,2	0,49	7,51	1,74	0,05	16,5	0,44	12,2
Mn	µg/l	30,2	0,01	857	0,30	210	30,6	0,09	815	0,64	356	36,6	0,05	870	0,84	369	32,6	0,62	1530	1,02	450
Mo	µg/l	0,15	0,02	2,85	0,02	0,99	0,16	0,02	2,51	0,02	1,18	0,19	0,03	1,87	0,05	1,45	0,23	0,01	2,52	0,04	1,47
Na	mg/l	2,21	0,66	153	1,19	26,1	2,52	0,86	155	1,05	29,4	2,09	0,85	48,8	1,00	20,2	2,63	0,10	136	1,26	29,0
Ni	µg/l	0,51	0,20	60,6	0,21	9,46	0,41	0,03	41,4	0,03	7,98	0,70	0,25	48,8	0,25	11,2	0,60	0,06	70,2	0,09	11,2
Pb	µg/l	0,31	0,05	2,02	0,06	1,09	0,10	0,02	1,15	0,02	0,74	0,15	0,01	2,85	0,02	0,73	0,15	0,03	1,98	0,03	0,87
Rb	µg/l						1,47	0,06	21,3	0,13	9,31	1,35	0,06	14,5	0,15	5,98	1,84	0,14	23,1	0,21	10,4
Sr	µg/l	23,4	6,69	220	9,39	136	24,7	5,36	243	7,73	127	24,6	7,45	248	9,33	102	30,4	8,21	416	11,3	134
Si	mg/l	3,51	0,28	20,9	0,56	8,64	4,03	0,30	13,4	0,30	10,9	3,64	0,18	25,4	0,68	8,64	4,10	0,03	12,0	0,40	9,92
U	µg/l	0,21	0,00	6,28	0,00	2,19	0,07	0,01	13,6	0,01	1,83	0,08	0,001	8,06	0,003	2,14	0,09	0,01	13,4	0,01	3,21
V	µg/l	0,53	0,01	2,88	0,01	1,70	0,48	0,03	3,93	0,05	2,65	0,55	0,03	4,27	0,07	2,49	0,61	0,03	5,61	0,09	3,63
Zn	µg/l	3,36	0,79	121	0,98	25,5	2,05	0,45	80,7	0,61	16,9	3,13	0,48	1170	0,86	20,7	3,58	0,69	127	0,85	28,7

Taulukko 10. Kadmiumin, nikkelin ja lyijyn liukoisten pitoisuuksien vaihtelu turvemaiden puroissa (väri > 90, suo-% > 25, n=235) (µg/l). Aineistona GTK:n purokartoituksen (1990) 1026 purokohdetta.

	Cd_140m	Ni_140m	Pb_140m
N of Cases	580	580	580
Minimum	0.000	0.009	0.044
Maximum	1.360	10.100	4.000
Arithmetic Mean	0.016	0.757	0.362

Suomen pintavesien arseenipitoisuuksien todettiin olevan tyypillisesti 0,06 – 1,6 µg/l (md 0,36 µg/l, ka 0,53 µg/l) (Lahermo ym. 1996). Pitoisuudet kuitenkin vaihtelevat alueellisesti, ollen etelä- ja länsiosissa maata korkeammat kuin itä- ja pohjoisosissa. Vuoden 1990 kartoituksessa yksi suurimmista mitatuista pitoisuuksista oli Kittilässä, 6,4 µg/l. Kaivoksen viereisen Seurujoen luontainen arseenipitoisuus on luokkaa 1 – 2 µg/l, ollen selvästi tavanomaista korkeampi. Kallio- ja maaperän arseenipitoisuudet selittävät suuren osan arseenin alueellisesta vaihtelusta

pintavesissä. Tämä näkyy erityisen selvästi mm. juuri Kittilän kulta- ja arseenipitoisella vyöhykkeellä. Paikallisen arseenipitoisen kivilajin, kuten mustaliuskeen, on todettu voivan aiheuttaa suhteellisen korkeita arseenipitoisuuksia purovesissä. (Tarvainen & Mannio 2004.) Arseeni liukenee helpommin neutraalissa ja lievästi emäksisessä kuin happamassa ympäristössä, toisin kuin useimmat muut maaperän alkuaineet.

Purosedimenttien tyypilliset arseenipitoisuudet ovat 0,8–15 mg/kg. Kittilän alueella vastaavat pitoisuudet ovat 14 – 268 mg/kg (Tarvainen & Mannio 2004). Arseenia ja antimonia on todettu moreenin hienoaineksessa ja purosedimenteissä esiintyvän keskenään pitkälti samoilla alueilla. Arseenin tavoin myös antimonilla purovesien pitoisuuksien ja moreenin hienoaineksen pitoisuuksilla on yhtäläisyys, vaikkakaan ei aivan niin selkeä kuin arseenilla. Antimonia on purovesissä Suomen eteläpuoliskolla 0,02 – 0,08 µg/l ja pohjoisessa 0,008 – 0,02 µg/l (Lahermo ym. 1996).

Suomen purovesien nikkelpitoisuus on yleensä 0,14 – 4,0 µg/l, keskiarvon ollessa 1,17 µg/l. Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeen puroissa nikkelpitoisuus on hieman suurempi kuin muualla Lapissa (Lahermo ym. 1996).

Purovesien kadmiumpitoisuus Suomessa on tavallisimmin 0,004 – 0,04 µg/l. Tämä on hyvin vähän verrattuna purosedimenttien pitoisuuksiin, mikä osoittaaakin kadmiumin rikastuvan tehokkaasti pohjamutaan pienistäkin pitoisuuksista. Kivilajeista erityisesti mustaliuskeissa voi olla huomattavia määriä kadmiumia (Lahermo ym. 1996).

Soiden ja turvetuotantoalueiden valumavesien metallipitoisuuksista on rajallisesti tietoa, sillä vaikka turvetuotantoalueiden valumavesien laatua seurataankin, niistä ei tyypillisesti mitata metalleja. Joitakin poikkeuksia tosin on, esimerkiksi Kainuun turvetuotantosoiden päästö- ja vaikutustarkkailun yhteydessä vuonna 2017 tutkittiin Naurissuo-Veneheiton suon pintavalutuskentille ja laskeutusaltaille johdettujen vesien metallipitoisuuksia (Pöyry 2018). Pohjois-Pohjanmaan turvetuotantoalueiden vuosikuormitustarkkailussa vuonna 2019 analysoitiin eräitä metallipitoisuuksia Miehonsuolta ja Verkanevalta tulevissa vesissä (Afray 2020).

Näistä tuloksista voi havaita, että useat metallipitoisuudet olivat korkeammat kuin Suomen purovesissä on havaittu keskimäärin olevan (Lahermo ym. 1996). Kaikkien kolmen turvetuotantosoon valumavesien rautapitoisuudet olivat kaksin – nelinkertaiset näihin verrattuna. Naurissuo-Veneheiton suon vesien kadmium-, kupari-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet olivat puolestaan moninkertaiset purovesien tyypillisiin pitoisuuksiin verrattuna, esimerkiksi nikkelin pitoisuus oli 2,4 – 11 µg/l ja kadmiumin 0,02 - 0,19 µg/l (Taulukko 12). Myös Naurissuo-Veneheiton suon ja Verkanevan vesien alumiinipitoisuudet ja Naurissuo-Veneheiton suon ja Miehonsuon vesien mangaanipitoisuudet olivat korkeat (Afray 2020, Pöyry 2018). Naurissuo ja Veneheiton suo sijaitsevat mustaliuskevyöhykkeellä, mikä osaltaan selittää havaittuja pitoisuuksia.

Lehtovaara ym. selvittivät kahdessa erillisessä tutkimuksessaan (2014 ja 2016) tuotantosoiden turpeiden raskasmetallipitoisuuksien korreloimista valumavesiin. Aiemmassa tutkimuksessa turpeen ja vesinäytteiden keskimääräisillä pitoisuuksilla ei havaittu olevan tilastollista riippuvuutta. Tuotantoalueilta lähtevän veden keskimääräiset pitoisuudet olivat elohopealla 0,005 µg/l, kadmiumilla 0,03 µg/l, lyijyllä 0,36 µg/l ja nikkelillä 1,83 µg/l. Jälkimmäisessä tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin turpeiden ja vesien metallipitoisuuksia eri maankäyttömuotoisilla soilla, ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa vesien metallipitoisuuksissa maankäyttömuotojen välillä. Metsäojitetuilla turvemaidilla ja valmistelussa olevilla kohteilla lyijyn keskimääräiset ja mediaanipitoisuudet vedessä olivat suurempia kuin tuotannossa olevilla koekohteilla. Muiden metallien kuin lyijyn osalta tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota turpeen ja veden pitoisuuksien välillä ei löytynyt. Tutkimuksessa saadut liukoisten

metallipitoisuuksien mediaaniarvot suovesissä olivat arseeni 0,58 µg/l, kadmium 0,01 µg/l, koboltti 0,29 µg/l, kupari 0,37 µg/l, elohopea 0,005 µg/l, nikkeli 0,6 µg/l, lyijy 0,14 µg/l ja sinkki 3,7 µg/l.

Lehtovaaran ym. tutkimuksissa (2014 ja 2016) saadut pitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa tai alhaisempia kuin purovesien pitoisuuksien on todettu Suomessa olevan (Lahermo ym. 1996 ja Tenhola & Tarvainen 2008). Tämä päti myös Lahermon ym. 1996 tutkimuksesta erotettuihin turvemaiden aineiston mediaanipitoisuuksiin verrattaessa (Taulukko 10). Ainoastaan arseenipitoisuus vuoden 2016 tutkimuksessa ja nikkelpitoisuus vuoden 2014 tutkimuksessa ovat huomattavasti korkeammat purovesien tuloksiin verrattuna (Lahermo ym. 1996).

Litteeseen 3 on kerätty eri tutkimuksissa määritettyjä purovesien ja turvemaiden valumavesien alkuainepitoisuuksia.

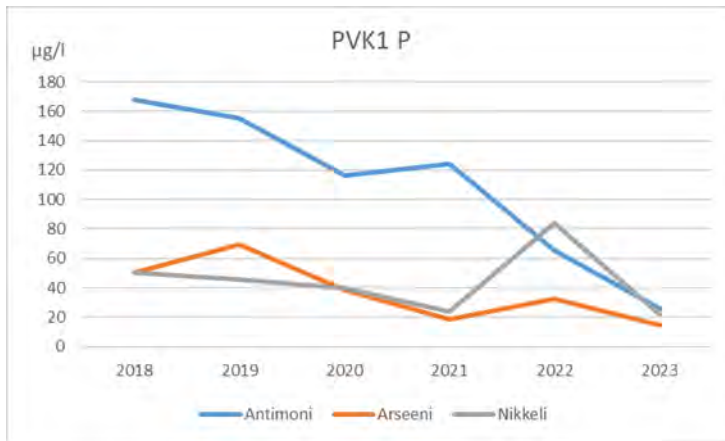
3.2 Kittilän päästö- ja vaikutustarkkailun tulokset

3.2.1 Pintavalutuskenttien päästötarkkailu

Kittilän kaivos sijaitsee Loukisen valuma-alueella (65.69) Seurujoen (65.697) alajuoksulla. Alue kuuluu Kemijoen päävesistöalueeseen. Loukinen laskee Ounasjokeen lähellä Levitunturia noin 14 km alavirtaan Seurujoen ja Loukisen yhtymäkohdasta. Ounasjoki on Kemijoen suurin sivujoki. Seurujoki toimii kaivoksen ainoana raakavedenottovesistönä, sekä kuivanapitovesien ja puhdistettujen prosessivesien purkuvesistönä purkuputkeen käyttöönottoon eli joulukuuhun 2020 asti. Avolouhoksen ja maanalaisen kaivoksen kuivanapitovedet johdettiin tuolloin pintavalutuskenttä 1 (PVK 1) kautta Seurujokeen vedenottamon alapuolelle ja prosessivedet pintavalutuskenttä 4 (PVK 4) kautta vedenottamon yläpuolelle. Nyttemmin kaivoksen ylitevedet johdetaan Loukiseen purkuputkea myöten eikä pintavalutuskentille 1 ja 4 johdeta kaivosvesiä.

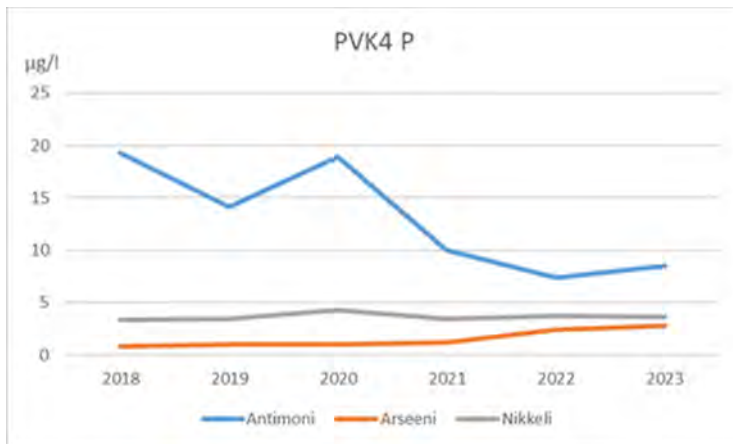
Kaivoksen vesipäästöjen tarkkailuohjelman mukaisesti Seurujokeen johdettavan veden määrää ja laatua on tarkkailtu ennen ja jälkeen pintavalutuskenttiä sijaitsevilla tarkkailupisteillä vuoteen 2020 asti. Purkuputken käyttöönoton myötä laaditun uuden vesipäästöjen tarkkailuohjelman mukaisesti tarkkailua on toteutettu 2021 alusta. Sen mukaisesti Seurujokeen johdettavien vesien laatua tarkkaillaan vain pintavalutuskentiltä poistuvien vesien tarkkailupisteiltä PVK1 P ja PVK4 P. Näiltä otetaan näytteet kerran kuussa. Käytännössä pintavalutuskentiltä tulevan veden määrä on merkittävästi vähentynyt, joten näytteitä on otettu vain silloin kun näytteenottoaikoilla on ollut riittävästi vettä näytteenottoa varten. Vuosina 2021, 2022 ja 2023 tarkkailupisteissä havaittiin vettä vain sulamiskaudella ja pian sen jälkeen, muina aikoina niissä ei ollut riittävää vedenvirtausta näytteenoton mahdollistamiseksi. Vuonna 2021 näytteenotto onnistui vain kolme kertaa, kerran toukokuussa ja kahdesti kesäkuussa. Vuonna 2022 näytteet saatiin otettua pintavalutuskenttä 1 tarkkailupisteessä kaksi kertaa toukokuussa ja pintavalutuskentän 4 tarkkailupisteessä neljästi toukokuussa ja kolmesti kesäkuussa. Vuonna 2023 näytteenotto onnistui vain toukokuun aikana, tarkkailupisteessä PVK1 P saatiin otettua 10 näytettä ja tarkkailupisteessä PKV4 P 11 näytettä.

Tarkkailun perusteella on todettu antimonin, arseenin ja nikkelin pitoisuuksien olleen vuosien mittaan tavanomaisesti pintavalutuskentältä 1 poistuvassa vedessä korkeammat kuin pintavalutuskentältä 4 poistuvissa vesissä. Pintavalutuskenttien käytön lopettamisen jälkeen tarkkailupisteeltä PVK1 P otettujen vesinäytteiden arseenipitoisuudet olivat vuonna 2021 keskimäärin 18,3 µg/l, vuonna 2022 32,5 µg/l ja vuonna 2023 14,5 µg/l. Vastaavasti nikkelpitoisuudet olivat 24 µg/l (2021), 84 µg/l (2022) ja 22 µg/l (2023) ja antimonipitoisuudet 124 µg/l (2021), 65,5 µg/l (2022) ja 25,6 µg/l (2023). Sekä arseenin, nikkelin että antimonin vuosikeskiarvopitoisuudet ovat laskeneet selvästi vuosien 2018 ja 2019 tasosta vuoteen 2023 mennessä. Arseni- ja nikkelpitoisuudet ovat enää noin puolet aiemmasta tasosta, vaikka kummankin vuosikeskiarvo vuonna 2022 nousi edellisvuotta korkeammaksi. Antimonipitoisuus on enää alle viidesosa aiemmasta tasosta (Kuva 11 ja Taulukko 11).



Kuva 11. Antimoni-, arseeni- ja nikkelpitoisuuksien vuosikeskiarvot pintavalutuskentältä 1 poistuvien vesien tarkkailupisteellä (PVK1 P) vuosina 2018 – 2023.

Tarkkailupisteen PVK4 P vesinäytteiden antimoinin, arseenin ja nikkelin pitoisuudet ovat pieniä. Arseenipitoisuus oli vuonna 2021 keskimäärin 1,2 µg/l, vuonna 2022 2,4 µg/l ja vuonna 2023 2,8 µg/l. Keskimääräinen nikkelpitoisuus oli vastaavasti 3,5 µg/l (2021), 3,7 µg/l (2022) ja 3,6 µg/l (2023) ja antimonipitoisuus 10 µg/l (2021) 7,3 µg/l (2022) ja 8,5 µg/l (2023). Nikkelpitoisuus on vuosina 2018 – 2023 pysynyt käytännössä samalla tasolla, arseenipitoisuus on hivenen noussut ja antimonipitoisuus on laskenut noin puoleen (Kuva 12 ja Taulukko 11).



Kuva 12. Antimoni-, arseeni- ja nikkelpitoisuuksien vuosikeskiarvot pintavalutuskentältä 4 poistuvien vesien tarkkailupisteellä (PVK4 P) vuosina 2018 – 2023.

Muut metallit

Liukoisen kadmiumin ja elohopean pitoisuudet pintavalutuskentiltä lähteissä vesissä ovat olleet hyvin matalat vuosina 2018 – 2023. Kadmiumipitoisuus on pintavalutuskentiltä lähteissä vesissä, ja erityisesti tarkkailupisteen PVK4 P 4 vesissä, entisestäänkin laskenut, ollen vuosien 2021 – 2023 yksittäisissä näytteissä useimmiten alle määritysrajan (0,01 µg/l) ja vuosikeskiarvonkin ollessa määritysrajan puolikkaan tuntumassa. Elohopean vuosikeskiarvopitoisuus kummaltakin kentältä lähteissä vesissä on ollut purkuputken käyttöönoton jälkeen vuosina 2021 - 2023 alle määritysrajan (0,02 µg/l), eli laskennallisesti merkittynä 0,01 µg/l.

Alumiinipitoisuuden vuosikeskiarvo on kummankin pintavalutuskentän poistuvissa vesissä ollut purkuputken käyttöönoton jälkeen korkeampi kuin edeltävinä vuosina. PVK1 P osalta nousu on vuosina 2021 – 2023 ollut viisinkertaisesta kymmenkertaiseen ja PVK4 P osalta kaksinkertaisesta kaksikymmenkertaiseen. Tosin nämä vuosikeskiarvojen nousut perustuvat enimmäkseen yksittäisten näytetulosten korkeisiin pitoisuuksiin. Kuparin vuosikeskiarvopitoisuudet tarkkailupisteillä PVK1 P ja PVK4 P olivat vuosina 2018 – 2020 hyvin matalalla tasolla, 0,48 – 1,1 µg/l, ja vuonna 2021-2023 samaa luokkaa, eli 0,35 – 1,28 µg/l. Sinkkipitoisuudet kummallakin tarkkailupisteellä olivat laskeneet vuosina 2021 ja 2023 puoleen tai jopa kolmasosaan aiempien vuosien pitoisuuksista.

Raudan ja mangaanin keskimääräiset pitoisuudet vaihtelivat paljon molemmilla tarkkailupisteillä PVK1 P ja PVK4 P vuosien 2018 – 2023 aikana (Fe: 15 - 455 µg/l ja Mn: 35 – 1572 µg/l). Tarkkailupisteen PVK4 P vesien keskimääräiset rauta- ja mangaanipitoisuudet ovat olleet aiemmin korkeammat kuin pisteen PVK1 P vesissä, mutta vuosina 2022 ja 2023 pitoisuudet olivat huomattavan korkeita PVK1 P vesissä. Tosin näytekohtainen pitoisuusvaihtelu oli hyvin suurta. Magnesiumin ja natriumin huuhtoutuminen pintavalutuskentiltä on huomattavasti vähentynyt purkuputken käyttöönoton myötä. Päästötarkkailusta saadut metallipitoisuudet tarkkailupisteiden PVK1 P ja PVK4 P vesistä vuosina 2018 – 2023 on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Kittilän kaivoksen päästötarkkailussa määritetyt metallipitoisuuksien vuosikeskiarvot tarkkailupisteissä PVK1 P ja PVK4 P vuosina 2018 – 2023. Vuosina 2018 – 2020 vesinäytteet otettiin kuukausittain, mutta vuosina 2021 – 2023 pitoisuudet saatiin mitattua vain touko- ja kesäkuussa. Keskiarvoissa on analyysimenetelmän määritysrajan alittavat pitoisuudet huomioitu määritysrajan puolikkaina ja kyseiset alkuaineet on merkitty tähdellä.

PVK1 P	Al µg/l	Sb µg/l	As µg/l	Hg* µg/l liuk	Cd* µg/l liuk	Cu µg/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Na mg/l	Ni µg/l	Fe µg/l	Zn µg/l
2018	5,2	167,5	50,5	0,01	0,04	0,48	84,9	49,5	76,2	50	15,6	5,1
2019	6,7	155,2	69,3	0,013	0,019	0,6	86,3	35,6	92,5	46	60,8	5,4
2020	5,7	116,3	38,5	0,01	0,011	0,54	89,2	35,6	93,5	40	116	8,1
2021	66,8	124,0	18,3	0,01	0,005	0,50	15,3	85,2	14,7	24	127	2,6
2022	34,5	65,5	32,5	0,01	0,016	0,72	6,3	1572	3,4	84	455	3,0
2023	27,6	25,6	14,5	0,01	0,009	0,36	5,3	432	5,0	22	299	2,4

PVK4 P	Al µg/l	Sb µg/l	As µg/l	Hg* µg/l liuk	Cd* µg/l liuk	Cu µg/l	Mg mg/l	Mn µg/l	Na mg/l	Ni µg/l	Fe µg/l	Zn µg/l
2018	7,2	19,3	0,8	0,01	0,44	0,54	40,4	178	139	3,3	177	3,6
2019	6,8	14,1	1,0	0,01	0,02	1,1	24,4	302	150	3,4	398	5,4
2020	2,5	18,9	1,0	0,01	0,008	1,04	34,9	47,3	141	4,3	47,7	4,3
2021	5,7	10,0	1,2	0,01	0,005	0,35	5,1	127	25,0	3,5	114	2,1
2022	12,8	7,3	2,4	0,01	0,005	0,69	1,0	37,2	2,9	3,7	354	2,6
2023	139	8,5	2,8	0,01	0,006	1,28	1,3	8,8	2,2	3,6	368	2,4

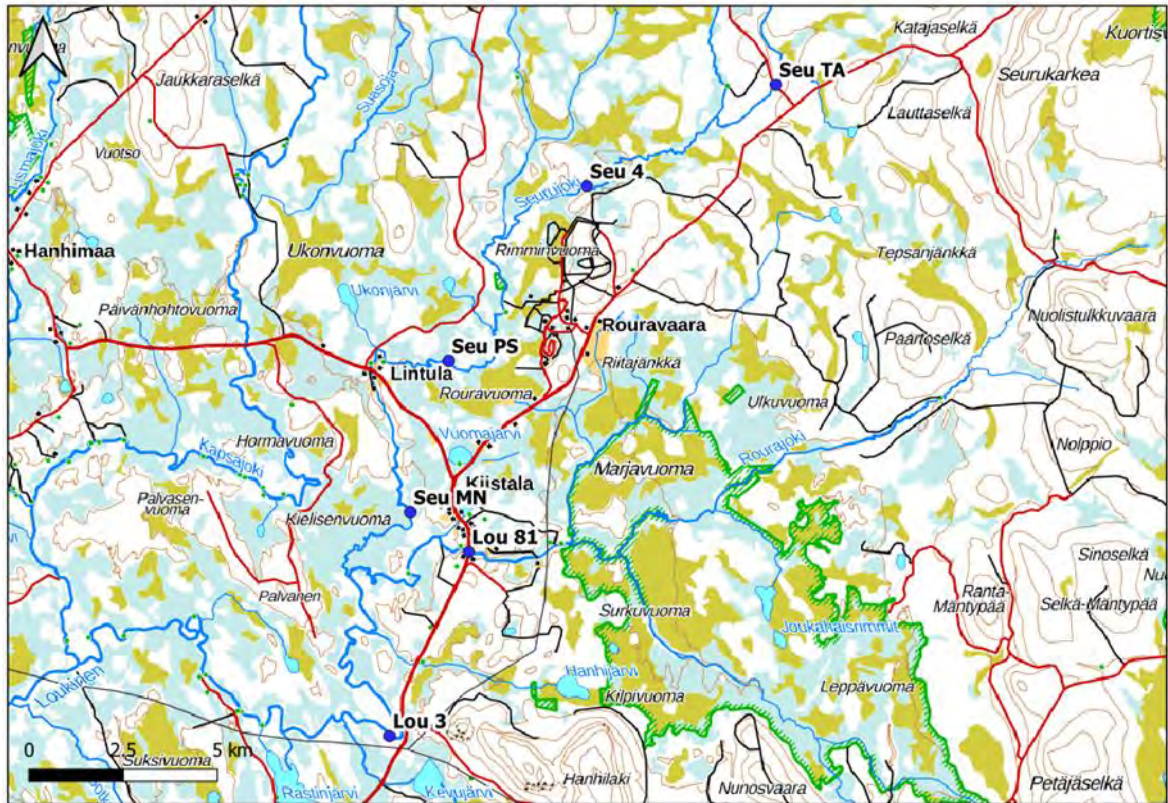
Purkuputken käyttöönoton jälkeen vesinäytteistä saaduista metallipitoisuuksista on huomattava, että purkuputken käyttöönoton myötä pintavalutuskentille ei ole enää johdettu kaivosvesiä ja näin ollen pintavalutuskentiltä Seurujokeen tulevan veden määrä ja siten myös kuormitus ovat

merkittävästi vähentyneet. Päästötarkkailun vesinäytteitä onkin vuodesta 2021 lähtien otettu vain silloin, kun näytteenottoapaikoilla on ollut riittävästi vettä näytteenoton mahdollistamiseksi. Käytännössä poistuvien vesien metallipitoisuudet on saatu määritettyä kummaltakin pintavalutuskentältä vain touko-kesäkuun ajan lumen sulamisvesistä. Nykyiset vuosikeskiarvopitoisuudet eivät siis ole sellaisenaan vertailukelpoisia aiempien vuosien pitoisuuksiin, koska ne eivät edusta koko vuoden keskimääräistä pintavalutuskentiltä Seurujokeen tulevaa kuormitusta, vaan pelkästään sulamiskauden pitoisuuksia. Muina kuukausina pintavalutuskentiltä ei enää juuri poistu Seurujokeen vettä, joten kokonaisuutena pintavalutuskentiltä Seurujokeen kohdistuva kokonaiskuormitus on takavuosiin nähden varsin pientä.

