

Mondo Mineralsin Vuonoksen rikastamon ja talkkitehtaan sulkemissuunnitelma

Mondo Minerals B.V. Branch Finland

Projektinumero: 101028115 -002

30.10.2026

AFRY

Sisällysluettelo

1 Johdanto 5

2 Sulkemissuunnittelun eteneminen ja tarkistuskäytännöt 5

2.1 Yleiset sulkemissuunnittelun periaatteet 5

2.2 Sulkemissuunnittelutilanne ja etenemistapa 7

3 Olemassa oleva kaivostoiminta 8

3.1 Malmin louhinta 9

3.2 Malmin rikastaminen 9

3.2.1 Nikkelilaitos 10

3.3 Vesienhallinta 12

3.3.1 Prosessivesimäärä 13

3.3.2 Avolouhoksen vedenlaatu 13

3.4 Rikastushiekka-alue 16

3.5 Kemikaalit 16

3.6 Tehdasalueen pilaantuneisuustutkimukset 16

4 Kaivoksen sijainti ja ympäristö 18

4.1 Sijainti 18

4.2 Geologia 21

4.2.1 Kallioperägeologia 21

4.2.2 Maaperägeologia 22

4.3 Pohjavesiolosuhteet 25

4.3.1 Pohjavesialueet ja lähteet 25

4.3.2 Pohjaveden pinnankorkeudet ja virtaussuunnat 26

4.3.3 Pohjaveden laatu 31

4.4 Vesistöt 33

4.4.1 Vesistöalue 33

4.4.2 Virtaama 34

4.4.3 Veden laatu 35

4.4.4 Ekologinen tila 39

4.4.5 Kalasto 40

4.4.6 Pohjaeläimistö 40

4.5 Ilmasto-olosuhteet 41

AFRY Finland Oy
Jaakonkatu 3
PL 4, 01621 Vantaa
01620 Vantaa
Finland

Phone 010 3311
Y-tunnus 0625905-6

afry.com

4.6 Luonto ja suojelukohteet 42
4.7 Maisema, maankäyttö ja kaavoitus 43

5 Kaivannaisjätteiden ominaisuudet 44
5.1 Tutkimusmenetelmät 44
5.2 Rikastushiekan ominaisuudet 44
5.2.1 Rikastushiekan fysikaaliset ominaisuudet 44
5.2.2 Rikastushiekan mineralogia 45
5.2.3 Rikastushiekan geokemialliset ominaisuudet 45
5.2.4 Rikastushiekan ja prosessiveden kemikaalijäämät 49
5.2.5 Liukoisuusominaisuudet 50
5.2.6 Rikastushiekan radiologiset ominaisuudet ja kuitumineraalit 51
5.2.7 Rikastushiekan vaaraominaisuuksien arviointi 52
5.2.8 Rikastushiekkanäytteiden edustavuus 54
5.2.9 Rikastushiekan jatkotutkimukset 55
5.3 Nikkelilaitoksen rikastusjäte (ferriarsenaattisakka) 61
5.3.1 Nikkelilaitoksen rikastusjätteen geokemialliset ominaisuudet 61
5.3.2 Liukoisuusominaisuudet sekä arvio pitkäaikaiskäyttäytymisestä 62
5.3.3 Nikkelilaitoksen rikastusjätteen radiologiset ominaisuudet 63
5.3.4 Nikkelilaitoksen rikastusjätteen vaaraominaisuuksien arviointi 63
5.4 Neutralointisakka 65

6 Kaivannaisjätteiden jätealueet ja niiden pohjarakenteet sekä jätealueiden luokitukset 65
6.1 Kaivannaisjätteen jätealueen määritelmä 65
6.2 Rikastushiekka-alue 66
6.3 Rikastushiekka-alueen suotovedet 67
6.4 Rikastushiekka-alueen vesijakeiden laatu 69
6.5 Kaivannaisjätealueiden tutkimukset 70

7 Sulkemisen jälkeisen tilan konseptuaaliset mallit 70
7.1 Konseptualisoinnin tarkoitus 70
7.2 Rikastushiekka-altaan konseptuaalinen malli 70
7.3 Hydrologinen käsitteellistäminen 71
7.4 Vesienhallinta sulkemisen jälkeen 72

8 Riskien ja mahdollisuuksien tunnistaminen suunnittelun alkaessa 73

9 Sulkemista koskevat vaatimukset 73
9.1 Kaivoksen sulkemista koskeva lainsäädäntö 74
9.2 Hyviä käytäntöjä kaivoksen sulkemisessa 75
9.3 Sijaintikohtaiset vaatimukset 75

10 Sulkemisen tavoitteet 76

11 Sulkemistoimenpiteet 77
11.1 Rikastushiekka-alue 77
11.2 Teollisuusalue ja infrastruktuuri 78
11.3 Vesien johtamiseen ja käsittelyyn liittyvät rakenteet 79

12 Sulkemisaikataulu 80

13 Sulkemisenaikaiset ja jälkeiset vaikutukset ympäristöön ja ihmisiin 80
13.1 Vaikutukset ilmanlaatuun 80
13.2 Kuvaus maaperään, pintaveteen ja pohjaveteen suuntautuvasta kuormituksesta 81
13.3 Vaikutukset maaperään ja pohjaveteen 83
13.4 Vesistövaikutukset 83
13.4.1 Vedenlaadun tavoitteet 83
13.4.2 Vesistöjen herkkyys 85
13.4.3 Sulkemisen jälkeinen kuormitus vesistöön 85
13.4.4 Alustava kuvaus vesistövaikutuksista 94
13.5 Vaikutukset kasvillisuuteen, eläimistöön ja suojelualueisiin 98
13.6 Vaikutukset maisemaan 98
13.7 Melu- ja tärinävaikutukset 98
13.8 Liikennevaikutukset 98
13.9 Vaikutukset ihmisiin ja yhteiskuntaan 98

14 Jäännösriskien arviointi hallintatoimenpiteiden valinnan jälkeen 98

15 Arvio BAT-päätelmien huomioimisesta 99

16 Tarkkailu 100
16.1 Sulkemistyön aikainen tarkkailu 100
16.2 Sulkemisen jälkeinen tarkkailu 100

17 Sulkemiskustannusten ja vakuuksien arviointi 101

18 Väliaikainen ja ennenaikainen sulkeminen 101
18.1 Väliaikainen sulkeminen 101
18.2 Ennenaikainen sulkeminen 101

19 Sulkemissuunnitelman tarkentaminen ja päivittäminen 101

20 Lähdeluettelo 101

Liitteet

1. Vuonoksen rikastushiekka-alueella sulkemisen jälkeen muodostuvan suotoveden laadun mallinnus (AFRY Finland Oy 2026)
2. Rikastushiekka-alueen sulkemistoimenpiteet ja sulkemisen jälkeinen vahingonvaara, 20.1.2026 (AFRY Finland Oy 2026)
3. Mondo Minerals B. V. Vuonoksen sulkemissuunnitelma. Suunnitelmakartta ja tyyppileikkaukset, 16.01.2026. Työnumero 101028115-001, piirustusnumero 10001. (AFRY Finland Oy 2026)
4. Mondo Minerals B. V. Vuonoksen sulkemissuunnitelma. Leikkaukset A-A, B-B, 1-1, 2-2, 16.01.2026. Työnumero 101028115-001, piirustusnumero 10002. (AFRY Finland Oy 2026)
5. Sulkemistoimien BAT-tarkastelu (AFRY Finland Oy 2026)
6. Vakuusarvio (AFRY Finland Oy 2026)

Sulkemissuunnitelman versiohistoria

Pvm	Suunnitelma	Laatija
30.1.2026	Vuonoksen rikastamon ja talkkitehtaan ja sulkemissuunnitelma	AFRY Finland Oy
22.2.2011	Rikastushiekka-alueen jälkihoitosuunnitelma	Pöyry Finland Oy

1 Johdanto

Tässä asiakirjassa esitetään Mondo Mineralsin Vuonoksen tehdas- ja rikastustoiminta-alueen sulkemista ja sulkemisen jälkeistä aikaa koskeva päivitetty sulkemissuunnitelma. Suunnitelmaan sisältyvät kaikki Mondo Mineralsin Vuonoksen toiminnot, kuten tehdasalue ja rikastushiekka-alue. Lisäksi suunnitelmassa käsitellään muut kaivostoimintaa tukevien toimintojen alueet ja sulkemisen jälkeinen vesienjohtaminen.

Tämä sulkemissuunnitelma koskee nykyisiä toimintoja. Suunnitelmaa tarkistetaan ja päivitetään vaiheittain kaivoksen toiminnan aikana tiedon lisääntyessä ja suunnittelun tarkentuessa. Ennen kaivoksen sulkemista suunnitelma viimeistellään lopulliseksi sulkemissuunnitelmaksi, jossa on esitetty yksityiskohtaisemmin sulkemis- ja jälkihoitotoimenpiteet aikatauluineen. Sulkemissuunnitelmaa tarkistetaan viimeistään jätehuoltosuunnitelman tarkistamisen yhteydessä.

Vuonoksen rikastamolla ja talkkitehtaan toiminnalle on voimassa seuraavat Itä-Suomen aluehallintoviraston (ent. Itä-Suomen ympäristölupavirasto) myöntämät luvat ja päätökset:

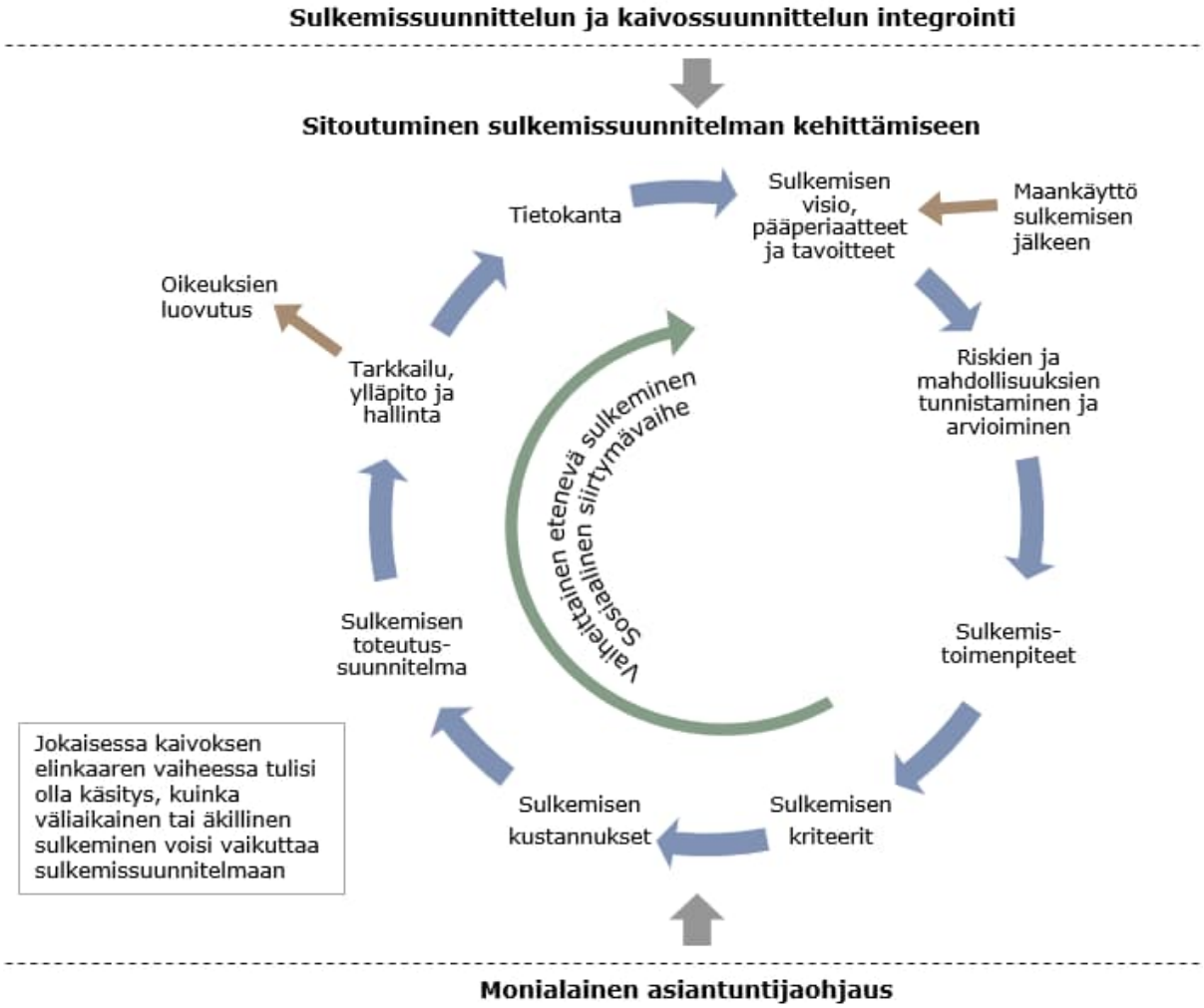
- Itä-Suomen aluehallintoviraston 3.3.2020 antama päätös (Dnro ISAVI/3914/2019) koskien Vuonoksen rikastamon ja talkkitehtaan toiminnan olennaista muuttamista.
- Itä-Suomen aluehallintovirasto on 13.2.2017 antamallaan päätöksellä (Nro 6/2017/1, ISAVI/3856/2016) myöntänyt luvan toimia päätöstä noudattaen (Nro 54/2016/1, ISAVI/2511/2016) muutoksenhausta huolimatta.
- Itä-Suomen aluehallintoviraston 18.11.2016 antama päätös (Nro 54/2016/1, ISAVI/2511/2016) koskien Vuonoksen rikastamon ja talkkitehtaan ympäristöluvan lupamääräyksen 1 mukaisen sulfaatin vuosipäästörajan 1 150 t/a korottamista vuosille 2016 ja 2017 tasolle 1 600 t/a. Päätöksestä on valitettu Vaasan hallinto-oikeuteen, joka muutti sulfaattikuormituksen selvitystä koskevaa lupamääräystä 5 (VHaO päätös 15.12.2017, Nro 17/0407/2, Dnro 01725/16/5105).
- Itä-Suomen aluehallintoviraston 27.2.2014 antama päätös (Nro 15/2014/1, Dnro ISAVI/43/04.08/2011) koskien Vuonoksen rikastamon ja talkkitehtaan ympäristöluvan muuttamista.
- Itä-Suomen ympäristölupaviraston 30.8.2007 antama ympäristölupapäätös nro 96/07/2, jota Vaasan hallinto-oikeus on muuttanut 19.12.2008 antamallaan päätöksellä nro 08/0390/1.

2 Sulkemissuunnittelun eteneminen ja tarkistuskäytännöt

2.1 Yleiset sulkemissuunnittelun periaatteet

Yleisten kansainvälisten suositusten mukaan sulkemissuunnittelu tarkentuu vaiheittain ja päivitysten kautta (mm. ICMM, 2019, Vastuullisen kaivostoiminnan verkosto, 2017). Sulkemissuunnittelu on iteratiivinen prosessi, jossa tunnistetut riskit ja vaikutukset ohjaavat työtä (ICMM 2019). Sulkemissuunnitelma tarkentuu vaiheittain hankesuunnittelun ja aluetta koskevien tietojen tarkentuessa (Kuva 2-1).

Vaiheittain tarkentuvassa sulkemissuunnittelussa tarkistetaan kaavailtujen sulkemistoimenpiteiden riittävyys aina vaikutusten- ja riskinarviointien tarkentuessa. Ensimmäinen sulkemistoimenpiteiden suunnitelma perustuu kokemusperäiseen arviointiin ja sulkemistoimenpiteitä, esimerkiksi peittorakenteita, koskeviin BAT-päätelmiin (EC 2018). Ensimmäinen toimenpideratkaisu tarkastetaan arvioimalla millaiset ympäristövaikutukset ja jäännösriskit liittyvät kohteeseen, jos se suljetaan toimenpideratkaisun mukaisesti. Jos vaikutukset tai jäännösriskit eivät ole hyväksyttävissä, palataan toimenpidesuunnitteluun ja laaditaan paranneltu toimenpideratkaisu. Jälleen arvioidaan vaikutukset ja riskit. Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi on keskeinen osa sulkemissuunnittelua myös BAT-päätelmien mukaan: sulkemistoimenpiteiden, esimerkiksi peittorakenteiden soveltuvuus ja riittävyys ympäristövaikutusten hallinnassa osoitetaan tapauskohtaisen ympäristöriskien ja -vaikutusarvioinnin kautta (BAT 5, EC 2018).



Kuva 2-1. Kaivoksen sulkemissuunnittelun syklisyys ja vähitellen tarkentuva luonne ICMM:n (2019) mukaan.

Ympäristövaikutusten arviointivaiheessa sulkemisen jälkeisten numeeristen kuormitus- ja vaikutusarvioiden laatimista estää usein vaihtoehtojen määrä, huomioiden numeerisen arvioinnin hitauden ja koostumisen lukuisista peräkkäisistä työvaiheista. Ympäristölupavaiheessa numeerinen vaikutusarviointi on tarpeen, jotta voidaan vahvistaa

kaavailtujen sulkemistoimenpiteiden riittävyys siten, että esimerkiksi vastaanottavan vesistön tila ei vaarannu sulkemisen jälkeen. Lisäksi lupavaiheessa täytyy tuottaa tiedot sulkemisen kustannuksista, sillä tarkkuudella, että vakuusarvion esittäminen laskentaperusteineen on mahdollista.

Sulkemissuunnitelmaa tarkistetaan ja päivitetään säännöllisesti myös tuotantovaiheessa. Tuotannon aikana sulkemissuunnitelman päivitystarpeen voi laukaista myös muutos kaivoksen toiminnassa. Sulkemisvaiheen lähestyessä, yksityiskohtaisessa sulkemissuunnitelmassa numeeriset arviot ovat niin tarkkoja, että niiden perusteella voidaan suorittaa sulkemistyön urakkahankinnat ja määritellä toimeenpanon kone- ja työvoimatarpeet yksityiskohtaisine aikatauluineen.

2.2 Sulkemissuunnittelutilanne ja etenemistapa

Nykyaikaisen sulkemissuunnittelun eteneminen yleisellä tasolla on esitetty kuvassa 2-2.



Kuva 2-2. Sulkemissuunnittelun eteneminen yleisesti kaivoshankkeessa.

Edellä olevan kuvan periaatteen mukaisesti laadittiin käsitteellinen (konseptualisoitu) Mondo Vuonoksen sulkemissuunnitelma. Tämä Vuonoksen sulkemissuunnitelma on päivitetty aiemmista sulkemiseen liittyvistä asiakirjoista. Päivittämisessä on huomioitu rikastushiekka-allasta koskevat voimassa olevat lupamääräykset. Vuonoksen tehtaan sulkemissuunnittelun eteneminen on esitetty taulukossa 2-1.

Taulukko 2-1. Sulkemissuunnittelun eteneminen.

Työvaihe	Toteutus ja erityiset tehtävät
Sulkemissuunnittelu alkoi välttämättömien taustatietojen kokoamisesta. Tarvittiin tietoja alueen perustilasta, nykyisestä kaivostoiminnasta, jätelaaduista, louhoksesta sekä rikastustoiminnasta.	Tiedot on esitetty sulkemissuunnitelman luvuissa 3 (nykyinen toiminta), 3.6 (alueen perustila) ja 5 (jätteiden laatu).

Työvaihe	Toteutus ja erityiset tehtävät
Tunnistettiin että lähtötiedoksi tarvitaan lisätietoa Vuonoksen rikastushiekka-altaalle sijoitettujen jätteiden laadusta.	Laadittiin tutkimussuunnitelma näytteenotosta. Näytteiden tuloksia tullaan tarkastelemaan JHS:n ja sulkemissuunnitelman päivityksien yhteydessä.
Alueen sulkemisen jälkeinen tila käsitteellistettiin, mikä tarkoittaa, että tunnistettiin osakohteiden (louhos, rikastushiekka-allas jne.) sisäiset prosessit. Lisäksi tunnistettiin osakohteiden vuorovaikutus toistensa kanssa sekä koko kaivosalueen vuorovaikutus ympäristönsä kanssa.	Konseptualisointi esitetty sulkemissuunnitelman luvussa 7.2.
Tarkasteltiin riskiperusteisesti ympäristöluvan mukaisia peittorakenteita.	Laadittiin rikastushiekka-altaan suotoveden laadun arviointi mallinnuksen avulla (liite 1). Rikastushiekka-altaalle soveltuva peittorakenne on esitetty luvussa 11.1 sekä liitteessä 2. Vakuusarvio kyseisille rakenteille on esitetty liitteessä 6.
Arvioitiin kaivoksen sulkemisen jälkeiset vaikutukset valituilla peittorakenteilla.	Arvio rikastushiekka-altaalla sulkemisen jälkeen syntyvien suotovesien laadusta on esitetty liitteessä 1.
BAT-arvio	Laadittiin uusien peittorakenteiden mukainen BAT-arvio (liite 5)
Vakuus	Laadittiin uusien peittorakenteiden mukainen vakuustarkastelu (liite 6)
Jäännösriskit	Tehtiin jäännösriskien arviointi ja suunnitelmat jatkoa varten. Esitetty luvussa 14.

3 Olemassa oleva kaivostoiminta

Seuraava kaivostoimintaa koskeva kuvaus perustuu olemassa oleviin tietoihin, kuten YVA- ja lupa-asiakirjoihin sekä kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmaan.

Vuonoksen tehdasalueen toiminta koostuu malmin rikastuksesta talkki- ja nikkelirikasteeksi sekä jatkojalostuksesta erilaisiksi talkkituotteiksi talkkitehtaalla. Tuotannossa muodostuva rikastushiekka läjitetään rikastushiekan läjitysalueelle. Rikastushiekan läjitysalueelta selkeytyneet vedet johdetaan alkuun paineviemäriputkea ja myöhemmin viettoviemäriä pitkin Lahdenjokeen ja edelleen Sysmäjärveen. Vuonoksessa ei ole nykyisellään kaivostoimintaa, vaan malmi tuodaan Vuonoksen tehtaalle Polvijärven kaivoksilta.

Vuonoksen rikastamolla rikastettavan malmin määrä on ollut keskimäärin 450 000 t/a vuosina 2003–2024. Viime vuosina käytetty malmimäärä on ollut noin 350 000 t/a. Talkkituotteiden tuotantomäärät vuosina 2003–2024 ovat olleet keskimäärin 170 000 t/a, maksimin ollessa noin 210 000 t/a.