3.2.1 Pintavesien vaikutustarkkailu

Kittilän kaivoksen vesistö tarkkailua tehtiin vuonna 2020 runsaalta pariltakymmeneltä tarkkailupisteeltä, jotka sijaitsivat Seurujoessa, Loukisessa, Leppäojassa, Kapsajoessa ja Ounasjoessa. Purkupuutken käyttöönoton jälkeen tarkkailuohjelmaa on hieman muutettu ja vuoden 2022 lopussa tarkkailupisteitä oli jokunen enemmän, yhteensä 26 jokipistettä. Myös Lismajoelle on lisätty yksi piste. Tässä raportissa oli tarkoitus selvittää vesistö tarkkailun tuottamien tietojen avulla, minkä verran pintavalutus kentiltä huuhtoutuvat metallit nostavat jokivesien metallipitoisuuksia nykytilanteessa ja verrattuna siihen aikaan, kun kentät olivat käytössä. Nykytilanteessa ei kentiltä Seurujokeen päätyvän kuormituksen määrää voi enää laskea ja pelkät päästötarkkailun tulokset pintavalutus kenttien tarkkailupisteillä eivät anna oikeaa kuvaa, miten päästöt vaikuttavat jokiveden laatuun.

Tässä yhteydessä tarkasteluun valittiin havaintopisteet Seurujoki Tammi, Seurujoki 4, Seurujoki Punikkisuvanto, Seurujoki Mesiniemi, Loukinen 3 ja Loukinen 81. Havaintopisteiden Seurujoki Tammi ja Seurujoki 4 analyysitulosten pitoisuudet edustavat Seurujoen taustapitoisuutta, sillä ne sijaitsevat joessa kaivoksen yläpuolella. Havaintopisteen Loukinen 81 pitoisuudet puolestaan edustavat alueen taustapitoisuutta kaivoksen eteläpuolella. Havaintopisteillä Seurujoki Punikkisuvanto, Seurujoki Mesiniemi ja Loukinen 3 näkyy mahdollinen kaivoksen aiheuttama kuormitus. Kaksi ensin mainittua sijaitsevat kaivoksen alapuolisella jokiosuudella ja viimeksi mainittu Loukisessa, johon Seurujoki laskee (Kuva 13). Näiden havaintopisteiden osalta saadut pintavesitarkkailun tulokset vuosilta 2017 – 2023 on esitetty taulukossa 12.



Kuva 13. Vesistötarkkailusta valittujen havaintopisteiden sijainnit.

Seurujoen keskimääräiset **antimoni**pitoisuudet kaivoksen yläpuolisilla havaintopisteillä olivat vuosina 2017 – 2020 0,03 – 0,15 µg/l, havaintopisteellä Loukinen 81 alle määrittärajän (0,2 µg/l ennen vuotta 2019 ja sen jälkeen 0,05 µg/l) ja alapuolisilla havaintopisteillä (Seurujoen Punikkisuvanto ja Mesiniemi) 4,64 – 7,98 µg/l. Havaintopisteellä Loukinen 3 pitoisuudet ovat olleet samana aikana 2,0 – 3,06 µg/l. Vuosina 2021 – 2023 pitoisuudet taustapitoisuuksia edustavilla alueilla olivat pysyneet edellisvuosien tasolla tai hieman alentuneet, mutta kaivoksen alapuolisilla havaintopisteillä ne olivat laskeneet huomattavasti ollen välillä 0,04 – 0,20 µg/l, ts. jopa alle sadasosaan aiemmasta. Kuukausittain tarkasteltuna antimoni-pitoisuudet olivat Seurujoella vuodesta 2021 kevääseen 2023 enimmäkseen alle määrittärajän, mutta kevättulvien ja syyssateiden aikaan kaivoksen alapuolisella jokiosuudella tavattiin pieniä määriä antimoniamia, vuonna 2021 maksimipitoisuus oli 0,53 µg/l ja vuonna 2022 0,26 µg/l.

Kaivoksen yläpuolisilla havaintopisteillä **arseni**pitoisuuden vuosikeskiarvo vaihteli vuosina 2017 - 2020 1,2 – 2,1 µg/l ja pisteellä Loukinen 81 1,4 – 2,0 µg/l. Samalla aikavälillä arseenipitoisuus oli kaivoksen alapuolisilla havaintopisteillä 1,7 – 3,1 µg/l. Veden arseenipitoisuudet ovat purkupuutken käyttöönoton jälkeen hienoisesti laskeneet ja ne olivat joen luontaisen pitoisuuden tuntumassa. Vuosina 2021 - 2022 kaivoksen alapuolisten havaintopisteiden pitoisuuksien keskiarvo oli 1,8 – 2,7 µg/l. Jokiveden arseenipitoisuus vaihtelee vain vähän kuukausittain, mutta useimpina vuosina, kuten myös vuonna 2021 ja 2022, suurimmat pitoisuudet on todettu kevät- ja kesäkuukausina ja loppusyksystä.

Kaivoksen alapuolisilla havaintopisteillä Seurujoessa **nikkeli**pitoisuus oli vuosina 2017 – 2020 keskimäärin 1,2 – 2,1 µg/l, mutta laski purkupuutken käyttöönoton seurauksena vuosina 2021 - 2022 tasolle 0,2 – 0,3 µg/l. Tämä vastaa Seurujoen taustapitoisuuksia edustavien havaintopisteiden vuosikeskiarvopitoisuuksia (0,1 – 0,4 µg/l).

Pintavesitarkkailun yhteydessä mitatut kadmiumpitoisuudet ovat jääneet vuosina 2017 – 2023 alle määrittäysrajan (<0,01 µg/l) kaikilla yllä mainituilla havaintopisteillä.

Seurujoen veden keskimääräinen alumiinipitoisuus on pintavesitarkkailun analyysien perusteella ollut kuuden vuoden ajan (2017 – 2022) kaivoksen yläpuolisilla havaintopisteillä (Seurujoki Tammi ja Seurujoki 4) 14 – 52 µg/l. Seurujoessa kaivoksesta alavirtaan sijaitsevilla havaintopisteillä keskimääräinen alumiinipitoisuus on samalla aikavälillä ollut hiukan matalampi, 11 – 31 µg/l. Purkuputken käyttöönotto ei ole vaikuttanut pitoisuuksiin: vuosina 2021 ja 2022 keskimääräiset pitoisuudet ovat olleet yläpuolisilla havaintopisteillä 15 – 51 µg/l ja alapuolisilla 22 – 31 µg/l. Loukisen havaintopisteillä pitoisuudet ovat olleet vuosina 2017 – 2022 samaa luokkaa tai hieman Seurujokea alemmat, taustaa edustavalla pisteellä (Loukinen 81) 13 – 33 µg/l ja kaivoksen alajuoksulla olevalla (Loukinen 3) 13 – 36 µg/l.

Lyijyn ja elohopean pitoisuudet Seurujoessa ovat olleet vesistötarkkailun tulosten perusteella pääsääntöisesti alle määrittäysrajojen (<0,02 µg/l).

Pintavesitarkkailun mukaan kuparipitoisuuksissa ei ole ennen eikä jälkeen purkuputken käyttöönottoa näkynyt kaivoksen vaikutusta, vaan kuparin vuosikeskiarvot Seurujoessa ovat olleet kaivoksen ylä- ja alapuolisilla havaintopisteillä keskenään samaa luokkaa (0,2 – 0,6 µg/l).

Sinkkiä on havaittu vesistötarkkailussa vain pieniä pitoisuuksia, eikä kaivoksen vaikutusta pitoisuuksiin voida osoittaa. Sinkin määrittäysraja on muuttunut aiemmasta tasosta <5 µg/l tasoon 0,2 µg/l, joten senkään takia näin pienissä pitoisuuksissa ei ole nähtävillä selkeää trendiä eri vuosien välillä. Vuosina 2021 – 2022 havaitut keskimääräiset sinkkipitoisuudet Seurujoessa ovat olleet matalia, 1,0 – 3,2 µg/l.

Vesistötarkkailussa on havaittu mangaanipitoisuuksien olevan Seurujoessa kautta linjan noin 15 – 32 µg/l, Loukisessa selkeästi korkeammat. Seurujoen veden rautapitoisuus on vesistötarkkailun seurannassa havaittu olevan kaivoksen alapuolisella osalla hieman korkeampi (248 – 675 µg/l) kuin kaivoksen yläpuolisilla havaintopisteillä (222 – 430 µg/l). Mangaanipitoisuudet ovat pysyneet käytännössä samalla tasolla ennen ja jälkeen purkuputken käyttöönoton, rautapitoisuudet ovat hivenen laskeneet.

Pintavalutuskentiltä tapahtuvan magnesiumin ja natriumin huuhtoutumisen väheneminen näkyy myös vesistötarkkailun tuloksissa, kaivoksen alapuolisilla havaintopisteillä Seurujoessa ja Loukisessa veden magnesium- ja natriumpitoisuudet ovat laskeneet noin kolmasosaan aiemmista pitoisuuksista ja samalle tasolle kuin taustapitoisuuksia edustavilla pisteillä. Myös kalsiumpitoisuudet ovat vesistötarkkailun perusteella merkittävästi laskeneet.

Tähän raporttiin on saatu vesistötarkkailusta pitoisuusarvot toukokuuhun 2023 saakka, mutta näistä ei ole laskettu keskiarvoa, koska se ei edustaisi koko vuoden tasoa. Taulukossa 12 ovat nämä alkuvuoden 2023 kuukausiarvot nähtävillä. Niiden perusteella on todettavissa, että metallipitoisuudet ja niiden kuukausittainen vaihtelu ovat havaintopisteillä samalla tasolla ja samansuuntaisia kuin aiempinakin vuosina.

Taulukko 12. Kittilän kaivoksen vesistö tarkkailun metallien analyysitulokset kuudelta havaintopisteeltä vuosina 2017 – 2023. Vuosilta 2017 – 2022 vuosikeskiarvot ja lisäksi vuosien 2021 ja 2022 minimi- ja maksimiarvot sekä vuodelta 2023 yksittäisten kuukausien analyysitulokset tammi-toukokuun ajalta. Vihreällä taustalla vuosikeskiarvojen selvä lasku antimonin, arseenin sekä nikkelin kokonais- ja liukoissa pitoisuuksissa kaivoksen alapuolisilla vesiosuuksilla. Antimonin osalta taulukossa on ilmoitettu määrittärajän alittavat tulokset määrittärajän puolikkaina (määrittärajä oli vuodesta 2020 alkaen <0,05 µg/l ja sitä ennen <0,2 µg/l).

	Al	Sb liuk.	As liuk.	Hg	Cd liuk.	K	Ca	Cu liuk.	Pb	Mg	Mn liuk.	Na	Ni	Ni liuk.	Fe liuk.	Zn liuk.
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
SEURUJOKI TAMMI (Tausta)																
ka 2017	40	0,12	1,3	<0,02	<0,03	300	6 900	<0,50	<0,1	1 100	21	1 400	0,3	0,3	349	<1
ka 2018	52	0,10	2,1	<0,02	<0,03	600	12 000	<0,50	0,05	1 600	21	1 900	0,4	0,4	430	0,5
ka 2019	36	0,05	1,2	<0,02	<0,03	438	8 120	<0,50	<0,1	1 228	17	1 570	0,3	0,3	248	<1
ka 2020	29	0,03	1,4	<0,02	<0,01	479	9 983	0,46	<0,02	1 465	21	1 831	0,3	0,3	290	<1
ka 2021	51	0,03	1,4	<0,02	<0,01	486	9 175	<0,50	<0,02	1 401	21,3	1 758	0,3	0,2	304	2,1
MIN 2021	10	0,03	1,1	<0,02		250	2 000	0,1		410	10	600	0,2	0,2	150	0,3
MAX 2021	230	0,03	1,9	<0,02		770	12 000	3,9		1 900	49	2 300	0,7	0,4	650	14
ka 2022	27	0,03	1,7	<0,02	<0,01	570	10 433	0,22	0,04	1 598	20,7	2 017	0,3	0,3	297	2,3
MIN 2022	10	0,03	1,2	0,00	0,00	250	5 700	0,09	0,02	880	10,0	1 300	0,1	0,1	170	0,4
MAX 2022	63	0,03	2,8	0,00	0,00	1100	13 000	0,45	0,09	2 200	41,0	2 600	0,4	0,4	570	14,0
kevät 2023																
9.1.2023	23	0,03	1,6	<0,02		520	11 000	0,2	0,02	1 600	24	2 000	0,2	0,2	230	0,7
2.2.2023	13	0,03	1,5	<0,02		560	12 000	0,03	<0,02	1 700	20	2 000	0,2	0,2	220	0,7
9.3.2023	12	0,03	1,2	<0,02	<0,01	590	12 000	0,1	<0,02	1 700	15	1 900	0,2	0,1	220	0,6
3.4.2023	11	0,03	1,3	<0,02		670	12 000	0,3	<0,02	1 900	11	2 200	0,1	0,1	230	35,0
2.5.2023	51	0,03	1,6	<0,02		710	840	0,4	0,07	1 300	37	1 600	0,4	0,4	610	3,6
SEURUJOKI 4 (Tausta)																
ka 2017	24	0,15	1,5	<0,02	<0,03	400	11 300	0,3	<0,1	1 200	15	1 400	0,3	0,2	303	<5
ka 2018	14	0,10	1,5	<0,02	<0,03	500	11 600	0,3	0,05	1 500	18	1 700	0,2	<0,2	230	<5
ka 2019	30	0,06	1,5	<0,02	<0,03	478	11 436	0,3	<0,1	1 474	15	1 694	0,2	0,2	222	<5
ka 2020	16	0,03	1,8	<0,02	<0,01	474	13 308	0,3	<0,02	1 674	17	1 898	0,1	0,1	266	1,0
ka 2021	31	0,03	1,8	<0,02	<0,01	530	12 167	0,5	<0,02	1 584	27	1 792	0,2	0,2	296	1,6
MIN 2021	6	0,03	1,2	<0,02		250	2 300	0	<0,02	410	6	600	0,1	0,1	140	0,3
MAX 2021	97	0,03	3,3	<0,02		690	15 000	4,5	0,10	2 000	130	2 200	0,4	0,3	930	6,4
ka 2022	15	0,03	1,8	<0,02	<0,01	539	13 592	0,1	0,03	1 800	16	1 983	0,2	0,2	276	0,80
MIN 2022	6	0,03	1,3	0,00	0,00	250	8 100	0,0	0,02	1 000	8	1 400	0,08	0,1	140	0,34
MAX 2022	46	0,03	2,8	0,00	0,00	920	16 000	0,3	0,03	2 200	31	2 400	0,52	0,5	820	2,40
kevät 2023																
9.1.2023	9	0,03	1,4	<0,02		550	14 000	0,1	<0,02	1 800	9	2 000	0,2	0,1	130	1,0
2.2.2023	7	0,03	1,8	<0,02		600	15 000	0,03	<0,02	1 900	11	2 000	0,1	0,1	180	0,8
9.3.2023	3	0,03	1,4	<0,02	<0,01	250	15 000	0,03	<0,02	1 900	8	2 000	0,03	0,03	150	0,3
4.4.2023	3	0,03	1,6	<0,02		670	15 000	0,03	<0,02	2 100	8	2 300	0,03	<0,05	160	<0,2
3.5.2023	540	0,12	2,8	<0,02		700	11 000	2,0	0,28	1 700	53	1 700	0,9	0,4	1 200	2,3
SEURUJOKI PUNIKKI-SUVANTO																
ka 2017	26	6,19	2,1	<0,02	<0,03	1900	24 900	<0,50	<0,1	6 100	28	6 000	1,4	1,4	411	<5
ka 2018	11	7,98	2,6	<0,02	<0,03	1900	30 000	<0,50	<0,1	6 600	30	6 900	1,8	1,8	260	1,4
ka 2019	25	7,17	3,1	<0,02	<0,03	2178	29 827	<0,50	<0,02	6 035	27	7 405	2,1	2,1	248	2,0
ka 2020	16	5,20	2,8	<0,02	<0,01	2389	31 925	0,4	<0,02	5 913	31	7 657	1,4	1,4	352	1,2
ka 2021	26	0,14	2,0	<0,02	<0,01	518	13 517	0,2	<0,02	1 948	32	1 869	0,2	0,2	333	3,2
MIN 2021	6	0,03	1,4	<0,02	0,00	250	3 400	0,1	<0,02	770	6	830	0,1	0,1	160	<0,2
MAX 2021	100	0,53	3,0	<0,02	<0,01	810	17 000	0,6	<0,02	2 500	160	2 300	0,6	0,5	990	24
ka 2022	22	0,04	2,7	<0,02	<0,01	493	14 475	0,2	0,02	2 025	37	1 925	0,2	0,2	484	1,0
MIN 2022	5	0,03	1,5	0,00	0,00	250	8 700	0,1	0,03	1 300	10	1 200	0,1	0,1	160	0,5
MAX 2022	71	0,26	6,4	0,00	0,00	830	17 000	0,6	0,05	2 400	180	2 200	0,7	0,6	1 500	2,4
kevät 2023																
10.1.2023	9	0,03	1,6	<0,02		520	15 000	0,1	<0,02	2 100	15	1 900	0,1	0,1	200	1,3
2.2.2023	8	0,03	1,6	<0,02		520	15 000	1,5	0,14	2 000	16	1 900	0,1	0,1	210	1,0
8.3.2023	8	0,03	1,4	<0,02	<0,01	520	16 000	0,03	<0,02	2 200	9	2 000	0,03	0,03	170	0,5

4.4.2023	3	0,03	1,7	<0,02		590	16 000	0,03	<0,02	2 300	11	2 200	0,03	<0,05	200	<0,2
2.5.2023	81	0,42	2,7	<0,02		770	11 000	0,3	0,06	1 700	40	1 600	0,3	0,3	830	1,3
SEURUJOKI MESINIEMI																
ka 2017	25	5,55	1,9	<0,02	<0,03	1800	23 900	<0,50	<0,1	5 600	31	5 500	1,2	1,2	433	<5
ka 2018	13	7,44	2,1	<0,02	<0,03	1900	29 500	<0,50	<0,1	6 400	38	6 700	1,6	1,5	310	1,1
ka 2019	26	6,49	2,5	<0,02	<0,03	2088	29 751	<0,50	<0,02	6 196	33	7 365	1,8	1,8	299	1,1
ka 2020	18	4,64	2,4	<0,02	<0,01	2255	31 450	0,5	<0,02	5 700	38	7 295	1,2	1,2	374	1,1
ka 2021	31	0,20	2,2	<0,02	<0,01	540	14 600	0,2	<0,02	2 125	32	2 025	0,3	0,3	363	1,7
MIN 2021	8	0,08	1,4	<0,02	<0,01	250	8 400	0,1	<0,02	1 400	15	1 500	0,1	0,1	210	<0,02
MAX 2021	81	0,41	3,1	<0,02	<0,01	740	21 000	0,4	0,04	3 000	41	2 700	0,4	0,4	500	2,8
ka 2022	24	0,06	2,7	<0,02	<0,01	515	14 500	0,2	0,01	2 075	52	1 850	0,2	0,2	675	2,0
MIN 2022	12	0,03	1,9	0,00	0,00	250	12 000	0,2	0,02	1 800	18	1 500	0,1	0,1	350	0,5
MAX 2022	44	0,13	3,5	0,00	0,00	680	18 000	0,5	0,11	2 500	120	2 300	0,4	0,4	1 400	3,6
kevät 2023																
9.3.2023	7	0,03	1,3	<0,02	<0,01	550	16 000	0,2	<0,02	2 200	14	1 900	0,1	0,1	220	0,6
2.5.2023	74	0,19	2,6	<0,02		580	11 000	0,6	0,07	1 600	76	1 400	0,4	0,3	860	1,6
LOUKINEN 3																
ka 2017	17	3,06	1,7	<0,02	<0,03	983	20 808	0,4	<0,1	3 625	48	3 250	0,7	0,6	512	<5
ka 2018	13	2,83	1,8	<0,02	<0,03	968	19 500	0,3	<0,1	3 875	43	3 725	0,7	0,7	348	<1,0
ka 2019	32	3,01	1,9	<0,02	<0,03	1 133	21 213	0,3	<0,02	3 997	41	4 315	0,8	0,8	377	3,2
ka 2020	36	1,84	1,9	<0,02	<0,01	1 075	21 500	0,3	<0,02	3 713	65	3 915	0,6	0,6	649	1,3
ka 2021	31	0,17	1,8	<0,02	<0,01	368	14 917	0,3	0,04	2 567	56	1 888	0,3	0,3	501	1,7
MIN 2021	8	0,03	1,2	<0,02	<0,01	250	3 900	0,1	<0,02	1 300	20	750	0,1	0,1	300	0,5
MAX 2021	120	1,10	3,0	<0,02	<0,01	690	20 000	1,1	0,10	3 300	160	3 000	0,7	0,7	1 300	4,2
ka 2022	19	0,04	2,0	<0,02	<0,01	388	16 000	0,2	0,03	2 483	49	1 933	0,3	0,3	536	1,5
MIN 2022	6	0,03	1,3	0,00	0,00	250	10 000	0,1	0,02	1 600	21	1 500	0,1	0,1	270	0,4
MAX 2022	50	0,13	3,8	0,00	0,00	580	20 000	0,6	0,20	3 100	110	2 400	0,9	0,9	1 700	6,4
kevät 2023																
9.1.2023	7	0,20	1,3	<0,02		250	17 000	0,03	<0,02	2 600	44	1 900	0,1	0,1	310	3,0
1.2.2023	18	0,14	1,4	<0,02		250	18 000	0,1	0,02	2 800	41	2 000	0,2	0,1	320	3,6
8.3.2023	3	0,03	1,3	<0,02	<0,01	250	18 000	0,03	<0,02	2 700	39	2 100	0,03	0,03	370	0,6
4.4.2023	<5	0,03	1,5	<0,02		250	19 000	0,03	<0,02	3 000	31	2 300	0,1	<0,05	390	<0,2
2.5.2023	42	0,08	2,6	<0,02		640	13 000	0,3	0,03	1 900	120	1 500	0,4	0,3	1 300	1,1
LOUKINEN 81 (Tausta)																
ka 2017	19	0,15	1,7	<0,02	<0,03	388	14 066	0,6	<0,1	1 922	73	1 334	0,3	<0,2	568	<5
ka 2018	13	0,10	1,4	<0,02	<0,03	323	13 500	0,3	<0,1	2 275	57	1 625	0,2	<0,2	365	<1,0
ka 2019	28	0,05	1,6	<0,02	<0,03	324	14 729	0,4	<0,1	2 405	74	1 759	0,2	<0,2	422	<5
ka 2020	19	0,03	2,0	<0,02	<0,01	293	16 350	0,2	<0,02	2 573	93	1 791	0,2	0,2	621	1,4
ka 2021	33	0,03	2,0	<0,02	<0,01	342	15 292	0,3	<0,02	2 473	92	1 747	0,2	0,2	598	1,1
MIN 2021	7	0,03	1,3	<0,02	<0,01	250	3 100	0,0	<0,02	680	25	660	0,1	0,1	290	0,3
MAX 2021	120	0,03	3,0	<0,02	<0,01	700	21 000	1,0	0,07	3 200	280	2 300	0,8	0,5	1 100	4,2
ka 2022	16	0,03	2,0	<0,02	<0,02	321	16 708	0,2	<0,02	2 775	77	1 942	0,2	0,2	593	1,8
MIN 2022	6	0,03	1,2	0,00	0,00	250	9 500	0,1	0,02	1 800	37	1 500	0,1	0,1	300	0,4
MAX 2022	38	0,03	4,0	0,00	0,00	740	20 000	0,4	0,05	3 300	170	2 300	0,3	0,3	2 200	10,0
kevät 2023																
9.1.2023	6	0,22	1,4	<0,02		250	18 000	0,03	<0,02	2 900	69	1 900	0,1	0,1	300	1,5
2.2.2023	6	0,03	1,5	<0,02		250	18 000	0,03	<0,02	3 000	72	2 000	0,1	0,1	370	0,6
8.3.2023	6	0,03	1,4	<0,02	<0,01	250	19 000	0,03	<0,02	3 100	64	2 100	0,03	0,03	370	0,5
4.4.2023	<5	0,03	1,4	<0,02		250	19 000	0,03	<0,02	3 300	56	2 200	0,1	0,1	410	<0,2
2.5.2023	70	0,03	4,9	<0,02		1 300	12 000	0,6	0,05	2 100	360	1 400	0,4	0,3	2 500	2,5

4 Tulosten tarkastelu

4.1 Turpeet

Kittilän kaivoksen käytöstä poistuneilla pintavalutuskentillä ja vertailualueella vuosina 2021 – 2023 tehtyjen turveanalyysien tuloksissa havaittiin antimoni- ja arseenipitoisuuksien olevan selvästi kohonneita pintavalutuskentillä 1 ja 4. Arseenipitoisuus ylitti kynnyksarvon myös vertailualueella. Nikkelipitoisuudet olivat useassa tutkimuspisteessä korkeita pintavalutuskentällä 1 ja paikoin myös pintavalutuskentällä 4. Kadmium- ja kobolttipitoisuus ylitti kynnyksarvot kummallakin PVK:llä useissa pisteissä.

Sekä näissä uusimmissa että aiemmin tehdyissä tutkimuksissa on todettu, etteivät pintavalutuskentät ole keskenään samantasoisesti kuormittuneita, vaan pintavalutuskenttä 1 on huomattavasti pintavalutuskentää 4 kuormittuneempi. Tämänkertaisissa tutkimuksissa tämä oli erityisesti nähtävillä pintaturpeessa (näytteenotto syvyys 0,0 – 0,1 m) antimonin, arseenin ja nikkelin osalta. Kyseinen ero johtuu siitä, että kuivatusvesien metallipitoisuudet ovat olleet huomattavasti korkeammat kuin prosessivesien pitoisuudet ja myös kentille johdettavat vesimäärät ovat olleet isommat pintavalutuskentälle 1 kuin kentän 4 alueelle. Esimerkiksi vuonna 2020 Seurujokeen johdettavista vesistä oli alle kolmasosa prosessivesiä ja yli kaksi kolmasosaa kuivatusvesiä. Tulosten perusteella haitta-aineet myös pidättyvät verraten ohueen maa-aineskerrokseen, sillä alemmassa turvekerroksessa (näytteenotto syvyys 0,1 – 0,3 m) metallipitoisuudet olivat kautta linjan huomattavasti matalammat kuin pintaturvekerroksessa. Alemmalta otetuissa turvenäytteissä pintavalutuskenttien välinen ero pitoisuustasoissa on huomattavasti pienempi, pitoisuudet ovat likipitään samaa luokkaa kummallakin kentällä.

Pitoisuuksien todettiin vaihtelevan merkittävästi pintavalutuskenttien eri osissa, mikä johtunee pintavalutuskenttien läpi virranneen veden epätasaisesta leviämisestä kentille. Erityisesti tämä näkyy pintavalutuskentällä 1. Tämä ilmiö todettiin myös Päckilän (2008) tekemässä tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin PVK1:n kykyä puhdistaa vesiä. Siinä merkkiaineita käyttämällä havaittiin vesien virtaavan PVK1:n alueella pääasiassa kentän pohjoispuolta pitkin, josta mitattiin tämänkertaisessa ja vuoden 2011 tutkimuksessa (Ronkanen 2011) korkeita metallipitoisuuksia tutkimuspisteiltä 11, 13 ja 14. Huomattavasti matalampia pitoisuuksia todettiin pisteeltä 12, joka sijaitsee kentän eteläreunassa muuta kenttää kuivemmalla ja korkeammalla kohdalla, sekä pisteeltä 15, joka sijaitsee varsinaisen pintavalutuskentän ulkopuolella ja on alun perin Päckilän tutkimukseen valittu vertailualueen pisteeksi. Pisteiden 12 ja 15 pitoisuudet olivat antimonia lukuun ottamatta vertailualueen pitoisuuksien tasolla. Pintavalutuskentän 4 alueelle kuormitus on levinnyt tasaisemmin, mutta sielläkin erottuvat erityisesti tutkimuspisteet 1, 45, 46 ja 48 muita pisteitä kuormittuneempina.

Kuten aiemmin mainittiin (kpl 2.2), on turpeiden alkuainemäärityksissä saatuja tuloksia tarkasteltaessa huomioitava, että eri tutkimuksista saadut pitoisuudet eivät aina ole suoraan verrattavissa keskenään. Tutkimuksissa on esimerkiksi saatettu käyttää eri määrittämenetelmiä tai määrittäysrajat voivat olla hyvinkin eri tasolla, mitkä vaikuttavat saatuihin tuloksiin.

Antimoni

Pintavalutuskenttien turvenäytteistä saaduille antimonipitoisuuksille on varsin vähän vertailuaineistoa, koska turpeen antimonipitoisuuksista on vain vähän tutkimustietoa saatavilla. GTK:n tekemässä laajassa turvetutkimuksessa (Herranen ja Toivonen 2018 ja 2020) Suomen soiden turpeen keskimääräinen antimonipitoisuudeksi määritettiin 2,99 mg/kg.

Todellisuudessa kyseisessä tutkimuksessa saatu antimonipitoisuuksien mediaaniarvo, 0,01 mg/kg, kuvanee paremmin todellista soiden turpeen antimonipitoisuustasoa. Tutkimuksessa oli määritetty kuitenkin myös joitakin mediaaniin verrattuna varsin korkeita pitoisuuksia ja suurin mitattu pitoisuus oli 51 mg/kg.

Näihin antimonipitoisuuksiin nähden pintavalutuskentän 1 pintaturpeisiin oli kertynyt antimonia paikoin huomattavan paljon. Tutkimuspisteissä 11, 13 ja 14 antimonia todettiin pintaturvenäytteissä 155 – 1 000 mg/kg, eli enimmillään lähes 20-kertainen määrä GTK:n määrittämän Suomen soiden maksimipitoisuuteen nähden. Pisteiden 12 ja 15 pintaturpeissa antimonipitoisuudet olivat kuitenkin huomattavasti matalammat, 5,1 – 58 mg/kg. Tällaisia pitoisuustasoja tavattiin GTK:n tutkimuksessakin. Myös alemmassa turvekerroksessa antimonipitoisuudet olivat tällä tasolla, 3,0 – 183 mg/kg pisteissä 11, 13 ja 14 ja <1,0 – mg/kg pisteissä 12 ja 15.

Pintavalutuskentän 4 turpeiden antimonitasot olivat matalammat kuin PVK1:llä ja siten lähellä Suomen soiden keski- ja maksimipitoisuuksia, pintaturpeissa pitoisuudet vaihtelivat <1,0 – 139 mg/kg ja alemmassa turvekerroksessa <1,0 – 59 mg/kg.

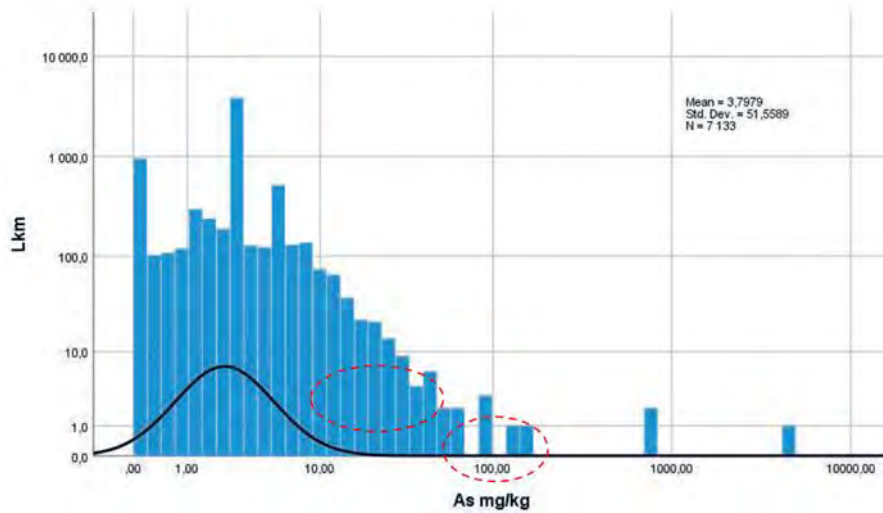
Vertailualueella mitatut antimonipitoisuudet olivat kaikissa kolmessa tutkimuspisteessä ja kummassakin turvesyvytydessä alle määräysrajan (1,0 mg/kg). Tämän perusteella alueen maa- ja kallioperän ominaisuuksilla ei liene vaikutusta pintavalutuskenttien turpeen kohonneeseen antimonipitoisuuteen tai sen vaikutus on niin vähäinen, ettei se näy näin suurissa pitoisuuksissa. Purosedimenteissä antimonipitoisuuden on kuitenkin todettu olevan Kittilän alueella korkeimpia Suomessa tavattuja, 0,10 – 0,18 mg/kg ja moreenin hienoaineksessakin muuta Lappia korkeammat, 0,25 – 0,40 mg/kg (Lahermo ym. 1996).

Arseeni

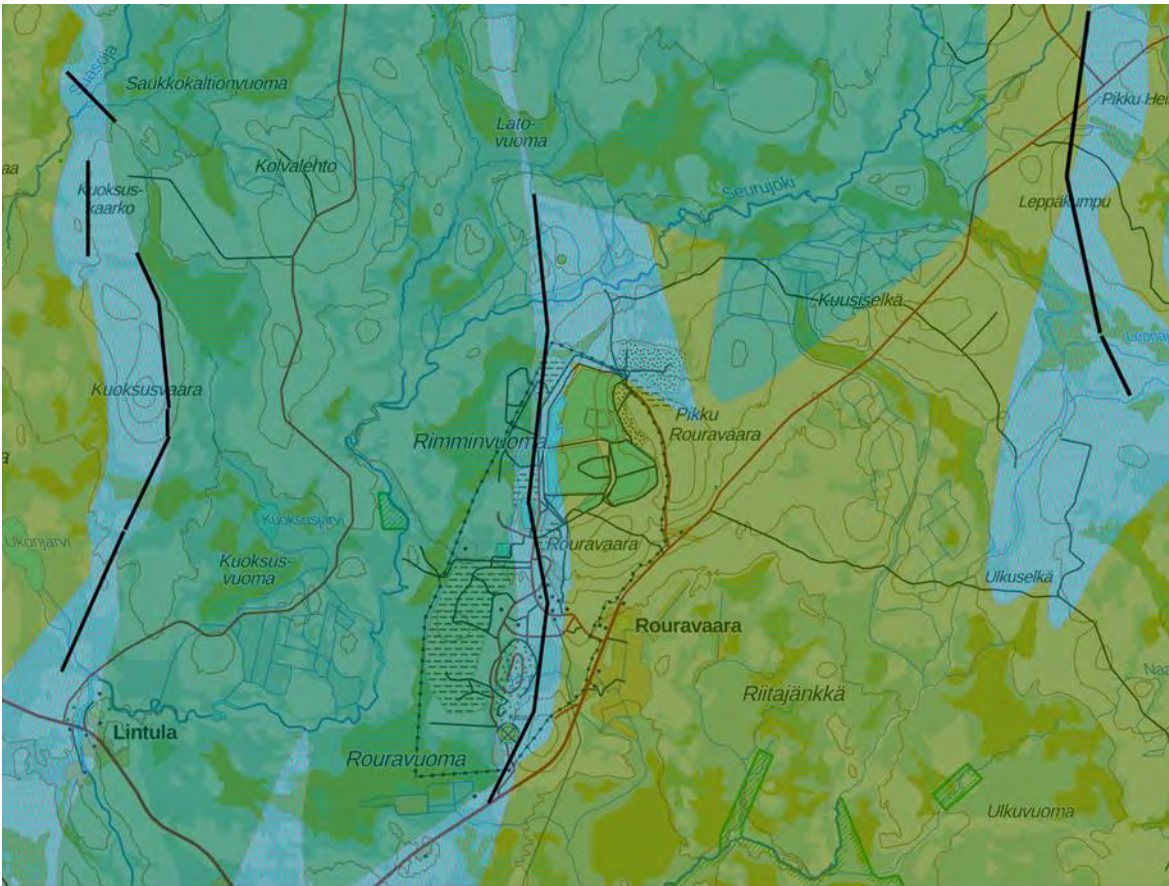
Kittilän alueella maaperän arseenipitoisuus on luontaisesti korkeampi kuin yleisesti Suomessa. Tämä johtuu alueen kallioperän arseenikiisusta. Kittilän alueella on todettu arseenia moreenin hienoaineksessa 20 – 330 mg/kg ja orgaanisissa purosedimenteissä 1 – 929 mg/kg (Tanskanen ym. 2004). Todennäköisimmin Kittilässä on arseenia myös luonnontilaisten soiden turpeessa keskimääräistä enemmän, sillä tässä tutkimuksessa pintavalutuskenttien vertailualueella arseenipitoisuuden todettiin olevan 1,5 – 48 mg/kg. GTK:n tekemän laajan tutkimuksen mukaan Suomessa arseenin keskiarvopitoisuus turpeissa on 3,80 mg/kg tai tarkemman analyysimenetelmän mukaan 1,65 mg/kg (Herranen ja Toivonen 2018, 2020). Polttoturpeissa keskiarvopitoisuudeksi on saatu 2,2 – 3,3 mg/kg (Vähä-Savo ym. 2016 ja Taipale 1996) ja turvetuotantosoilla 1,9 – 3,1 mg/kg (Lehtovaara 2016 ja Peuravuori & Pihlaja 1988).

Pintavalutuskentällä 1 arseenipitoisuudet olivat paikoin pintaturpeessa vertailualueen pitoisuuksia selvästi korkeammat. Tällaisia korkeita pitoisuuksia tavattiin tutkimuspisteessä 14 ja osin myös pisteissä 11 ja 13 (114 – 340 mg/kg). Pisteiden 12 ja 15 sekä osin myös pisteiden 11 ja 13 pintaturpeissa sekä kaikkien pisteiden alemmassa turvekerroksessa arseenipitoisuudet olivat kuitenkin vertailualueen pitoisuuksien tasolla. **Näitä PVK1:n korkeitakaan arseenipitoisuuksia ei voi pitää tasoltaan tavattomina, koska GTK:n aineistossakin tavattiin useita soita, joilla arseenipitoisuus oli 50 – 4000 mg/kg (Herranen ja Toivonen 2018, 2020) (Kuva 14).** Tällaisia soita, joilla arseenipitoisuudet ovat poikkeuksellisen korkeita, tavataan usein mm. mustaliuskeyvyöhykkeen läheisyydessä. Silloin arseenia on todettu voivan olla missä tahansa turvekerrostuman osassa, vaikkakin suurimmat pitoisuudet ovat yleensä suon pohjalla mineraaliainesta sisältävissä turpeissa (Virtanen 2004). Myös Kittilän kaivosalueella ja sen lähiympäristössä sijaitsee mustaliuskeita, joiden sijainti on tulkittu kairaustietojen tai geofysikaalisten mittausten perusteella (kuva 15). Suurikuusikon esiintymässä on todettu arseenia olevan huomattavan runsaasti, yli 1 000 mg/kg (Eilu ja Lahtinen 2004).

Myös pintavalutuskentällä 4 tavattiin pintaturpeessa paikoin vertailualueen pitoisuuksia korkeampia arseenipitoisuuksia, eli joinakin tutkimusvuosina pisteissä 1, 45, 46 ja 48 (139 – 320 mg/kg). Muutoin pinta- ja alemmassa turvekerroksessa pitoisuudet olivat vertailualueen tasolla. **Pintavalutuskentän 4 arseenipitoisuuksien keskiarvon tasolla olevia pitoisuuksia on todettu useilla Suomen soilla. Todetut vuosikeskiarvopitoisuudet asettuivat GTK:n tutkimusaineiston tulosten jakauman alueelle (Kuva 14).**



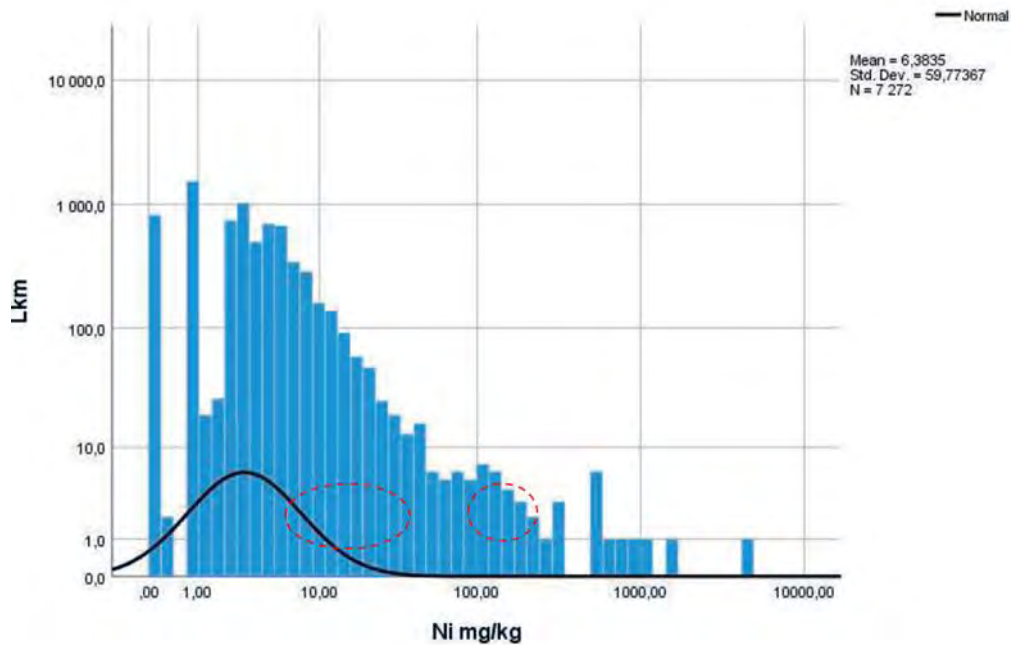
Kuva 14. Pintavalutuskenttien 1 (katkoviivasoikio oikealla) ja 4 (katkoviivasoikio vasemmalla) pintaturvenäytteiden arseenipitoisuuksien vuosikeskiarvojen asettuminen Suomen soilla todettujen arseenipitoisuuksien jakaumaan (Herranen ja Toivonen 2020).



Kuva 15. Kittilän kaivoksen lähialueen mustaliuskeet. Mustat viivat ovat tulkittuja mustaliuskeita.

Nikkeli

Nikkelipitoisuudet olivat korkeita pintavalutuskentän 1 pintaturpeissa tutkimuspisteissä 11, 13 ja 14 (167 – 610 mg/kg). Pisteissä 12 ja 15 sekä kaikkien pisteiden alemmassa turvekerroksessa nikkeliä sen sijaan todettiin huomattavasti vähemmän, 2,5 – 83 mg/kg. Suurin osa pitoisuuksista oli Suomen soilla (6,4 mg/kg) (Herranen ja Toivonen 2018 ja 2020), polttoturpeissa (3,9 – 4,4 mg/kg) (Vähä-Savo ym. 2016 ja Taipale 1996) ja turvetuotantosoilla (2,6 – 5,4 mg/kg) todettujen turpeiden keskimääräisten nikkelpitoisuuksien tasolla (Lehtovaara 2014 ja 2016 ja Peuravuori & Pihlaja 1988). Pintavalutuskenttä 4 tutkimuspisteistä vain kahdessa (46 ja 48) tavattiin keskimääräisiä arvoja korkeampia pitoisuuksia nikkeliä, 94 – 190 mg/kg. Vaikka osa pintavalutuskenttien nikkelpitoisuuksista oli huomattavasti keskiarvopitoisuuksina pidettyjä korkeampia, on tällaisia ja huomattavasti korkeampiakin pitoisuuksia tavattu useilla soilla, kuten GTK:n turvetutkimusaineistosta koottu nikkelin pitoisuusjakaumakuva 16 osoittaa. Korkein tutkimuksessa havaittu pitoisuus turpeissa oli jopa 4 300 mg/kg (Herranen ja Toivonen 2018 ja 2020). **Pintavalutuskenttien vuosikeskiarvopitoisuudet asettuvat GTK:n aineiston jakauman alueelle (Kuva 16).**



Kuva 16. Turpeiden keskimääräiset nikkelpitoisuuksien vuosikeskiarvot pintavalutuskentillä 1 (katkoviivasoikio oikealla) ja 4 (katkoviivasoikio vasemmalla) sijoitettuna Suomen soiden turpeista mitattujen nikkelpitoisuuksien jakaumaan (Herranen ja Toivonen 2020).

Mustaliuskevyöhykkeillä turpeiden nikkelpitoisuus on usein poikkeuksellisen korkea (Herranen ja Toivonen 2018 ja 2020, Mäkilä 2012, Virtanen & Lerssi 2006). Kittilän kaivoksen lähistöllä sijaitsee mustaliuskejakoja, jotka voivat osaltaan aiheuttaa nikkelin rikastumista pintavalutuskenttienkin turpeisiin ja nostaa niiden nikkelpitoisuuksia, vaikkakaan tämä ei ole nähtävillä ainakaan vertailualueella.

Kadmium

Kadmiumin keskipitoisuudeksi turpeissa on GTK:n kartoituksessa saatu 0,13 mg/kg (Herranen ja Toivonen 2018 ja 2020), turvetuotantosoilla 0,11 – 0,3 mg/kg (Lehtovaara 2014 ja 2016 ja Peuravuori & Pihlaja 1988), ja polttoturpeilla 0,12 – 0,13 (Vähä-Savo ym. 2016 ja Taipale 1996). Näitä korkeampia pitoisuuksia (1,1 – 5,7 mg/kg) tavattiin pintaturpeissa pintavalutuskentän 1 tutkimuspisteissä 11, 13 ja 14 sekä yksittäisissä näytteissä pintavalutuskentällä 4. Edellä mainituissa tutkimuksissa maksimipitoisuudet vaihtelivat tutkimuksesta riippuen 0,2 – 7 mg/kg, joten pintavalutuskentillä tavatut korkeimmatkin pitoisuudet mahtuvat tähän vaihteluväliin.

Koboltti

Korkeita kobolttipitoisuuksia todettiin yksittäisissä näytteissä pintavalutuskentillä 1 ja 4. Enimmäkseen nämä korkeat pitoisuudet olivat noin 22 – 48 mg/kg, mutta tutkimuspisteellä 14 mitattiin maksimipitoisuus 110 mg/kg. Muutoin pintavalutuskenttien kobolttipitoisuudet vaihtelivat 0,60 – 17 mg/kg. Vertailualueella kobolttin pitoisuudet olivat 1,1 – 5,6 mg/kg. Eri tutkimuksissa turpeen keskimääräiseksi kobolttipitoisuudeksi on määritetty 0,8 - 1,63 mg/kg (Herranen ja Toivonen 2018 ja 2020, Vähä-Savo ym. 2016, Taipale 1996, Lehtovaara 2016 ja Peuravuori & Pihlaja 1988).

Myös kobolttin on todettu rikastuvan turpeisiin mustaliuskevyöhykkeellä sijaitsevilla soilla (Herranen ja Toivonen 2018 ja 2020, Mäkilä 2012). Esimerkiksi Talvivaaran esiintymän läheisyydessä mustaliuskekallioperän päällä sijaitsevalla suolla turpeen keskimääräinen

kobolttipitoisuus oli 19 mg/kg (Mäkilä 2012). Tämä on samaa tasoa kuin PVK 1 alueelta todettu korkein pitoisuus.

Kobolttia ei mitata eikä ole mitattu päästö- eikä vesistötarkkailun yhteydessä.

4.2 Pintavalutuskenttien valumavedet ja vesistö

4.2.1 Pintavalutuskenttien valumavedet

Ennen purkuputken käyttöönottoa arseenia, antimonia ja nikkeliä on päätyntä Seurujokeen lähinnä kaivoksen kuivatusvesien mukana pintavalutuskentän 1 kautta. Pintavalutuskentältä 4 metalleja on päätyntä jokeen huomattavasti vähemmän. Pintavalutuskenttien käytöstä poistumisen jälkeen kentiltä on Seurujokeen päässyt huomattavasti aiempaa vähemmän vesiä, käytännössä enimmäkseen lumensulamisvesiä. Kaivosalueen kuivatusvesijärjestelyitten takia pintavalutuskenttien alueelle ei tule myöskään kenttien yläpuolisia pintavesiä. Näin ollen jokeen kohdistuva metallikuormitus on merkittävästi aiempia vuosia pienempi koostuen lähinnä sulamisvesien aiheuttamasta kevätaikaisesta huuhtoutumisesta.

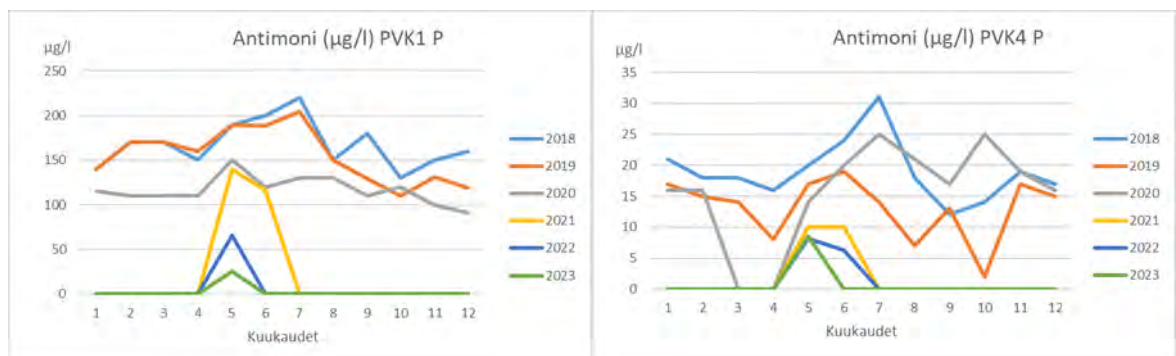
Pintavalutuskentiltä Seurujokeen päätyvien vesien metallipitoisuuksien vuosikeskiarvot ovat lähes kaikkien metallien osalta vuoden 2020 jälkeen otetuissa näytteissä laskeneet tai pysyneet samana verrattuna aiempiin vuosiin. Ainoastaan pintavalutuskentältä 1 poistuvien vesien alumiini-, mangaani- ja rautapitoisuudet sekä pintavalutuskentältä 4 poistuvien vesien alumiinipitoisuudet olivat aiempaa korkeammat. Vuosilta 2021 - 2023 saatujen vesien metallipitoisuuksista on kuitenkin huomattava, että päästötarkkailun vesinäytteet kummaltakin pintavalutuskentältä on tuolloin saatu otettua vain touko-kesäkuun ajan lumen sulamisvesistä. Muina kuukausina näytteenotto ei onnistunut, koska purkuputken käyttöönoton myötä pintavalutuskentiltä tulevan veden määrä on huomattavasti vähentynyt eikä tarkkailupisteillä ollut riittävää vedenvirtausta. Vaikka tässä yhteydessä kyseiset kuukauden tai kahden ajalta mitattujen pitoisuuksien keskiarvo rinnastetaan aiempien vuosien keskipitoisuuteen, ei tämä pitoisuusarvo edusta koko vuoden ajalta pintavalutuskentiltä Seurujokeen tulevaa keskimääräistä kuormitusta. Todennäköinen keskikuormitus lienee paljonkin tätä arvoa pienempi.

Antimoni

Kittilän kaivoksen pintavalutuskenttien kyky pidättää antimonia on todettu olleen heikko ja antimonia päätyi aiemmin Seurujokeen etenkin kaivoksen kuivanapitovesien mukana pintavalutuskentän 1 kautta. **Vuosina 2021 – 2023 toteutetun päästötarkkailun tulosten perusteella pintavalutuskenttä 4 alueelta tuleva kuormitus on purkuputken käyttöönoton jälkeen entisestään vähentynyt. Pintavalutuskenttä 1 alueella todettu kuormitus oli vuonna 2021 samaa luokkaa kuin ennen purkuputken käyttöönottoa, mutta vuonna 2022 ja 2023 huomattavasti matalampi.** Näytteet saatiin kuitenkin otettua ainoastaan keväällä sulamiskaudella yhden tai kahden kuukauden aikana, joten ne eivät kerro totuutta koko vuoden kuormituksesta. Todennäköisimmin kuormitus on hyvin paljon näitäkin pitoisuuksia vähäisempi, sillä pintavalutuskentiltä tulee Seurujokeen huomattavasti aiempaa vähemmän vesiä. Vuosina 2018 – 2020 pintavalutuskenttien tarkkailupisteiltä PVK1 P ja PVK4 P vuoden korkeimmat antimonipitoisuudet todettiin tyypillisesti touko – heinäkuussa, eli antimonia huuhtoutuu pintavalutuskentiltä eniten juuri sulamiskauden aikana (Taulukko 13 ja kuva 17). Sama ilmiö tapahtunee edelleen, vaikka kentät eivät ole enää käytössä, sillä pintavesitarkkailun tulosten perusteella Seurujoen kaivoksen alapuolisilla havaintopisteillä todettiin vuonna 2021 korkeimmat pitoisuudet touko- ja kesäkuussa.

Taulukko 13. Antimonipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) pintavalutuskentiltä poistuvassa vedessä vuosina 2018 – 2021.

kk	PVK1 P						PVK4 P					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	140	140	115	-	-	-	21	17	16	-	-	-
2	170	170	110	-	-	-	18	15	16	-	-	-
3	170	170	110	-	-	-	18	14	-	-	-	-
4	150	160	110	-	-	-	16	8	-	-	-	-
5	190	190	150	140	66	26	20	17	14	10	8	8,5
6	200	189	120	116	-	-	24	19	20	10	6	-
7	220	204	130	-	-	-	31	14	25	-	-	-
8	150	150	130	-	-	-	18	7	21	-	-	-
9	180	129	110	-	-	-	12	13	17	-	-	-
10	130	110	120	-	-	-	14	2	25	-	-	-
11	150	131	100	-	-	-	19	17	19	-	-	-
12	160	119	91	-	-	-	17	15	16	-	-	-



Kuva 17. Antimonipitoisuudet pintavalutuskentiltä PVK1 ja PVK4 lähteissä vesissä vuosina 2018 – 2023.