Rikastamolla tuotettavan nikkelirikasteen määrä on vuosina 2003–2024 ollut noin 5000 t/a.

Talkkia tuotetaan teollisuuden tarpeisiin. Pääasiallisia käyttäjiä ovat mm. paperi-, muovi- ja maaliteollisuus. Tuotteet toimitetaan asiakkaille kuivajauheena, rikasteena, granuloituna ja lietteenä. Tuotteet kuljetetaan tilaajille junalla tai maantiekuljetuksena rekoilla.

3.1 Malmin louhinta

Vuonokseen tuodaan malmia yhtiön Polvijärvellä sijaitsevista Karnukan ja Pehmytkiven avolouhoksista.

Pehmytkiven ja Karnukan malmin pääminerаaleja ovat talkki (n. 55 %) ja magnesiitti (n. 40 %) ja sivumineraaleina kloriittia (< 5 %) sekä vähäisissä määrin nikkelisulfideja ja paikoin dolomiittia. Esiintymien keskimääräinen sulfidipitoisuus on n. 2,4–2,5 %. Pääsulfidimineraalit ovat magneettikiisu ja pentlandiitti. Lisäksi tavataan pieniä määriä arsenideja. Malmin arseenipitoisuudet ovat keskimäärin 0,011–0,013 %, nikkelipitoisuudet 0,14–0,148 % ja kromipitoisuudet 0,023–0,04 % (Cr_2O_3).

3.2 Malmin rikastaminen

Rikastusprosessin vaiheet ovat malmin murskaus, jauhatus ja vaahdotus. Talkin vaahdotuksen jälkeen talkkipiirin jätteestä rikastetaan edelleen vaahdottamalla nikkeli. Talkkirikaste pumpataan vesilietteenä talkkitehtaalle, jossa talkkirikaste jatkojalostetaan. Kaivoksen yksinkertaistettu prosessikaavio malmin louhinnasta lähtien on esitetty kuvassa 3-1.

Malmin jauhatus ja rikastus tapahtuu rikastamorakennuksessa.

Vaahdotuksessa talkki nostetaan lietteestä sen pintaan puhaltamalla lietteeseen ilmakuplia. Talkki erotetaan malmilietteestä talkkivaahdotteen avulla.

Rikastusprosessissa valmistuvasta talkkirikasteesta osa pumpataan vesilietteenä talkkitehtaalle jatkojalostettavaksi. Osa talkkirikasteesta puhdistetaan käyttäen magneettista erotusta, jolla saadaan rautapitoiset mineraalit erotettua lopputuotteesta. Magneettierottimella puhdistettu talkkirikaste syklonoidaan, suodatetaan ja jauhetaan vasaramyllyllä lopputuotteeksi tai toimitetaan SL-rikasteena jatkojalostettavaksi yhtiön muille tehtaille. Puhdistettu SL-rikaste soveltuu raaka-aineeksi erikoistuotteisiin.

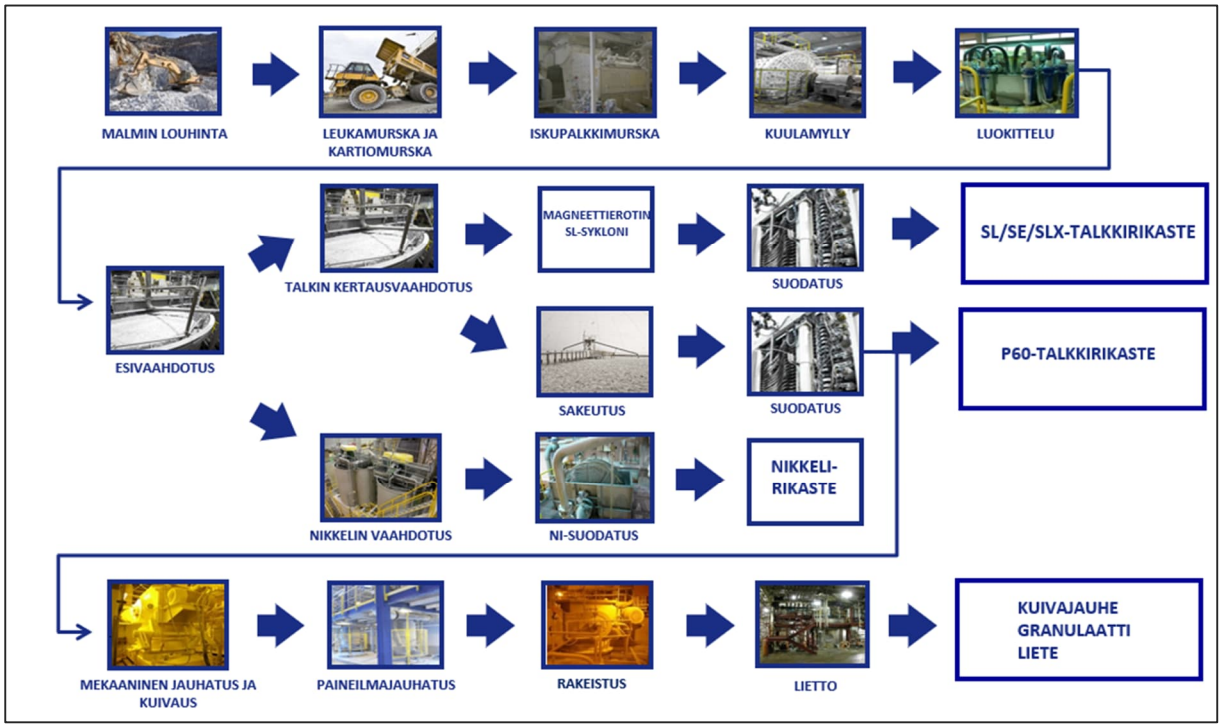
Talkkipiirin rejekti syötetään sykloniluokituksen kautta nikkelivaahdotukseen. Nikkelin vaahdotuksessa käytetään samanlaista prosessia kuin talkilla, mutta kemikaaleina käytetään tavanomaisia metallimalmin vaahdotuksessa käytettäviä kemikaaleja.

Nikkelirikaste erotetaan talkkivaahdotuksen rejektistä monivaiheisessa vaahdotuksessa. Saatu nikkelirikaste suodatetaan kiekkosuodattimella noin 10 % kosteuteen. Suodinkostea rikaste säkitetään ja toimitetaan suursäkeissä asiakkaalle.

Vaahdotusprosessista syntyvä rejekti, rikastushiekka, pumpataan prosessivesien kanssa rikastushiekan läjitysalueelle.

Osa jauhetusta talkista rakeistetaan tiivistyskoneissa 6–8 mm:n granulaateiksi. Rakeistus tehdään tuotteen varastoinnin ja käsiteltävyyden parantamiseksi. Rakeistettu tuote siirretään suoraan liettoprosessiin taikka hihnakuljettimella bulk-varastoon (välivarasto) ja sieltä edelleen liettoprosessiin. Lisäksi lietettä tehdään suoraan kuivajauheesta. Valmis liete pumpataan varastosäiliöihin.

Talkkituotteet toimitetaan asiakkaille lietteenä, rikasteena, kuivajauheena ja granulaatteina.



Kuva 3-1. Prosessikaavio.

3.2.1 Nikkelilaitos

Nikkelilaitos oli toiminnassa vuosina 2016–2018. Neutraloimatonta nikkelilaitoksen rikastusjätettä (käytetty myös nimeä ferriarsenaattisakka) muodostui aiemmin nikkelilaitoksen prosessissa. Nikkelilaitoksen toiminta on päättynyt, eikä sakkoja enää muodostu lisää. Aikaisemmin muodostunutta neutraloimatonta jätettä (noin 5 000 tonnia) on välivarastoitu käytöstä poistettuihin sakeuttimiin (Taulukko 5-9). Tämä rikastejäte on suunniteltu sijoitettavaksi rikastushiekka-alueelle, rikastushiekka-altaaseen 2.



Kuva 3-2. Nikkelilaitoksen neutraloimattoman rikastusjätteen välivarastot. Nykyisin altaat on peitetty.

Itä-Suomen Aluehallintoviraston voimassa olevan lupapäätöksen nro 11/2020 (ISAVI/3914/2019) lupamääräyksissä 14 a-f annetaan määräykset neutraloimattoman nikkelilaitoksen rikastusjätteen sijoittamisesta rikastushiekka-alueelle ja siihen liittyvän rakennussuunnitelman toimittamisesta Pohjois-Karjalan ELY-keskukselle (nyk. LVV).

Lupamääräysten mukaisesti rikastusjätettä saa läjittää läjitysalueen eri lohkoille enintään kolmena noin kolmen metrin kerroksena. Läjitysalueen pohja on tiivistettävä ja pohjarakenteen tulee olla päältä lukien seuraava:

- suoja- ja kuivatuskerros, magnesiittihiekka > 500 mm
- LLDPE-kalvo 2,0 mm
- lujitekangas, lujuus 100/100 kN/m
- pohjan muotoilu, magnesiittihiekka.

Lisäksi rikastusjätteen läjitysalueen pohjan läjitysalueen sulkemisesta ja sen pintarakenteesta määrätään seuraavasti:

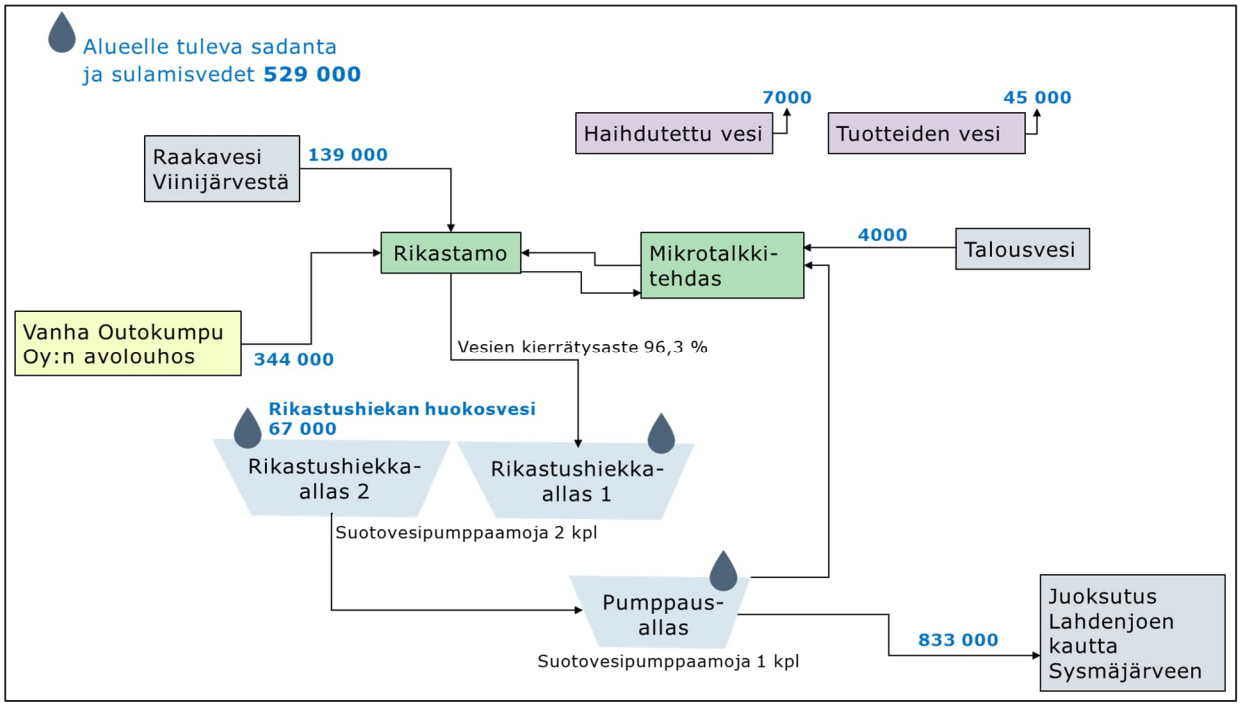
- Suljettavat lohkot tulee peittää magnesiittihiekalla, jonka päälle varsinainen pintarakenne tehdään.
- Läjitysalueelle tulee tehdä tiivis pintarakenne, jossa on päältä lukien seuraavat kerrokset:
    - kasvukerros, pintamaa 100 mm
    - ylempi moreenikerros 500 mm
    - alempi moreenikerros (seulottu) 300 mm
    - bentoniittimatto (> 4 kg/m^2).

Tällä hetkellä rikastejätteen määrä on vähäisempi kuin aiemmin on suunniteltu. Nikkelilaitoksen rikastusjätteen sijoittamiseen ja sulkemistoimiin liittyvää vakuutta tarkastellaan liitteenä olevassa sulkemissuunnitelmassa.

3.3 Vesienhallinta

Vuonoksen tehtailla tarvittava prosessivesi otetaan ensisijaisesti tehtaan sisäisestä vesikierrosta (kierrätysvesi), jossa vettä kierrätetään prosesseissa sekä rikastushiekka-alueella. Tarvittavaa täydennysvettä prosesseihin otetaan Viinijärvestä, noin kolmasosa prosessiveden kokonaismäärästä. Tehtaan vesikiertoon tulee vesiä myös Outokumpu Oy:n entisestä avolouhoksesta, jonka vesiä johdetaan vesienkäsittelyn kautta prosessivedeksi. Toiminnan prosessivesimäärät on esitetty luvussa 3.3.1. ja avolouhoksen vedenlaatutietoja on esitetty luvussa 3.3.2.

Vuonoksen toiminnan yksinkertaistettu kaavio vesikierrosta on esitetty kuvassa 3-3.



Kuva 3-3. Yleistasoinen vesitase (Pumppausallas = Lahdenjoen allas). Tarkastellut vesimäärät ovat vuosien 2020–2024 keskiarvoja, m3/a.

3.3.1 Prosessivesimäärä

Vuosina 2001–2024 Viinijärvestä otetun veden määrä on vaihdellut 69 000–2 554 000 m^3 välillä. Vuosien 2006–2024 aikana avolouhoksesta otetun veden määrä on vaihdellut noin 210 000–508 000 m^3 välillä. Vuonna 2024 Viinijärvestä otettiin vettä 122 000 m^3 ja avolouhoksesta 499 000 m^3. (AFRY Finland Oy 2025) Vuonoksen toiminnan vesimääriä on esitetty taulukossa 3-1.

Taulukko 3-1. Vesimäärät 2001–2024.

Vuosi	Raakavesi Viinijärvestä	Vesi avolouhoksesta (louhosjärvi)	Allasveden kierrätys	Suodatus Palautusvesi	Juoksutus Lahdenjokeen
	m^3/a	m^3/a	m^3/a	m^3/a	m^3/a
2001	2 220 400				2 282 160
2002					
2003	2 553 910				2 739 527
2004	2 167 300				2 844 961
2005					2 290 678
2006	2 216 000	270 000			2 284 089
2007	1 812 000	508 000			2 288 000
2008	1 019 000	376 000			2 140 500
2009	1 165 000	332 000			2 139 500
2010	996 529	401 000			1 693 741
2011	983 632	309 689			1 663 442
2012	545 079	349 878			1 495 796
2013	438 640	390 867			1 214 494
2014	402 461	329 672			1 112 644
2015	564 016	315 668			1 347 653
2016	635 470	210 184			1 536 261
2017	444 107	281 487			1 415 422
2018	228 655	282 333			791 446
2019	169 205	317 635	3 803 685	1 294 682	1 041 950
2020	267 127	381 920	3 585 614	1 191 485	1 133 382
2021	153 342	222 568	3 718 326	1 188 659	638 087
2022	69 308	219 391	3 594 992	1 003 405	415 593
2023	82 008	392 012	3 753 748	847 588	1 057 854
2024	122 155	499 275	4 086 336	1 150 783	918 202

3.3.2 Avolouhoksen vedenlaatu

Avolouhoksen vedenlaatua on selvitetty vuonna 2016 ja 2025.

Vuonna 2016 näytteet otettiin 1, 30, 50 ja 70 metrin syvyyksiltä. Tulokset on esitetty taulukossa 3-2. Avolouhoksen veden happipitoisuus väheni syvemmällä, ja vesi oli hapetonta 50 metrin alapuolella. Pintakerroksessa vesi oli lievästi emäksistä, ja syvemmällä lievästi hapanta. Nikkelin ja sinkin pitoisuudet olivat pintakerroksessa selvästi

matalammat kuin 30–70 metrin syvyydellä. Kuparin ja raudan pitoisuudet olivat melko samalla tasolla 1 ja 30 metrin syvyyksillä, mutta pitoisuudet kasvoivat 50 ja 70 metrin syvyyksille mentäessä. Arseenin pitoisuudet pysyivät melko samalla tasolla kaikilla näytteenottosyvyyksillä, mutta lievää pitoisuuden nousua oli havaittavissa louhosveden syvimmässä kerroksessa. Sulfaatin pitoisuus oli samalla tasolla 30–70 m syvyydellä.

Taulukko 3-2 Avolouhoksen vedenlaatu vuonna 2016 syvyyksillä 1, 30, 50 ja 70 m.

Hav.paikka	Lämpötila	Happi	Happi%	pH	Sulfaatti	Ni	Cu	Zn	Fe	As
Syvyys (m)	°C	mg/l	Kyll-%		mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
3667 / Louhos (vanha louhos)										
13.6.2016										
1	13,3	10,1	97	7,2	130	110	0,79	50	140	0,17
30	4,9	1,1	8,4	6,5	190	420	1,1	860	330	<0,1
50	5,1	0	0	6,5	200	500	13	1200	5000	0,35
70	5,1	0	0	6,7	210	460	10	850	6000	0,58

Vuoden syyskuussa 2025 avolouhoksen vedestä mitattiin maastossa veden lämpötila, sähkönjohtokyky, happiprosentti (DO%) ja pH. Mittaukset tehtiin yhdestä pisteestä syvyyssuunnassa pinnasta noin 50 metriin tasaisesti mitaten, jonka jälkeen mittaus noin 60 ja 70 metristä. Kuten vuonna 2016, avolouhoksen veden happipitoisuus väheni syvemmällä, ja vesi oli lähes hapetonta noin 28 metrin alapuolella. Vastaavasti, kuten vuonna 2016 avolouhoksen pintakerroksessa vesi oli lievästi emäksistä, ja syvemmällä lievästi hapanta. Veden pH-arvo vaihteli välillä 6,6–7,7. Sähkönjohtokyky vaihteli välillä noin 35–55 mS/m. Syyskuussa 2025 avolouhoksen vedestä tutkittiin myös laajemmin aineita. Tulokset on esitetty taulukossa 3-3.

Taulukko 3-3. Avolouhoksen vedenlaadun mittaustulokset 9.9.2025. Vedenlaatua on tutkittu pinnasta alaspäin yhden, viiden, 20, 30, 50 ja 70 metrin syvyydestä. Pitoisuudet ovat sekä kokonaispitoisuuksina (ilman suodatusta) että suodatettuina (liuk.).

Syvyys (m) / muuttuja	Yksikkö	1	5	20	30	50	70
Typpi (N)	µg/l	130	140	200	170	200	240
Fosfori (P)	µg/l	<3	<3	3	<3	3	<3
SO_4	mg/l	110	110	120	150	160	170
Al	µg/l	10	10	5,2	2,2	3,7	5,3
Al liuk.	µg/l	6,2	6	3,2	<0,5	<0,5	0,64
As	µg/l	0,18	0,19	0,13	0,16	0,29	0,58
As liuk.	µg/l	0,14	0,14	0,13	<0,1	0,19	0,43
B	µg/l	15	15	16	29	32	35
B liuk.	µg/l	15	14	16	29	31	32
Ba	µg/l	8,2	8,5	9	13	14	15
Ba liuk.	µg/l	8,2	8,5	9	13	14	14
Ca	mg/l	33	32	36	45	49	51
Ca liuk.	mg/l	33	31	34	45	45	50
Cd	µg/l	0,035	0,028	0,04	0,35	0,27	0,49
Cd liuk.	µg/l	0,028	0,026	0,039	0,022	0,04	0,026

Syvyys (m) / muuttuja	Yksikkö	1	5	20	30	50	70
Co	µg/l	0,25	0,18	0,23	86	120	140
Co liuk.	µg/l	0,16	0,062	0,088	84	120	130
Cr	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cr liuk.	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cu	µg/l	2,3	1,5	2,5	0,92	7,7	15
Cu liuk.	µg/l	2,3	1,2	2,5	0,65	1,1	0,69
Fe	µg/l	100	92	170	2300	8000	9900
Fe liuk.	µg/l	58	48	120	730	6700	8500
Hg	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Hg liuk.	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
K	mg/l	3,5	3,6	4	5,1	5,2	5,3
K liuk.	mg/l	3,4	3,5	4	5	5,1	5,3
Mg	mg/l	17	17	19	25	28	28
Mg liuk.	mg/l	17	17	19	25	27	27
Mn	µg/l	4,9	3,5	16	450	570	660
Mn liuk.	µg/l	2,8	0,9	13	440	560	650
Mo	µg/l	0,21	0,19	0,2	0,36	0,61	0,73
Mo liuk.	µg/l	0,14	0,16	0,19	0,31	0,57	0,69
Na	mg/l	5,5	5,6	6,3	8,7	9,1	9,2
Na liuk.	mg/l	5,5	5,4	6,2	8,6	8,9	9,2
Ni	µg/l	85	86	91	420	560	630
Ni liuk.	µg/l	85	84	91	420	550	610
Pb	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Pb liuk.	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
S	µg/l	41000	41000	46000	56000	60000	62000
S liuk.	mg/l	41	41	46	56	60	61
Sb	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Sb liuk.	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Se	µg/l	<0,1	0,11	0,33	0,17	0,16	0,24
Se liuk.	µg/l	<0,1	<0,1	0,33	<0,1	0,16	<0,1
U	µg/l	0,23	0,23	0,21	0,39	0,79	1,2
U liuk.	µg/l	0,23	0,22	0,2	0,25	0,64	1,1
V	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
V liuk.	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Zn	µg/l	26	26	38	480	710	750
Zn liuk.	µg/l	23	24	38	440	680	710

Vuosina 2023–2025 rikastamolle tulevan avolouhoksen veden pH on ollut noin 6,5, nikkelin pitoisuus noin 1 mg/l, arseenin pitoisuus alle 0,009 mg/l, sulfaatin pitoisuus 214 mg/l ja raudan pitoisuus 15,5 mg/l (kirjallinen tiedonanto Mondo Minerals 23.5.2025).

3.4 Rikastushiekka-alue

Prosessivedet ja magnesiittihiekka pumpataan rikastushiekka-alueelle. Rikastushiekka-alueelle pumpattavaan veteen lisätään rikastamolla kalkkia tai lipeää nikkelipitoisuuksien alentamiseksi ja tarvittaessa ferrisulfaattia arseenin poistoon. (AFRY Finland Oy 2024)

Rikastushiekka-altaille on aiemman toiminnanharjoittajan (Outokumpu Oy) toimesta läjitetty silloisessa toiminnassa muodostunutta rikastushiekkaa, josta tässä yhteydessä käytetään termiä sulfidirikastushiekka. Sulfidirikastushiekkakerroksen paksuus altailla on keskimäärin noin 6 metriä. Rikastushiekka-altaan päällimmäisenä kerroksena on Mondo Mineralsin nykyisestä toiminnasta muodostuvaa magnesiittihiekkaa. Magnesiittihiekkakerroksen paksuus on keskimäärin noin 9 metriä. Sulfidirikastushiekan ja magnesiittihiekan vaihettumiskerros on noin metrin paksuinen.

3.5 Kemikaalit

Kemikaaleja käytetään talkkitehtaan ja rikastamon prosesseissa. Kemikaaleja ja niiden syöttöä optimoidaan jatkuvasti toiminnan aikana, joten käytössä olevat kemikaalit ja niiden määrät voivat vaihdella.

Rikastuskemikaaleja käytetään erottamaan haluttu erotettava fraktio jauhetusta kiviaineksesta. Talkin rikastuksessa ja jatkojalostuksessa käytetään alkoholijohdannaista vaahdotetta, kokooja-, aktivointi-, säännöstely- sekä liettokemikaaleja.

Prosessivedet ja magnesiittihiekka pumpataan rikastushiekka-alueelle. Rikastushiekka-alueelle pumpattavaan veteen lisätään rikastamolla kalkkia tai lipeää nikkelipitoisuuksien alentamiseksi ja tarvittaessa ferrisulfaattia arseenin poistoon. Vedet selkeytyvät rikastushiekka-alueella sekä edelleen välialtaassa ja pumppausaltaassa. Toiminnassa vuonna 2024 käytettyjen kemikaalien kulutus on esitetty taulukossa 3-4.

Taulukko 3-4. Rikastamolla, vesienkäsittelyssä ja talkkitehtaalla käytettävät kemikaalit, niiden käyttökohteet ja vuotuiset käyttömäärät vuonna 2024 (lähde: Mondo 2024a).

Kemikaalit	Kulutus (t/a)
Rikastamo ja talkkitehdas	
Rikastuskemikaalit	116
Liettokemikaalit	512
Vedenkäsittelykemikaali	365

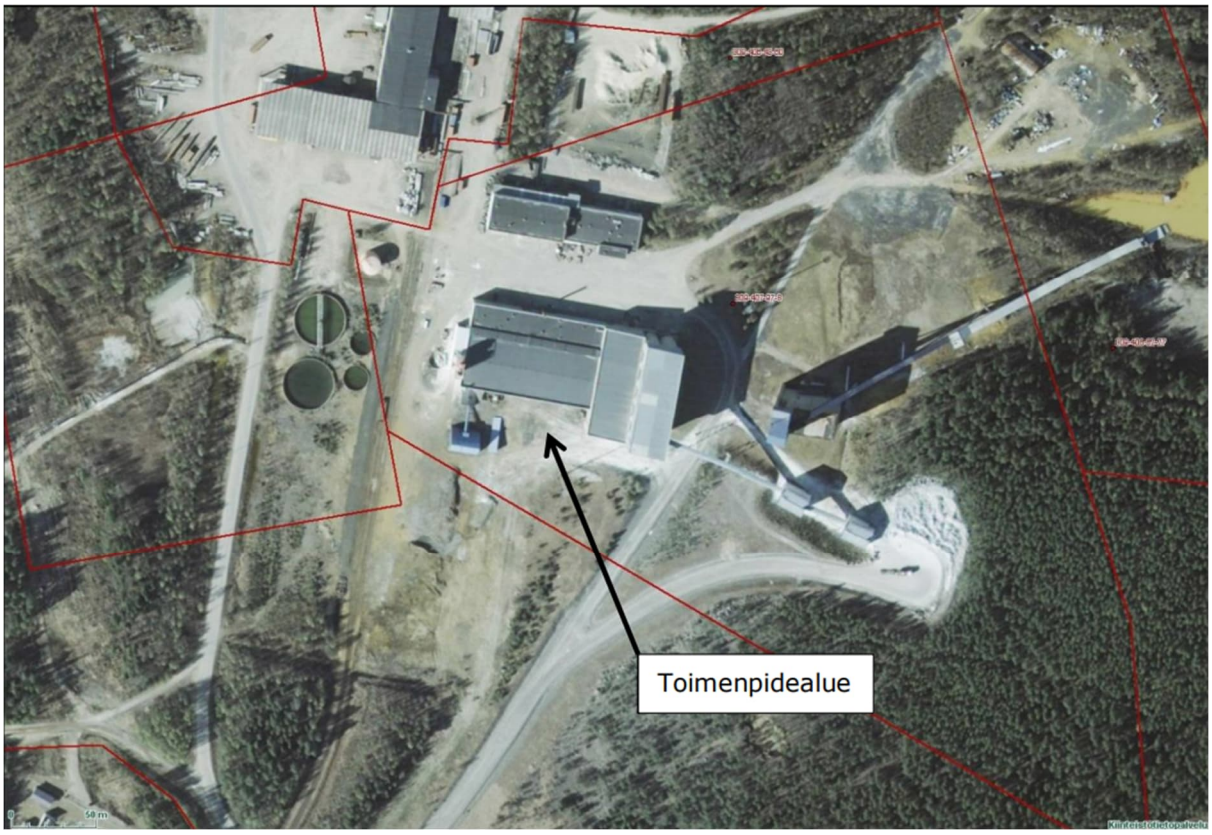
3.6 Tehdasalueen pilaantuneisuustutkimukset

Vuonna 2014 Mondo Mineralsin Vuonoksen teollisuusalueelta otettiin maaperänäytteitä kolmesta tutkimuspisteestä, joista osasta tutkittiin kenttämittareilla metallipitoisuuksia ja hiilivetyjen kokonaispitoisuutta. Kenttämittausten ja -havaintojen perusteella valittiin 4 näytettä laboratorioanalyyseihin. Laboratoriossa näytteistä tutkittiin raskasmetalleja (3 näytettä) ja öljyhiilivetyjä (4 näytettä). Näytteiden analysointi tehtiin SGS Inspection

Services Oy:n laboratoriossa, joka on Mittatekniikan keskuksen akkreditoima laboratorio. (Pöyry Finland Oy 2014)

Toteutetuissa tutkimuksissa Vuonoksen teollisuusalueen (Kuva 3-4) maaperässä todettiin PIMA-asetuksen ylemmän ohjearvotason ylittäviä pitoisuuksia sinkkiä, kuparia, nikkeliä ja yhdessä näytteessä kromia. Tutkimuksessa ei todettu olennaisesti kohonneita öljyhiilivetyjen pitoisuuksia. Edellä mainitut kohonneet raskasmetallipitoisuudet todettiin syvyyskerroksia 0,5–2,5 m edustaneissa näytteissä, ja yli 2,5 metrin syvyydellä pitoisuudet olivat alhaisia. Pilaantuneisuuden vaakasuuntaista laajuutta ei tutkimuksilla ole rajattu. (Pöyry Finland Oy 2014; Ramboll Finland Oy 2014)

Tästä pilaantuneeksi luokitellun maa-aineksen käsittelystä tehtiin ilmoitus pilaantuneen maaperän kunnostamisesta (Ramboll Finland Oy 2014) alueelliselle ELY-keskukselle (nyk. LVV).



Kuva 3-4 Ilmakuva PIMA-kohteesta, josta poistettavat maat sijoitettiin rikastushiekka-altaalle 1. (kuva Ramboll Finland Oy 2014)

Pilaantunut maa-aines oli pääasiassa hiekkaa ja moreenia ja poistettava massamäärä oli 5880 tonnia (noin 3000 m^3 ktr, Ramboll Finland Oy 2014). Kaivumaat sijoitettiin Vuonoksen alueella olevalle rikastushiekka-altaalle 1 (Sweco Ympäristö Oy 2014)

Maaperän pilaantuneisuuden päähaitta-aineet (Zn, Ni, Cu) ovat vastaavia, kuin mitä alueella vuosina 1971–85 harjoitetun (Outokumpu Oy) kuparimalmin rikastuksessa peräisin olevassa ja nykyisen rikastushiekka-alueen pohjoisosaan läjitetyssä rikastushiekassa esiintyy. Lisäksi koska kohonneita pitoisuuksia ei esiinny aivan pintamaakerroksissa, voidaan todetun maaperän pilaantuneisuuden arvioida aiheutuneen kuparimalmin rikastuksen yhteydessä maaperään joutuneesta rikastushiekasta tai

täytöissä aikanaan käytetyistä sivukiviperäisistä materiaaleista. (Ramboll Finland Oy 2014)

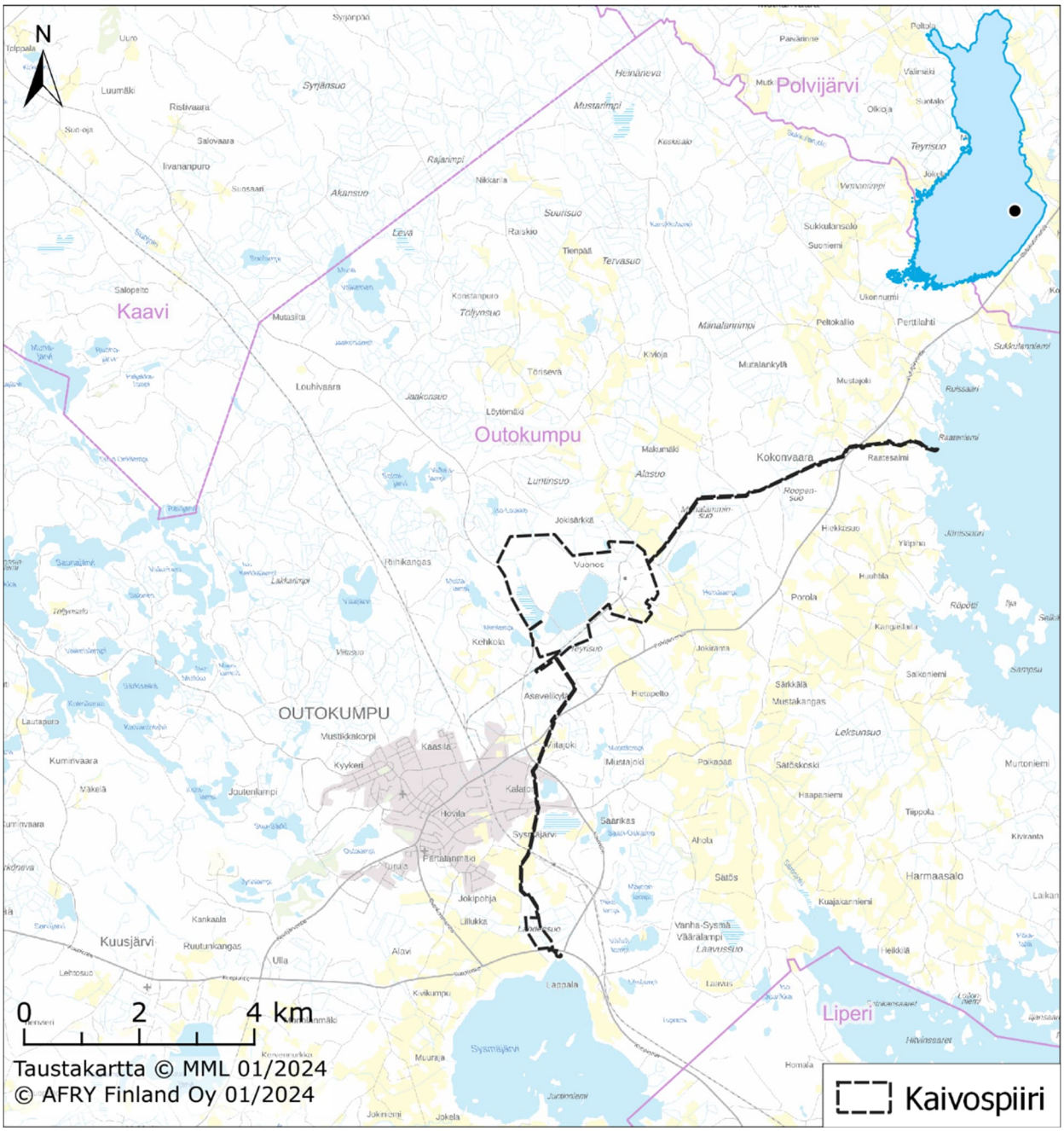
4 Kaivoksen sijainti ja ympäristö

4.1 Sijainti

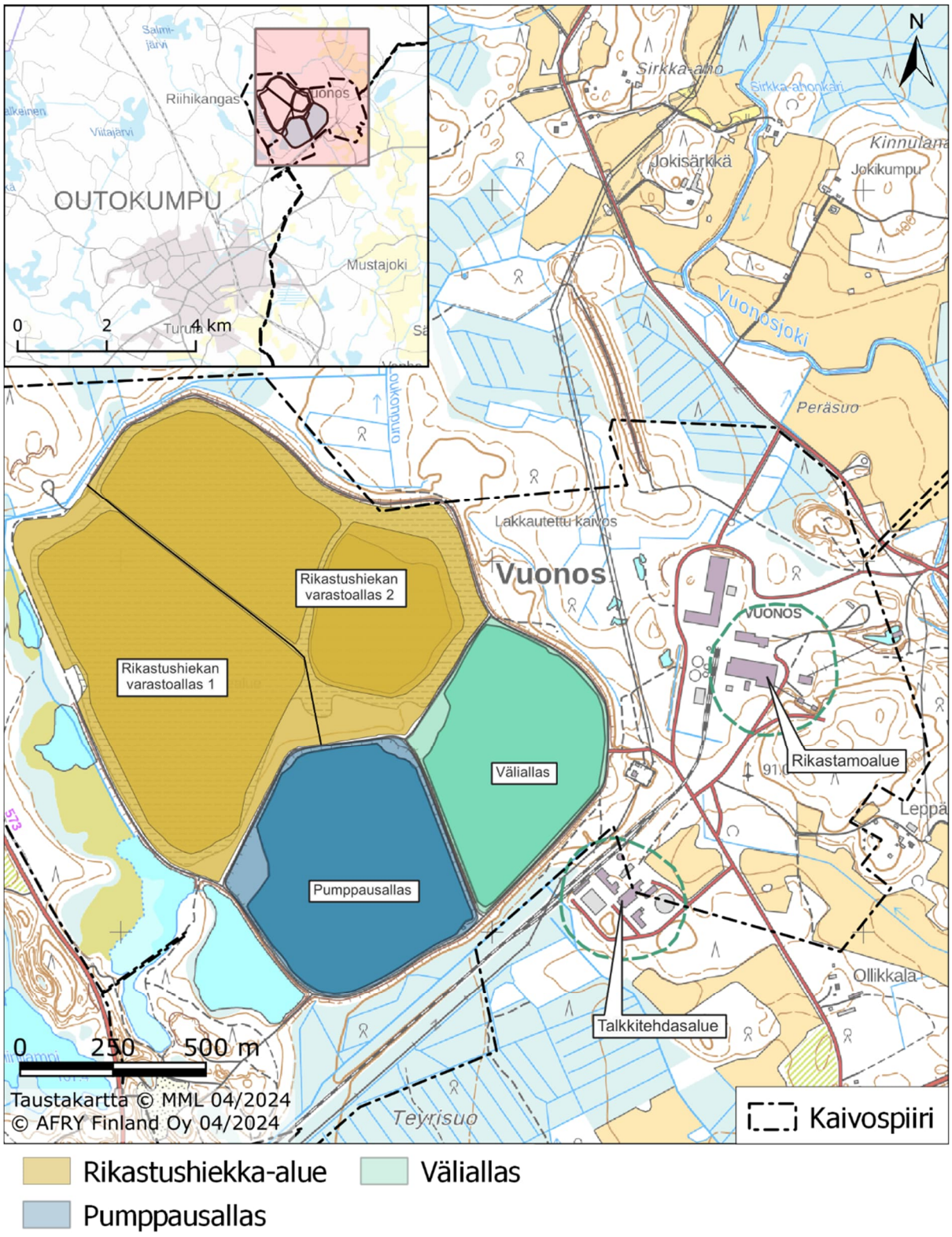
Vuonoksen tehdastoiminnot sijaitsevat Outokummun kaupungin Sysmän ja Taipaleen kylissä Vuonoksen teollisuusalueella noin kuusi kilometriä kaupungin keskustasta koilliseen. Vuonoksen tehdasalueen sijoittuminen kartalla on esitetty kuvassa 4-1. Vuonoksen tehdastoiminnot käsittävät talkin ja nikkelin rikastuksen sekä talkkirikasteen jatkojalostuksen erilaisiksi talkkituotteiksi talkkitehtaalla. Tuotannossa muodostuva rikastushiekka läjitetään rikastushiekan läjitysalueelle. Rikastushiekan läjitysalueelta selkeytyneet vedet johdetaan alkuun paineviemäriputkea ja myöhemmin viettoviemäriä pitkin Lahdenjokeen ja edelleen Sysmäjärveen. Vuonoksessa ei ole nykyisellään kaivostoimintaa, vaan malmi tuodaan Vuonoksen tehtaalle Polvijärven kaivoksilta.

Tehdastoiminnot sijaitsevat toimintansa lopettaneen Outokumpu Oy:n Vuonoksen kaivoksen alueella, joka on nykyisin Mondo Mineralsin omistama alue.

Vuonoksen tehdasalueen toiminta koostuu malmin rikastuksesta talkki- ja nikkelirikasteeksi sekä jatkojalostuksesta erilaisiksi talkkituotteiksi talkkitehtaalla. Toimintojen sijoittuminen alueella on esitetty kuvassa 4-2.



Kuva 4-1. Hankealueen sijainti.



Kuva 4-2. Vuonoksen rikastamon ja talkkitehtaan sekä rikastushiekka-alueen sijainnit. Kaivospiiri on esitetty kuvassa katkoviivalla.

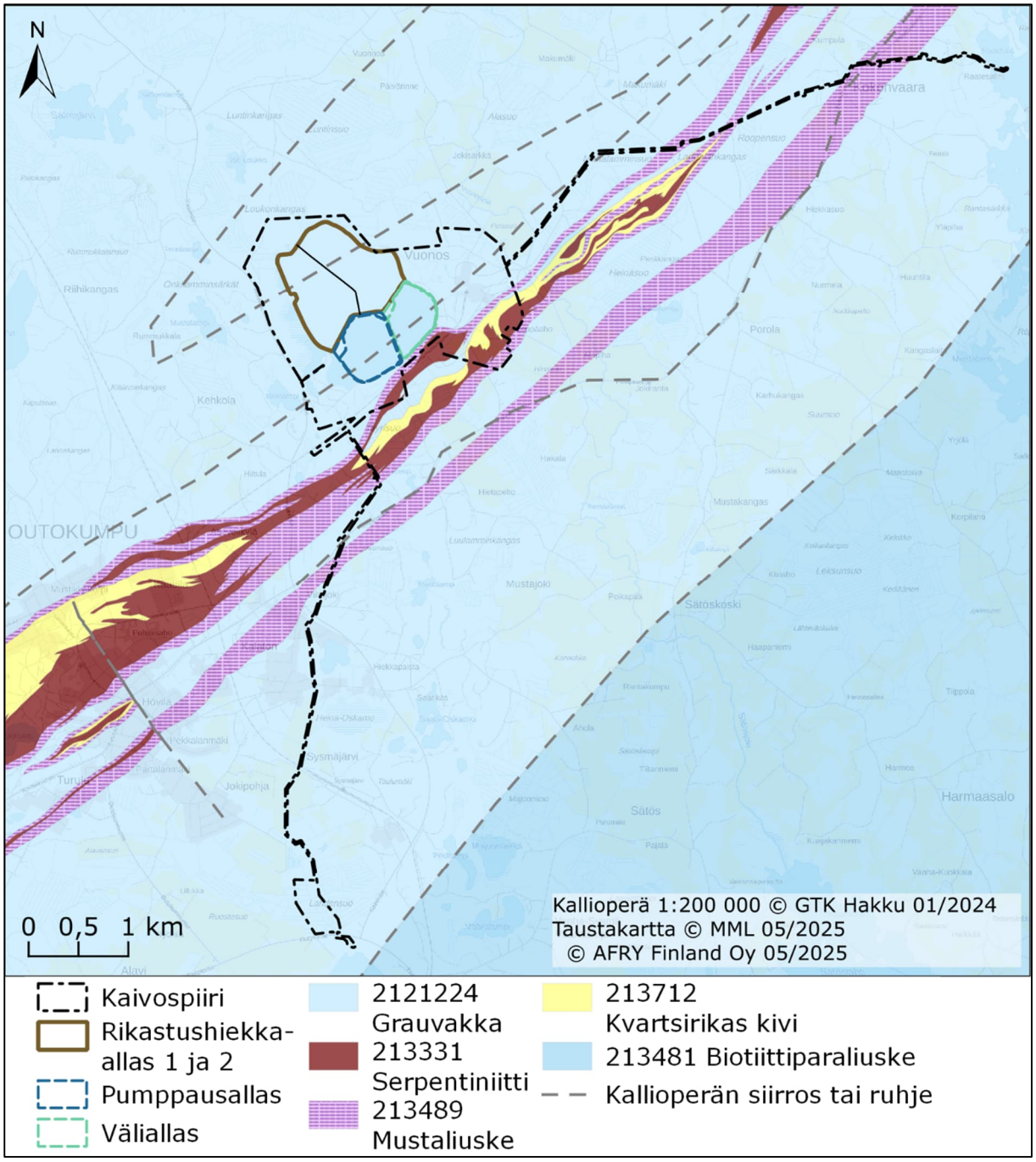
4.2 Geologia

4.2.1 Kallioperägeologia

Vuonoksen malmiesiintymä sijaitsee Outokumpu-kivilajijaksossa. Jakson tunnusomaisia kiviä ovat serpentiniitti-ofioliitit (Mg-valtaisia kiviä), joihin liittyy läheisesti alkuaan merellisiä sedimenttikivikerroksia (kiilleliuske, mustaliuske, kvartsiitti, dolomiitti, karsikivi). Kivilajijakson ympäristö koostuu pääasiassa kiillegneissistä (Huhma 1975).