Arseeni

Arseenia on päätyntä pintavalutuskenttien käytössä ollessa Seurujokeen etenkin pintavalutuskentältä 1, jolta poistuvien vesien arseenipitoisuudet ovat olleet monikymmenkertaiset verrattuna kentän 4 vesiin. **Nykytilanteessa kuormitus on huomattavasti vähentynyt ja päästötarkkailusta vuosina 2021 – 2023 saatu arseenipitoisuuden keskiarvo pintavalutuskenttä 1 tarkkailupisteen vedessä oli enää puolet tai kolmasosa aiempien vuosien pitoisuuksista.** Kentän 4 valumavesien arseenipitoisuudet ovat pysyneet ennallaan, mutta pitoisuudet ovat hyvin pieniä, ollen samaa tasoa kuin metsäojitettujen ja turvetuotantosoiden valumavesissä on tavattu (Lehtovaara ym. 2016). Tämä on myös Seurujoen veden luontaista tasoa tai jopa sen alle.

Nikkeli

Pintavalutuskentältä 1 Seurujokeen päätyvien vesien nikkelpitoisuus on ollut vuosien 2018 – 2020 aikana yli kymmenkertainen kentän 4 vesiin verrattuna. Päästöseurannan mukaan purkuputken käyttöönoton jälkeen pintavalutuskentältä 1 poistuvan veden nikkelpitoisuus oli vuosina 2021 ja 2023 puolet aiemmasta ja vuonna 2022 aikaisempaa korkeampi. Pintavalutuskentältä 4 poistuvien vesien nikkelpitoisuus oli pysynyt käytännössä samana. Todellinen pintavalutuskentiltä tuleva koko vuoden keskimääräinen nikkeli-kuormitus lienee kuitenkin merkittävästi aiempaa pienempi. Lehtovaara ym. ovat tutkimuksissaan (2014 ja 2016) todenneet turvetuotantosoiden valumavesien nikkelpitoisuuksien olevan 0,9 – 1,8 $\mu\text{g/l}$, mutta huomattavasti korkeampiakin

nikkelipitoisuuksia on havaittu, esimerkiksi Naurissuo-Veneheiton suon valumavesissä nikkeliä todettiin keskimäärin 5,99 µg/l ja vaihteluväli oli 2,4 - 11 µg/l (Pöyry 2018). Nykytilanteessa pintavalutus kentän 4 vesien nikkelpitoisuudet ovat Naurissuo-Veneheiton suon valumavesien keskipitoisuuksia hieman pienemmät ja kentän 1 vedet pitoisuudet kaksinkertaisia tämän turvetuotantosoon vesien suurimpiin pitoisuuksiin verrattuna.

Kadmium

Päästötarkkailun tulosten perusteella voidaan todeta, että pintavalutus kentiltä ei ole ennen purkupuutken käyttöönottoa tapahtunut kadmiumin osalta merkittävää kuormitusta Seurujokeen, sillä pitoisuustasot pintavalutus kenttien tarkkailupisteillä ovat olleet vain 0,011 – 0,44 µg/l. Vuosina 2021 – 2023 pintavalutus kentiltä poistuvan veden kadmiumpitoisuus on laskenut entisestään, ja on enää 0,005 – 0,016 µg/l ja useimpina näytteenotto kausina sen pitoisuus on alle määritysrajan. Eri tuotantovaiheissa olevien turvetuotanto- ja metsäojitettujen soiden valumavesissä on todettu samantasoisia kadmiumpitoisuuksia (Lehtovaara ym. 2016, Pöyry 2018, Afry 2020). Tämän tasoisia pitoisuuksia pidetään tavallisina myös purovesissä (md <0,02).

Alumiini

Alumiinia näyttäisi vuosien 2021 - 2023 tulosten perusteella huuhtoutuvan Seurujokeen kummaltakin pintavalutus kentältä enemmän pintavalutus kenttien käytöstä poistumisen jälkeen kuin niiden käytön aikana. On kuitenkin huomattava, että näytteet saatiin tuolloin otettua vain touko- ja kesäkuussa sulamiskauden aikaan, eivätkä siten edusta todellista koko vuoden pitoisuutta. Alumiinipitoisuuksien on myös todettu nousevan purovesissä lumien sulamisen ja voimakkaiden sateiden aikana valunnan kasvaessa (Lahermo ym. 1996). Nämä vuosien 2021 - 2023 alumiinipitoisuudet ovat kuitenkin huomattavasti matalammat kuin on havaittu turvetuotantosoiden tarkkailussa kahden suon pintavalutus kenttien tarkkailupisteiltä otetuissa näytteissä (110 - 1000 µg/l) (Pöyry 2018, Afry 2020). Pitoisuudet ovat myös enimmäkseen huomattavasti alemmat kuin purovesissä on havaittu Suomessa keskimäärin olevan (134 µg/l) tai suomaiden purovesissä (suota yli 7 % maa-alasta) 110 µg/l (Lahermo ym. 1996). Vain PVK4 P alumiinipitoisuus vuonna 2023 oli samaa tasoa näiden pitoisuuksien kanssa.

Elohopea

Elohopean määrä pintavalutus kenttien tarkkailupisteiden vesissä on hyvin matala ja purkupuutken käyttöönoton jälkeen se on ollut alle määritysrajan (<0,02 µg/l). Eri tuotantovaiheissa olevien turvetuotanto- ja metsäojitettujen soiden valumavesissä elohopeapitoisuuden on todettu olevan 0,005 – 0,019 µg/l (Lehtovaara ym. 2014 ja 2016). Purovesien tyypillisiä elohopeapitoisuuksia ei ole saatavilla, koska pitoisuudet ovat hyvin pieniä (Lahermo ym. 1996).

Kupari

Pintavalutus kenttien tarkkailupisteillä on mitattu varsin maltillisia kuparipitoisuuksia, ja purkupuutken käyttöönoton jälkeen ne ovat olleet jopa hieman alemmat kuin aiempina vuosina. Suomaiden jokivesissä ja turvetuotantoalueisen valumavesissä on mitattu samantasoisia vesien kuparipitoisuuksia (Lahermo ym.1996, Lehtovaara ym. 2016).

Sinkki

Sinkkipitoisuus pintavalutus kenttien tarkkailupisteiden vedessä oli purkupuutken käyttöönoton jälkeen huomattavasti aiempia vuosia matalampi. Nämä pitoisuudet ovat pienempiä kuin on tavattu useiden turvesoiden valumavesissä (Lehtovaara ym. 2016) ja Suomen purovesien keskimääräistä pitoisuutta matalammat (Lahermo ym. 1996).

Mangaani ja rauta

Pintavalutuskentiltä Seurujokeen päätyvien vesien raudan ja mangaanin pitoisuudet olivat vuonna 2021 verrattain korkeita aiempiin vuosiin verrattuna. Nämä pitoisuudet eivät kuitenkaan kuvasta koko vuoden keskimääräistä pitoisuustasoa vaan pelkästään kevään ja alkukesän sulamiskauden arvoja, jolloin näytteet oli otettu. Raudalle ja mangaanille on luonteenomaista huuhtoutua vesiin humuksen mukana sulamiskausina, jolloin näiden pitoisuudet ovat korkeimmillaan.

Magnesium ja natrium

Magnesiumin ja natriumin huuhtoutuminen pintavalutuskentiltä on huomattavasti vähentynyt purkuputken käyttöönoton myötä.

4.2.2 Vesistö

Kaivoksen velvoitetarkkailun perusteella Seurujoen vesi on luonnostaan väritöntä, kirkasta, vähäravinteista, lievästi emäksistä ja laadultaan melko hyvää. Joki sijaitsee Lapin vihreäkivivyöhykkeellä, jonka maaperässä on luontaisesti ympäristöä suurempia pitoisuuksia erityisesti arseenia, antimonia ja sinkkiä. Jokiveden luonnollinen metallipitoisuus on tästä johtuen hieman ympäristöä suurempi, erityisesti arseenia ja antimonia esiintyy vedessä luontaisesti keskimääräistä enemmän. Sen sijaan sinkkiä on alueen purovesissä vain vähän.

Kaivoksen lähialueet ovat metsää, avosuota ja harvapuustoista aluetta. Kittilän kaivoksen lisäksi muuta pistekuormitusta Seurujokeen ei ole. Loukisen varrella Seurujoen yhtymäkohdan yläpuolella Kiistalassa on jonkin verran maataloutta, josta aiheutuu jokiin hajakuormitusta. Kapsajoen kautta Loukiseen ei saavu normaalin havumetsävyöhykkeen kuormitusten lisäksi muita kuormituksia. Metallien osalta kaivoksen vaikutus on ennen purkuputken käyttöönottoa ollut havaittavissa Seurujoessa ja Loukisessa lähinnä kohonneena antimonipitoisuutena sekä taustapisteisiin nähden hieman kohonneina nikkeli- ja arseenipitoisuuksina.

Pintavalutuskenttien käytöstä poistumisen jälkeen antimonin, arseenin ja nikkelin pitoisuudet ovat kaivoksen alapuolisten jokiosuuksien havaintopisteillä merkittävästi laskeneet. Arseni- ja nikkelpitoisuudet ovat alueen luontaisten pitoisuuksien tasolla, samoin antimonipitoisuudet lukuun ottamatta joidenkin yksittäisten kuukausien hieman keskimääräistä taustapitoisuutta korkeampia arvoja.

Seurujoki kuuluu kolmannen jakovaiheen valumavesistöön. Suomen geokemian atlaksen osan 3 (Lahermo ym. 1996) aineisto on koottu saman jakovaiheen vesistöistä, joten siinä esitellyt purovesien alkuainepitoisuudet ovat vertailukelpoisia Seurujoessa mitattuihin pitoisuuksiin.

Antimoni

Pintavalutuskenttien turpeiden antimonipitoisuudet ovat korkeita ja kenttien antimoninpidätyskyvyn on todettu olleen huono. Nykyisessäkin tilanteessa antimonia pääsee huuhtoutumaan kentiltä Seurujokeen, mutta määrät ovat aiempia huomattavasti vähäisemmät ja huuhtoutumista tapahtuu lähinnä keväisin sulamiskaudella ja syysateiden aikaan.

Ennen purkuputken käyttöönottoa Seurujoen veden antimonipitoisuudessa näkyi kaivoksen vaikutus joen kaivoksen alapuolisilla osuuksilla. Vuosina 2021 - 2023 pitoisuudet olivat huomattavasti laskeneet näillä osuuksilla ja olivat enää noin <1 – 4 % aiemmista pitoisuuksista (0,04 – 0,20 µg/l). Pitoisuudet olivat Seurujoen kaivoksen yläpuolella todettujen pitoisuuksien eli Seurujoen luontaisen pitoisuuden tasolla.

Seurujoen veden antimoniipitoisuus on luontaisesti korkeampi kuin Suomen purovesissä on keskimäärin todettu, Suomen pohjoisosien puroissa se on 0,008 – 0,02 µg/l ja etelässä 0,02 – 0,08 µg/l (Lahermo ym.1996).

Pintavalutuskentiltä Seurujokeen tulevan kuormituksen merkitys on antimoninkin osalta nykyisin vähäinen, huolimatta päästötarkkailun suhteellisen korkeista pitoisuusarvoista. Purkuputken käyttöönoton jälkeen ainoastaan kevään sulamiskaudella ja toisinaan syyssateiden aikaan kaivoksen alapuolisilla jokiosuuksilla tavattiin pieniä määriä antimonia, muulloin pitoisuudet olivat alle määrittäysrajan (<0,05 µg/l). Vesistötarkkailun perusteella Seurujoessa kaivoksen alapuolisilla osuuksilla on todettu antimoniipitoisuuksien vuoden aikaista vaihtelua sekä niinä vuosina, kun pintavalutuskentät olivat käytössä, että purkuputken käyttöönoton jälkeen. Tavallisimmin pitoisuudet olivat korkeimmillaan huhti – kesäkuussa ja joinakin vuosina havaittiin korkeita pitoisuuksia myös loka – marraskuussa.

Arseeni

Purkuputken käyttöönoton jälkeen pintavalutuskentiltä tulevan arseenikuormituksen väheneminen oli havaittavissa, sillä veden arseenipitoisuudet kaivoksen alapuolisilla jokiosuuksilla olivat vuosina 2021 – 2023 hienoisesti laskeneet ja vastasivat nyt alueen luontaisia pitoisuuksia 1,2 – 2,7 µg/l. Pintavalutuskentiltä Seurujokeen pääsevää arseenikuormitusta ei ole pidetty vesistötarkkailun perusteella merkittävänä ennen purkuputken käyttöönottoa. Nykyisentasoinen kuormitus on hyvin vähäinen eikä käytännössä näy joen arseenipitoisuustasoissa. Tulosten perusteella on todettavissa, että vaikka pintavalutuskenttien turpeiden arseenipitoisuus on osin korkea, kentiltä ei ole merkittävästi päässyt huuhtoutumaan arseenia Seurujokeen ennen eikä jälkeen purkuputken käyttöönoton.

Suomessa arseenin tyypillinen pitoisuus purovesissä on matala, 0,06 – 1,6 µg/l, pohjoisosissa maata alempi (0,1 – 0,2 µg/l) kuin etelässä (0,2 – 0,4 µg/l). Kittilässä Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeellä arseenipitoisuus on tavanomaista suurempi, mikä on seurausta arseenikiisun (FeAsS) esiintymisestä kallioperässä (Lahermo ym.1996), johon myös Kittilän kaivoksen kulta on sitoutunut. Alueen suurimmat keskimääräiset pitoisuudet mitataan yleisesti Leppäojalta, minne ei johdeta kaivoksen vesiä (esimerkiksi vuonna 2020 3,6 µg/l). Kittilän alueella purovesien arseenipitoisuudet vaihtelevat välillä 1,4–6,4µg/l (Tarvainen ja Mannio 2004).

Nikkeli

Purkuputken käyttöönotto näkyy vesistötarkkailutuloksissa nikkelin osalta siten, että Seurujoessa pitoisuus laski kaivoksen alapuolisilla havaintopisteillä samalle tasolle kuin yläpuolisilla pisteillä eli 0,2 – 0,3 µg/l. Suomen purovesien tavanomaisena nikkeliipitoisuutena pidetään 0,14 – 4,0 µg/l (md 0,52 µg/l ja ka 1,17 µg/l). Suomailla purovesien nikkelin mediaanipitoisuus on 0,46 µg/l (Lahermo ym. 1996).

Tulosten perusteella on todettavissa, että vaikka pintavalutuskenttien turpeiden nikkeliipitoisuus on paikoin korkea, ei kummankaan kentän turpeiden nikkeliipitoisuutta voi enää pitää uhkana Seurujoen vedenlaadulle. Nykytilanteessa nikkeliä ei huuhtoudu kentiltä merkittävästi, vaan jokiveden nikkeliipitoisuudet ovat laskeneet aiemmasta ja ovat nyt alueelle tavanomaisella tasolla.

Kadmium

Pintavesitarkkailun tulosten perusteellakaan kadmiumia ei ole päässyt pintavalutuskentiltä Seurujokeen ennen eikä jälkeen purkuputken käyttöönoton, sillä kadmiumipitoisuudet ovat jääneet vuosina 2017 – 2023 alle määrittäysrajan (<0,01 µg/l) kaikilla tarkastelluilla

havaintopisteillä. Kadmiumpitoisuudet purovesissä ovat Suomessa tyypillisesti 0,004 – 0,04 µg/l (Lahermo ym. 1996). Turpeiden haitta-aineselvityksen mukaan molempien pintavalutuskenttien turpeiden kadmiumpitoisuudet olivat joillakin tutkimuspisteillä korkeat. Kadmiumin on todettu rikastuvan puroveden pienistäkin pitoisuuksista tehokkaasti pohjamutaan, jolloin purosedimenttien pitoisuudet voivat olla hyvinkin korkeat, vaikka vesissä olisi matalat pitoisuudet (Lahermo ym.1996). Samalla tavalla kadmium lienee sitoutunut tehokkaasti pintavalutuskenttien turpeeseen eikä huuhtoudu sieltä Seurujokeen.

Alumiini

Suomessa purovesien alumiinipitoisuus on keskimäärin 134 µg/l ja suomaiden purovesien 110 µg/l. Keski-Lapin liuskeyvyöhykkeiden purovedet ovat lähempänä neutraalia tai emäksistä kuin muualla Suomessa, minkä vuoksi niissä on luontaisesti vain vähän alumiinia, keskimäärin 21 – 30 µg/l (Lahermo ym. 1996). Vesistötarkkailun perusteella kaivostoiminta ei ole nostanut Seurujoen alumiinipitoisuuksia nykyisessä tilanteessa eikä ennen purkupuutken käyttöönottoa. Sen sijaan Seurujoen alumiinipitoisuus on kaivoksesta alavirtaan olevien jokiosuuksien vesissä alempi kuin kaivoksen yläpuolisilla jokiosilla. Näin siitä huolimatta, että purkupuutken käyttöönoton jälkeen pintavalutuskentiltä poistuvien vesien päästötarkkailussa on huomattu alumiinipitoisuuksien nousua kentiltä poistuvissa vesissä.

Elohopea

Vesistötarkkailussa jokivesien elohopeapitoisuuksien on todettu olevan hyvin matalat sekä nykytilanteessa että pintavalutuskenttien käytön aikana, sillä pitoisuudet ovat olleet alle määritysrajan (<0,02 µg/l). Purovesien tyypillisiä elohopeapitoisuuksia ei ole saatavilla, koska pitoisuudet ovat hyvin pieniä. Jotain viitteitä pitoisuuksista saanee siitä, että lumen elohopeapitoisuuden on todettu olevan enintään 0,01 – 0,09 µg/l, sadeveden enintään 0,01 – 0,03 µg/l ja joki- ja järvesien enimmäkseen alle 0,1 µg/l (Lahermo ym. 1996). Kaivokselta ei aiheudu nykytilanteessa eikä aiemminkaan vesistöön elohopeakuormitusta.

Kupari

Pintavesitarkkailun mukaan kuparipitoisuudet Seurujoesa ovat olleet sekä ennen purkupuutken käyttöönottoa että sen jälkeen samaa luokkaa sekä kaivoksen ylä- että alapuolisilla havaintopisteillä (0,2 – 0,6 µg/l). Voidaan siis todeta, ettei Seurujoen kuparipitoisuuksissa ole havaittavissa kaivoksen vaikutusta ja pitoisuudet vastaavat hyvin Suomessa todettuja purovesien tyypillisiä pitoisuuksia. Purovesien kuparin mediaanipitoisuus Suomessa on 0,64 µg/l, vaihdellen tyypillisesti 0,17 – 2,35 µg/l. Suomaiden purovesissä kuparin mediaanipitoisuus on 0,55 µg/l (Lahermo ym. 1996).

Sinkki

Seurujoen veden sinkkipitoisuus on ollut koko vesitarkkailun ajan matala eikä siinä ole havaittavissa kaivoksen aiheuttamaa pitoisuuden nousua. Suomessa purovesien sinkkipitoisuus on keskimäärin 4,6 µg/l, ja Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeellä sinkkipitoisuuksien on todettu olevan purovesissä suhteellisen matalat (ka 1,8 µg/l) huolimatta siitä, että maaperässä sinkkiä on todettu olevan runsaasti (Lahermo ym. 1996).

Mangaani ja rauta

Vesistötarkkailun tulosten perusteella kaivos ole vaikuttanut Seurujoen mangaanipitoisuuksiin. Loukisen havaintopisteillä mangaanipitoisuudet ovat olleet Seurujoen pitoisuuksia korkeammat johtuen humuspitoisemmasta vedestä. Keskimääräinen mangaanipitoisuus Suomen purovesissä on 43 µg/l (Lahermo ym. 1996). Seurujoen rautapitoisuudet olivat aikaisempina vuosina

kaivoksen alapuolisilla näytteenottopisteillä keskimäärin noin 15 % suurempia kuin yläpuolisilla pisteillä. Purkuputken käyttöönoton jälkeen ero on supistunut hyvin pieneksi. Seurujoen rautapitoisuus on luonnostaan matala verrattuna Suomen purovesien raudan keskimääräiseen pitoisuuteen (910 µg/l) ja suomaiden purovesien mediaanipitoisuuteen (860 µg/l) (Lahermo ym. 1996). Seurujoki on kirkasvetinen vähähumuksinen joki, jossa on vain vähän humusta, johon voisi rautaa sitoutua.

Magnesium ja natrium

Pintavalutuskentiltä tulevan magnesium- ja natriumkuormituksen väheneminen näkyy myös vesistötarkkailun tuloksissa. Niiden mukaan purkuputken käyttöönoton jälkeen magnesiumin ja natriumin määrät vedessä ovat kaivoksen alapuolisilla jokiosuuksilla laskeneet yläpuolisten osuuksien tasolle. Nämä pitoisuudet tavanomaisia Suomen purovesissä (Lahermo ym. 1996).

4.2.3 Veden laatuun liittyvät vaatimukset ja raja-arvot

Talousveden suurin sallittu pitoisuus antimonille on 5 µg/l, arseenille 10 µg/l ja nikkeli 20 µg/l (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 1352/2015). Nämä eivät ylittyneet Seurujoessa vuosina 2021 - 2023. Seurujoen vettä ei käytetä talousvetenä.

EU:n vesipuitedirektiivin mukaisesti nikkeli on luokiteltu vesiympäristölle haitalliseksi aineeksi ja sen biosaataville pitoisuuksille on määrätty sisämaan pintavesissä ympäristölaatu normin (EQS) raja-arvoksi 4 µg/l. Valtioneuvoston asetuksessa (VNa 1308/2015 ja Vna 1090/2016) on määritelty luontaisen taustapitoisuuden ja ympäristölaatu normin summan perusteella pitoisuus <1+4 µg/l biosaatavalle nikkeli. Seurujoesta veloitettarkkailun yhteydessä määritetyt biosaatavan nikkelin pitoisuudet olivat vuonna 2020, eli ennen purkuputken käyttöönottoa, korkeimmillaan 3 µg/l. KHO:n (20.5.2016) antaman lupamääräyksen 13 mukaisesti purkupaikkojen alapuoliselta Seurujoelta liukoisien nikkelin pitoisuudet eivät saa ylittää tasoa 5 µg/l. Kokonaisnikkelin, liukoisien nikkelin ja biosaatavan nikkelin pitoisuudet eivät ylittäneet vuosina 2021 - 2023 pitoisuuksille asetettua ympäristölaatu normia eikä lupamääräyksen mukaista raja-arvoa.

Antimonia ja arsenia ei ole luokiteltu vesipuitedirektiivin mukaisesti ympäristölle vaaralliseksi tai haitalliseksi aineeksi. Kadmium ja elohopea on vesipuitedirektiivin mukaisesti luokiteltu ympäristölle vaarallisiksi aineiksi. KHO:n päätöksen (20.5.2016) lupamääräyksen 13 mukaisesti purkupaikkojen alapuoliselta Seurujoelta mitatut liukoisien kadmiumin pitoisuudet eivät saa ylittää tasoa 0,1 µg/l. Liukoisien kadmiumin ja elohopean pitoisuudet Seurujoella olivat vuosina 2021-2023 alle määrittärajien (Cd <0,01 µg/l, Hg <0,02).

Kanadassa tehdyn selvityksen mukaan antimonin myrkyllisyys kaloille on suhteellisen vähäistä verrattuna muihin metalleihin (Fletcher ym. 1996). Antimonin ei ole myöskään havaittu rikastuvan ravintoketjussa (Veenstra ym. 1981 ja Culioli ym. 2009). Akuutteja antimonipitoisuuden vaikutuksia vesieliöissä havaittiin pitoisuustasolla 1-1 080 mg/l ja kroonisia välillä 0,3-678 mg/l. Antimonipitoisuuden vaikutuksia vesiympäristöön on kuitenkin tutkittu niin vähän, että selvityksessä päädyttiin antamaan väliaikainen tavoitetasoarvo 20 µg/l vesieliöiden hyvinvoinnin kannalta. Lukuarvoon oli päädytty jakamalla alin havaittuja kroonisia vaikutuksia aiheuttanut pitoisuus (0,3 mg/l) epävarmuuskertoimella 14,5. (Ramboll, 2015) EU:n antimoniyhdistettä (Sb₂O₃) käsittelevässä riskinarvioraportissa päädytään kroonisten kaloihin kohdistuvien vaikutusten alimman pitoisuuden raja-arvoon 1,13 mg/l (Swedish Chemicals Agency 2008). Samassa julkaisussa päädyttiin kalojen osalta akuutin haitallisuuden raja-arvoon 14,4 mg/l. Nikusen ym. (2000) mukaan antimonin LC₅₀-pitoisuus kirjolohelle 28 vrk altistuksella on 0,66 mg/l (660 µg/l) ja vesikirpuille 48 h altistuksella on huomattavasti edellä mainittua suurempi. (Ramboll, 2015)

Arseenin vaikutuksia vesieliöihin voidaan havaita pitoisuudessa 0,5 mg/l (500 µg/l), joka on arseenin LOEC-arvo vesikirpuille ja LC50-pitoisuus kirjolohelle 24 vuorokauden altistuksella (Nikunen ym. 2000). Ruotsissa ja Kanadassa pidetään pitoisuutta 5 µg/l ohjearvona, jonka ylityksellä voi olla biologisia vaikutuksia (Tarvainen & Mannio 2004).

Kaloille turvallisiksi arvioitu nikkelpitoisuus on <25 µg/l. Tämä ei ylittynyt Seurujoella vuosina 2021-2023.

5 Yhteenveto ja jatkotoimenpide – ehdotukset

Agnico Eagle Finland Oy:n Kittilän kaivoksen laajentamista koskevan ympäristöluvan (PSAVI 29. 5. 2020, nro 67/2020) lupamääräyksen 75 mukaisesti on selvitetty kaivoksella käyttöön otetun ylitevesien purkuputken seurauksena käytöstä poisjääneiden pintavalutuskenttien tilaa ja niistä aiheutuvaa kuormitusta.