Yleispiirteisestä kallioperäkartasta havaitaan, että kaivospiirin alueella kallioperä koostuu grauvakasta ja kaakkoisosiltaan mustaliuskeesta, serpentiniitistä ja kvartsirikkaasta kivestä (Kuva 4-3). Grauvakka on matriksia 15–75 % sisältävä hiekkakivi, jonka mineraali- ja kivilajikappaleet eli -klastit ovat kulmikkaita, ja jonka aines on kerrostunut nopean rapautumisen ja kuljetuksen tuloksena. Matriksi eli välimassa on sedimentin tai sedimenttikivilajin klastien välitilan täyttävä klasteja pienirakeisempi aines. Serpentiniitti on metamorfinen kivi, joka koostuu serpentiiniryhmän mineraaleista, jotka ovat oliviinin ja pyrokseenien muuttumistuloksia (Lehtinen ym. 1998). Mustaliuske on grafiitti- ja kiisupitoinen kiilleliuske. Se aiheuttaa ongelmia yleensä metallipitoisuuksien ja happaman valuman riskin takia.

Kallioperäaineiston (GTK 2025a) mukaan rikastushiekka-altaan alueella on kaksi siirrosta (*thrust fault*).



Kuva 4-3. Kallioperän yleispiirteet sekä ruhjeet kaivospiirin alueella.

4.2.2 Maaperägeologia

Rikastushiekka-alue (120 ha) sijoittuu Hyttisuolle ja on nykyisin talkkituotannon käytössä. Rikastushiekka-alueen pohjalla on aiemman metallikaivostoiminnan rikastushiekkaa (Räisänen & Korhonen 2015).

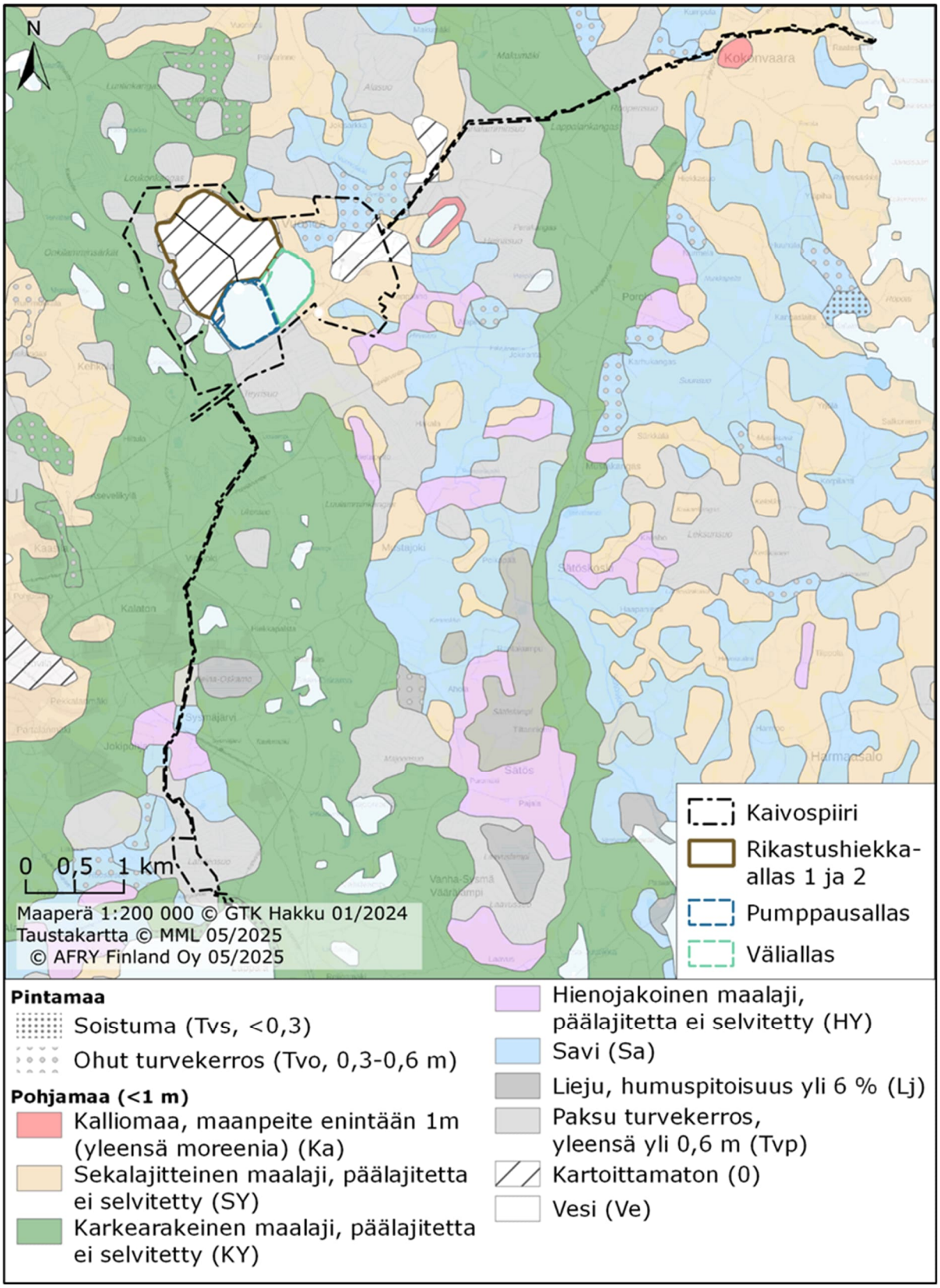
Rikastushiekka-alue on turve- ja hieta- tai hiesukerrosten päällä, joiden alla on kantava moreeni. Läjitysalue sijoittuu kahden luode-kaakkosuuntaisen harjujakson väliin Vuonosjokilaaksoon. Harjun karkearakeisen ydinosan lievealueen hienoja hiekka-, hieta- ja hiesumuodostumia esiintyy läjitysalueen pohjoispuolella. Läjitysalueen länsireunamalla

harjun lievealueella maa-aines vaihtelee hienosta hiekasta hiesuun ja maakerrosten peitteenä on turvetta yli 1 metrin paksuudelta. Harjun ulkonema työntyy kahdesta kohtaa läjitysalueen länsireunalla reunapadon tuntumaan. Pohjoisemmassa ulkonemassa harjun karkean aineksen epäillään työntyvän hiesukerrostuman alla padon tuntumaan. Padon kohdalla kumpare on moreenia, jossa voi esiintyä karkearakeisia kerroksia. Eteläisemmän ulokkeen maalaji on hiekkaa ja aivan ulokkeen kärjessä hienoa hiekkaa tai hiesua. Muualla rikastushiekan läjitysalueen ympäristössä maaperä muodostuu moreenikumpareista ja niiden välisiin painanteisiin sedimentoituneista ja huuhtoutuneista savi-, hienohiekka- ja hiesukerroksista. Teyrisuon alueella maakerrosten peitteenä on paksu turvekerros. Moreenikumpareiden maalajit vaihtelevat hiekkamoreenista silttiseen moreeniin. Karkearakeisia moreenimuodostumia esiintyy Teyrisuon kohdalla turpeen alla läjitysalueen välipadon kohdalla ja tehdasalueen luoteispuolella. Muuallakin alueella ainakin moreenin pintaosat voivat olla karkearakeisia. (Pöyry Finland Oy 2011)

Yleispiirteinen maaperäkartta rikastushiekka-altaan lähiympäristöstä ja kaivospiirin alueelta on esitetty kuvassa 4-4. GTKn karttapalvelun perusteella (GTK 2025a) maakerroksen paksuus rikastushiekka-altaan kohdalla ja sen itäpuolella on noin 10 m, eteläpuolella 13–15 m ja länsi- sekä pohjoispuolella harjumuodostuman kohdalla noin 30 m.

Kaivospiirin alueella tai sen läheisyydessä ei sijaitse arvokkaita kallioalueita, arvokkaita kivikkoja tai arvokkaita moreeni-, tuuli- tai rantakerrostumia.

Kaivospiirin alueella tai sen läheisyydessä ei esiinny happamia sulfaattimaita eikä mustaliuskeita. Lähimmät kairasydämistä vahvistetut mustaliuskehavainnot ovat Teyrisuon läheisyydessä reilun kilometrin päässä rikastushiekka-alueiden eteläpuolella (GTK 2025b).



Kuva 4-4. Maaperän yleispiirteet kaivospiirin alueella.

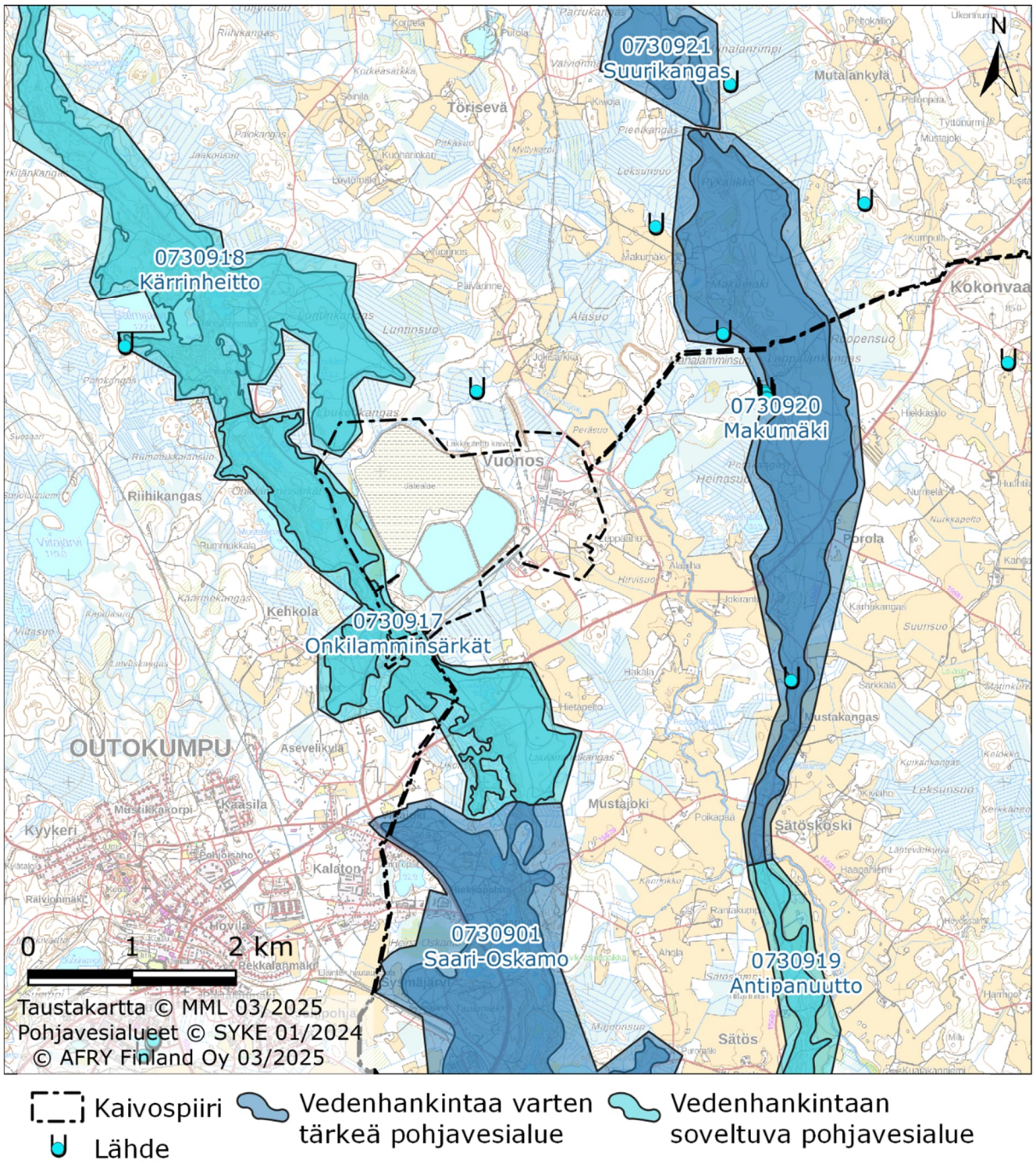
4.3 Pohjavesiolosuhteet

4.3.1 Pohjavesialueet ja lähteet

Rikastushiekka-alueen länsipuolella sijaitsee Onkilamminsärkkien vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue (0730917, luokka 2E). Ympäristöhallinnon pohjavesialuekuvauksen (SYKE 2024a) mukaan Onkilammensärkät liittyy Outokummun keskustaajaman itäpuolelle erkanevaan läntisempään harjujaksoon. Särkillä on erotettavissa selkeä pääselänne ja siihen liittyviä harjulaajentumia etenkin eteläosalla. Onkilamminsärkät rajoittuvat kauttaaltaan soihin, joille myös muodostuvat pohjavedet purkautuvat. Aluetta reunustavat useat lammet, ja myös muutama suppalampi on alueella. Pohjoisessa pääasiallinen pohjaveden virtaussuunta on pohjoisesta etelään. Maa-ainestenotto on pinta-alaan nähden vähäistä ja keskittynyt alueen eteläosiin. Pohjavesialueella ei ole vedenottamoa. Vuonna 1992 suoritetuissa kerrosantoisuuspumppauksissa antoisuus oli yhdessä tutkimuspisteessä suurimmillaan 430 m^3/d. Pohjaveden happipitoisuus oli kuitenkin alhainen sekä rauta- ja mangaanipitoisuudet olivat koholla. Alue luokitellaan E-luokkaan (”Pohjavesialue, jonka pohjavedestä pintavesi- tai maaekosysteemi on suoraan riippuvainen”) Kehkolanpuron varren laajojen tihkupinta-alueiden vuoksi. Maa-ainesten oton, liikenteen aiheuttamien päästöjen, vaarallisten aineiden kuljetusten sekä kaivosten jätevesipäästöjen (rikastushiekan läjitysalue) riskit pohjavesialueella on arvioitu kohtalaisiksi. Koboltin pitoisuus on ylittänyt vuosina 2013–2018 pohjaveden ympäristönlaatunormin yhdessä havaintoputkessa pohjavesialueella. Vuonna 2019 koboltin pitoisuus ko. havaintoputkessa alitti ympäristönlaatunormin. Pohjavesialueella ei ole suojelusuunnitelmaa.

Onkilamminsärkkien ja rikastushiekka-alueen pohjoispuolella on Kärrinheiton vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue (0730918, luokka 2) ja Onkilamminsärkkien pohjavesialueen eteläpuolella Saari-Oskamon vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue (0730901, luokka 1). Saari-Oskamon pohjavesialueella on vedenottamo, josta otetaan vettä noin 270 m^3/d. Ottamolla on lupa pumpata vettä 11000 m^3/d. Noin 2 km rikastushiekka-altaiden itäpuolella on Makumäen pohjavesialue (0730920, luokka 1E). Pohjavesialueet on esitetty kuvassa 4-5.

Vuonoksen kaivospiirin alueella ei ole lähteitä. Lähin lähde sijaitsee allasalueen pohjoispuolella. Lähteitä esiintyy myös Makumäen pohjavesialueen reuna-alueilla (Kuva 4-5).



Kuva 4-5. Pohjavesialueet ja lähteet.

4.3.2 Pohjaveden pinnankorkeudet ja virtaussuunnat

Vuonoksen alueella ei ole tehty maa- tai kallioperän vedenjohtavuuden mittauksia.

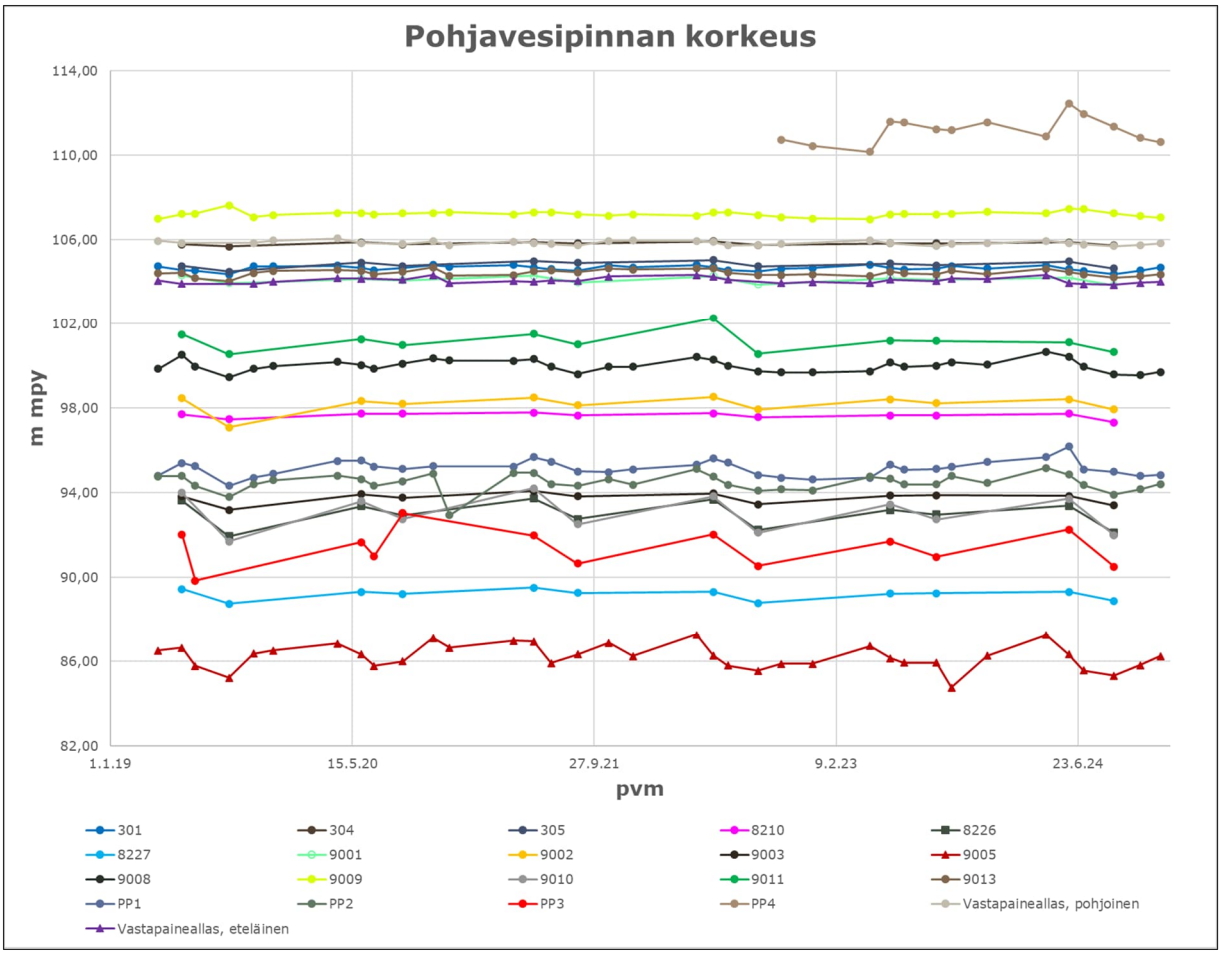
Pohjaveden korkeusasema seuraa karkeasti maaston topografiaa. Alavilla maastonkohdilla pohjavesi on lähellä maanpintaa ja korkeammilla maastonkohdilla syvemmällä. Pohjaveden tarkkailupisteet, mitatut pohjavesipinnan korkeustasot ja yleispiirteinen virtauskuva kohdealueella on esitetty kuvissa 4-6 ja 4-7. Pohjaveden pinnankorkeus on korkein rikastushiekka-altaan pohjois- ja länsipuolilla harjumuodostumassa.

Pohjoispuolella pinnankorkeus on noin 112–113 m mpy ja laskee harjumuodostumassa etelään päin tasolle 109 m mpy ja allasalueen eteläpuolella edelleen tasolle 99–104 m mpy. Harjumuodostuman itäpuolella pohjavesipinta laskee tasolle 94 m mpy ja allasalueen itäpuolella tasolle 85–90 m mpy. Harjualueella olevissa putkissa 9009 ja PP4 pohjaveden pinnankorkeudet ovat selvästi korkeammalla kuin läjitysalueen reuna-alueilla (esim. putket 302, 304 ja 305). Mutta harjualueen putkessa 301 pohjavesipinta on kuitenkin vain vähän korkeammalla kuin eteläisimmässä vastapainealtaassa. Vastapainealtaissa eteläisimmässä vesipinta on noin 104 m mpy ja pohjoisemmissa noin 105,8 m mpy.

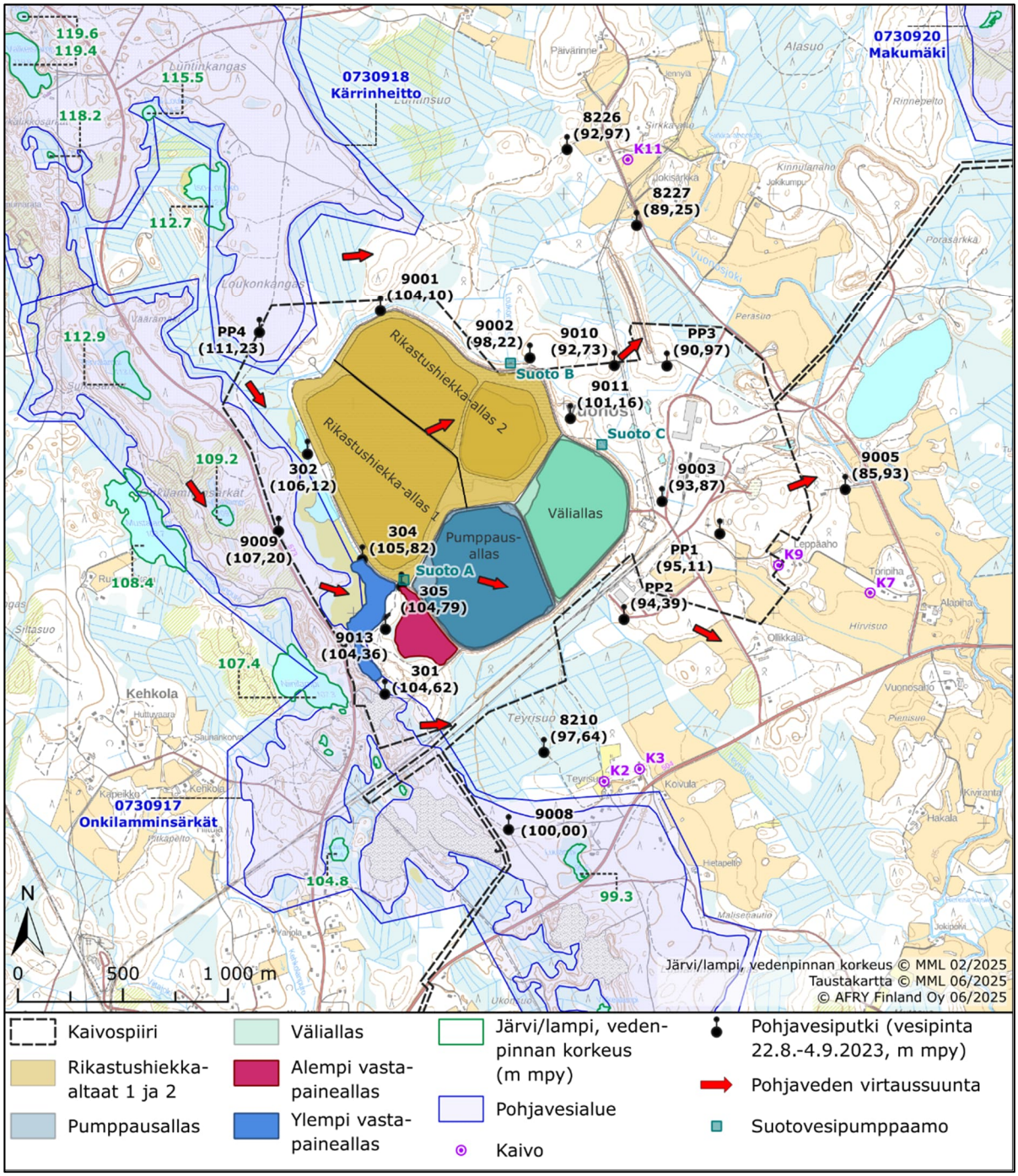
Vuonoksessa rikastushiekka on läjitetty Hyttisuolle, ja pohjamaana on turve, joka on todennäköisesti tiivistynyt vettä huonosti läpäiseväksi. Allasalueen länsipuolinen harju (Onkilamminsärkät) on geologiselta luonteeltaan ympäristöön vettä purkava eli antikliininen. Luontaisesti harju on purkanut pohjavesiä allasalueen alle jääneelle Hyttisuolle ja sieltä edelleen itäkaakkoon kohti nykyistä Teyripuroa. Rikastushiekka-altaiden rakentamisen jälkeen harjusta purkautuvien vesien virtaussuunta on kääntynyt enemmän etelään reunapadon suuntaan, ja Outokumpu Oy:n aikoinaan tekemät padotustoimet ovat nostaneet pohjavesipintojen korkeutta läntisen reunapadon tuntumassa. Havaintojen perusteella näyttää siltä, että rikastushiekka-alueen länsireunalla tapahtuu suotautumista vanhojen patojen lävitse ja alitse, mutta virtaus pysähtyy patojen vierialueelle ja suuntautuu etelään pitkin altaan sivustaa. Suotautumisen merkit ovat selvästi nähtävissä länsireunan allaspadon viereen asennettujen havaintoputkien 302 ja 304 vesianalyysituloksissa (luku 4.3.3). Rikastushiekka-altaan lounaiskulmalta ei näyttäisi olevan hydraulista yhteyttä harjun ydinosaan (Lassila ja Viitanen 2003), ja pohjaveden virtaus todennäköisesti kääntyy altailta eteläsuuntaan. Harjun itäreunaan sijoitetussa putkessa 301 pohjavesipinta on kuitenkin vain hieman korkeammalla kuin eteläisimmässä vastapainealtaassa.

Harjumuodostumassa pohjaveden virtaussuunta on pohjoisesta etelään, ja pohjavettä purkautuu ympäröiville suoalueille. Rikastushiekka-altaan alueelta pohjavesi virtaa pääosin koillisen–idän suuntaan ja eteläosalla myös kaakkoon. Pohjaveden virtausta ei lähtökohtaisesti tapahdu länsipuolella sijaitsevan Onkilamminsärkät pohjavesialueen suuntaan, mutta allasalue sijaitsee aivan pohjavesialueen rajan tuntumassa. Allasalueen ympärillä on suotovesiojat, joissa on pumppaamot (3 kpl). Suoto-ojista vedet palautetaan takaisin altaisiin. Allasalueen länsipuolella Onkilamminsärkät-pohjavesialueen rajalla olevissa luontaisissa vastapainealtaissa vesipinta pidetään korkeammalla kuin väli- ja pumppausaltaissa siten, että alemman vastapainealtaan pinta (noin 104 m mpy) on ylempänä kuin pumppausaltaan pinta (noin 102,5 m mpy) ja ylemmän vastapainealtaan pinta (noin 105,8 m mpy) on ylempänä kuin rikastushiekka-altaan 1 suotovesiojan pinta. Vastapainealtaissa veden virtaussuunta on pohjoisesta etelään. Rikastushiekka-altaiden vesipinta on korkeammalla kuin vastapainealtaiden, mutta ympärillä olevissa suotovesiojissa vesipinta on vastapainealtaiden vesipintaa matalammalla. Kohonneita sulfaatin pitoisuuksia ja sähkönjohtavuusarvoja on kuitenkin havaittu vastapainealtaissa viime vuosina, ja myös pohjavesiputkissa sähkönjohtokyvyssä ja sulfaatissa on havaittu nousujohteinen trendi (luku 4.3.3, Kuva 4-8 ja Kuva 4-9).

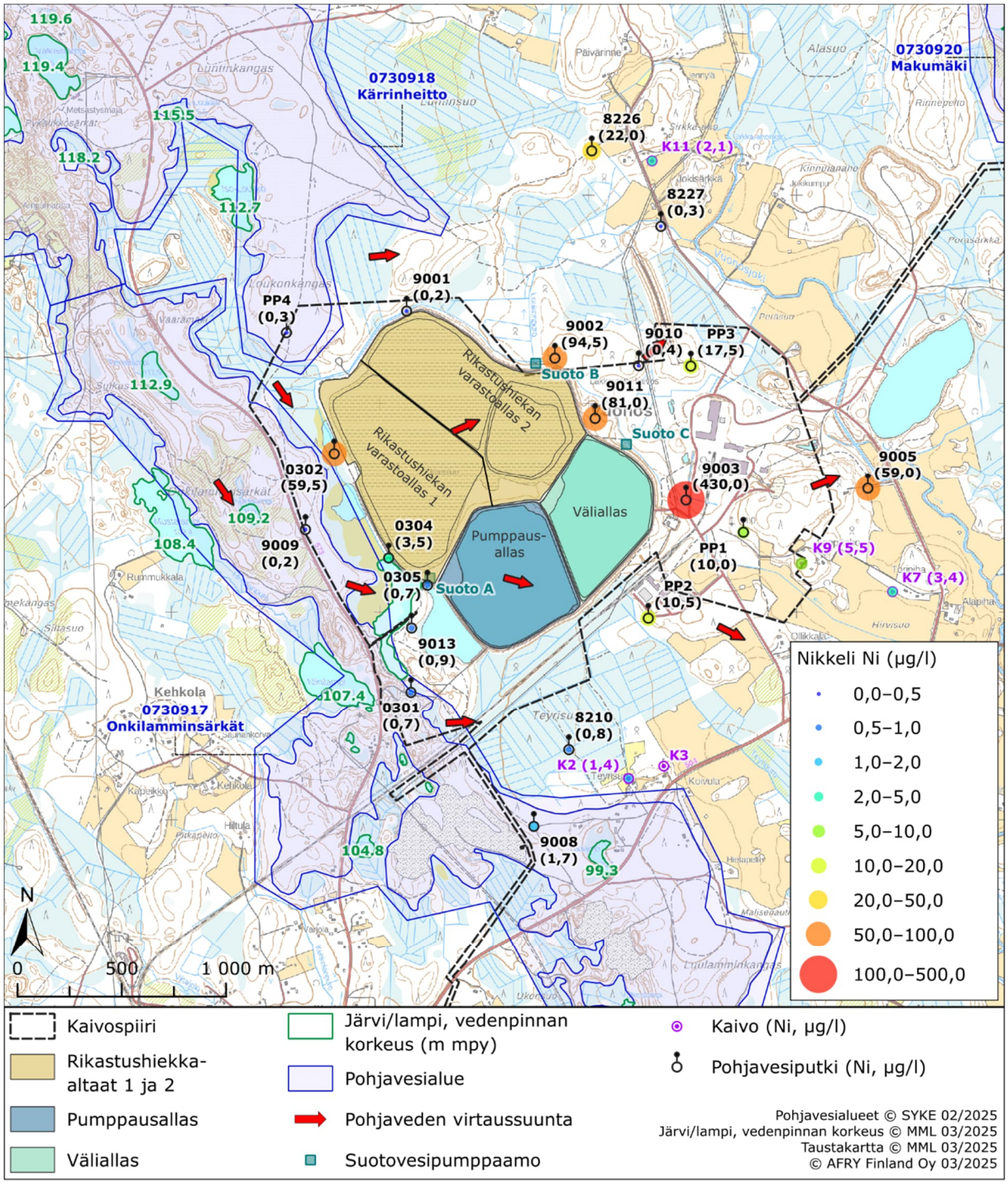
Korkeita pitoisuuksia on myös rikastushiekka-altaiden itäpuolella, mutta ne ovat pysyneet stabiileina, eikä nousutrendiä ole havaittu. Alueella on pilaantuneita maa-alueita.



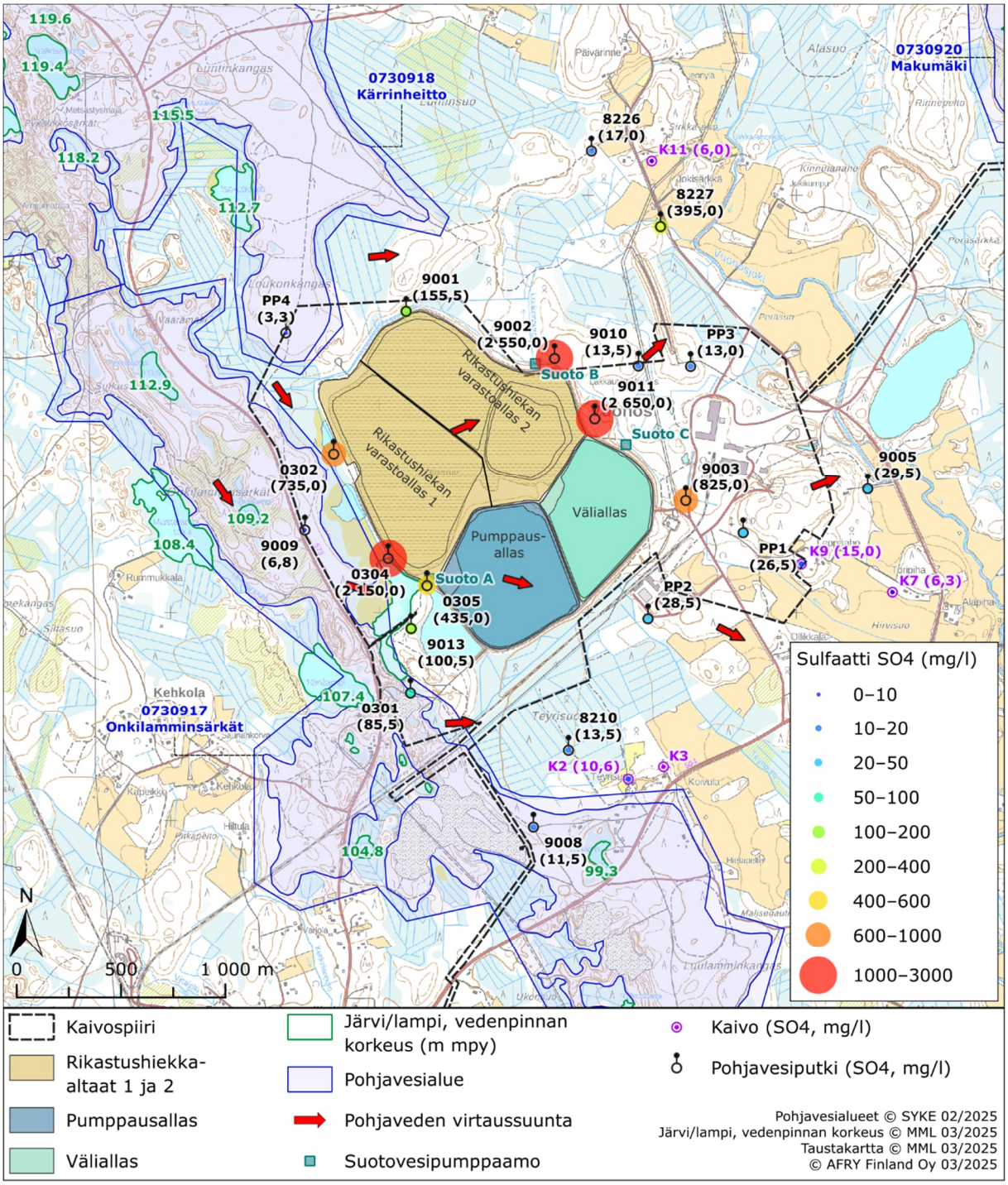
Kuva 4-6. Pohjavedenpinnan korkeuden seuranta vuosina 2019–2024.



Kuva 4-7. Pohjaveden tarkkailupisteet, suotovesipumppaamot, pohjavesipinnan korkeus (N60) ja yleispiirteinen virtauskuva kohdealueella. Pumppausaltaassa vesipinta on noin 102,5 m mpy ja välialtaassa noin 103,8 m mpy. Eteläisessä vastapainealtaissa vesipinta on noin 104 m mpy ja pohjoisessa vastapainealtaassa noin 105,8 m mpy. Rikastushiekka-altaissa vesipinta oli 2/2025 113,98 m mpy (RH1) ja 114,18 m mpy (RH2).



Kuva 4-8. Pohjavedentarkkailupisteissä mitatut nikkelipitoisuudet.



Kuva 4-9. Pohjaveden tarkkailupisteissä mitatut sulfaattipitoisuudet.

4.3.3 Pohjaveden laatu

Vuonoksen alueella on tarkkailtu pohjaveden pinnankorkeutta ja laatua useiden vuosien ajan. Vuonoksen alueella on tällä hetkellä tarkkailussa yhteensä 20 putkea ja 5 kaivoa. Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy on ottanut pohjavesinäytteet seuraavasti:

- pohjaveden havaintoputkien laaja tarkkailu ja kaivojen tarkkailu kahdesti vuodessa
- kahdeksan putken suppea tarkkailu kuudesti vuodessa
- Kaivojen veden laatu kahdesti vuodessa

Lisäksi kaivospiirin eteläpuolelle on asennettu neljä uutta pohjavesiputkea vuonna 2025. Nämä putket eivät sisälly vielä viralliseen tarkkailuun, koska tarkkailuohjelman päivitystä ei ole vielä hyväksytetty LVV:llä.

Seuraavassa on kuvaus tuloksista vuoden 2023 tarkkailuraportista (Savo-Karjalan ympäristötutkimus 2024). Tarkkailupisteet on esitetty kuvassa 4-7. Oheisessa taulukossa (Taulukko 4-1) on ote vuoden 2023 tuloksista.

Taulukko 4-1. Pohjavesiputkien heikoin veden laatu vuonna 2023. Metallit ovat liukoisia pitoisuuksia. (Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2024)

Putki	Happi	pH	Sjk.	Sulfaatti	Rauta	Mangaani	Alumiini	Nikkeli	Koboltti	Sinkki	Arseeni
	mg/l		mS/m	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
8210	2,9	6,4	9,7	14	2700	90	0,62	1,4	0,11	9,7	<0,1
8226	2	6,1	6,7	17	1000	23	28	23	3,9	42	<0,1
8227	<0,2	6,5	100	520	39000	1000	0,75	0,33	0,074	1,7	<0,1
9001	<0,2	6,4	58	220	33000	390	1,3	0,16	<0,05	1,4	<0,1
9002	<0,2	6,2	370	2600	12000	780	5,9	130	21	45	0,6
9003	0,7	5,7	210	1100	1900	2000	130	710	120	740	0,6
9005	0,7	6	17	30	780	120	2,1	61	2,5	7,3	0,15
9008	1,2	5,9	7,2	12	5600	66	7,6	1,7	0,51	7,6	0,22
9009	11,3	6,4	11	6,9	2,9	<0,5	0,85	0,23	0,053	1,8	<0,1
9010	10	5,9	6,4	14	6,1	4,2	19	0,5	0,22	2	<0,1
9011	<0,2	5,6	390	2800	68000	2400	250	120	55	270	2,5
9013	<0,2	6	48	120	35000	1900	50	1,1	1,1	1,3	0,77
PP1	8,2	6,3	9,8	27	8,6	16	1,3	10	4	17	<0,1
PP2	7,3	6	10	31	11	2,6	7,7	11	1,1	16	<0,1
PP3	11,4	6	8,1	13	4,8	8,1	22	20	3,1	18	<0,1
PP4	11,6	6,6	2,8	3,5	4,8	2,1	3,2	0,32	0,088	2,1	<0,1
301	<0,2	6	28	93	31000	310	260	0,75	2,5	3,5	0,98
302	2,9	5	140	760	3900	4000	730	65	67	210	2,6
304	<0,2	6,4	330	2200	73000	1500	1,6	5,1	1,7	12	<0,1
305	<0,2	6,3	120	570	5100	730	120	0,68	0,068	0,77	0,21
Enimmäis-pitoisuus 1)		6,5–9,5	250	250	400	100	200	20			10
Enimmäis-pitoisuus 2)				150				10	2	60	5
1) STM:n asetus n:o 401, 17.5.2001 pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista. Poikkeamat lihavoitu											
2) Valtioneuvoston asetus 341, 20.5.2009. Pohjaveden ympäristölaatunormi. Poikkeamat on lihavoitu											

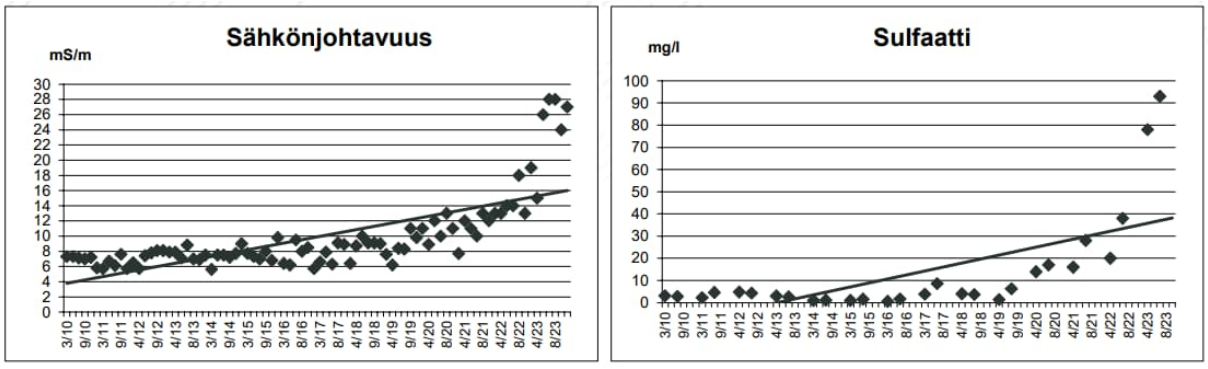
Pohjavesialueilla sijaitsevien putkien 9009 ja 301 (Onkilammensärkät) sekä PP4 (Kärrinheitto) veden laadussa ei ole muuten havaittavissa selviä merkkejä rikastushiekka-alueen suotovesien leviämisestä vastapainealtaiden yli pohjavesialueiden suuntaan, mutta putkessa 301 sulfaatin pitoisuudet ja sähkönjohtavuusarvot ovat olleet viime vuosina selvästi noususuuntaiset (Kuva 4-10). Sulfaatin pitoisuustasot putkessa 301 ovat kuitenkin selvästi pienemmät kuin rikastushiekka-alueen lähivaikutusalueen putkissa

(esim. 302, 304 ja 305). Putkessa 301 elokuun 2023 sulfaattipitoisuus oli myös vuosien 2010–2023 selvä maksimipitoisuus. Putken 301 vedenlaatumuutokset ajoittuvat rikastushiekka-alueen 1 käyttöönottoon, kun käyttöä jatkettiin monen vuoden tauon jälkeen vuonna 2019. Samankaltainen kehitys on ollut havaittavissa myös saman suunnan putkessa 9013, joka rajautuu kuitenkin pohjavesialueen ulkopuolelle. Putken 301 veden laatua heikentää osaltaan myös hapettomuus ja sen myötä liukoisen raudan ja mangaanin korkeat pitoisuudet, pitoisuudet ovat olleet myös nousuuntaisia. Liukoista alumiinia on todettu putkessa 301 myös ajoittain runsaasti, pitoisuudet ovat olleet kuitenkin laskusuuntaisia.

Selvimmät rikastushiekka-alueen vaikutukset ilmenevät läjitysalueen itäsivun putkissa 9011 ja 9002, välialtaan itäpuolella sijaitsevassa putkessa 9003 sekä läjitysalueen länsireunan putkissa 302 ja 304. Myös putkien 9001 ja 305 vedenlaatu heijastaa mm. sulfaatin osalta selvästi alueen teollista luonnetta.

Outokummun Mining Oy:n vanhan sivukivikasan viereisessä putkessa 8227 rautapitoisuudet ovat korkeita. Putken 8227 vedessä esiintyi runsaasti sulfaattia ja suoloja.

Kaivoissa veden pH-arvot alittavat juomaveden suositusarvot vähintään kertaalleen kaivoa K2 lukuun ottamatta. Rautapitoisuus ylittyi myös vähintään kertaalleen juomaveden suositustason kaivossa K2. Muuten kaivojen veden laatu täytti tutkittujen suureiden osalta juomaveden laatuvaatimukset ja -suositukset sekä pohjaveden ympäristölaatunormitason. Kaivon K3 (Miettinen) tarkkailu on lopetettu elokuussa 2022, kun kaivo oli täytetty kiviaineksella omistajan toimesta. Kaivo ei ollut talousvesikäytössä ja lopputilanteessa kaivon nikkelipitoisuus ylitti juomaveden laatuvaatimustason, pitoisuuden ylitys on arveltu olevan luontaista.