Lupamääräyksen vaatimaa pintavalutuskenttien tilaa selvitettiin turpeen haitta-aineselvityksillä vuosina 2021 - 2023. Nämä osoittavat, että erityisesti pintavalutuskenttien turpeen ylempään maakerrokseen (0,0 – 0,1 m) on sitoutunut selvästi kohonneita määriä antimonia, arseenia ja nikkeliä. Alemmassa maakerroksessa (0,1 – 0,3 m) pitoisuudet ovat joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta huomattavasti matalammat. Molempien pintavalutuskenttien turpeiden antimoni- ja arseenipitoisuudet olivat lähes kaikilla näytepisteillä huomattavasti korkeammat kuin kirjallisuudesta saadut keskipitoisuudet Suomen soiden turpeissa. Arseenipitoisuudet olivat kuitenkin tasolla, joita on toisinaan todettu kirjallisuudessa luontaisesti muillakin soilla, erityisesti mustaliuskevyyöhykkeen tuntumassa sijaitsevilla alueilla. Pintavalutuskentän 1 alueella ja osin myös pintavalutuskentällä 4 nikkeli on sitoutunut epätasaisesti turpeisiin ja paikoin pitoisuudet ovat korkeita, vaikkakin samanlaisia ja näitä huomattavasti korkeampia pitoisuuksia on tavattu luonnostaan turpeissa. Lisäksi molempien pintavalutuskenttien turpeissa todettiin jossain määrin kohonneita pitoisuuksia kadmiumia ja kobolttia.

Pintavalutuskenttä 1 alueella turpeen haitta-ainepitoisuuksien todettiin olevan huomattavasti korkeammat kuin kentän 4 alueella, johtuen alueille aikanaan johdettujen vesien pitoisuuksien sekä vesimäärien eroista. Haitta-aineet ovat suurimmalta osin sitoutuneet molemmilla kentillä pintaturpeeseen (0,0 – 0,1 m). Tämä johtunee mm. turpeen suuremmasta maatuneisuudesta syvemmissä kerroksissa, jolloin pintavalutuskenttien läpi kulkeutuva vesi virtaa lähinnä ylemmässä, heikommin maatuneessa kerroksessa. Näin ollen haitta-aineiden sitoutuminen ja mahdollinen huuhtoutuminen tapahtuu enimmäkseen kenttien pintaturpeessa. Tämä todettiin myös Pönkän (2013) ja Ronkanen ym. (2012) tutkimuksissa.

Purkuputken käyttöönoton jälkeen pintavalutuskentiltä Seurujokeen aiheutuvaa kuormitusta on seurattu tarkkailuohjelman mukaisesti ottamalla vesinäytteet kerran kuussa tarkkailupisteiltä PVK1 P (Kuivanapitoveden poistumapaikka pintavalutuskenttä 1:ltä ennen Seurujokea) ja PVK4 P (Prosessijäteveden poistumapaikka pintavalutuskenttä 4:ltä ennen Seurujokea). Vuosina 2021 - 2023 näytteet saatiin otettua kuitenkin vain touko- kesäkuussa lumen sulamiskaudella, muina aikoina tarkkailupisteillä oli liian vähän vettä näytteenoton mahdollistamiseksi. Kaivosalueen kuivatusvesijärjestelyistä johtuen pintavalutuskenttien alueelle ei tule kenttien yläpuolisia pintavesiä, mistä johtuen vesinäytteitä saataneen jatkossakin lähinnä sulamiskauden aikana.

Tarkkailupisteiden vesien metallipitoisuudet olivat lähes kaikkien metallien osalta pienemmät tai samalla tasolla verrattuna pintavalutuskenttien käytönaikaisiin pitoisuuksiin. Antimonin pitoisuus kentän 1 valumavedessä oli laskenut erityisesti vuosina 2022 ja 2023.

Pintavalutuskenttien käytön loppumisen jälkeen niiltä Seurujokeen huuhtoutuu huomattavan vähän vettä verrattuna käytönaikaisiin määriin. Nykyinen kentiltä tuleva kuormitus Seurujokeen on näin ollen huomattavasti käytönaikaista vähäisempää ja se tapahtuu lähinnä keväisin lumen sulamisen yhteydessä. Päästötarkkailusta saadut tarkkailupisteiden pitoisuudet kuvastavat vain senhetkistä pitoisuutta, eivätkä kuvaa koko vuoden ajalta tapahtuvaa keskikuormitusta.

Pintavalutuskentiltä nykyään Seurujokeen tulevaa kuormitusta arvioitiin myös tarkastelemalla pintavesitarkkailun tuloksia Seurujoen kaivoksen ylä- ja alapuolisilta osilta sekä Loukisen

havaintopisteeltä, joka on lähellä Seurujoen liittymäkohtaa. Vertailukohteena oli myös kaivosalueen eteläpuolista taustapitoisuutta edustava joenkohta Loukisessa, johon kaivoksen vedet eivät ole missään yhteydessä.

Näistä voitiin todeta, että Seurujoen alapuolisten havaintopisteiden vesien metallipitoisuuksien vuosikeskiarvot ovat laskeneet merkittävästi aiemmista ja ovat nyt alueen taustapitoisuuden tasolla tai sen tuntumassa. Antimoni-, arseeni- ja nikkeli-pitoisuudet ovat samalla tasolla alueen taustan kanssa. Vesistö tarkkailun tulosten perusteella pintavalutus kentiltä aiheutuu Seurujokeen hyvin vähän kuormitusta. Antimonin osalta on havaittavissa hienoinen kuormituspiikki keväällä ja joinakin vuosina loppusyksystä, muina aikoina pitoisuudet alittivat määrittämissä rajan. Aiempiin kuormitusmääriin verrattuna nämä pitoisuudet ovat hyvin matalia.

Seurujoen vesien metallipitoisuudet ovat purkuputken käyttöönoton jälkeen alittaneet selvästi kullekin metallin pitoisuuksille asetetut ympäristölaatu normit, lupamääräyksen mukaiset raja-arvot, talousveden laatuvaatimuksen mukaiset enimmäispitoisuudet ja vesiliöille haitalliset pitoisuustasot.

Selvitysten perusteella pintavalutus kenttien haitta-ainepitoisuudet ovat paikoin selvästi kohonneita, mutta kohonneista pitoisuuksista ei aiheudu uhkaa Seurujoen vedenlaadulle. Purkuputken käyttöönoton jälkeen pintavalutus kenttien Seurujokeen aiheuttama kuormitus on joessa havaittujen metallipitoisuuksien perusteella selvästi vähentynyt. Nykyinen kuormitus on niin vähäinen, ettei se aiheuta jokiveden metallipitoisuuksien kohoamista yli sen luontaisten taustapitoisuuksien lyhytaikaisia poikkeuksia lukuun ottamatta esim. keväällä. Nykyiset pitoisuustasot eivät ole olemassa olevan tiedon perusteella aiheuta riskiä vesiliöille.

Näin ollen tässä vaiheessa pintavalutus kentille ei esitetä erityisiä jälkihoitotoimia. Tarkkailua kuitenkin tulee jatkaa. Mikäli kaivoksen vaikutustarkkailussa todetaan kaivoksen alapuolisilla tarkkailupisteillä pitoisuuksien nousevan toistuvasti lähelle ennen vuotta 2020 vallinneita tasoja ja kuormituksen todetaan olevan peräisin pintavalutus kentiltä, tulee harkita mahdollisia jatkotoimia. Näistä ensisijaisena vaihtoehtona olisi pintavalutus kenttien vesien johtaminen kaivoksen vesikiertoon käsiteltäväksi.

Koska haitta-aineet ovat sitoutuneet lähinnä pintavalutus kenttien ylempään ohueen turvekerrokseen, eivätkä ne juuri huuhtoudu vesistöön, ei PIMA-asetuksen ohjeistuksen mukaisen ylittävien kerrostumien poistamista nähdä järkevänä. Näin ohuiden turvekerrosten poistaminen on maanrakennusteknisestikin haasteellista, minkä lisäksi niitä (käytännössä kenties paksuudeltaan) poistettaessa on riskinä kiintoaineen ja humuksen sekä niihin sitoutuneiden metallien hallitsematon huuhtoutuminen vesistöön tilapäisistä vesienkäsittelytoimista huolimatta. Poistotilanteessa tämänkaltaista kuormitusta väistämättä aiheutuisi jonkin aikaa massapoiston jälkeenkin. Vaikka turpeen pintakerrokset poistettaisiin, ei toimenpiteellä saavutettaisi alapuolisen vesistön kannalta merkittäviä edullisia vaikutuksia. Seurujoen haitta-ainepitoisuudet pysyisivät pääosin nykyisellä tasollaan, taustapitoisuuksien tuntumassa.

Lähteet

- Afry 2020. Pohjois-Pohjanmaan turvetuotantoalueiden vuosikuormitustarkkailu vuonna 2019.
- Alakangas, E., Hurskainen, M., Laatikainen-Luntama, J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoturpeiden ominaisuuksia. VTT Technology 258: 1–263. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>
- Culioli J.L., Fouquoire, A., Calendini, S., Mori, C., Orsini, A. 2009. Trophic transfer of arsenic and antimony in a freshwater ecosystem: a field study. *Aquatic Toxicology* 94, 286–293.
- Eilu P. & Lahtinen R. 2004. Arseeni kallioperässä ja malmituoneissa vyöhykkeissä. Teoksessa: Loukola-Ruskeeniemi K. & Lahermo P. (toim), Arseeni Suomen luonnossa, ympäristövaikutukset ja riskit. Espoo, Geologian Tutkimuskeskus. s. 29–43.
- Fletcher T., Stephenson G.L., Wang J., Wren C.D., ja Muncaster B.W. 1996. Scientific criteria document for the development of interim provincial water quality objective for Antimony. Ontario Ministry of Environment and Energy.
- Eurofins 2021. Agnico Eagle Finland Oy, Kittilän kaivoksen vesistö tarkkailu vuonna 2020.
- Eurofins 2022. Agnico Eagle Finland Oy, Kittilän kaivoksen vesistö tarkkailu vuonna 2021.
- Eurofins 2023. Agnico Eagle Finland Oy, Kittilän kaivoksen vesistö tarkkailu vuonna 2022.
- Eurofins 2021. Agnico Eagle Finland Oy, Kittilän kaivoksen vesipäästöjen tarkkailu vuonna 2020.
- Eurofins 2022. Agnico Eagle Finland Oy, Kittilän kaivoksen vesipäästöjen tarkkailu vuonna 2021.
- Eurofins 2023. Agnico Eagle Finland Oy, Kittilän kaivoksen vesipäästöjen tarkkailu vuonna 2022.
- Herranen, T. & Toivonen, T. 2018. Turpeen alkuainemääritykset GTK:ssa. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimustyöraportti 73/2018, 45 sivua, 37 kuvaa ja 3 taulukkoa.
- Herranen, T. & Toivonen, T. 2020. Turpeen alkuainemääritykset Geologian tutkimuskeskuksessa – tuloksia laajasta analyysiaineistosta. Suoseura, Tiedonannot. Suo 71(1): 25 – 45.
- Koljonen, T. 1992. Kartoituksen tulokset. Julkaisussa: Koljonen, T. (toim.). Suomen geokemian atlas, Osa 2: Moreeni. Geologian tutkimuskeskus: 106–125.
- Lahermo, P, Väänänen, P., Tarvainen, T. & Salminen, R. (toim.) 1996: Suomen geokemian atlas, osa 3: Ympäristögeokemia - purovedet ja sedimentit. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. 149 s.
- Lehtovaara, J., Ovaskainen, J. & Wichmann, A. 2014. Turpeen elohopea-, kadmium-, nikkeli- ja lyijypitoisuudet TASO-hankkeen turvetuotantoalueilla. Vapo Oy. 43 s. <http://ymparisto.fi/download/noname/%7B904ED0EE-63E4-4CEB-8AEB.../99800>

Lehtovaara, J., Ovaskainen, J. ja Wichmann, A. 2016. Turpeen ja valumavesien raskasmetallipitoisuudet eräillä maankäyttömuodoiltaan erilaisilla turvemailla. Suoseura, Tutkimusartikkelit, Suo 67(3 – 4): 117 – 138.

Luukkanen, A. 2014. Iisalmen turpeiden kemiasta. Geologian tutkimuskeskus, Turvetutkimusraportti 451. 63 s.

Mäkilä, M., Loukola-Ruskeeniemi, K. & Säävuori, H. 2012. High pre-mining metal concentrations and conductivity in peat around the Talvivaara nickel deposit, eastern Finland. Geological Survey of Finland, Report of Investigation 196, 36 pages, 31 figures and 7 tables.

Nikunen, E., Leinonen, R., Kemiläinen, B. & Kultamaa, A. 2000. Environmental properties of chemicals, Volume 1. Environment Guide 71. Finnish Environment Institute.

Pönkä, T. 2013. Turvekosteikot kaivosvesien puhdistajina. Diplomityö. Oulun Yliopisto, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, Vesi- ja ympäristötekniikan laboratorio. Oulu.

Pöyry 2018. Kainuun ELY-keskuksen alueen turvetuotantosoiden päästö- ja vaikutustarkkailu Oulujärven valuma-alueella 2017.

Päkkilä J. 2008. Pintavalutus arseenin ja typen poistossa Suurikuusikon kultakaivoksen valumavesistä. Diplomityö. Oulu, Teknillinen tiedekunta, Oulun yliopisto. 141 s.

Ramboll Finland Oy. 2015. Agnico Eagle Finland Oy. NP3-altaan vuodon vaikutustarkkailu. 12.10.2015. Lahti.

Ronkanen A-K., Heiderscheidt E. & Klöve B. 2012. Tutkimukset Kittilän kultakaivoksen prosessivesiä käsittelevällä kosteikolla. Tutkimusraportti. Vesi- ja ympäristötekniikan laboratorio, Oulun yliopisto. 56 s.

Salminen, R., Chekushin, V., Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Petersell, V. & Tomilina, O. 2011. Distribution of Elements in Terrestrial Mosses and the Organic Soil Layer in the Eastern Baltic Region. Geological Survey of Finland, Special Paper 50: 1–31. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/specialpaper/sp_050.pdf

Swedish Chemicals Agency 2008. Diantimony trioxide. CAS No: 1309-64-4. EINECS No: 215-175- 0. Risk Assessment. May 2008. Sweden. European Union Risk Assessment Report.

Tanskanen, H., Lahermo, P. ja Loukola-Ruskeeniemi, K. 2004. Arseni Kittilän pohjavesissä Keski-Lapissa. Teoksessa: Loukola-Ruskeeniemi, K. ja Lahermo, P. (toim.) Arseni Suomen luonnossa. Ympäristövaikutukset ja riskit. Espoo, Geologian Tutkimuskeskus. s. 123 – 134.

Tarvainen, T. ja Mannio, J. 2004. Arseni pintavesissä ja purosedimenteissä. Teoksessa: Loukola-Ruskeeniemi, K. ja Lahermo, P. (toim.) Arseni Suomen luonnossa. Ympäristövaikutukset ja riskit. Espoo, Geologian Tutkimuskeskus. s. 97 – 101.

Tenhola, M., Tarvainen, T. 2008. Purovesien ja orgaanisten purosedimenttien alkuainepitoisuudet Suomessa vuosina 1990, 1995, 2000 ja 2006, Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 172.

Veenstra G.E., Deyo J., Penman M. 1998. Risk assessment for the exposure to antimony compounds. Toxicology Letters 95 (Supplement 1), 136

Virtanen, K. 2004. Arseeni Pohjois-Pohjanmaan soiden turvekerrostumissa. Arseeni Suomen luonnossa, ympäristövaikutukset ja riskit. Geologian tutkimuskeskus: 51–58. http://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_045.pdf


Virtanen, K. 2005. Turpeen geokemiasta, Seitsemännet geokemian päivät. Tiivistelmät. Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y. Sarja B No 83: 35 – 41.

Virtanen, K. & Lerssi, J. 2006. Mustaliuskekilajin vaikutus turpeen alkuainepitoisuuksiin. Geologian tutkimuskeskus (GTK). Itä-Suomen yksikkö. S42/0000/2006/1. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/s42_0000_2006_1.pdf

Liitteet 1 – 3



www.gironconsulting.com

	Asiakirjan nimi		
	Kittilän kaivoksen ympäristötarkkailun vuosiraportti 2023		
	Luokka	Pvm. / Versio	Sivu
	Environment	31.3.2024	LIITE 12.2
Laatija(t)	Hyväksyjä		
Anne Rajanen, Juho Väyrynen	Mika Nieminen		

Liite 12.2

Käytöstä pois jääneiden pintavalutuskenttien tila ja niistä aiheutuva vesistökuormitus. Pohjavesivaikutukset. 31.1.2024 (täydennysosa 31.8.2024 lähetettyyn selvitykseen).

Giron Consulting Oy



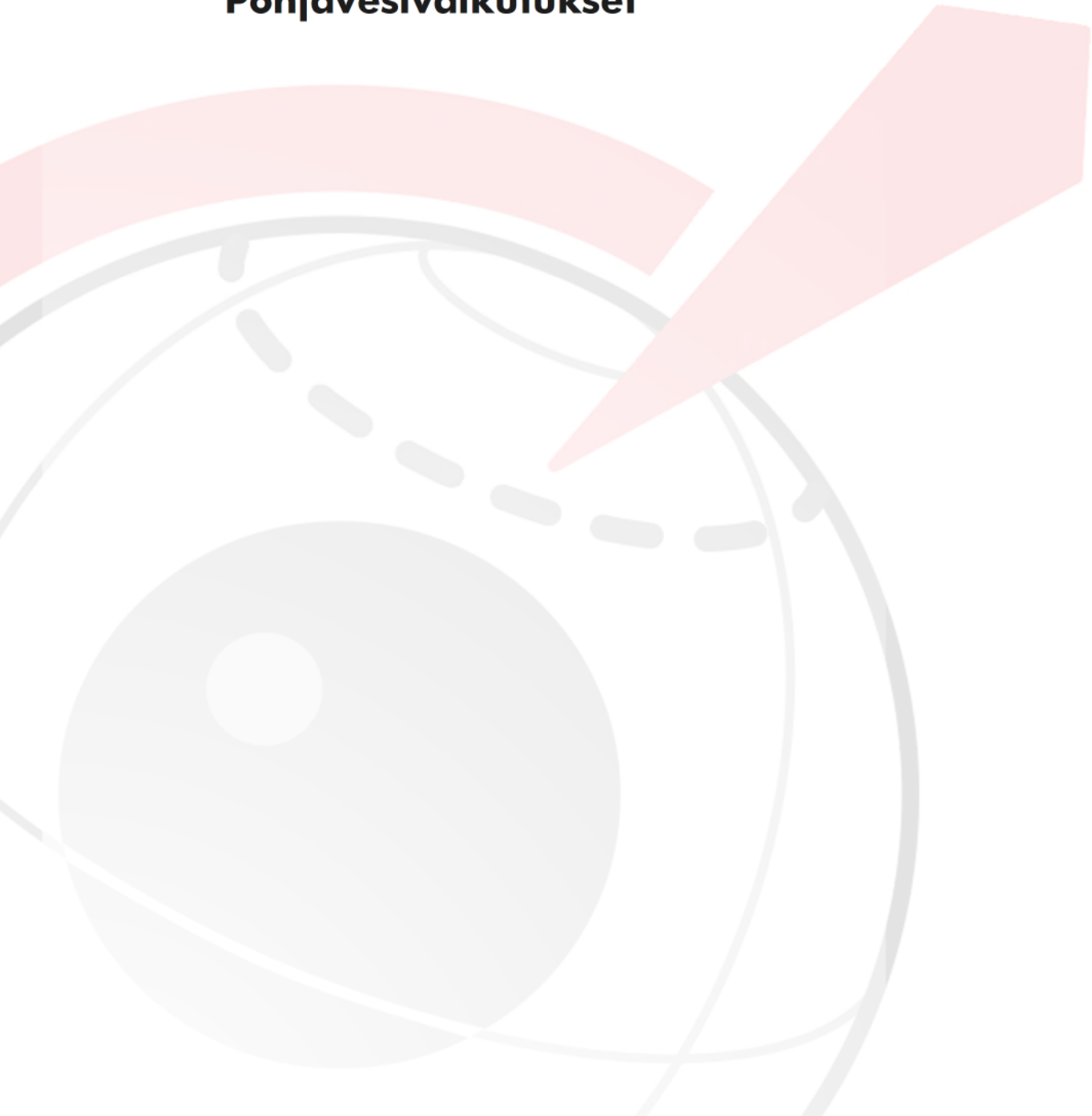
GIRON CONSULTING OY

■ P0124 ■ 31.1.2024

Agnico Eagle Finland Oy

**KÄYTÖSTÄ POIS JÄÄNEIDEN
PINTAVALUTUSKENTTIEN TILA JA NIISTÄ
AIHEUTUVA VESISTÖKUORMITUS**

Pohjavesivaikutukset





Päivämäärä:	31.1.2024
Projektin numero:	P0124
Projektin nimi:	Käytöstä pois jääneiden pintavalutuskenttien tila ja niistä aiheutuva vesistökuormitus, Pohjavesivaikutukset
Tilaaaja:	Agnico Eagle Finland Oy
Selvityksen laatija:	Giron Consulting Oy, Maarit Tuomela, Pekka Tuomela +358 50 300 5633 pekka@gironconsulting.com www.gironconsulting.com www.linkedin.com/in/pekkatuomela1977/

Sisällys

1 Johdanto.....	7
2 Kaivosalueen pohjavedet	8
2.1 Pohjavesitarkkailu	8
2.2. Pohjavesitutkimukset ja mallinnukset.....	21
3 Yhteenveto ja arvio pohjavesivaikutuksista.....	25
Lähteet.....	27

Disclaimer

The work was carried out with customary thoroughness, in accordance with our standard professional services, as well as with the competence, experience and best professional judgment of the team; The interpretation and conclusions of this report are based on information obtained, and in the course of the work we have relied upon representations and information furnished by the Client. The report and the liability of Giron Consulting Oy for the report is subject to the KSE2013 (GENERAL CONDITIONS FOR CONSULTING). Giron Consulting Oy liability for the work for Agnico Eagle Finland Oy is limited to the fee of the project. However, no representation or warranty is included or intended by Giron Consulting Oy for the completeness, accuracy or reliability of the information contained in the report to any third party. Giron Consulting Oy will not carry any financial responsibility of any consequences – direct or indirect, to any third parties – which might be due to the content of this report. The report is confidential and made for Agnico Eagle Finland Oy only.

1 Johdanto

Kittilän kaivos on syksyllä 2023 toimittanut Pohjois-Suomen aluehallintovirastolle Päätöksen nro 67/2020 lupamääräyksen 75 mukaisen selvityksen koskien purkuputken käyttöönoton jälkeen käytöstä pois jäävien pintavalutuskenttien jälkihoitoa. Toimitettuun selvitykseen liittyen aluehallintovirasto on 20.12.2023 lähettänyt täydennyspyynnön, jonka mukaisesti hakemukseen liitetty selvitys on puutteellinen.

- Selvitystä on täydennettävä käytettävissä oleviin tarkkailutuloksiin perustuvalla tarkastelulla käytöstä pois jääneiden pintavalutuskenttien vaikutuksista pohjaveden laatuun.

Tässä täydennyksessä on tarkasteltu edellä mainittuja seikkoja ja esitetty arvio pintavalutuskenttien pohjavesivaikutuksista.

2 Kaivosalueen pohjavedet

2.1 Pohjavesitarkkailu

Kaivosyhtiö Egnico Eaglen Kittilän kaivoksella noudatetaan pohjaveden velvoitetarkkailuohjelmaa, joka on päivätty 17.12.2020 ja vastaa ympäristöluvan (nro 67/2020) ehtoja ottaen huomioon myös edellisiin tarkkailuohjelmiin tehdyt lisäykset ja muutokset. Seuraavassa on pohjavesitarkkailun tuottamista tiedoista esitetty kooste sekä kuvattu erityisesti pintavalutus kenttien vaikutuspiirissä olevista tarkkailuputkista saatuja mittaustietoja.

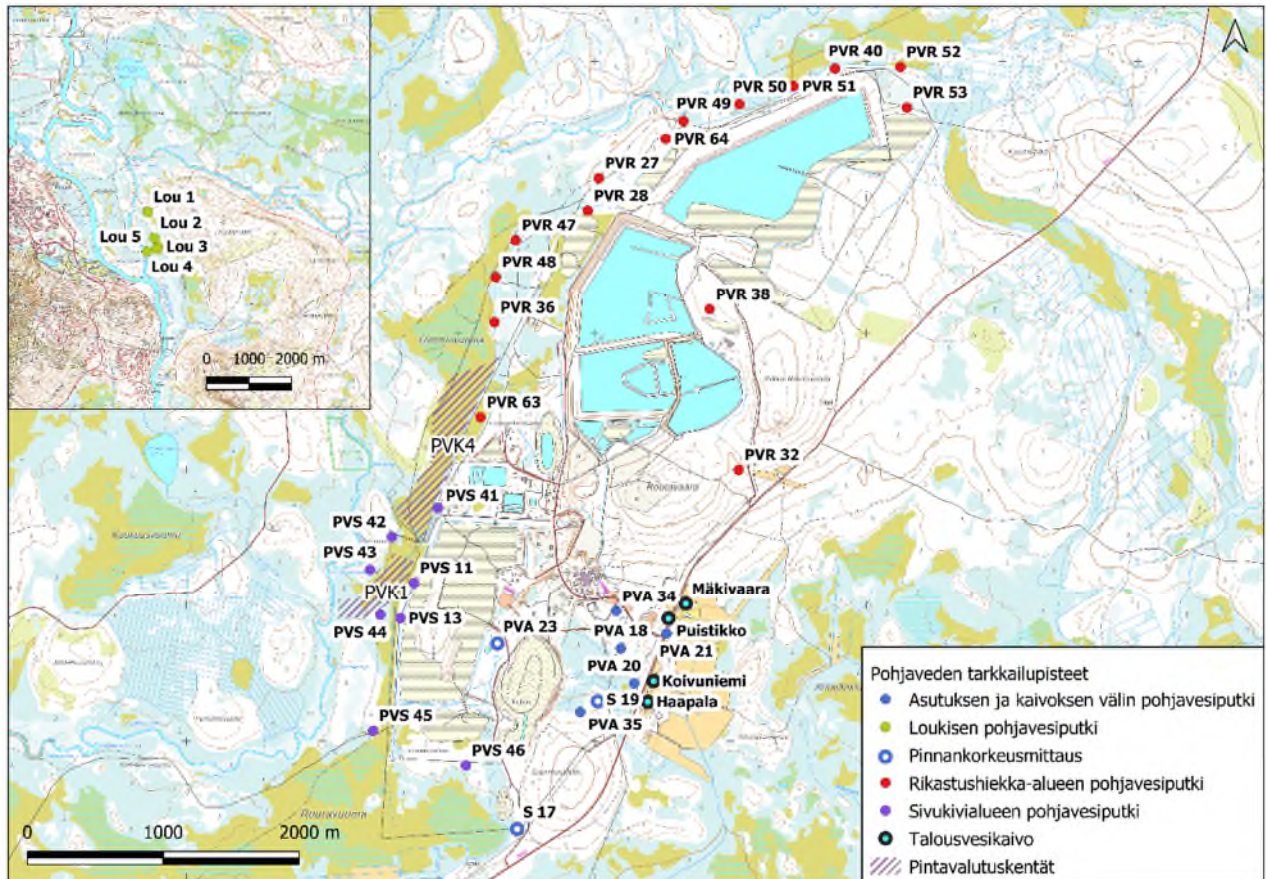
Tarkkailualueella ei sijaitse luokiteltuja pohjavesialueita, mutta lähialueen talouksissa on vedenottoon tarkoitettuja kaivoja, joita seurataan velvoitetarkkailun yhteydessä.

Kaivosalueen pohjois- ja länsiosissa pohjaveden virtaussuunta oli ennen kaivostoiminnan aloittamista Seurujokeen päin ja etelä- ja kaakkoisosissa Suurikuusikonojaa päin. Kaivostoiminnan seurauksena pohjaveden virtaussuunnat ovat muuttuneet kaivoksen länsipuolella kohti avolouhoksia ja maanalaisia kaivoksia. Pohjaveden virtaussuuntia on käsitelty tarkemmin kohdassa 2.2.

Pohjaveden velvoitetarkkailussa seurataan pohjaveden laatua ja pinnankorkeutta. Veden laadun ja pinnankorkeuden velvoitetarkkailussa oli vuonna 2023 pohjavesiputkia 33 kpl ja talousvesikaivoja 4 kpl (kuva 1), joista tarkkailupiste Koivuniemi on ollut asumaton useamman vuoden. Viimeksi näyte tämän kiinteistön talousvedestä on saatu vuonna 2016.

Rikastushiekka-altaan ympärillä sijaitsevia putkia (PVR-putket) seurataan 6 kertaa vuodessa ja muiden alueiden putkia (PVA- ja PVS-putket) sekä talousvesikaivoja 4 kertaa vuodessa. Lisäksi kaivoksen toimesta seurataan vedenpinnankorkeutta viidestä pohjavesiputkesta (PVA23, S17, S19, PVA35 ja PVS46) kuukausittain. Näistä kahdesta viimeksi mainitusta pohjavesiputkesta seurataan myös vedenlaatua neljä kertaa vuodessa. Lisäksi rikastushiekka-alueelle on asennettu tarkkailupisteitä, joista suoritetaan kaivoksen taholta omaehtoista täydentävää pohjavesitarkkailua. Kaivosalueen lisäksi tarkkailuputkia on Loukisen laskusuun tuntumassa, jossa ne ovat osa purkuputken vaikutustarkkailua. Nämä viisi putkea asennettiin vuoden 2020 aikana (kuva 1).

Tässä tarkastelussa keskitytään lähinnä kaivoksen länsipuolella pintavalutus kenttien läheisyydessä sijaitseviin pohjavesiputkiin.



Kuva 1. Kaivosalueella ja muualla lähialueella sijaitsevat velvoitetarkkailuun kuuluvat pohjavesiputket ja talovesikaivot.

Kaivoksella otettiin joulukuussa 2020 käyttöön purkuputki, jota pitkin kaivoksen ylitevedet johdetaan pintavalutuskenttien sijaan Loukiseen. Lisäksi vuonna 2021 kaivettiin kuivatusoja sivukivialueen länsipuolelta, tarkkailuputken PVS41 viereltä, Rimminvuoman kautta NP4-altaan ympäri. Vuonna 2022 ojaa jatkettiin putken PVS 41 tuntumasta etelän suuntaan, ja se päättyy nykyisin putken PVS 45 lähistölle. Ojan tarkoituksena on kerätä puhtaat kevään sulamisvedet sekä muut luontaiset pintavedet ja ohjata ne pois kaivosalueelta, jotta kyseiset vedet eivät suotaudu maa- ja kallioperään ja sitä myötä maanalaiseen kaivokseen. Vuonna 2021 rakennettiin myös uusi louhostie sivukivialueen luoteiskulmalta NP4-altaan lounaispuolelle asti. Nämä rakennustyöt sekä muuttuneet pohjaveden kertymisolosuhteet näkyivät rakenteiden vieressä olevien putkien tuloksissa, kuten jäljempänä ilmenee.

Velvoitetarkkailun perusteella on yleisesti havaittu, että rikastushiekka-aitaiden länsipuolella, Rimminvuomalla, maanalaisen kaivoksen kuivatus on alentanut pohjaveden pinnankorkeuksia vuodesta 2016 alkaen. Suurin vaikutus on ollut Rimminvuoman ja Löytöjäntän välisellä alueella ja tällä välillä muutamia tarkkailuputkia on kuivunut vuosien saatossa. (Eurofins 2022).

Pintavalutuskenttien lähialueen pohjavesiputkien pinnankorkeus

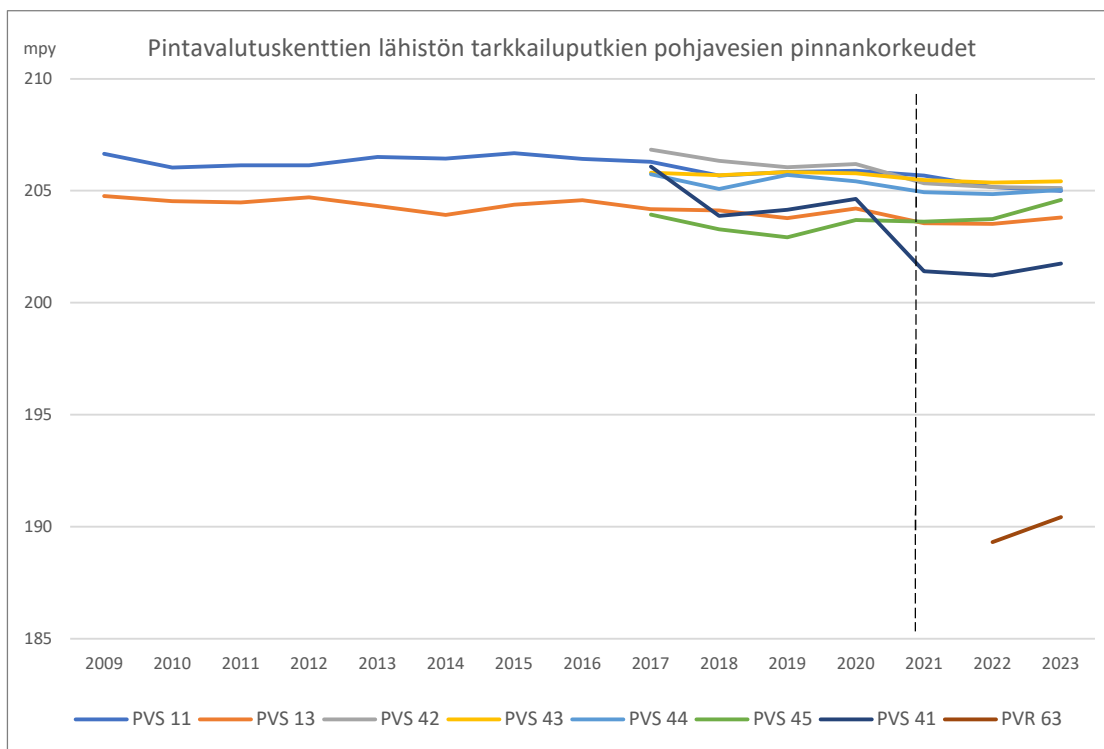
Pintavalutuskenttien läheisyydessä sijaitsevat pohjaveden tarkkailuputket PVS 11, 13, 41, 42, 43 ja 44 sekä PVR 63. Pohjavesiputket PVS 41 ja PVR 63 sijaitsevat pintavalutuskentän 4 läheisyydessä, sen itäpuolella ja kaikki muut edellä mainitut pintavalutuskentän 1 tuntumassa. Tarkemmin sanottuna putket PVS 42, PVS 43 ja PVS 44 sijaitsevat pintavalutuskentän 1 reunamilla ja putket PVS 11 ja PVA 13 sen itäpuolella, välittömästi sivukivikasan länsipuolella.

PVS 45 sijaitsee muista putkista erillään, pintavalutuskentän 1 eteläpuolella. Sen tuntumaan johdetaan nykyisin kuivatusojaa pitkin alueen pinta- ja hulevedet. Tämä tarkastelu perustuu lähinnä näiden mainittujen pohjavesiputkien veloitetarkkailuaineistoihin.

Kuten rikastushiekka-alueen länsipuolellakin, myös näillä pintavalutuskenttien lähistön tarkkailuputkilla on nähtävillä pieni alenematrendi vuodesta 2016 alkaen (kuva 2), mikä liittyyneen maanalaisen kaivoksen kuivatukseen ja vuoden 2020 jälkeen mahdollisesti osin myös purkuputken käyttöönottoon ja Rimminvuoman kuivatusojan käyttöönottoon.

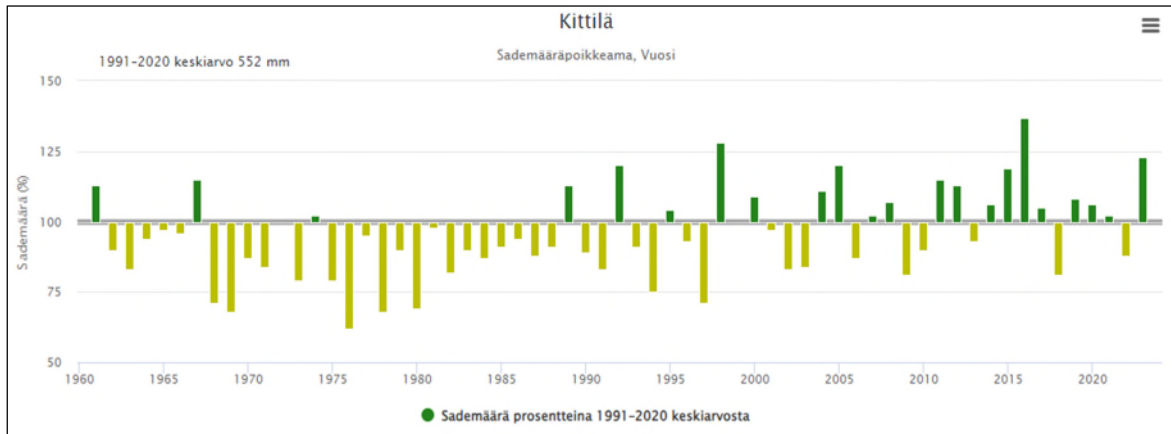
Vuoden 2020 jälkeen pohjaveden pintojen lasku pintavalutuskenttien läheisyyden tarkkailuputkissa on edelleen ollut selkeää, noin 0,5 – 1,0 m vuoteen 2023 mennessä (kuva 2). Purkuputken käyttöönoton lisäksi myös alueen läpi rakennettu kuivatusoja vähentää nykyisin pintavalutuskentille kulkeutuvia sulamis- ja muita luontaisia pintavesiä ja siten myös pohjaveden muodostumista suoalueella. Eniten vesipinta on laskenut tarkkailuputkessa PVS 41, kolmen viime vuoden aikana noin kolme metriä. Putken PVS 45 veden pinnankorkeudessa on nähtävillä nouseva suuntaus vuoden 2020 jälkeen, mikä johtunee kuivatusojan putken tuntumaan tuomista vesistä.

Tarkkailuputki PVR 63 on uusi, se asennettiin vuonna 2022, ja siltä on saatu tarkkailutietoja vasta lokakuulta 2022 lähtien. Kyseinen putki sijaitsee alueelle rakennetun kuivatusojan ja louhostien välissä ja sen vedenpinta on ollut huomattavasti alempana kuin muissa putkissa, noin 25 m maanpinnan alapuolella. Kyseinen tarkkailuputki sijaitsee kaivoksen länsipuolisista pohjavesiputkista lähimpänä Rouravaaran avolouhosta ja maanalaista kaivosta ja siten kaivoksen kuivatusvaikutus kohdistuu siihen kaikkein eniten.

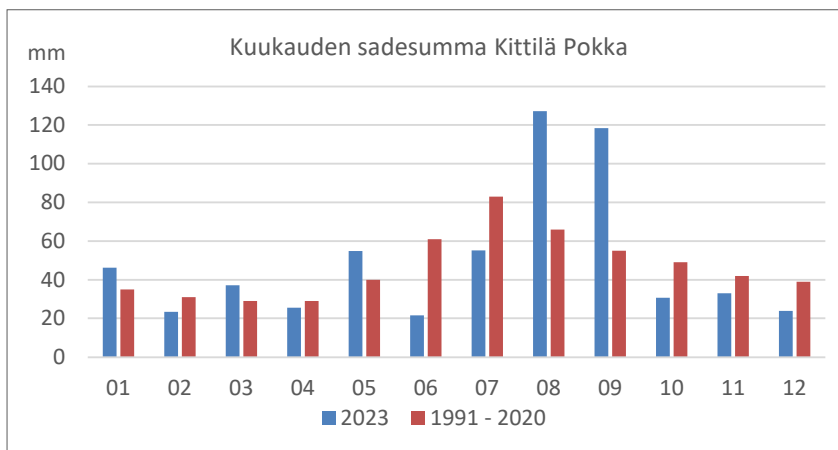


Kuva 2. Pintavalutuskenttien lähistöllä sijaitsevien pohjavesiputkien vedenpinnan korkeus (vuosikeskiarvo) veloitetarkkailuun pohjautuen. Katkoviivalla on osoitettu purkuputken käyttöönottoajankohta vuoden 2020 lopulla.

Vuonna 2023 pohjavesiputkien vedenpinnan korkeuksien vuosikeskiarvot pintavalutuskenttien lähistöllä olivat vuonna 2023 edellisvuotta korkeammat kaikissa muissa tarkkailuputkissa paitsi putkessa PVS 42 (kuva 2). Tämä nousu johtunee keskimääräistä sateisemmasta vuodesta. Vuosi 2023 oli sateinen lähes koko maassa ja Kittilässäkin vuotuinen sademäärä oli merkittävästi edellisvuosia korkeampi, 123 % vuosien 1991 – 2020 keskiarvosta (Kuvat 3 ja 4).



Kuva 3. Vuosien 1991 – 2020 sademääräpoikkeama Kittilässä prosentteina verrattuna näiden vuosien keskiarvoon (Ilmatieteen laitos 2024).



Kuva 4. Vuoden 2023 kuukausittainen sadesumma Kittilässä sekä vertailuajanjakso 1991-2020 (Ilmatieteen laitos 2024).

Pintavalutuskenttien lähialueen pohjavesiputkien vedenlaatu

Pintavalutuskenttien turpeeseen kertyi niiden käyttöaikana kaivoksen ylitevesien haitta-aineista merkittävimmin antimonia, arseenia ja nikkeliä (Giron Consulting Oy 2023). Niitä on kertynyt erityisesti pintavalutuskenttä 1 pintaturpeeseen, sen sijaan pintavalutuskentän 4 turpeissa pitoisuudet ovat olleet huomattavasti matalammat. Pitoisuuserot johtuvat sekä kentille johdettujen vesien pitoisuuseroista että vesien määristä. Pintavalutuskentälle 1 johdetuissa kaivoksen kuivatusvesissä metallipitoisuudet olivat huomattavasti korkeammat kuin kentälle 4 johdetuissa prosessivesissä ja lisäksi kentälle 1 johdettiin vettä huomattavasti enemmän kuin kentälle 4. Pintavalutuskentiltä pois johdettavat vedet johdettiin eri reittejä Seurujokeen vedenottamon ylä- ja alapuolelle.

Pintavalutuskenttien ollessa vielä käytössä, todettiin kaivoksen alueen pohjaveden tarkkailuputkien veden sulfaatti- ja kloridipitoisuuksien perusteella putken PVS 41:n veden sulfaatti – ja kloridipitoisuuksien seurailleen pintavalutuskentälle 4 johdettavan veden pitoisuuksia ja kaikkien muiden PVS-putkien vastaavasti pintavalutuskentälle 1 johdettavien vesien pitoisuuksia. (Lampinen 2020).

Jäljempänä tulevissa tarkasteluissa lähtöoletuksena siten on, että tarkkailuputki PVS 41 (ja myöhemmin asennettu putki PVR 63) ovat pintavalutuskentän 4 vaikutuspiirissä ja putket PVS 11, 13, 42, 43 ja 44 pintavalutuskentän 1 vaikutuspiirissä. Putken PVS 45 pitoisuudet heijastelevat kuivatusojaa pitkin putken tuntumaan kulkeutuneiden vesien pitoisuuksia.

Alla olevia pohjavesien tarkkailuputkissa todettuja pitoisuuksia verrataan putken PVR 32 pitoisuuksiin, koska sijaintinsa takia siinä todettujen pitoisuuksien voidaan katsoa jossain määrin edustavan alueen pohjavesien tausta-arvoa. Kyseinen putki sijaitsee CIL-altaasta itään, Rouravaaran koillisrinteessä.

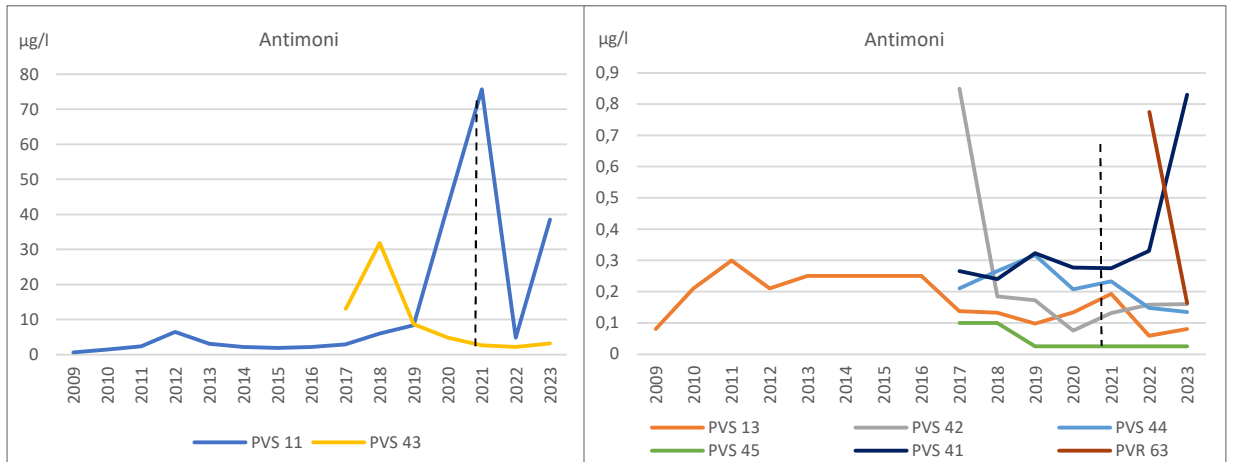
Pohjavesiputket PVS 11 ja PVS 13 sijaitsevat sivukiven läjitysalueen ympärysojan penkalla, jossa maaperä routii ajoittain voimakkaasti. Tämän seurauksena putkien vedenlaatu ainakin ajoittain heijastelee enemmän pintavesien laatua kuin varsinaisen pohjaveden laatua. Siten näiden havaintoputkien tarkkailutuloksiin tulee suhtautua varauksella. Pintavalutuskenttien alueella pohjavesi voi ainakin paikoin esiintyä myös orsivetenä (kts. kappale 2.2), mikä tulee huomioida tuloksia tarkasteltaessa.

Antimoni

Antimonin osalta talousveden laatuvaatimus on $<5 \mu\text{g/l}$ (STM 1352/2015) ja pohjaveden ympäristölaatu normi $2,5 \mu\text{g/l}$ (VNa 341/2009).

GTK:n tekemässä koko maan kattavassa kaivovesien laatua koskevassa tutkimuksessa todettiin antimonipitoisuuksien mediaanipitoisuuksien rengaskaivo- ja porakaivovesissä olevan $0,02 - 0,03 \mu\text{g/l}$. Kyseisen tutkimuksen aineiston suurin antimonipitoisuus, $1,5 \mu\text{g/l}$, havaittiin porakaivovedessä Kittilässä (Lahermo ym. 2002).

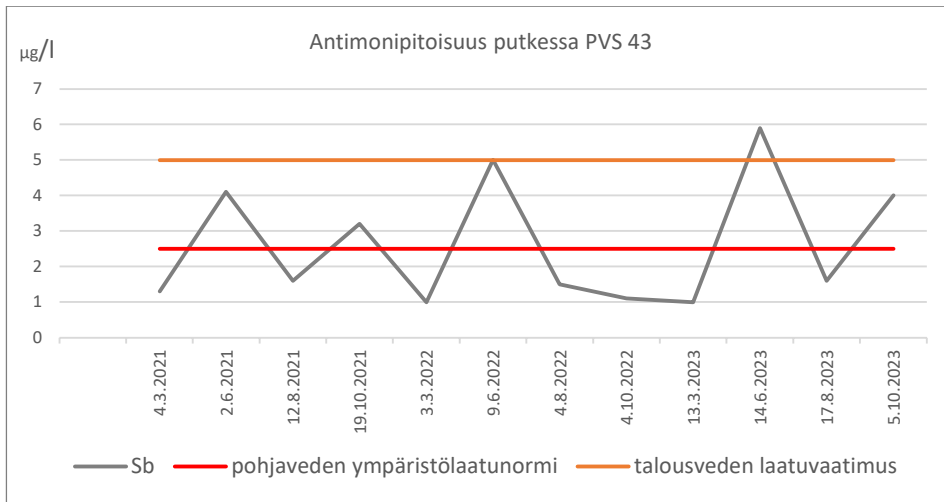
Antimonipitoisuus kaivoksen käytöstä pois jääneiden pintavalutuskenttien läheisyydessä sijaitsevien tarkkailuputkien vesissä on ollut matala, enimmäkseen alle $1,0 \mu\text{g/l}$, täyttäen siten selvästi sekä talousvedelle asetetun laatuvaatimuksen että pohjavedelle asetetun ympäristölaatu normin. Pitoisuuksien vuosikeskiarvot ovat olleet viime vuosina entisestään laskusuunnassa. Korkeampia pitoisuuksia on mitattu ainoastaan tarkkailuputkien PVS 11 ja PVS 43 vesissä (Kuva 5), jotka sijaitsevat pintavalutuskentän 1 itä- ja länsilaidalla.



Kuva 5. Pintavalutuskenttien läheisyydessä sijaitsevien pohjavesiputkien antimonipitoisuudet (vuosikeskiarvo) velvoitetarkkailun perusteella. Vasemmassa kuvaajassa esitetty putkien PVS 11 ja PVS 43 pitoisuudet, jotka ovat korkeammat kuin oikealla olevan kuvaajan putkien PVS 13, 41, 42, 44 ja 45 pitoisuudet. Katkoviivalla on osoitettu purkuputken käyttöönottoaikankohta vuoden 2020 lopulla.

Pohjavesiputki PVS 11 on matala ja se sijaitsee pintavalutuskentän 1 itäpuolella sivukivialueen ympärysojan penkalla. Päällysmakerroksen on todettu olevan herkkä routimaan ja vuonna 2016 putken todettiin mahdollisesti vaurioituneenkin tämän seurauksena. Putkeen on tämän vuoden jälkeen tulosten perusteella todettu (ainakin ajoittain) pääsevän suoraan viereisen ojan tai pintavalutuskentän pinta- ja hulevesiä, joten tulosten ei voida katsoa luotettavasti edustavan pohjaveden tilaa.

Pohjavesiputki PVS 43 sijaitsee pintavalutuskentän 1 länsipuolella, noin 70 metrin etäisyydellä turvenäytepisteestä 14 luoteeseen (Giron Consulting Oy 2023). Kyseisellä turpeen tutkimuspisteellä mitatut turpeen antimonipitoisuudet vaihtelivat vuosina 2021 – 2023 otetuissa näytteissä pintaturpeessa noin 150 – 1 000 mg/kg ja alemmassa turvekerroksessa noin 70 – 100 mg/kg, ollen pintavalutuskentällä todetuista pitoisuuksista korkeimpien joukossa. Pohjavedentarkkailuputki PVS 43 asennettiin vuonna 2017 ja tänä ja seuraavana vuonna putkesta mitatut veden antimonipitoisuudet olivat melko korkeita, mutta laskivat vuonna 2019, vuosikeskiarvon ollessa tuolloin 8,6 µg/l. Sitten pitoisuuksien vuosikeskiarvot ovat pysytelleet alle 5 µg/l (eli alle talousvesinormin), laskien purkuputken käyttöönoton jälkeen entisestään, ollen vuosina 2021 - 2023 2,15 – 3,1 µg/l. Pintavalutuskenttien jäätyä pois käytöstä antimonin vuosikeskiarvo on ylittänyt pohjaveden ympäristölaatu normin vain vuonna 2023. Antimonin mittauskohtaiset arvot vuosilta 2021 – 2023 on esitetty kuvassa 6, josta ilmenee talousveden laatuvaatimuksen mukaisen pitoisuuden ylittyneen tuona aikana vain kerran. Ympäristölaatu normin mukainen pitoisuus 2,5 µg/l ylittyi 12 mittauskerrasta viidesti.



Kuva 6. Antimonipitoisuus pohjavedentarkkailuputkessa PVS 43 vuosien 2021 – 2023 mittauseroilla. Antimonille asetettu pohjaveden laatuvaatimus 2,5 µg/l on osoitettu punaisella viivalla ja talousveden laatuvaatimus 5 µg/l oranssilla viivalla.

Muissa pintavalutuskentän 1 lähistöllä olevissa pohjavesiputkissa PVS 13, PVS 42 ja PVS 44 antimonipitoisuudet ovat olleet koko tarkkailun ajan matalia, ja pitoisuuksien vuosikeskiarvot ovat olleet viime vuosina entisestään laskusuunnassa.

Myös pintavalutuskentän 4 läheisyydessä sijaitsevien tarkkailuputkien PVS 41 ja PVR 63 antimonipitoisuuksien vuosikeskiarvot ovat olleet matalia, selvästi alle 1,0 µg/l. Putkessa PVS 41 antimonipitoisuus on ollut aiemmin koko mittaushistorian ajan tasolla noin 0,3 µg/l, mutta vuoden 2021 jälkeen pitoisuus on ollut noususuunnassa ja vuonna 2023 se nousi tasolle 0,8 µg/l. Putken pitoisuuksiin ja vedenpinnan tasoon vaikuttaa kuivatusojan ja tien teko sen läheisyyteen vuonna 2021. Ojaa jatkettiin putken läheisyydestä etelän suuntaan vuonna 2022. Putkesta PVR 63 on saatu mittausdataa vasta loppuvuodesta 2022 lähtien.

Pohjavesien tarkkailuputken PVS 45 vedessä antimonipitoisuus on jäänyt alle määritysrajan koko tarkkailun ajan.

Tarkkailuputkessa PVR 32, jota voi pitää alueen tausta-arvoja mittaavana putkena, antimonipitoisuudet ovat olleet samaa tasoa kuin pintavalutuskenttien lähistön putkissa lukuun ottamatta putkia PVS 11 ja 43. Antimonin vuosikeskiarvo on vaihdellut siinä 0,03 – 0,53 µg/l vuosina 2014 – 2023.