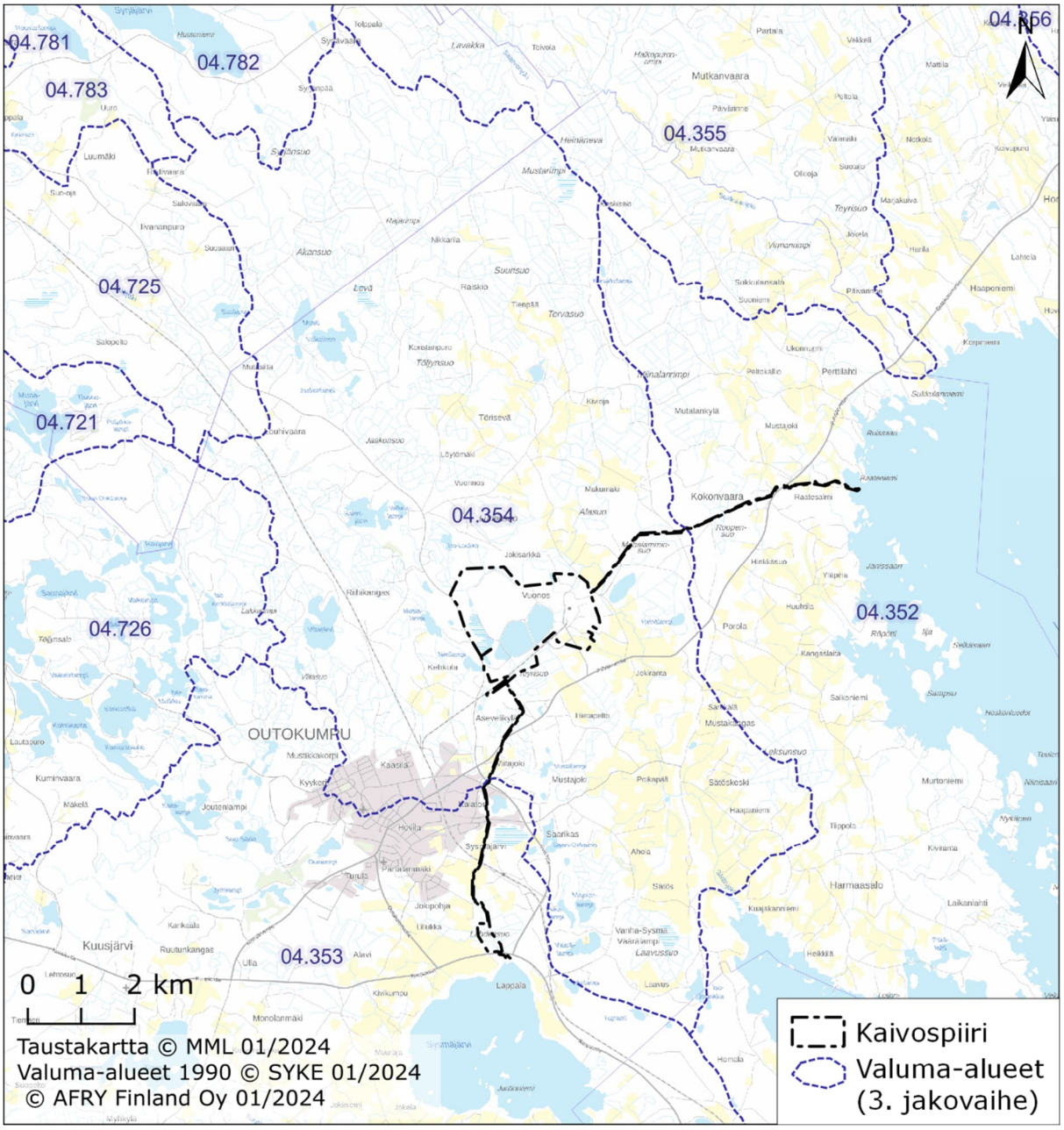
Kuva 4-10. Sähkönjohtavuus ja sulfaattipitoisuus putkessa 0301 (Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2024).

4.4 Vesistöt

4.4.1 Vesistöalue

Vuonoksen tehdastoiminnot, nykyinen rikastushiekka-alue altaineen sekä niiden läheiset pintavesistöt kuuluvat Vuoksen vesistön Oriveden–Pyhäselän alueen Viinijärven 2.

jakovaiheen valuma-alueeseen (1990 jako, 04.35, Kuva 4-11). Tehdastoimintojen alue sijaitsee Sätösjoen 3. jakovaiheen valuma-alueella (1990 jako, 04.354).



Kuva 4-11. Valuma-alueet (3. jakovaihe, 1990).

4.4.2 Virtaama

Viinijärvi

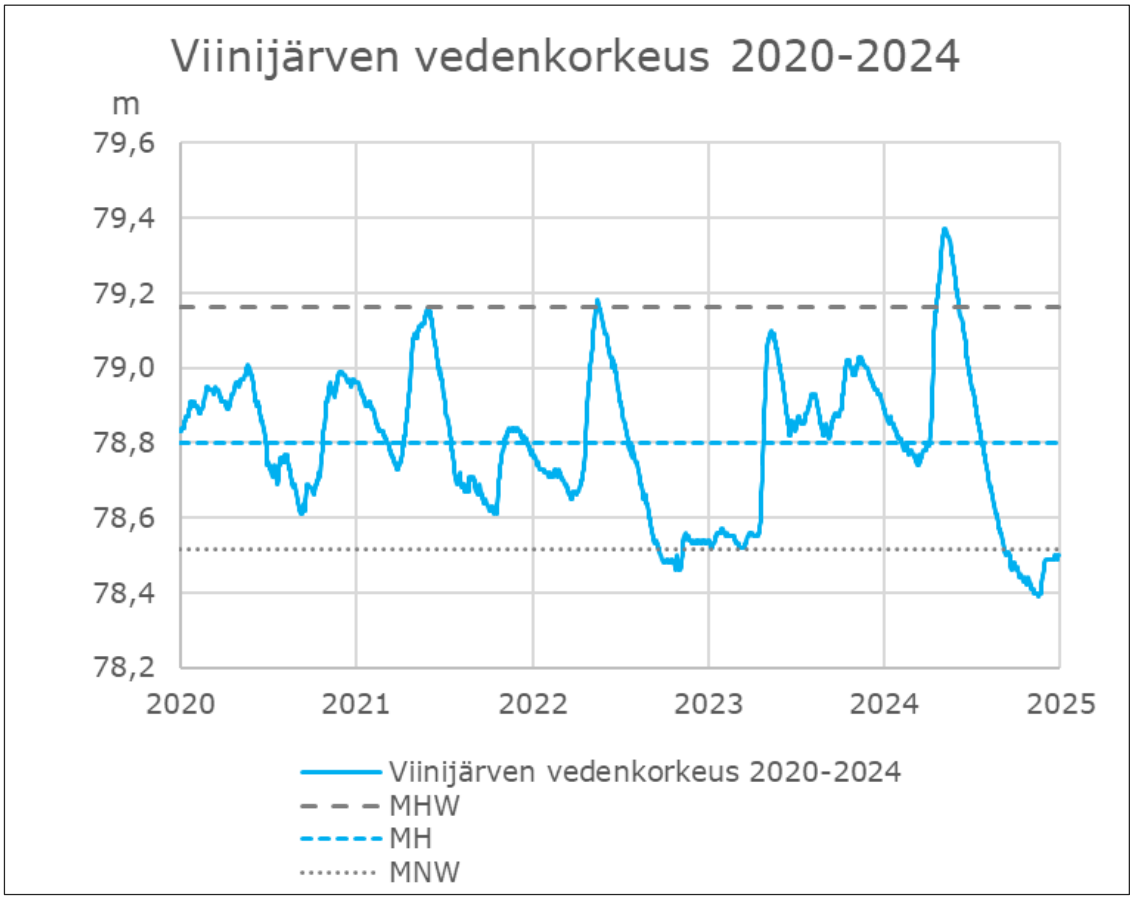
Viinijärven (04.352.1.001) maksimisyvyys on 58 m ja keskisyvyys 5,8 m (SYKE 2025e). Valuma-alueen ala on 790 km^2 (Järviwiki 2025). Suurimmat järveen laskevat vesistöt ovat Sukkulanjoki (A=199 km^2), joka laskee järven pohjoisosaan ja Sätösjoki (113 km^2), joka laskee järven eteläosaan. Viinijärven vedet laskevat Taipaleenjokea pitkin Heposelkään.

Viinijärven länsiosan vesimuodostuman alueella ei ole pinnankorkeuden seurantapisteitä, lähimmät seurantapisteet sijaitsevat Viinijärven itäosan alueella (SYKE 2025e). Järviwikin (2025) perusteella Viinijärven Vaiviossa Viinijärven itäosan alueella vedenkorkeuden seurantaa on ollut vuodesta 1974 saakka. Tällä ajanjaksolla

- keskivedenkorkeus (MW) on ollut (N60+) 78,74 m
- keskimääräinen vuotuinen vedenkorkeusvaihtelu on ollut 61 cm
- ylin vedenkorkeus on ollut (N60+) 79,47 m (06/1988)
- alin vedenkorkeus on ollut (N60+) 78,23 m (10/2006)

Vuosina 2020–2024 havaitut Viinijärven vedenpinnankorkeudet (Vaivio, N60+, SYKE 2025e, Kuva 4-12) ovat olleet

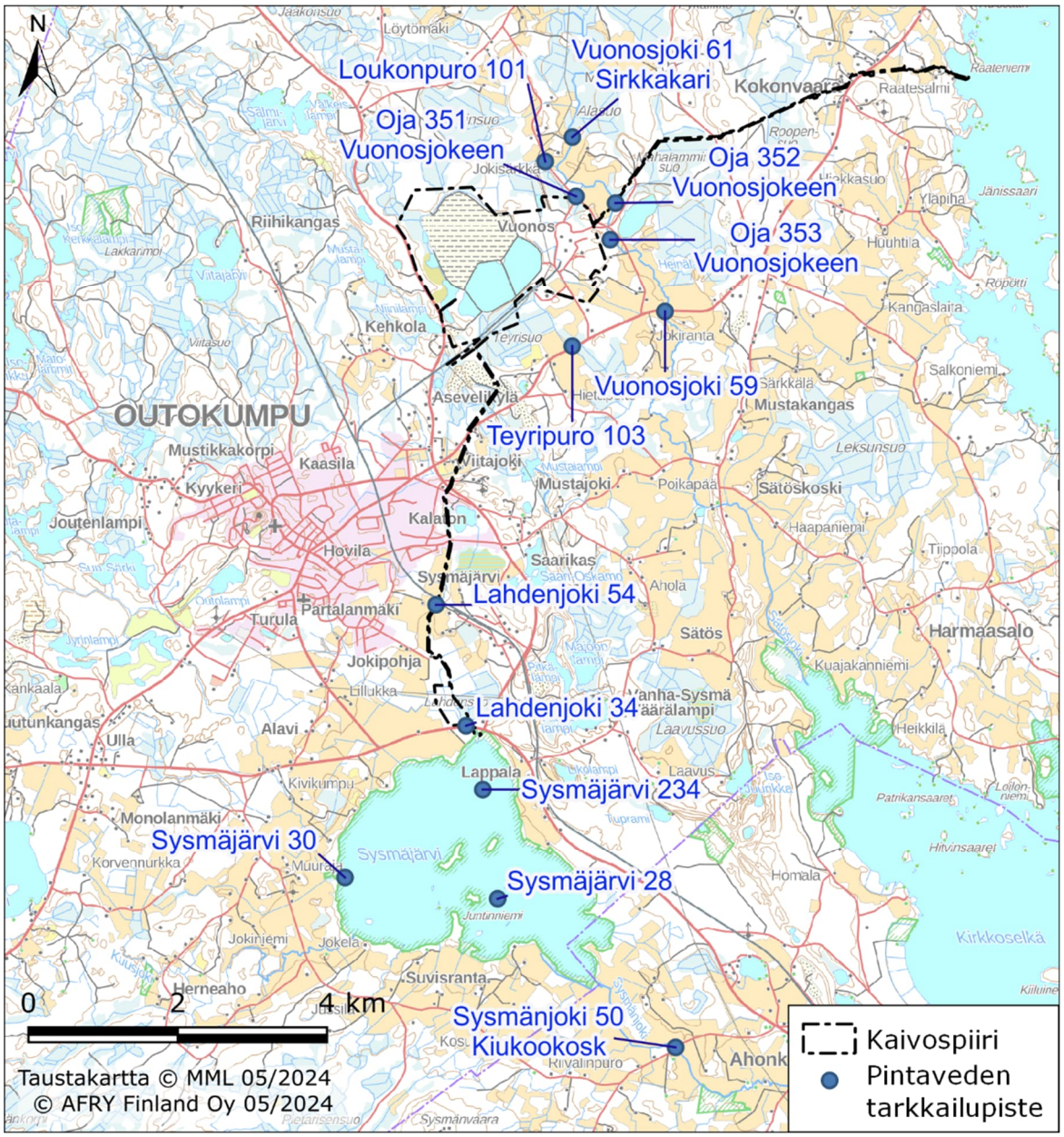
MHW 79,16 m
MH 78,80 m
MNW 78,52 m



Kuva 4-12. Viinijärven vedenkorkeus (m) vuosina 2020–2024. Kuvassa on esitetty myös jaksolle lasketut MHW, MH ja MNW.

4.4.3 Veden laatu

Pintavedenlaadun tarkkailupisteet, joiden tuloksia on käsitelty alla tarkemmin, on esitetty kuvassa 4-13.



Kuva 4-13. Pintaveden laadun tarkkailupisteet.

Vuonosjokeen laskevat ojat

Vuonosjokeen laskevien ojien (351, 352, 353) vedenlaatua tarkkaillaan kaksi kertaa vuodessa. Vuonna 2023 rikastamoalueelta Vuonosjokeen virtaava vesi (351) oli suola- ja metallipitoista, ja pH oli välillä 6,4–7,3. Sivukivikasalta lähtevän veden (352) pH vaihteli kevään lievästä happamuudesta syksyn selvästi happamaan (4,7–6,7), ja vesi oli suola- ja metallipitoista. Useiden metallien pitoisuuksissa havaittiin pitkänajan keskiarvoja korkeampia pitoisuuksia. Ajokuilun itäpuolelta virtaavan veden (353) pH oli toukokuussa lievästi hapan ja lokakuussa selvästi hapan (4,7–6,2). Vesi oli suola- ja metallipitoista. (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2024) Vuoden 2023 tulokset vastaavat jaksolla 2020–2024 ojista mitattua vedenlaatua.

Ojat 352 ja 353 sijaitsevat Outokumman vanhan avolouhoksen lähellä, sen länsipuolella. Vanhan avolouhoksen lähellä sijaitsevilta muilta näytepisteiltä ei ole tuloksia saatavilla

(354, 273) tai niitä on vain yksittäisiä eivätkä ne ole viimeaikaisia (273) eivätkä siten edusta nykytilaa.

Taulukko 4-2 Vuonosjokeen laskevien ojien vedenlaatu vuosina 2020–2024 (SYKE 2025d). n = näytemäärä

Ojat											
	pH	Sähk. johta-vuus mS/m	SO_4 mg/l	COD_{Mn} mg/l	Al µg/l	As µg/l	Co µg/l	Cu µg/l	Ni µg/l	Fe µg/l	Zn µg/l
Oja 351											
ka.	6,7	121	787	8,7	161	0,6	60	17	312	863	304
min.	6,3	67	270	5,2	33	0,4	17	6,2	160	350	79
maks.	7,3	160	1900	14	390	0,9	200	29	770	1600	1100
n	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Oja 352											
ka.	5,6	92	473	40	196	0,4	46	8,4	841	1664	262
min.	4,7	41	180	16	40	0,2	17	0,88	350	840	130
maks.	7,1	140	740	87	460	0,9	89	19	1500	2600	510
n	10	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10
Oja 353											
ka.	5,4	51	229	3,3	650	0,9	230	293	3727	736	1108
min.	4,7	23	60	1,4	58	0,5	26	26	310	400	96
maks.	6,8	84	430	5,4	2400	1,6	660	820	13000	1400	2700
n	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Loukonpuro ja Teyripuro

Loukonpuron (101) ja Teyripuron (103) vedenlaatua tarkkaillaan kaksi kertaa vuodessa. Loukonpuron pH-arvot (Taulukko 4-3) ovat olleet keskimäärin selvästi happamia (5,5) ja matalimmat arvot ovat olleet 4,8 (2020–2024). Sähkönjohtavuudet ovat olleet selvästi kohonneella tasolla purovesiin verrattuna ja sulfaattipitoisuudet kohonneita. Metalleissa on havaittavissa kohonneita tasoja nikkelin osalta, ja suodattamattomat eli nikkelin kokonaispitoisuudet ovat olleet keskimäärin (45 µg/l). Loukonpurolle ei ole saatavilla liukoisen nikkelin pitoisuuksia. Ympäristölaatunormissa on annettu biosaatavan nikkelin pitoisuuden vuosikeskiarvolle raja (AA-EQS 5 µg/l), jonka taso on matalampi kuin Loukonpurossa mitattu keskimääräinen nikkelin kokonaispitoisuus, joka on myös enimmäispitoisuutta (MAC-EQS 34 µg/l) korkeampi.

Teyripuro (103) kulkee rikastushiekka-alueiden eteläpuolella ja laskee Vuonosjokeen. Teyripurossa ei ole havaittu matalia pH-arvoja kuten Loukonpurossa (2020–2024), ja myös sähkönjohtavuus on ollut Loukonpuroa matalampi (Taulukko 4-3). Sulfaattipitoisuudet ovat olleet hieman kohonneella tasolla. Suodattamattomat eli kokonaisnikkelipitoisuudet ovat olleet ajoittain huomattavan kohonneita (maksimiarvo 2020–2024 nikkeli 4800 µg/l 12.10.2023). Teyripurolle ei ole saatavilla liukoisen nikkelin pitoisuuksia. Ympäristölaatunormissa biosaatavan nikkelin pitoisuuden vuosikeskiarvolle annettu raja (AA-EQS 5 µg/l) on huomattavasti matalampi kuin Teyripuron

keskimääräinen kokonaisnikkelipitoisuus, joka on myös enimmäispitoisuutta (MAC-EQS 34 µg/l) korkeampi.

Taulukko 4-3 Loukonpuron ja Teyripuron vedenlaatu vuosina 2020–2024 (SYKE 2025d). n = näytemäärä

Purot											
	pH	Sähk. Johta-vuus mS/m	SO_4 mg/l	COD_{Mn} mg/l	Al µg/l	As µg/l	Co µg/l	Cu µg/l	Ni µg/l	Fe µg/l	Zn µg/l
Loukonpuro											
ka.	5,5	108	582	14	314	0,6	20	8,4	45	12570	77
min.	4,8	47	230	6,9	120	0,3	11	3,3	25	6900	44
maks.	6,3	190	1200	39	680	1,7	33	19	74	23000	110
n	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Teyripuro											
ka.	6,9	23	76	14	107	1,2	1,7	1,5	492	2344	22
min.	6,7	16	41	7,5	27	0,32	0,6	0,4	6	1400	6,2
maks.	7,3	46	170	22	250	3,9	2,3	2,4	4800	3300	42
n	9	9	10	9	9	9	9	9	10	9	9

Vuonosjoki

Vuonosjoen vedenlaatua (59 ja 61 Sirkkakari) tarkkaillaan neljästi vuodessa. Mondo Minerals selvitti Vuonosjoen hajakuormitusta vuosina 2023–24. Selvityksen perusteella Vuonosjoen nikkelikuormitus vaikuttaa olevan peräisin Outokumpu Oy:n entisiltä sivukiven läjitysalueilta. Selvityksen tulokset on esitetty tarkemmin jätehuoltosuunnitelmassa.

Vuonna 2023 Vuonosjoen pisteellä 61, joka sijaitsee Loukonpuron yläpuolella, vesi oli voimakkaan humusleimaista, rautapitoista ja fosforipitoisuuden perusteella luokiteltuna rehevää–erittäin rehevää. pH-arvot osoittivat vähintään lievää happamuutta. Raskasmetallien pitoisuudet olivat pieniä, myös nikkelin biosaatavat pitoisuudet olivat pieniä ja alle ympäristölaatunormin (AA-EQS 5 µg/l). Alumiinia todettiin kohonneita pitoisuuksia, kuten tälle pisteelle on tyypillistä. (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus 2024d)

Vuonna 2023 Vuonosjoen vedessä (59) Loukonpuron ja rikastushiekka-alueelta tulevien ojien alajuoksun puolella havaittiin suotovesien vaikutus, joka nosti joen sähkönjohtavuutta sekä sulfaatti- ja metallipitoisuuksia. Nikkelin biosaatavan pitoisuuden vuosikeskiarvot olivat ympäristölaatunormia (AA-EQS 5 µg/l) pienempiä, mutta enimmäispitoisuus (MAC-EQS 34 µg/l) ylittyi toukokuussa. Alumiinia todettiin alueelle ominaisesti, mutta kohonneesti yksittäisessä mittauksessa. (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus 2024d)

Loukonpuron yläpuolella Vuonosjoen vesi (Taulukko 4-4) on ollut pH-arvoiltaan keskimäärin samalla tasolla kuin alajuoksun puolella. Sähkönjohtavuus, sulfaattipitoisuus ja metalleista mm. koboltin, kuparin, nikkelin, sinkin ja raudan pitoisuudet ovat olleet

korkeampia Loukonpuron ja rikastushiekka-alueilta tulevien ojien alajuoksun puolella Vuonosjoessa. Vuonosjoen veden liukoinen nikkelipitoisuus Loukonpuron yläpuolella (piste 61) on ollut keskimäärin 2,6 µg/l. Ympäristölaatunormi on annettu biosaatavan nikkelin pitoisuuden vuosikeskiarvolle (AA-EQS 5 µg/l). Vuonosjoen (piste 61) liukoisen nikkelin keskimääräinen pitoisuus on ollut tätä tasoa pienempi ja siten myös keskimääräinen biosaatavan nikkelin pitoisuus (0,2 µg/l) alittaa laatunormin tason. Vuonoksen alajuoksun puolella (piste 59) liukoisen nikkelin keskimääräinen pitoisuus on ollut 35 µg/l, joka biosaatavana pitoisuutena (2,89 µg/l) on ollut kuitenkin alle ympäristölaatunormin (AA-EQS 5 µg/l) tai enimmäispitoisuuden (MAC-EQS 34 µg/l) tason. Alumiinipitoisuus on ollut molemmissa koholla.