Arseeni

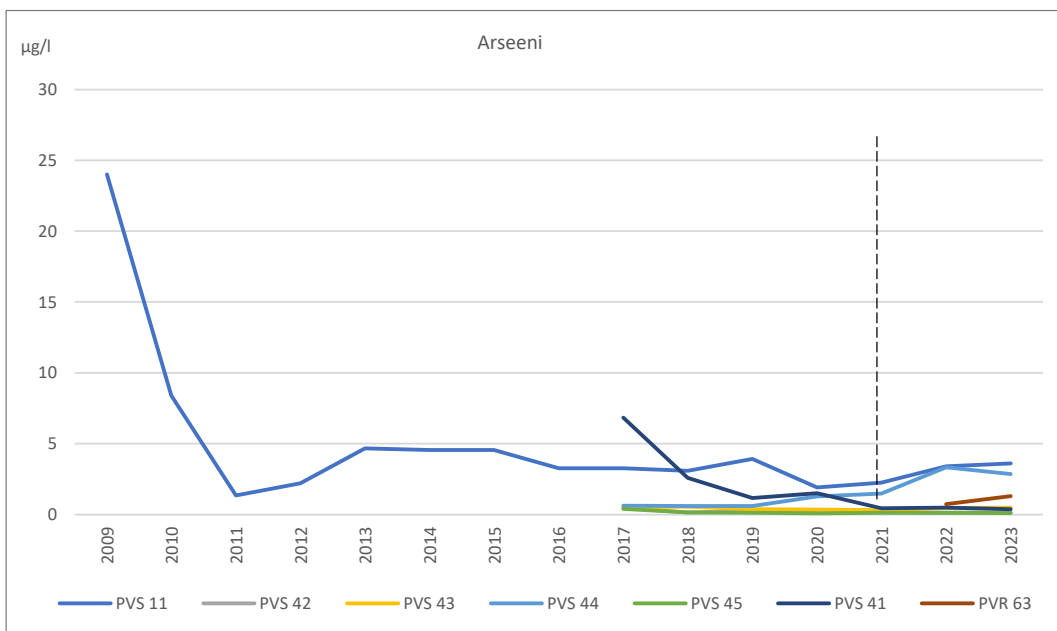
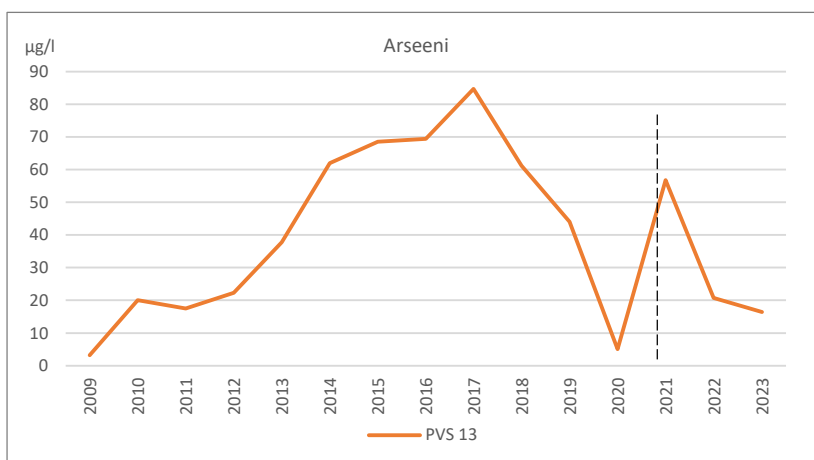
Sosiaali- ja terveysministeriön laatuvaatimus talousveden arseenin enimmäispitoisuudeksi on 10 µg/l (STM 1352/2015) ja pohjaveden ympäristölaatuvaatimus (VNa 341/2009) 5 µg/l.

Kittilän alueella on mitattu pohjavesissä huomattavasti muuta maata korkeampia arseenipitoisuuksia. Suomen kaivovesissä on todettu veden arseenipitoisuuden mediaaniarvon olevan rengaskaivoissa 0,14 µg/l ja porakaivoissa 0,16 µg/l (Lahermo ym. 2002). Kittilässä pohjavesien arseenipitoisuudet ovat usein tätä korkeammat, mediaaniarvojen on todettu olevan lähdevedessä ja porakaivoissa 0,60 µg/l, ja pitoisuuksien vaihtelevan 0,03 – 36,2 µg/l (Tanskanen ym. 2004). Kittilän kultamalmioissa arsenopyriitti (arsenikiisu) on yleinen mineraali ja se nostaa alueen pohjavesien arseenipitoisuuksia havaittavasti.

Pintavalutuskenttien 1 ja 4 läheisyydessä sijaitsevien pohjaveden tarkkailuputkien PVS 11, 41, 42, 43, 44 ja 45 sekä PVR 63 vesien arseenipitoisuudet ovat olleet pääosin matalia, vuosikeskiarvojen ollessa vuodesta 2018 lähtien 0,1 - 3,9 µg/l, eli selvästi alle asetetun ympäristölaatunormin (Kuva 7). Tarkkailuputken PVS 13 vesissä arseenipitoisuus on ollut selvästi muita korkeampi, vuosikeskiarvon vaihdellussa 5 – 85 µg/l. Pitoisuusvaihtelu tässä putkessa on siten ollut suurta, mutta pitoisuuden trendi on alenemaan päin.

Kaikissa tarkkailuputkissa lukuun ottamatta putkia PVS 11 ja 44 sekä PVR 63, veden arseenipitoisuus on laskenut entisestään pintavalutuskenttien jäätyä pois käytöstä.

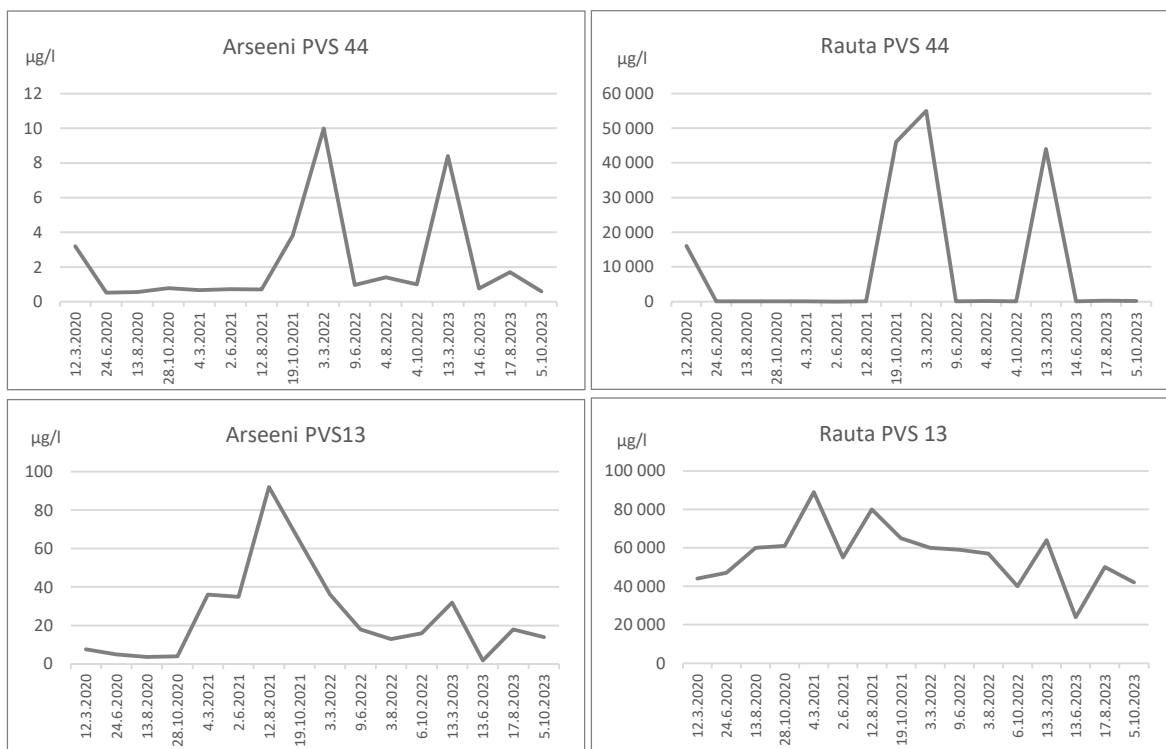
Putkilla PVS 42, 43 ja 45 pohjavesien arseenipitoisuuksien vuosikeskiarvot ovat olleet koko mittaushistoriansa ajan samalla tai jopa alemmalla tasolla kuin kaivosalueen taustapitoisuuksia edustavassa putkessa PVR 32. Sen arseenipitoisuuden vuosikeskiarvo on ollut hyvin tasaisesti 0,5 µg/l koko mittaushistoriansa ajan, vuosina 2014 – 2023. Myös putken PVS 41 veden arseenipitoisuuden vuosikeskiarvo on laskenut vuoden 2020 jälkeen tasolle 0,4 - 0,5 µg/l.



Kuva 7. Pintavalutuskenttien läheisyydessä sijaitsevien pohjavesiputkien arseenipitoisuudet (vuosikeskiarvo) veloitettarkkailun perusteella. PVS 42 pitoisuudet jäävät alemmassa kuvassa putkien PVS 43 ja PVS 45 pitoisuuksien alle, ollen samalla tasolla niiden kanssa. Katkoviivalla on osoitettu purkupuutteen käyttöönottoaajankohta vuoden 2020 lopulla.

Tarkkailuputket PVS 11 ja 13 sijaitsevat pintavalutuskentän 1 itäpuolella huoltotien ja sivukivialueen ympärysojan välisellä penkalla, jossa routimisherkkää irtomaata on paikoin yli 3 metriä. Vuonna 2016 havaittiin putkien mahdollisesti vaurioituneen routimisen vuoksi, joten niihin pääsee hulevesiä ja ympärysojan sivukivialueelta kertyneitä vesiä. Näin ollen ei putken PVS 13 poikkeavan korkeiden arseenipitoisuuksien eikä myöskään putken PVS 11 arseenipitoisuuksien voida katsoa luotettavasti edustavan pohjaveden tilaa.

Tarkkailupisteeltä PVS 44 mitattiin sekä vuoden 2022 että 2023 maaliskuussa putken yleisestä tasosta poikkeavat pitoisuudet 10 µg/l ja 8,4 µg/l, ja vuoden 2021 lokakuussa pitoisuus 3,8 µg/l, mitkä nostivat näiden vuosien keskiarvopitoisuuksia. Muina kuukausina todettu pitoisuus vaihteli 0,8 – 1,7 µg/l. Nämä arseenipitoisuushuiput korreloivat kyseisestä putkesta mitattujen rautapitoisuuksien kanssa. Nämä korkeat arseenipitoisuudet selittyvät mahdollisesti hulevesien pääsemisellä putkeen, koska korkeat rautapitoisuudet indikoivat mahdollisten hulevaikutusten kanssa varsinkin suoalueilla. Myös putken PVS 13 arseeni- ja rautapitoisuuksilla on nähtävillä korrelaatiota (kuva 8). Näin ollen tämänkin putken arseenipitoisuuksiin tulee suhtautua pienellä varauksella parin viime vuoden osalta.



Kuva 8. Arseni- ja rautapitoisuudet tarkkailuputkissa PVS 44 ja 13 vuosien 2020 – 2023 mittauskerroilla.

Putki PVR 63 on ollut vasta loppuvuodesta 2022 käytössä, joten sen todellinen pitoisuustason vaihtelu ei vielä ole selvillä.

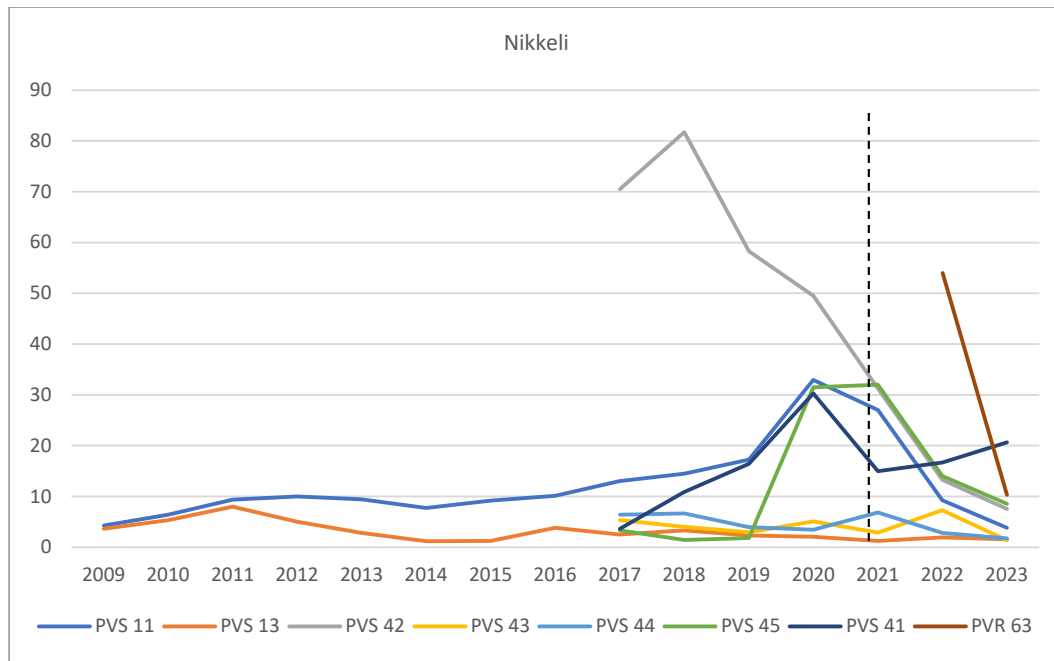
Nikkeli

Talousvedelle asetettu nikkelin enimmäispitoisuus on 20 µg/l (STM 1352/2015) ja pohjaveden ympäristölaatu normi on 10 µg/l (341/2009).

Nikkeli on ympäristössä yleinen, pieninä pitoisuuksina esiintyvä raskasmetalli. Nikkelin keskipitoisuudet Suomen pora- ja rengaskaivovesissä olivat tuhannen kaivon tutkimuksessa 1,8

$\mu\text{g/l}$ ja $3,3 \mu\text{g/l}$. Kittilän alueelta on todettu porakaivovesissä nikkelpitoisuuksia $11 - 20 \mu\text{g/l}$ ja rengaskaivovesissä alle $11 \mu\text{g/l}$. Kallioperän nikkelpitoiset sulfidimineralisaatiot voivat kuitenkin nostaa pohjaveden pitoisuuksia tavallista suuremmiksi. (Lahermo ym. 2002).

Nikkelin vuosikeskiarvot ovat vaihdelleet mittaushistorian aikana pintavalutuskenttien lähistöllä sijaitsevilla pohjaveden tarkkailuputkissa noin $1,0 - 82 \mu\text{g/l}$ (Kuva 9). Tarkkailuputkissa PVS 13, 43 ja 44 nikkelpitoisuuksien vuosikeskiarvot ovat olleet alle pohjavedelle asetetun ympäristölaatumormin kautta mittaushistorian ja laskeneet kyseiselle alle $10 \mu\text{g/l}$ tasolle myös muissa putkissa purkuputken käyttöönoton jälkeen.



Kuva 9. Pintavalutuskenttien läheisyydessä sijaitsevien pohjavesiputkien nikkelpitoisuudet (vuosikeskiarvo) veloitettarkkailun perusteella. Katkoviivalla on osoitettu purkuputken käyttöönottoajankohta vuoden 2020 lopulla.

Ainoastaan tarkkailuputken PVS 41 nikkelpitoisuudet ovat olleet nousussa ja vuonna 2023 vuosikeskiarvo oli tasolla $20 \mu\text{g/l}$. Kyseisen putken pitoisuuksiin ja vedenpinnan tasoon ovat vaikuttaneet vuosina 2021 – 2022 kuivatusojan ja tien rakennustyöt sen läheisyyteen sekä sen myötä muuttuneet pohjaveden kertymisolosuhteet. Kuivatusoja voi esimerkiksi kerryttää sulamis- ja kaivosalueen hulevesiä putken PVS 41 läheisyyteen. Kyseisessä putkessa myös antimoniipitoisuus oli noussut, mutta arseenipitoisuus pysynyt samana.

Tarkkailuputkessa PVS 42 nikkelpitoisuuden vuosikeskiarvo oli pintavalutuskenttien läheisyydessä sijaitsevista putkista korkein vuosina 2017 – 2021, samoin kuin antimoniipitoisuuden vuosikeskiarvo vuonna 2017. Nytemmin molemmat pitoisuudet ovat laskeneet. Nikkelpitoisuuden vuosikeskiarvo laski vuonna 2023 alle ympäristölaatumormin. Tässä putkessa asennuksen jälkeisinä vuosina havaittuja korkeita pitoisuuksia ei voida luotettavasti selittää. Pitoisuudet ovat kuitenkin olleet selvässä laskusuunnassa vuodesta 2018 saakka ja viime vuosien pitoisuudet edustavat luotettavasti pohjaveden tilaa.

Putki PVR 63 on asennettu vuonna 2022 ja siitä on mittausdataa saatu vasta lokakuulta 2022 alkaen.

Alueen taustapitoisuuksia edustavassa putkessa PVR 32 nikkelipitoisuuden vuosikeskiarvo on vaihdellut välillä 0,4 – 2,5 µg/l vuosina 2014 – 2023.

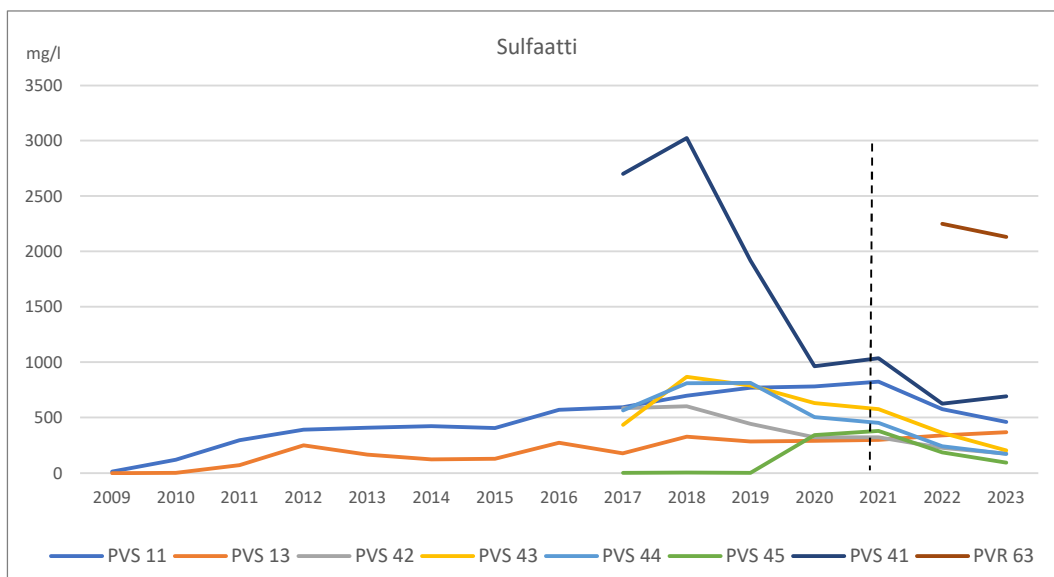
Sulfaatti

Sulfaatille asetettu pohjaveden ympäristölaatonormi on 150 mg/l (VNa 341/2009). Talousvedelle on asetettu sulfaatin osalta laatuavoite alle 250 mg/l, mutta vesijohtomateriaalin syöpmisen ehkäisemiseksi sulfaattipitoisuuden tulisi olla alle 150 mg/l (STM 1352/2015).

Suomessa sulfaatin keskipitoisuudet rengas- ja porakaivovesissä on todettu olevan 14,6 mg/l ja 19,9 mg/l (Lahermo ym. 2002). Kittilän pohjavesien arseenitutkimuksen mukaan Kittilässä todettiin paikoin korkeita sulfaattipitoisuuksia (porakaivoissa maksimipitoisuus 94,3 mg/l), mikä viittaa kallioperän sulfidiesiintymiin (Tanskanen ym., 2004).

Pintavalutuskenttien ollessa käytössä pintavalutuskenttien 1 ja 4 läheisyydessä sijaitsevien tarkkailuputkien vesien sulfaattipitoisuudet ovat seurailleet kentille johdettujen vesien sulfaattipitoisuuksia (Kuva 10). Pintavalutuskentälle 1 johdetun kuivanapitoveden sulfaattipitoisuus nousi nopeasti vuosina 2010 – 2011 tasolta 100 mg/l tasolle 1 000 mg/l, jolla se pysyi pintavalutuskenttien käytön ajan. Tämä pitoisuustason nousu näkyy vanhimpien putkien PVS 11 ja 13 tuloksissa. Näissä ja uudemmissa putkissa PVS 42, 43 ja 44 sulfaattipitoisuuksien vuosikeskiarvot olivat ennen purkuputken käyttöönottoa tasolla 300 – 800 mg/l. Matalimmat pitoisuudet mitattiin tuolloin putkesta PVS 13.

Myös pintavalutuskentän 4 läheisyydessä olevien putkien PVS 41 ja PVR 63 vesien todetuissa sulfaattipitoisuuksissa näkyy kentälle johdetun veden sulfaatti. Pintavalutuskentälle 4 johdettiin prosessijätevesiä, joiden sulfaattipitoisuus oli vuosina 2013 – 2016 tasolla 10 000 mg/l, mutta pitoisuus laski vuoden 2016 lopulla käyttöön otetun vesienkäsittelylaitoksen myötä tasolle 2 000 mg/l. Putkissa PVS 41 ja PVR 63 onkin mitattu huomattavasti korkeampia pitoisuuksia kuin pintavalutuskentän 1 lähistön putkissa. Putken PVS 41 mitatut sulfaattipitoisuudet ennen purkuputken käyttöönottoa olivat 1 000 – 3 000 mg/l.



Kuva 10. Pintavalutuskenttien läheisyydessä sijaitsevien pohjavesiputkien sulfaattipitoisuudet (vuosikeskiarvo) veloitettarkkailun perusteella. Katkoviivalla on osoitettu purkuputken käyttöönottoajankohta vuoden 2020 lopulla.

Kummankin pintavalutuskentän lähistön tarkkailuputkien sulfaattipitoisuudet ovat laskeneet merkittävästi vuoden 2020 lopulta alkaen, kun kaivoksen ylitevesiä ei johdettu enää pintavalutuskentille, vaan purkuputkea pitkin Loukiseen. Pintavalutuskentän 1 lähistön putkissa PVS 42, 43 ja 44 pitoisuus oli vuonna 2023 175 – 202 mg/l ja putkissa PVS 11 ja 13 370 – 460 mg/l. Kentän 4 lähistön putkessa PVS 41 pitoisuus on laskenut tasolle alle 700 mg/l. Putkesta PVR 63 on saatu mittausdataa vasta vuoden 2022 lopulta. Sen vesissä pitoisuustaso on ollut noin 2 200 mg/l. Tämän putken pitoisuuksiin vaikuttanee sijainti kuivatusojan ja tien välissä. Myös vesipinta on huomattavan paljon syvemmällä kuin muissa pintavalutuskenttien lähistön putkissa. Tämän putken osalta ei pidemmälle meneviä johtopäätöksiä voi tehdä, ennen kuin tarkkailudataa on pidemmältä ajalta käytössä.

Putki PVS 13 on ainoa, jossa veden sulfaattipitoisuus on noussut koko mittaushistorian ajan, joskin pitoisuudet ovat muihin tarkkailuputkiin nähden olleet selvästi matalampia. Putkessa havaittuun vedenlaatuun voivat vaikuttaa sekä pintavalutuskenttä 1 että läheinen sivukiven läjitysalue. Havaintoputkissa PVS 13 ja PVS 11 putken ympäristön routiminen voi aiheuttaa myös pintavesivaikutteisuutta.

Putki PVS 45 sulfaattipitoisuus oli taustan tasolla, kunnes vuoden 2020 kesällä lähti nousemaan. Korkeimmillaan vuosikeskiarvo oli vuonna 2021, tasolla 380 mg/l, mutta laskenut 2023 tasolle 100 mg/l.

Alueen taustapitoisuuksia edustavassa putkessa PVR 32 sulfaattipitoisuuden vuosikeskiarvo on vaihdellut välillä 2,0 – 2,9 mg/l 2014 – 2023.

Kloridi

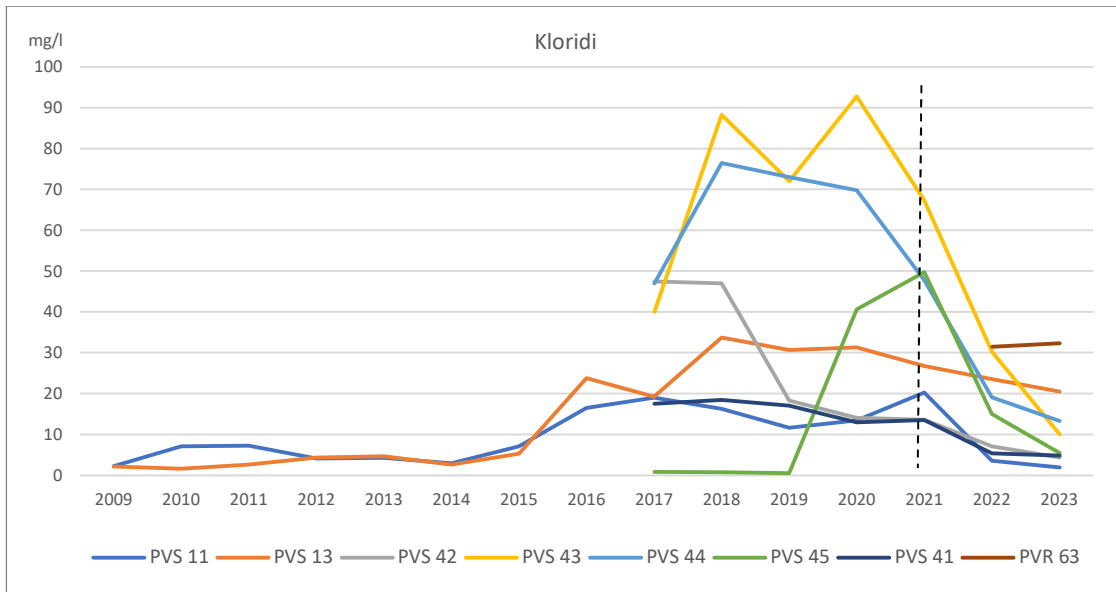
Talousvedelle on asetettu kloridipitoisuuden laatutavoite alle 250 mg/l, mutta vesijohtomateriaalin syöpymisen ehkäisemiseksi kloridipitoisuuden tulisi olla alle 25 mg/l (STM 1352/2015). Pohjavesille annettu ympäristölaatunormi (VNa 341/2009) kloridille on 25 mg/l.

Suomalaisissa rengaskaivovesissä (tuhannen kaivon tutkimus) on kloridia keskimäärin vajaa 9 mg/l (Lahermo ym. 2002).