Taulukko 4-4. Vuonosjoen vedenlaatu näytepisteillä 61 Sirkkakari (Loukonpuron yläpuolella) ja 59 (alajuoksun puolella) vuosina 2020–2024 (SYKE 2025d).

Vuonosjoki											
	pH	Sähk. johtavuus mS/m	SO_4 mg/l	COD_{Mn} mg/l	Al µg/l	As µg/l	Co µg/l	Cu µg/l	Ni liuk. µg/l	Fe µg/l	Zn µg/l
Vuonosjoki 61 Sirkkakari											
ka.	5,7	4,5	6,8	35	507	0,3	0,75	2,2	2,6	2140	4,1
min.	4,8	3,1	3,9	7,9	230	0,2	0,27	0,99	1,5	1400	2,1
maks.	6,8	6,1	11	61	990	0,6	1,3	3,8	4	3900	7,2
n	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Vuonosjoki 59											
ka.	5,8	13	43	32	521	0,3	4,2	4,2	35	2800	22
min.	5	7,2	15	7,1	220	0,2	2,5	1,8	18	1800	16
maks.	6,7	24	91	66	1000	0,6	6	9,8	69	5000	31
n	20	20	20	20	20	19	20	20	20	20	20

4.4.4 Ekologinen tila

Vuonoksen alueen lähimmät luokitellut pintavesimuodostumat ovat itäpuolella sijaitseva Sätösjoki-Vuonosjoki, länsi- ja eteläpuolella sijaitseva Mustajoki-Viitajoki ja Sysmäjärvi.

Sätösjoki-Vuonosjoki on pintavesityypiltään keskisuuriin turvemaiden jokiin kuuluva ja Mustajoki-Viitajoki pieniin turvemaiden jokiin. Sysmäjärvi on pintavesityypiltään mataliin humusjärviin (Mh) kuuluva järvi. Viinijärven länsiosa on pintavesityypiltään suuriin vähähumuksisiin järviin (SVh) kuuluva (SYKE 2025e).

Sätösjoen-Vuonosjoen, Mustajoen-Viitajoen, Sysmäjärven ja Viinijärven länsiosan pintavesien 3. luokittelukauden mukainen ekologinen tila on tyydyttävä. Kaikkien em. vesimuodostumien kemiallinen tila oli vesienhoidon kolmannella luokittelukierroksella määritelty hyvää huonommaksi. Aiemmin palonestoaineina käytettyjen bromattujen difenyylieetterien (PBDEt) pitoisuudet ylittävät ympäristönlaatunormin tason kaikkialla Suomessa ja Euroopassa, sillä yhdisteet ovat kaukokulkeutuvia ja erittäin hitaasti hajoavia (Suomen ympäristökeskus, tiedote 28.8.2020). Sätösjoki-Vuonosjoessa, Mustajoki-Viitajoessa ja Sysmäjärvessä elohopean ympäristönlaatunormi voi Suomen ympäristökeskuksen arvion mukaan ylittyä kaloissa laskeumasta ja huuhtoumasta

johtuen. Sätösjoen-Vuonosjoen biosaatavan nikkelin (sisävesillä) pitoisuuden raja-arvo ylittyy kaivannaisteollisuuden kuormituksesta johtuen, Sysmäjärven osalta biosaatavan nikkelin ylittymisen osalta mainitaan sekä teollisuuspäästödirektiivin ulkopuoliset laitokset että kaivosvedet ja Sysmänjoen osalta syyksi mainitaan teollisuuspäästödirektiivin ulkopuoliset laitokset. (SYKE 2025e)

4.4.5 Kalasto

Viinijärvellä esiintyy luontaisesti ahventa, kuhaa, haukea, madetta, muikkua, siikaa, kuoretta ja särkikaloja. Viinijärven länsiosassa purkuputkireittivaihtoehtojen alueella kalastettavien kalalajien kantojen runsaus on arvioitu runsaiksi ahvenen ja kuoreen osalta, hyväksi kuhan, hauen, mateen ja siian osalta, tyydyttäväksi muikun ja särkikalojen osalta, ja heikoiksi sekä täplä- että jokiravun osalta.

Viinijärven länsiosaan istutetaan säännöllisesti kuhaa ja planktonsiikaa. Järvitaimenkanta on istutusten varassa. Viinijärveltä on saatu saaliiksi joitakin täplärapuja. Runsaimmat jokirapukannat keskittyvät alueen pienvesiin. (Pohjois-Karjalan kalatalouskeskus 2022).

Viinijärvellä toimii yhteensä n. 10 kaupallista kalastajaa. Kaupallista kalastusta harjoitetaan rysillä, verkoilla, katiskalla ja nuottaamalla. Tärkein saaliskala on kuha, mutta myös särkikalojen kalastus on kehittynyt ja edelleen nousussa. Viinijärvi on vapaa-ajan kalastuksen kannalta tärkeää aluetta. (Pohjois-Karjalan kalatalouskeskus 2022).

Viinijärvellä on seurattu kalojen metallipitoisuuksia osana Karnukan kaivoksen tarkkailua. Näytekalojen lihaksen kadmium- ja nikkelipitoisuudet ovat olleet alle määritysrajan viimeisissä tarkkailuissa. Kuparia ja sinkkiä esiintyy kalojen lihaksissa mitattavia määriä ja viitteitä kasvaneista pitoisuuksista esiintyy (Savo-Karjalan ympäristötutkimus 2021a).

4.4.6 Pohjaeläimistö

Vuonosjoki

Vuonosjoelta on olemassa pohjaeläinseurantatietoja yhdeltä vuodelta 2022 liittyen valvontaviranomaisen (ent. ELY-keskus, nykyinen LVV) perusseurantaan (havaintopaikka Vuonosjoki, rautatiesilta). Pohjaeläinrekisterin tietojen perusteella lajisto vaikuttaa melko suppealta, mahdollisesti pehmeähkön pohjan lajistolta (SYKE 2025f). Vesimuodostuman (Sätösjoki-Vuonosjoki) pohjaeläimistön ekologista tilaa ei ole arvioitu.

Lahdenjoki ja Sysmäjärvi

Lahdenjoelta on olemassa pohjaeläinseurantatietoja yhdeltä vuodelta havaintopaikalta Lahdenjoki, rautatiesilta. Lahdenjoen näyteaseman pohjaeläimistö ilmensi vuonna 2023 välttävää tai huonoa tilaa. Ekologisen tilan luokittelumuuttujista tyyppiominaisten taksonien esiintyminen ja prosenttinen mallinkaltaisuus sijoittuivat välttävään tilaan, ja EPT-heimojen esiintyminen huonoon tilaluokkaan. Lahdenjoen pohjaeläimistöstä puuttuivat päivänkorennot kokonaan, ja koskikorento- ja vesiperhoslajisto oli hyvin niukka (KVVY Tutkimus Oy 2024). Raportissa ei kuitenkaan oteta kantaa, oliko näytteenottopaikka edustava koskipohjaeläinnäytteenottoon, millä voi olla merkittävää vaikutusta tuloksiin. Lahdenjoella on toinenkin näyteasema, mutta sieltä ei ole haettu

näytteitä. Pohjaeläimistön ekologista tilaa ei ole virallisesti luokiteltu kolmannella vesienhoitokaudella (SYKE 2025f).

Sysmäjärven pohjaeläimistöä tarkkaillaan Sysmäjärven-Heposelän yhteistarkkailun yhteydessä. Edellisen kerran näytteet on otettu syyskuussa 2021 Sysmäjärvi 28 -profundaalipisteeltä. Sysmäjärvi 28 -syvänteen pohjaeläinyhteisö koostui sulkasääsken, surviaissääskien ja polttiaisten toukista. Chironomidi-indeksin (CI) perusteella (1,00) syvänteen pohja luokiteltiin hyvin reheväksi. Taksoniluku (5) ja pohjaeläintiheys (538 yks/m²) olivat vuoden 2018 tasolla. Sysmäjärven pohjaeläintiheydet ovat olleet pääsääntöisesti tarkkailualueen alhaisimmat koko seurannan aikana. Pohjaeläinbiomassan perusteella (1,1 g/m²) Sysmäjärven syvänteen pohja luokiteltiin jokseenkin niukkaravinteiseksi, ja biomassa on laskenut seurannan alkuvuosista. Järven mataluuden vuoksi syvännepohjaeläinindeksit PICM ja PMA eivät sovellu järven tilan arviointiin. (KVVY Tutkimus Oy 2022a)

Sysmäjärven pohjaeläimistön tilaa ei ole luokiteltu vesienhoidon mukaisesti (SYKE 2025f).

4.5 Ilmasto-olosuhteet

Alueen ilmasto-olosuhteita ja ilman laatua on kuvattu Mondon Vuonoksen rikastushiekan läjityskapasiteetin lisäämisen ja vesienhallinnan ympäristövaikutusten YVA-ohjelmassa (AFRY Finland 2025), josta tähän on poimittu keskeiset tiedot.

Hankealue sijaitsee Pohjois-Karjalan maakunnan länsiosan vesistöseudulla eteläboreaalisella ilmastovyöhykkeellä (Ilmatieteen laitos 2025a). Keskilämpötila on tavallisesti noin 2–4 °C. Lämpimin kuukausi on heinäkuu, jolloin keskilämpötila on noin 17 °C, ja hellepäiviä on keskimäärin 12–13 kesässä. Kylmimpinä kuukausina tammi- ja helmikuussa keskilämpötila on noin −9,5 °C. Vuotuinen sademäärä on keskimäärin 550–650 millimetriä, ja sateisimmat kuukaudet ovat heinäkuu ja elokuu noin 75–85 millimetrin sademäärällä. Kasvukauden pituus vaihtelee eteläisten osien noin 5,5 kuukaudesta koillisen noin 5 kuukauteen. (Ilmasto-opas 2022)

Joensuun lentoaseman havaintoasema on lähin, jolta on saatavilla pidemmän aikavälin lämpötilahavaintoja. Siellä viimeisten kymmenen vuoden keskilämpötila oli 4,3 °C (Ilmatieteen laitos 2025b). Vertailukauden 1991–2020 vastaava arvo oli 3,6 celsiusastetta (Ilmatieteen laitos 2025c). Keskilämpötila on siis noussut 0,7 °C vertailukaudelta 1991–2020 ajanjaksolle 2015–2024.

Sadetilastoja on saatavilla Outokummun Viuruniemen havaintoasemalta, jolla vuosien 2015–2024 keskimääräinen vuotuinen sademäärä oli 681 millimetriä. Vertailukauden 1991–2020 vastaava arvo oli 644 millimetriä. Sademäärä on kasvanut 5,7 prosenttia vertailukaudelta 1991–2020 ajanjaksolle 2015–2024.

Hankealueella muodostuvia pölypäästöjä ja niiden ilmanlaatuvaikutuksia on mallinnettu vuonna 2015 tehdyllä pölymallinnuksella (Ramboll Finland Oy 2015a). Pölypäästöjen vaikutusalueen arvioitiin olevan suhteellisen pieni. Laskennalliset hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) vuorokausipitoisuudet olivat lähimmissä kohteissa suurimmillaan 10–15 prosenttia ilmanlaadusta annetun valtioneuvoston asetuksen (ilmanlaatuasetus, VNA 79/2017) mukaisesta raja-arvosta (50 µg/m^3).

Ilmanlaatua voidaan seurata ilman epäpuhtauksiin kohdistuvien mittauksien lisäksi seuraamalla ilman epäpuhtauksiin reagoivan kasvillisuuden terveyttä ja esiintyvyyttä. Pohjois-Karjalan maakunnassa toteutettiin viimeisin ilmanlaadun bioindikaattoriselvitys vuonna 2020. Selvityksen perusteella hankealueen välittömässä läheisyydessä ilman epäpuhtauksiin reagoivien jäkälälajien vaurioaste oli kohonnut. Vauriot vaihtelivat selvästi vaurioituneesta pahoin vaurioituneeksi. Myös ilman epäpuhtauksista kärsivien lajien lukumäärä oli alentunut tai lajit puuttuivat kokonaan. Ilman epäpuhtauksista jäkäliin vaikuttaa erityisesti rikkidioksidi, mutta myös typpiyhdisteillä on vaikutusta. Sammalten alkuainepitoisuudet olivat bioindikaattoriselvityksen perusteella kohonneita hankealueen lähistöllä. Arseenin, kadmiumin, kromin, magnesiumin ja nikkelin pitoisuudet olivat siellä maakunnan korkeimpia. Myös kuparin, raudan, rikin ja vanadiinin pitoisuudet olivat korkeimpien joukossa. (Ruuth ym. 2021)

4.6 Luonto ja suojelukohteet

Tässä yhteydessä esitetyt tiedot perustuvat kaivoksen rikastushiekka-altaan korottamisen YVA-ohjelmassa (AFRY Finland Oy 2025) esitettyihin tietoihin.

Alueen kasvillisuus ja luontotyypit sekä arvokkaat luontokohteet ja lajisto on kuvattu saatavilla olevien lähtötietojen mukaan. Loukonpuron varressa noin 0,6 kilometrin etäisyydellä kaivannaisjätealueesta on maastokarttaan merkitty lähde. Metsät ovat mäntyvaltaisia kaivospiirin lähialueella. Vanhempaa puustoa alueella on vain pienialaisesti. Harjun alueella on kuivaa ja kuivahkoa kangasta.

Kaivospiirin länsi- ja lounaispuolella on Metsäkeskuksen kuviotiedoissa metsälain 10 § mukaisia erityisen tärkeitä elinympäristöjä. Kaivospiirin länsi- ja lounaispuolella sijaitsevat kohteet ovat suoelinympäristöjä ja pienvesien välitön lähiympäristö lampien rannoilla.

Suomen Lajitietokeskuksen laji.fi-tietokannan (tietopyyntö käyttörajoitettuun aineistoon 25.2.2025) mukaan hankealueelta tai sen lähiympäristöstä ei ole havaintoja luontodirektiivin liitteen IV lajeista eikä luonnonsuojelulain mukaan rauhoitetuista, erityisesti suojeltavista, silmälläpidettävistä (Hyvärinen ym. 2019) tai alueellisesti uhanalaisista lajeista.

Kaivospiirin rikastushiekka-altaan laajennusalueiden linnustoarvoja tarkasteltiin kartta- ja ilmakuvatarkastelun perusteella. Pohjatiedoiksi tilattiin myös Suomen Lajitietokeskuksesta tiedot suojelullisesti huomionarvoisten lintujen esiintymisestä alueella. Kaivospiirin läheisyyteen sijoittuu useita IBA-, FINIBA-, ja MAALI-alueita. Alueelta on melko niukasti tietoja linnustosta (Suomen Lajitietokeskus 2025). Rikastushiekka-altaan laajennusalue on talousmetsää, jonka linnuston arvioidaan koostuvan pääosin alueelle tyypillisistä havu- ja sekametsien yleislajeista.

Hankealueelle on tehty vuoden 2025 aikana erillisselvitykset luontodirektiivin liitteen IV(a) lajeista koskien saukkoa, liito-oravaa ja viitasammakkoa.

Suomen Lajitietokeskuksen laji.fi-tietokannassa (25.2.2025) hankealueen ympäristöstä havaintoja suojelullisesti huomioitavasta lajistosta on vain saukosta hankealueen pohjoispuolelta Jaakonsuolta, jossa on jälkihavainto talvelta 2023.

Hankealueella tai sen välittömässä lähiympäristössä (<2 km) ei ole Natura-alueita, luonnonsuojelualueita tai luonnonsuojeluohjelmiin kuuluvia kohteita eikä kansainvälisesti (IBA) tai valtakunnallisesti (FINIBA) arvokkaita lintualueita. Kaivospiirin rikastushiekka-alueelle sijoittuu maakunnallisesti (MAALI) arvokas lintualue Vuonos (570420).

4.7 Maisema, maankäyttö ja kaavoitus

Maisema

Hankealue sijoittuu Itäisen Järvi-Suomen maisemamaakuntaan ja siinä Pohjois-Karjalan järviseudulle (Ympäristöministeriö 1993). Hankealue sijoittuu metsäiselle alueelle, jolla korkeuserot ovat melko pieniä. Kaivosalueen ympärillä on sulkeutunutta metsämaisemaa. Rikastushiekka- ja allasalue muodostavat nykytilassa laajan luonnonmaisemasta teollisena erottuvan alueen, joka ei kuitenkaan metsän peitteisyyden vuoksi erotu maisemassa lähialueen asutuksen suuntaan tai yleisille teille.

Maankäyttö

Maankäytöltään Vuonoksen kaivospiirin allasalueiden ympäristössä on havu- ja sekametsää hanketoiminnan tehdas- ja rikastamoalueiden sijoittuessa allasalueiden itäpuolelle. Kaivospiirin keskeinen osa sijoittuu yhdyskuntarakenteen aluejaon mukaan pääosin maaseutuasutuksen alueelle, mutta keski- ja luoteisosasta luokittelemattomalle alueelle.

Kaivospiirin ympärillä sijaitsee asuinrakennuksia ja lähimmät asuinrakennukset sijoittuvat kaivospiirin itä-, kaakkois-, etelä- ja lounaispuolelle lähimmillään reilun 60 metrin etäisyydelle. Lähimmät vapaa-ajan rakennukset sijaitsevat kaivospiirin etelä-, pohjois- ja lounaispuolella lähimmillään noin 130 metrin etäisyydellä Kaavintien varrella. Outokummun kaupungin keskusta sijaitsee kaivospiirin lounaispuolella noin kuuden kilometrin etäisyydellä.

Kaavoitus

Hankealueella on voimassa kaksi maakuntakaavaa: Pohjois-Karjalan maakuntakaava 2040 sekä Pohjois-Karjalan maakuntakaava 2040:n 1. vaihe. Kaava on tullut voimaan 23.11.2020 ja saanut lainvoiman 8.7.2021.

Hanketoimintojen alueilla on voimassa kolme yleiskaavaa: Joensuun seudun yleiskaava 2020, Outokummun kaupungin keskusta-alueen osayleiskaava sekä Viinijärven osayleiskaava. Joensuun seudun yleiskaava 2020:ssä (hyv. 2.12.2008) (Joensuun kaupunki 2008) keskeiselle kaivospiirin alueelle osoitetaan teollisuus- ja varastoaluetta (T).

5 Kaivannaisjätteiden ominaisuudet

5.1 Tutkimusmenetelmät

Jätejakeiden ympäristökelpoisuus määräytyy mineralogisista ja kemiallisista ominaisuuksista, mahdollisten haitta-aineiden liukenemisesta ja ainesten haponmuodostuspotentiaalista.

Kaivannaisjätteiden karakterisointitietoja tulee verrata pysyvän kaivannaisjätteen määritelmään (VNA 190/2013, Liite 1).

Kuningasvesiuutto edellytetään tehtäväksi myös Valtioneuvoston asetuksen maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007, ns. PIMA-asetus, liite 1).

Kaivannaisjätteiden ympäristökelpoisuutta on tutkittu alla olevin tutkimusmenetelmin:

- Aqua Regia-uutto ja metallipitoisuusmääritykset
- Hapontuotto- ja neutralointipotentiaalia mittaava ABA-testi (EN 15875)

Kaivannaisjätteiden geokemiallisten ominaisuuksien tutkimisessa hyödynnettyjen analyysien menetelmäkuvaukset on esitetty tarkemmin jätehuoltosuunnitelmassa.

Standardit, käsikirjat ja muut julkaisut ovat tekijänoikeuslain suojaamia teoksia. Tästä syystä menetelmien yksityiskohtaista toteutusta ei kuvata.

5.2 Rikastushiekan ominaisuudet

Vuonoksen tehtailla muodostuu malmin rikastuksen sivutuotteena magnesiittihiekkaa (rikastushiekka). Aiemmin Mondo Mineralsin toiminnasta on syntynyt nikkelirikasteen jatkokäsittelyn yhteydessä neutralointisakkaa ja rikastusjätettä. Lisäksi rikastushiekka-alueelle on läjitetty aiemman toimijan sulfidimalmin rikastuksesta syntynyttä rikastushiekkaa.

Magnesiittirikastushiekan keskeisten metallien kuningasvesiliukoiset pitoisuudet ja rikin pitoisuus sekä liukoisuudet analysoidaan kokoomanäytteistä neljä kertaa vuodessa. Lisäksi määritetään rikastushiekan hapontuottopotentiaali ja neutralointikapasiteetti.

5.2.1 Rikastushiekan fysikaaliset ominaisuudet

Rikastushiekka-alueen rikastushiekka-altaasta 2 on vuonna 2022 tutkittu AFRY Finland Oy:n toimesta magnesiittirikastushiekan rakeisuuksia ja vesipitoisuuksia. Näiden tutkimusten perusteella rikastushiekan maalajin rakeisuusluokittelu on vaihdellut silttisestä hiekasta saviseen silttiin. Näytteiden vesipitoisuudet ovat vaihdelleet 21,9 % ja 38,5 % välillä, keskimääräisen vesipitoisuuden ollessa noin 31 % (näytemäärä 9 kpl). Esimerkkinä näytepiste 32, josta on tulokset 3, 4 ja 6 metrin syvyyksiltä. Kolmen metrin syvyydeltä otetussa näytteessä aines vastasi maalajeista savista silttiä, ja vesipitoisuus oli 37,8 %. Neljästä ja kuudesta metristä otetut näytteet vastasivat ominaisuuksiltaan silttistä hiekkaa, vesipitoisuuden ollessa 33,4 % (4 m) ja 21,9 % (6 m).

Vuonna 2017 rikastushiekalle tehtiin vedenläpäisevyystestit. Keskimääräinen vedenläpäisevyys vaihteli 1,7–9,2 x 10^{-8} m/s (Ramboll, 2017).

5.2.2 Rikastushiekan mineralogia

Magnesiittirikastushiekan tärkeimmät mineraalit ovat magnesiitti ($MgCO_3$), jonka osuus on 75–80 %, ja talkkimineraalit ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$), joiden osuus on 10–15 %. Lisäksi rikastushiekassa on kloriittia (5–10 %), dolomiittia (2–10 %), sekä sulfidimineraaleja. Sulfideista tärkeimpiä ovat rautasulfidit 0,5-1,0 %, nikkeli- ja arseenisulfidien osuus on <0,5 % (Ramboll, 2017).