Samoin kuin sulfaattipitoisuus, myös pohjavesien kloridipitoisuus pintavalutuskenttien lähistön putkissa on seurailut kentille johdetun veden pitoisuuksia (Kuva 11). Vanhimmissa putkissa PVS 11 ja 13 pitoisuudet olivat ennen vuotta 2015 alle 10 mg/l, mutta nousivat sen jälkeen tasolle 15 – 30 mg/l, kun pintavalutuskentälle 1 johdettavan kuivanapitoveden kloridipitoisuus nousi vuoden 2013 jälkeen alle 10 mg/l pitoisuudesta keskimäärin tasolle 100 mg/l. Pintavalutuskentän 1 tuntuman uudemmissa putkissa PVS 42, 43 ja 44 pitoisuudet ovat olleet noin 40 – 90 mg/l, kunnes sekä niissä että vanhemmissa putkissa pitoisuudet ovat laskeneet huomattavasti pintavalutuskenttien jäätyä pois käytöstä. Vuonna 2023 pitoisuudet olivat tasolla 2 – 15 mg/l. Putkessa PVS 13 vuosikeskiarvopitoisuus oli noin 20 mg/l.

Pintavalutuskentälle 4 johdetun prosessijäteveden kloridipitoisuus on ollut huomattavasti alempi kuin kentälle 1 johdetun kuivanapitoveden, noin tasoa 30 mg/l. Tämä näkyikin putken PVS 41 kloridin vuosikeskiarvopitoisuuksissa, jotka ovat enimmilläänkin olleet alle 20 mg/l ja laskeneet nykyisin tasolle noin 5 mg/l. Putkessa PVR 63 pitoisuuksia on mitattu vasta loppuvuodesta 2022 lähtien ja ne ovat huomattavasti korkeammat, noin 30 mg/l. Tämän putken osalta ei pidemmälle meneviä johtopäätöksiä voi tehdä, ennen kuin tarkkailudataa on pidemmältä ajalta käytössä.

Alueen taustapitoisuuksia edustavassa putkessa PVR 32 kloridipitoisuuden vuosikeskiarvo on vaihdellut välillä 0,4 – 1,9 mg/l 2014 – 2023.



Kuva 11. Pintavalutuskenttien läheisyydessä sijaitsevien pohjavesiputkien kloridipitoisuudet (vuosikeskiarvo) velvoitetarkkailun perusteella. Katkoviivalla on osoitettu purkuputken käyttöönottoajankohta vuoden 2020 lopulla.

2.2. Pohjavesitutkimukset ja mallinnukset

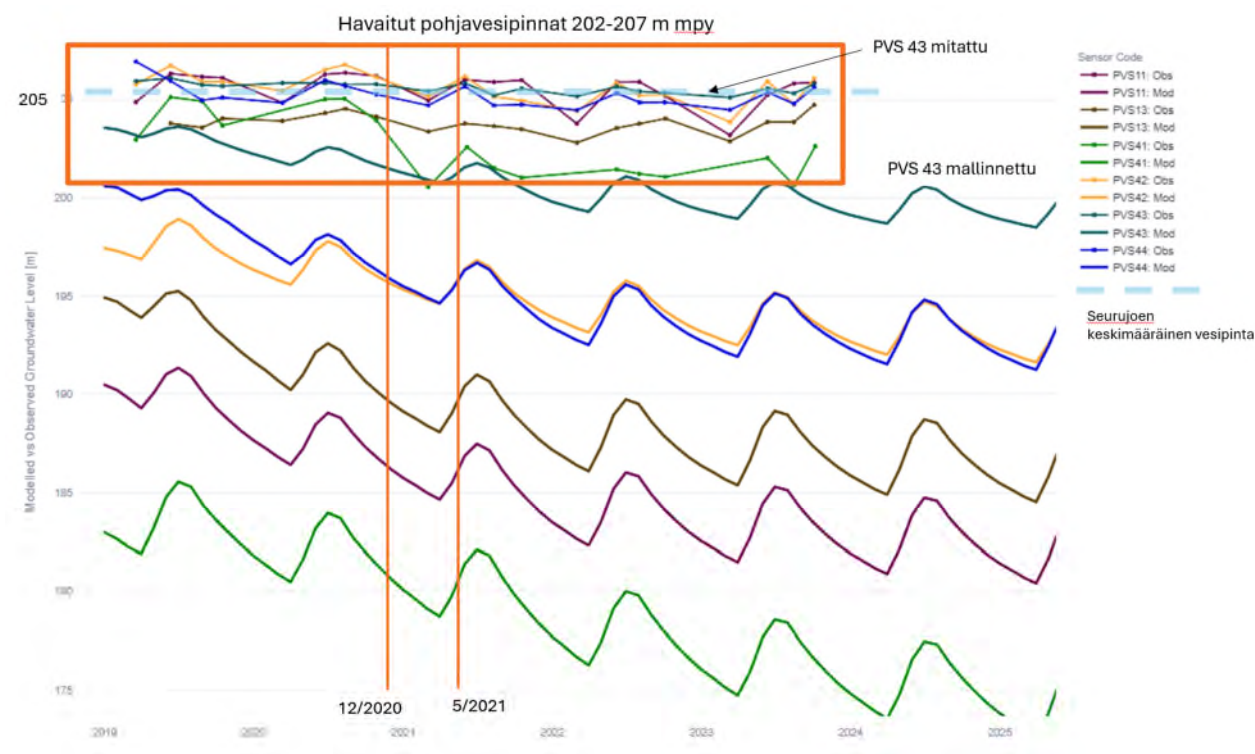
SRK Consulting on laatinut Kittilän kaivokselle pohjavesimallin vuonna 2019. Mallia on täydennetty vuonna 2022 (SRK Consulting 2022) kaivoksen tuolloin meneillään olleen ympäristölupaprosessin tarpeisiin, erityisesti kaivoksen kuivatusvesimäärien ja veden laadun kehittymisen arvioimiseksi. SRK Consulting täydensi mallia edelleen tämän pintavalutuskenttäselvityksen tarpeisiin, jotta voitaisiin paremmin arvioida erityisesti pintavalutuskenttien alueen ja lähiympäristön pohjavesipinnan kehittymistä purkupuutken käyttöönoton jälkeen. Täydennyksen keskeiset tulokset on esitetty tässä raportissa.

Pohjavesimallinnus 2024

SRK:n aiemmin laatimaa pohjavesimallia täydennettiin kaivoksen pohjavesitarkkailun vesipintahavainnoilla vuoden 2023 loppuun saakka. Uusimman tarkkailutiedon pohjalta mallinnettiin kaivoksen länsipuolisen alueen pohjavesipinnan kehitystä ennen purkupuutken käyttöönottoa (tilanne loppuvuodesta 2020) ja sen käyttöönoton jälkeen (tilanne loppuvuodesta 2023). Mallin ennustama pohjavesipinta edustaa mallin rakennekerrosta 2, eli rapautunut kallio. Tälle rakennekerrokselle laskettuja tuloksia voidaan monesta eri syystä pitää luotettavampina kuin kerrokselle 1 (kallion yläpuolinen moreeni ja turve) laskettuja tuloksia, mistä syystä rakennekerros 2 on valittu tähän tarkasteluun. Jäljempänä kuvattuja tuloksia arvioitaessa on syytä huomioida seuraavat mallin rajoitteet ja epävarmuustekijät:

Mallin ennustamat pohjavesivaikutukset ovat samansuuntaiset kuin todellisuudessa pohjavesitarkkailussa on havaittu (kuva 12). Kuitenkin malli ennustaa selvästi suurempia vesipinnan alenemia kaivoksen länsipuolisella alueella kuin tosiasiallisesti on havaittu. Mallissa parhaiten todellisuutta vastaa pohjavesiputki PVS 43, joka sijaitsee lähimpänä Seurujokea. Siten mallin kalibrointi on tarkkuudeltaan paras lähempänä jokea ja tarkkuus heikkenee kaivosta lähestyttäessä. Ennustevirheen arvioidaan johtuvan useasta eri syystä, mm. siitä, että pohjavesimallin laskentaverkko on kaivoksen länsipuolella selvästi karkeampi kuin varsinaisen kaivoksen alueella, jossa merkittävien vettä johtavien rakenteiden tiedetään sijaitsevan. Pohjavesimalli on myös kalibroitu erityisesti kaivoksen kuivatusvesimääriin nähden, mikä luonnollisesti tuo epätarkkuutta laskennallisiin pohjavesialenemiin. Malli kuitenkin ennustaa varsin hyvin tunnettujen kallioperän vettä johtavien rakenteiden vaikutuksen, esim. pohjavesiputken PVR 63 osalta. Toinen merkittävä tekijä on pohjavesimallin kerrosten 1 ja 2 rakenne ja erot näiden kerrosten pohjavesipintojen tosiasiallisessa ja mallinnetussa tilanteessa.

Pohjavesimallin kerros 1 on varsin ohut, mikä sinänsä vastaa todellisuutta. Karkealla laskentaverkolla heterogeeniset maaperäolosuhteet eivät mallin laskentasoluissa kuitenkaan välttämättä riittävässä määrin vastaa todellisuutta ja malli tulee tämän vuoksi yliarvioineeksi vesipinnan muutoksia. Toisaalta on hyvin mahdollista ja jopa todennäköistä, että erityisesti suoalueilla ja niiden laitamilla on kaksi pohjavesipintaa, orsivesipinta ja varsinainen pohjavesipinta. Näistä ensimmäinen edustaisi tällöin pohjavesiputkissa havaittua vesipintaa ja jälkimmäinen mallin laskemaa vesipintaa. Mallinnus ei pysty erottelemaan tätä mahdollista tilannetta. Pohjavesiputkien siiviläosat, joihin malli perustuu, kyllä ulottuvat rapakallioon ja sen alapuolellekin. Havaitut pohjavesipinnat eivät kuitenkaan välttämättä ainakaan kaikkien putkien tapauksissa edusta yksiselitteisesti rapakallion pohjavesipintaa, koska siiviläosat ulottuvat osin myös irtomaakerroksiin, jossa mahdollinen orsivesi sijaitsee. Lisäksi osassa pohjavesiputkia on routimisongelmaa, jolloin putkiin pääsee ainakin ajoittain myös pintavesiä.



Kuva 12. Pohjavesitarkkailun perusteella havaitut pohjavesipinnat (Obs) verrattuna pohjavesimallin laskemiin (Mod) vesipintoihin vastaaville putkille. Kuvassa on esitettyä myös likimääräinen Seurujoen keskimääräinen vesipinta Rossimukan ja Kuoksusmukan välillä.

Mallinnustulokset

Pohjavesimallin perusteella pohjavesipinnat laskisivat Seurujoen itäpuolella joen ja pintavalutuskenttien välisellä alueella puolesta metrillä kahteen metriin vuosien 2021-2023 välillä (kuva 13). Pintavalutuskenttien alueella ja niiden sekä kaivoksen välisellä alueella alenema olisi vielä selvästi suurempaa. Kuten edellä on todettu, todellisuudessa havaitut alenemat eivät ole näin suuria, vaikkakin todelliset havainnot ovat samansuuntaisia kuin mallinnus ennustaa. Pohjavesitarkkailun havaintojen perusteella esim. pohjavesiputkien PVS 42, PVS 43 ja PVS 44 vesipinnat ovat pääosin hyvin lähellä Seurujoen keskimääräisiä vesipintoja Rossimukan ja Kuoksusmukan välillä (noin 205,2...205,4 m), joten alenemat joen läheisyydessä voivat todellisuudessa olla hyvin pieniä tai jopa puuttua kokonaan. Havaintoverkon rajallisuuden ja edellä mainitun mahdollisen orsivesi-ilmiön vuoksi aleneman kokonaislaajuutta ei tässä vaiheessa voida yksiselitteisesti todentaa.

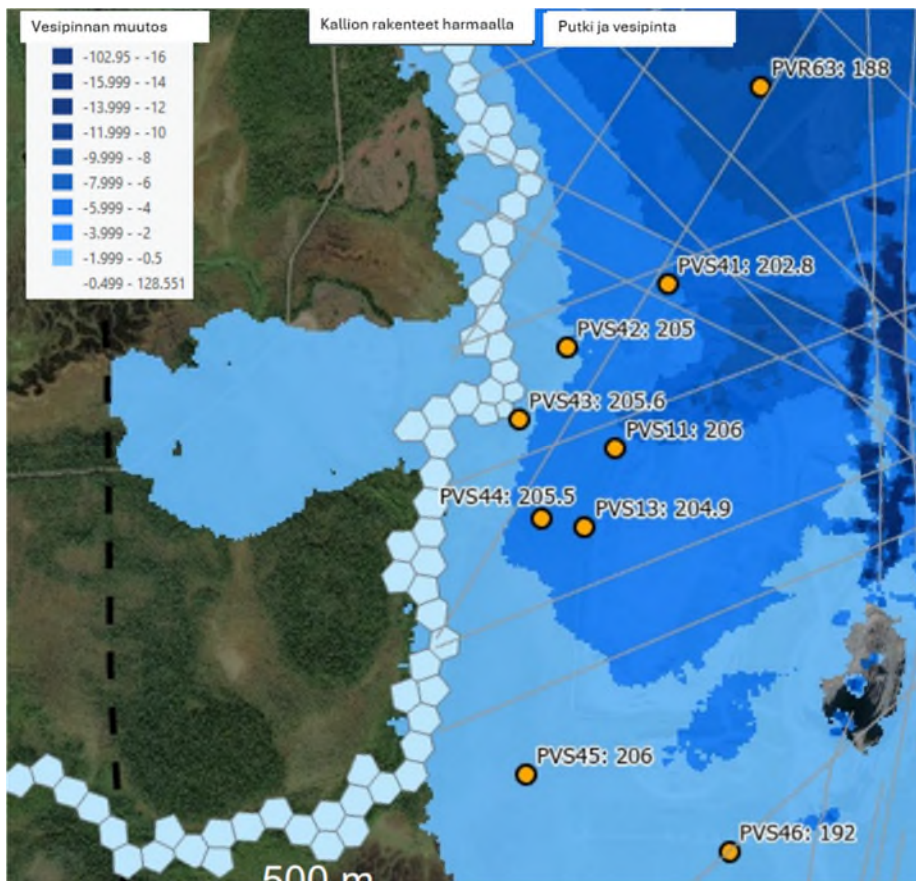
Mallin ja pohjavesitarkkailun havaintojen perusteella on kuitenkin selvää, että pintavalutuskenttien alueella pohjavesivirtaus suuntautuu nykyisellään kohti kaivosta. Tämä tarkoittaa samalla sitä, että alueen osin luonnontilaista heikkolaatuisemmat vedet purkautuvat aikanaan kaivokseen ja päätyvät siten kaivoksen vesikiertoon ja vesienkäsittelyyn.

Epävarmuutta on lähinnä siitä, mikä on virtauksen hydraulinen gradientti, erityisesti lähempänä Seurujokea. Edellä mainituista epävarmuustekijöistä johtuen (mm. orsivesi-ilmiö) on mahdollista, että todelliset pohjavesialenemat ja siten myös gradientti, ovat jossain havaitun (0,007) ja laskennallisen (0,035) välimaastossa. Lähempänä Seurujokea gradientti on mitä todennäköisimmin varsin pieni ja voinee myös vaihdella sadanta- ja imeytymisolosuhteista riippuen. Gradientti kasvaa kaivoksen läheisyydessä, missä myös havaitaan merkittäviä

pohjavesialenemia (PVR 63). Mallinnuksen tulokset viittaavat siihen, että purkuputken käyttöönotto ei sinänsä olisi juuri vaikuttanut pintavalutuskenttien pohjavesiolosuhteisiin. Luonnollisesti alue on vesitalousmielessä ollut tämän jälkeen aiempaa kuivempi, mutta pohjaveden muodostuminen alueella on ilmeisesti verrattain vähäistä.

Ennen kaivostoimintaa pohjavesivirtaukset alueella suuntautuivat kohti Seurujokea, joten siihen nähden tilanne on muuttunut. Toisaalta Seurujoen läheisyydessä todellinen muutos lienee hyvin vähäinen, eikä sitä välttämättä voida edes luotettavasti havainnoida, ainakaan nykyisen havaintoverkon puitteissa. Kaivosalueen geologisesta rakenteesta ja heikkousvyöhykkeiden pääasiallisesta suunnasta johtuen pohjavesiä purkautuu kaivokseen erityisesti pohjois-eteläsuuntaisista rakenteista, huomattavasti vähemmässä määrin itä-länsisuunnassa. Jälkikäteen on mahdoton arvioida, missä vaiheessa pohjaveden virtaussuunta on tosiasiaa muuttunut, koska pohjaveden korkeustietoja on rajallisesti saatavilla kaivosalueen länsipuolelta.

Pintavalutuskenttien alueella ja kaivoksen läheisyydessä mahdollisesti laadultaan heikentyneet vedet purkautuvat lopulta kaivokseen. Siten pintavalutuskenttien pohjavedestä ei voi aiheutua edes hypoteettista riskiä Seurujoen vedenlaadulle.



Kuva 13. Pohjavesimallin ennustamat vesipintojen alenemat (pohjavesimallin kerros 2, rapakallio) kaivoksen länsipuolella huhtikuun 2021 ja huhtikuun 2023 välillä. Kuvassa Seurujoki on esitetty vaaleansinisinä kuusikulmioina mallin reunaehtojen mukaisesti. Lisäksi kuvassa näkyvät malliin sisältyvät geologiset rakenteet (kallioruhjeet jne.) harmaina viivoina.

Jatkossa huomioitavat asiat

Kuten edellä on todettu, pohjavesimallia ei ole ensisijaisesti rakennettu pohjavesialenemien ennustamiseen. Erityisesti mallin rakennekerroksen 1 (pintamaapeitteet) osalta tarkempi mallintaminen vaatisi mallin tarkentamista monilta osin sekä luonnollisesti maastotutkimuksia mallin tueksi. Mikäli mallia haluttaisiin tarkentaa, tulisi lisäksi mallin säätietoja tarkentaa, kuten myös tarkastella Seurujoen virtaamaa ajan funktiona. Malli ei esimerkiksi kykene täysimääräisesti huomioimaan vuoden 2023 hyvin märkää vuotta. Tärkeää olisi myös saada tiheämpää tai jopa jatkuvaa pohjaveden pinnankorkeusdataa. Nykyinen pääosin neljä kertaa vuodessa tapahtuva pinnankorkeuden tarkkailu on niin harvaa, että mm. pohjaveden pinnankorkeuden vuodenaikaisvaihtelu ei erotu tarkkailutuloksista riittävästi.

3 Yhteenveto ja arvio pohjavesivaikutuksista

Pintavalutuskentistä aiheutuvat pohjaveden laatuun liittyvät vaikutukset ovat verrattain vähäisiä. Tarkkailutulosten perusteella pintavalutuskentiltä ei nykyisellään juuri päädy antimonin, arseenin tai nikkeliä pohjaveteen. Myös sulfaatin ja kloridin pitoisuudet ovat huomattavasti alhaisempia kuin ennen purkupuutken käyttöönottoa ja pitoisuuksien voi ennustaa alenevan jatkossakin, kun kuormitusta pintavalutuskentille ei enää synny.

Antimonin osalta ainoastaan putkessa PVS 43 on mitattu laatu normin ylittäviä pitoisuuksia vuoden 2020 jälkeen. Nämä ylitykset eivät kuitenkaan ole korkeita, ja tuona aikana mitattujen pitoisuuksien keskiarvo on ympäristölaatu normin tuntumassa, 2,6 µg/l. Kyseisen putken pitoisuudet heijastavat sen lähistöllä turpeessa todettuja korkeita antimonipitoisuuksia. Tällaisia turpeen korkeita pitoisuuksia ei ole kuitenkaan koko pintavalutuskentän alueella, vaan haitta-aineiden on todettu jakautuneen hyvin epätasaisesti. Muissa pintavalutuskentän 1 reunamien putkissa PVS 42 ja 44 pitoisuudet ovatkin olleet matalia. Pohjavesiputken PVS11 pitoisuuksien ei ympäröivän maan routimisen vuoksi voida katsoa luotettavasti edustavan pohjavettä, vaan ainakin osin pintavesiä. Pohjavesiputkia PVS 11 ja PVS 43 lukuun ottamatta havaitut antimonipitoisuudet pitkälti vastaavat taustaputken PVR 32 pitoisuuksia.

Arseenipitoisuudet kummankin pintavalutuskentän läheisyyden tarkkailuputkien vesissä ovat purkupuutken käyttöönoton jälkeen olleet pääosin hyvin pieniä, tasoa 0,5 µg/l, mikä vastaa alueen taustapitoisuutta. Poikkeuksina tästä ovat ainoastaan putket PVS 11 ja 13, mutta niiden korkeita arseenipitoisuuksia selittänee putkiin routimisen seurauksena päätyvä pintavesi. Myös putken PVS 44 viime vuosien poikkeavan korkeat pitoisuudet selittynevät ajoittaisella hulevesivaikutuksella. Putken normaalit pitoisuudet vuoden 2020 jälkeen ovat olleet 0,5 – 1,7 µg/l eli jolloin veden rautapitoisuus on ollut normaalin tasolla.

Pohjaveden sulfaattipitoisuus on pintavalutuskentän 1 lähistön putkissa lähellä ympäristölaatu normin mukaista 150 mg/l pitoisuutta, lukuun ottamatta putkia PVS 11 ja 13. Kloridin osalta pohjavesitarkkailussa havaitut vuosikeskiarvot alittavat putkea PVR 63 lukuun ottamatta ympäristölaatu normin 25 mg/l. Viimeksi mainittu putki on asennettu hiljattain, eikä sen vedenlaatua tai sen kehitystä sen vuoksi voi vielä tarkemmin arvioida. Pohjaveden virtaussuunta huomioiden on hyvinkin mahdollista, että putkessa havaitut kohonneet sulfaattipitoisuudet edustavat pintavalutuskentän 4 aiemmin sulfaatin suhteen ”kontaminoitunutta” vettä, joka nyt virtaa kohti kaivosta.

Kaivosalueen ja pintavalutuskenttien eteläpuolisessa tarkkailuputkessa PVS 45, antimoni- ja arseenipitoisuudet ovat olleet matalia koko mittaus historian ajan. Vuosina 2019-2021 näkyy korkeita nikkeli-, sulfaatti- ja kloridipitoisuuksia, mutta pitoisuudet ovat sittemmin laskeneet. Vaikka tämän putken lähistölle johdetaan nykyään merkittävästi alueen pintavesiä, ei niillä ole käytännössä pohjavesivaikutuksia.

Vedenlaatu tulosten tulkinnassa on muistettava tarkkailuputkien PVS 11 ja PVS 13 routimisesta johtuva pintavesivaikutteisuus sekä edellä mainittu orsivesikysymys. Nämä vedenlaadun kehittymisen tulkintaa vaikeuttavat ongelmat voivat tulla kyseeseen myös muiden havaintoputkien osalta.

Käytössä olevan aineiston perusteella pintavalutuskenttien käytöstä poistamisella (purkupuutken käyttöönotto), ei voida katsoa olleen merkittävää vaikutusta alueen pohjavesipinnan tasoihin. Pintavalutuskenttien alueella on havaittu pohjavesipintojen vähittäistä laskua vuodesta 2016 lähtien ja laskusuunta edelleen jatkuu purkupuutken käyttöönoton jälkeen. Laskutrendissä ei havaita selkeää nopeutumista vuodesta 2021 eteenpäin. Tarkkailutulosten ja päivitetyn

pohjavesimallin perusteella arvioidaan, että laskeva trendi johtuu ainakin pääosin kaivoksen kuivatusvaikutuksesta.

Pohjavesimallinnuksen mukaiset alenemat ovat selvästi suurempia kuin todellisuudessa on tarkkailussa havaittu. Tämä voi johtua erilaisista mallin epätarkkuuksista ja/tai kaivoksen länsipuolisen alueen mallin laskentaoletuksia monimutkaisemmista pohjavesiolosuhteista, käytännössä orsivesikerroksista. Orsiveden mahdollista esiintymistä ja vaikutusta ei käytettävissä olevan tiedon perusteella pystytä vahvistamaan tai toisaalta sulkemaan pois.

Kaikissa tapauksissa on selvää, että pintavalutuskenttien alueen pohjavesi ja myös mahdolliset heikkolaatuiset pohjavedet virtaavat pääosin kaivokseen ja siten kaivoksen vesienkäsittelyyn. Pohjavesimallin perusteella pohjaveden alenema (rapakalliossa) ulottuisi Seurujoen paikkeille asti. Toisaalta pohjavesitarkkailun havaintojen perusteella lähimpänä jokea sijaitsevilla havaintopisteillä PVS 42, PVS 43 ja PVS 44 todetut pohjavesipinnat ovat varsin lähellä Seurujoen keskimääräistä pohjavesipintaa. Siten alenemat joen läheisyydessä voivat todellisuudessa olla hyvin pieniä tai jopa puuttua kokonaan. Havaintoverkon rajallisuuden ja edellä mainitun mahdollisen orsivesi-ilmiön vuoksi aleneman kokonaislaajuutta ei tässä vaiheessa voida yksiselitteisesti todentaa.

Pintavalutuskentistä ei tämän tarkastelun perusteella arvioida aiheutuvan riskiä alueen pohjaveden laadulle.

Lähteet

Eurofins 2021. Agnico Eagle Finland Oy, Kittilän kaivoksen pohjavesien tarkkailu vuonna 2020. Tarkkailuraportti 48 s.

Eurofins 2022. Agnico Eagle Finland Oy, Kittilän kaivoksen pohjavesien tarkkailu vuonna 2021. Tarkkailuraportti 54 s.

Eurofins 2023. Agnico Eagle Finland Oy, Kittilän kaivoksen pohjavesien tarkkailu vuonna 2022. Tarkkailuraportti 41 s.

Giron Consulting Oy 2023. Agnico Eagle Finland Oy. Käytöstä pois jääneiden pintavalutuskenttien tila ja niistä aiheutuva vesistökuormitus. Selvitysraportti 54 s.

Ilmatieteen laitos 2024. Avoin data.

Ilmatieteen laitos 2024. Lämpötila- ja sadetilastoja vuodesta 1961. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961>

Lahermo, P., Tarvainen, T. Hatakka, T., Backman, B., Juntunen, R., Kortelainen, N., Lakomaa, T., Nikkarinen, M., Vesterbacka, P., Väisänen, U. ja Suomela, P. 2002. Tuhat Kaivoa – Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 155. <http://arkisto.gtk.fi/tr/tr155/tr155.pdf>

Lampinen, H. 2020. Selvitys pohjavesien pitoisuusnousuista. Agnico Eagle Finland Oy. 29 s.

SRK Consulting 2022. Hydrogeological & hydrogeochemical modelling studies for the Kittilä underground mine, near Kiistala, Finland. 302 s.

STM 1352/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talusveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista.

Tanskanen, H., Lahermo, P. ja Loukola-Ruskeeniemi, K. 2004. Teoksessa: Loukola-Ruskeeniemi, K. ja Lahermo, P.(toim.) Arseeni Kittilän pohjavesissä Keski-Lapissa. Arseeni Suomen luonnossa, ympäristövaikutukset ja riskit. Geologian tutkimuskeskus, s. 123-134.

VNa 341/2009. Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä annetun asetuksen muuttamisesta.



www.gironconsulting.com