5.2.3 Rikastushiekan geokemialliset ominaisuudet

Magnesiittihiekasta otetaan näytteet kuukausittain ja näytteistä koostetaan kolmen kuukauden koostenäytteet (neljännesvuosittain) geokemiallisten ominaisuuksien tarkkailua varten. Näytteistä tutkitaan kuningasvesiliukoiset kokonaispitoisuudet, hapontuotto-ominaisuudet (ABA-testi) ja liukoisuusominaisuudet (2-vaiheinen ravistelutesti). Vuosien 2015–2024 (vuoden toiseen kvartaaliin Q2 asti) tarkkailu on tehty SGS Finland Oy:n toimesta. Vuoden 2024 toisesta kvartaalista lähtien näytteet on analysoitu Eurofins Oy:n laboratoriossa.

Rikastushiekan kokonaispitoisuudet

Magnesiittihiekasta otetaan näytteet neljännesvuosittain eli neljä näytettä vuodessa. Magnesiittihiekan tarkkailutulosten vuosien 2015–2024 vuosikeskiarvopitoisuudet esitetään taulukossa 5-1. Tuloksia verrataan valtioneuvoston maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista antaman asetuksen (214/2007, ns. PIMA-asetus) mukaisiin kynnys- ja ohjearvoihin. Alle määritysrajan oleville tulokset on keskiarvolaskennassa jaettu kahdella (puolet määritysrajan pitoisuudesta).

Arseenipitoisuuden keskiarvo ylittää PIMA-asetuksen (214/2007) ylemmän ohjearvon kolmena vuonna (2015, 2016 ja 2024), alemman ohjearvon kuutena vuonna (2017–2022) ja kynnysarvon yhtenä vuonna (2023). Kadmiumin keskiarvopitoisuudet ylittävät asetuksen kynnysarvon kolmena vuonna kymmenen vuoden tulosten tarkastelujakson (2015–2024) aikana. Koboltin keskiarvopitoisuus ylittää kynnysarvon jokaisena vuonna. Kromin ja nikkelin keskiarvopitoisuudet ylittävät ylemmän ohjearvon joka vuosi, poikkeuksena vuoden 2015 alemmalla ohjearvolla oleva kromipitoisuus. Vuosien 2015–2023 aikana antimonin määritysraja laboratoriomittauksissa on ollut pääosin suurempi kuin asetuksen kynnysarvo. Antimonin keskiarvopitoisuus ylittää PIMA-asetuksen kynnysarvon, niiden tulosten osalta kuin on olemassa selkeä mittaustulos, vuosina 2016, 2017 ja 2024. Elohopean osalta kynnysarvo ylittyi kerran, vuonna 2022. Kuparin, lyijyn, vanadiinin ja sinkin pitoisuudet jäävät alle kynnysarvon. Metalli- ja metalloidipitoisuuksien perusteella Vuonoksen rikastushiekka (magnesiittihiekka) ei täytä kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013) liitteessä 1 esitettyjä pysyvän jätteen kriteerejä, joten tulosten perusteella rikastushiekka luokitellaan ei-pysyväksi.

Taulukko 5-1. Rikastushiekkanäytteiden kuningasvesiliukoiset metalli- ja metalloidipitoisuudet sekä PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) mukaiset kynnys- ja ohjearvot. Muuttujien pitoisuudet ovat keskiarvotuloksia vuosilta 2015–2024.

Tunnus	Metallit										
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Kynnysarvo	5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400
vuosi 2015	234	1,9	65	85	11	<0,2	1354	7	<10	10	42
vuosi 2016	400	7,7	91	327	12	0,3	1800	<10	11	<10	12
vuosi 2017	71	0,7	52	650	12	<0,2	1005	<10	6,5	11	22
vuosi 2018	81	0,6	55	500	8,3	<0,2	1115	<10	<10	<10	16
vuosi 2019	44	1,0	45	365	6,3	<0,2	890	<10	<10	<10	17
vuosi 2020	71	0,7	48	328	<10	<0,2	953	<5	<10	<10	14
vuosi 2021	65	1,1	39	403	<10	<0,2	675	<5	<10	<10	40
vuosi 2022	70	0,8	41	548	<10	0,7	788	<5	<10	<10	15
vuosi 2023	47	0,6	38	453	<10	<0,2	670	<5	<10	<10	14
vuosi 2024	101	0,5	66	432	12	0,04	1320	2,5	2,4	11	22

Tulosten käsittely

Vuosikeskiarvojen laskennassa alle määritysrajan olevat tulokset on laskennassa jaettu puoleen määritysrajasta, lukuun ottamatta niitä tuloksia, joissa kaikilla määrityskerroilla pitoisuus on jäänyt alle määritysrajan. Tällöin muuttujan vuosikeskiarvopitoisuus on esitetty alle määritysrajan merkinnällä, mikä on laboratorion testausselosteissa esitetty. Mikäli samana vuonna on ollut kaksi eri alle määritysrajan pitoisuustasoa, niin näistä on valittu suurempi arvo.

Rikastushiekan neutralointi- ja hapontuottopotentiaali

Rikastushiekan ABA-testin tulokset vuosilta 2015–2024 on esitetty taulukossa 5-2. Hapontuottopotentiaalin (AP) ja neutralointipotentiaalin (NP) suhteesta on laskettu neutralointipotentiaalisuhde eli NPR (NPR=NP/AP). NPR-arvon perusteella arvioidaan materiaalin pysyvyyden luokittelua kaivannaisjäteasetuksen mukaisesti yhdessä sulfidisen rikin pitoisuuden kanssa sekä arvon perusteella voidaan arvioida materiaalin todennäköisyyttä aiheuttaa hapanta valumaa.

Vuosien 2015–2024 näytteiden rikin kokonaispitoisuuden keskiarvo on noin 1,4 %, ja se koostuu suurimmaksi osaksi sulfidisesta rikistä, jonka pitoisuus on vaihdellut välillä 0,7–1,7 % ja keskiarvopitoisuus on 1,3 % tarkasteltavien vuosien 2015–2024 aikana. Hiilen kokonaispitoisuus on vaihdellut keskimäärin välillä 6,9–9,0, ollen keskimäärin 7,9 % vuosien 2015–2024 aikana. Hiilen voidaan olettaa olevan pääosin olevan karbonaattista mineralogisen tiedon perusteella. NPR-luku on vaihdellut välillä 0,6–3,5 ollen keskimäärin 2,5. Näiden tulosten perusteella Vuonoksen rikastushiekka (magnesiittihiekka) ei täytä kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013) liitteessä 1 esitettyjä pysyvän jätteen kriteerejä (0,1 % < $S_{sulf.}$ tai $S_{sulf.}$ <1 % ja NPR>3), joten tulosten perusteella rikastushiekka luokitellaan ei-pysyväksi.

Vuosittaisten näytteiden välillä NPR-arvossa on hajontaa, mikä voi johtua mm. louhittavan materiaalin laadusta ja samalla myös rikastushiekan epähomogeenisuudesta, huolellisesta ja edustavasta näytteenotosta huolimatta.

Em. tietojen perusteella materiaalilla on kykyä neutraloida mahdollista hapon tuottoa. Arvioitaessa rikastushiekan todennäköisyyttä aiheuttaa hapanta valumaa, on kuitenkin tarkasteltava tarkemmin neutralointikyvyn ja haponmuodostuskyvyn reagointinopeutta. Happaman valuman synty on mahdollista, jos materiaalin hapontuotto on nopeampaa kuin sen neutralointikyky.

Mondo Minerals on selvittänyt magnesiittihiekan neutralointipotentiaalin määritystä vuonna 2024 (Elementis 2024). Magnesiittihiekan neutralointikapasiteetin arvioinnissa on huomioitava, että magnesiitti ($MgCO_3$) reagoi erittäin hitaasti, ja siten ei todennäköisesti ehdi täysin reagoida ABA-testiin kuuluvan titrauksen aikana. Standardin SFS EN 15875 mukaan tehtynä ABA-testin tulos siis aliarvioi rikastushiekan neutralointikapasiteettia kokonaisuutena, parempi käsitys rikastushiekan puskurikapasiteetista saadaan karbonaattisen hiilen avulla, koska rikastushiekassa oleva hiili on pääosin peräisin karbonaatista. Kun neutralointikykyä tarkastellaan laskennallisesti karbonaattisen hiilen määrän perusteella (Taulukko 5-2), niin hapontuottokyvyn ja neutralointikapasiteetin suhde vaihtelee välillä 4–53 vuosien 2015–2024 tarkkailutulosten perusteella. Laskennallinen karbonaattisen hiilen määrään perustuvat NPR-arvot ovat suurempia kuin ABA-testissä saadut NPR-arvot. Magnesiittihiekan neutralointikykyä on todennettu myös Lapakko-määrityksellä. Kuitenkaan edellä esitettyjen tulosten perusteella happaman valuman syntyä ei voida täysin poissulkea, mutta sitä voidaan pitää epätodennäköisenä.

Mondo Mineralsin selvityksessä (2024) todetaan, että Vuonoksen magnesiittirikastushiekkanäytteissä on havaittu hapontuottopotentiaalin NPR-arvojen osalta yksittäisiä negatiivisia ja pieniä lukuarvoja osalta sekä lukuarvoissa on ollut vaihtelua kymmenen vuoden tarkasteltavien tulosten ajanjaksolla. Talkkituotannon runsaasti karbonaattia sisältävän rikastushiekan ei kuitenkaan pitäisi olla happoa muodostavaa. Neutralointipotentiaalin ei tulisi myöskään olla negatiivinen vaan mitattuja tuloksia suurempi. Edellä mainitusta syystä vuoden 2024 toisen kvartaalin magnesiittihiekkanäytteille on tehty vertailevia testejä neutralointipotentiaalin määrittämiseksi sekä Eurofinsillä että SGS:llä (Elementis 2024). Selvityksessä havaittiin, että laboratorioiden yleisesti käytössä oleva menetelmä (SFS-EN-15875) neutralointipotentiaalin määrittämiseksi ei sovellu Vuonoksen rikastushiekkanäytteille. Menetelmän suolahappoliuoksessa ravistelu vuorokauden ajan on liian lyhytkestoinen, koska rikastushiekkanäytteessä oleva magnesiitti reagoi hyvin heikosti suolahapon kanssa. Tämän takia suolahapon kulutus ei vastaa näytteen karbonaattipitoisuutta eikä testillä saatava NP–arvo kerro näytteen todellista neutralointipotentiaalia. Selvityksessä todetaan, että paras menetelmä Vuonoksen magnesiittirikastushiekoille on Lapakko-menetelmä, jossa näytteen neutraloiva vaikutus määritetään laimealla rikkihapolla. Lapakkomenetelmällä neutralointipotentiaalin arvo on suurempi kuin yleisesti käytettävällä menetelmällä määritettynä (Taulukko 5-2). Mondo Minerals on toimittanut selvityksen ELY-keskukselle (nyk. LVV) vuonna 2024 ja tulee käyttämään Lapakko-menetelmää jatkossa velvoitetarkkailussa magnesiittihiekan neutralointipotentiaalin määrittämisessä.

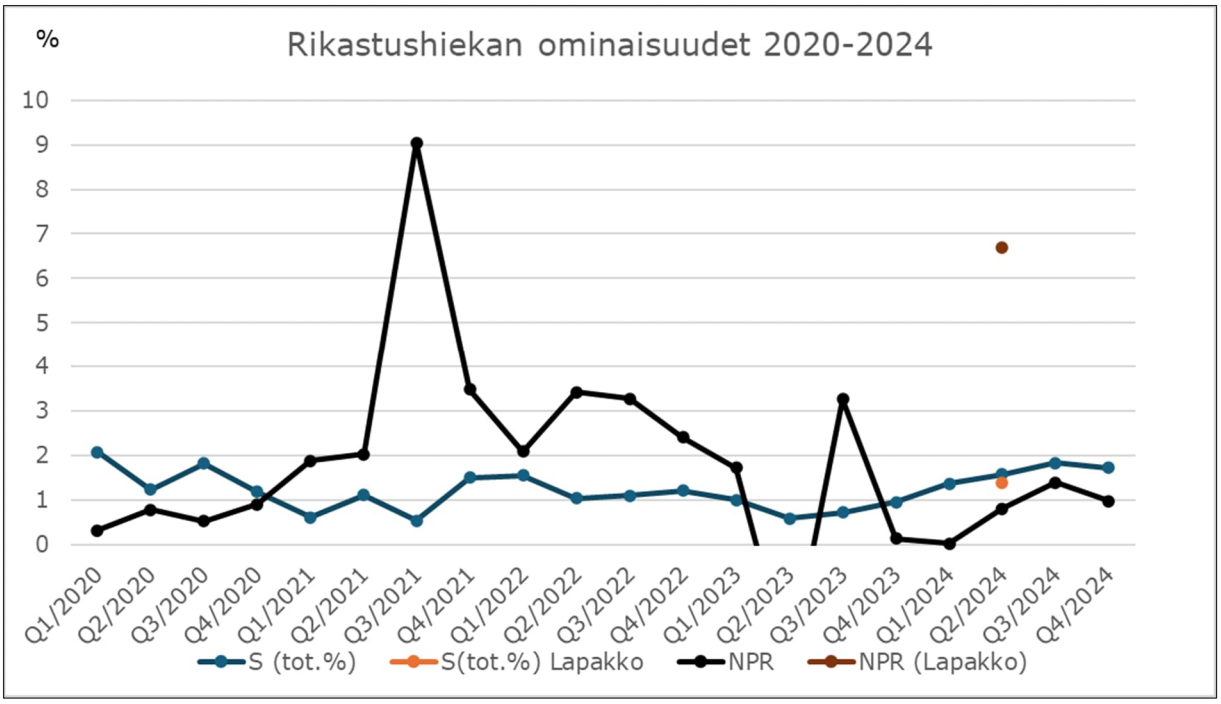
Vuonoksen rikastushiekan ominaisuuksia ja luokittelua tullaan tarkentamaan YVA-selostusvaiheessa.

Vuosien 2015–2024 (vuoden toiseen kvartaaliin Q2 asti) rikastushiekkanäytteiden ABA-testaus on tehty SGS Finland Oy:n toimesta. Vuoden 2024 toisesta kvartaalista lähtien näytteet on analysoitu Eurofins Oy:n laboratoriossa.

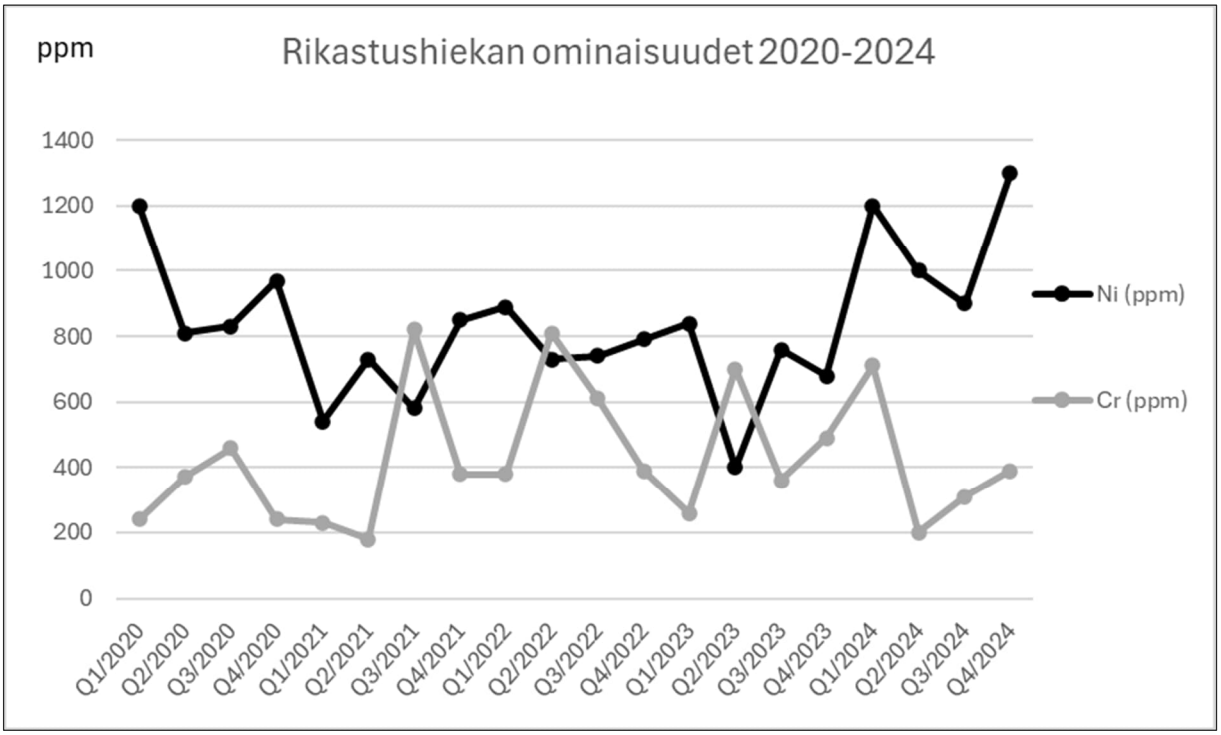
Taulukko 5-2. Rikastushiekan hapontuotto- ja neutralointipotentiaali testauksen tulokset vuosikeskiarvona vuosina 2015–2024. Näytemäärä oli n=4/vuosi, poikkeuksena vuodet 2017 (n=3) ja 2024 (n=5). Taulukossa esitetään rikin kokonaispitoisuus (S kok, %), sulfidisen rikin pitoisuus (S sulf., %) ja niiden suhde; hiilen kokonaispitoisuus (C kok %), hapontuottopotentiaali (AP), neutralointipotentiaali (NP) ja niiden suhde (NPR) sekä laskennallinen neutralointipotentiaali ja NPR-arvo. Vuosina 2015–2023 ja alkuvuonna 2024 (Q1–Q2) tulokset on analysoinut SGS: Vuonna 2024 (Q2-Q4) määritykset on tehnyt Eurofins ml. Lapakko-menetelmällä tutkittu näyte (Q2/2024).

	$S_{kok.}$	$S_{sulf.}$	$S_{sulf.}$ / $S_{kok.}$	$C_{kok.}$	AP	NP	NP (lask.)	NPR	NPR (lask.)
	%	%		%	$kgCaCO_3/t$				
vuosi 2015	1,3	1,3	1	7,4	40	112	228	2,9	6
vuosi 2016	1,7	1,7	1	8,1	52	84	309	1,7	6
vuosi 2017	1,5	1,3	0,8	8,1	40	137	162	3,5	4
vuosi 2018	1,6	1,2	0,8	7,1	37	74	490	6,4	28
vuosi 2019	1,5	1,4	1	8,3	44	36	402	1,1	12
vuosi 2020	1,6	1,6	1	9	50	29	688	0,6	14
vuosi 2021	0,9	0,8	0,8	8,4	25	89	291	4,1	12
vuosi 2022	1,2	1,2	0,9	7,7	36	100	361	2,8	9
vuosi 2023	0,8	0,7	0,9	8,2	23	17	305	0,6	14
vuosi 2024	1,7	1,5	0,9	6,9	42	53	180	0,8	53
ka. 2015–2024	1,4	1,3	0,9	7,9	39	73	342	2,5	16
Lapakko-menetelmä (2024), rikkihappotitraus									
2024 Q2	1,4				43	290		6,7	

Magnesiittirikastushiekan tärkeimpien tarkasteltavien muuttujien (rikki, NPR-arvo, nikkeli ja kromi) vaihtelu vuosina 2020–2024 esitetään kuvissa 5-1 ja 5-2. Vuosien 2020–2024 (Q1–Q2/2024) näytteet on analysoitu SGS Finland Oy:n laboratoriossa. Vuoden 2024 Q2 lähtien näytteet on analysoitu Eurofinsin toimesta. Vuoden 2024 Q2 tulos on laskettu SGS:n (1 näyte) ja Eurofinsin (2 näytettä) tulosten keskiarvona kokonaisrikin ja NPR-arvon osalta. Kuvaajassa on lisäksi esitetty kokonaisrikkipitoisuus sekä NPR-arvo yksittäiselle Q2-näytteelle, joka on analysoitu Lapakko-menetelmällä Eurofinsin laboratoriossa. Erityisen korkea NPR-arvo kvartaalilla 3 vuonna 2021 osuu samaan aikaan kromin pitoisuushuipun kanssa. Sen sijaan nikkelin ja rikin pitoisuudet olivat keskimääräistä matalampia. Vuoden 2023 kvartaalin 2 neutralointipotentiaalisuhde oli negatiivinen (-2,8).



Kuva 5-1. Vuonoksen rikastushiekan (magnesiittihiekan) kokonaisrikin ja neutralointipotentiaalisuhteen vaihtelu vuosien 2020–2024 tarkkailutuloksissa.



Kuva 5-2 Vuonoksen rikastushiekan (magnesiittihiekan) nikkelin ja kromin pitoisuuksien (ppm) vaihtelu vuosien 2020–2024 tarkkailutuloksissa.

5.2.4 Rikastushiekan ja prosessiveden kemikaalijäämät

Rikastusprosessissa käytettävät kemikaalit on esitetty luvussa 3.3.1. Magnesiittihiekka tai nikkelilaitoksen rikastusjäte sisältävät prosessissa käytettyjä kemikaaleja jossain määrin.

Rikastushiekka puretaan rikastushiekan rikastushiekka-altaille käsitellyn prosessiveden kanssa lietteenä. Rikastushiekka-altaalle johdetun magnesiittihiekan ominaisuuksia on käsitelty luvussa 5.2.1 – 5.2.3. Rikastushiekka-alueen nykyisen suotoveden ja altaissa olevan veden laatutietoja on esitetty tarkemmin jätehuoltosuunnitelmassa.

5.2.5 Liukoisuusominaisuudet

Rikastushiekkojen 2-vaiheisessa ravistelutestissä (neste/kiinteä suhteella 10; tulokset taulukossa 5-3) nikkelin ja arseenin keskimääräinen pitoisuus vuosina 2020–2022 ylitti pysyvän jätteen raja-arvon, sekä arseenin keskiarvopitoisuus vuosina 2023–2024 vaarattoman jätteen kaatopaikalle asetetun raja-arvon (VNA 331/2013). Lisäksi vuoden 2024 näytteistä elohopean ja seleenin keskimääräiset pitoisuudet ylittivät pysyvän jätteen raja-arvon. Muut testitulokset alittivat pysyvän jätteen kaatopaikan kaatopaikkakelpoisuuden raja-arvot.

On kuitenkin huomattava, että 2-vaiheinen ravistelutesti ei kuulu kaivannaisjäteasetuksen varsinaisiin arviointiperusteisiin, vaikka testin tulosten esittäminen kaivannaisjätteen karakterisoinnissa on melko vakiintunut käytäntö Suomessa. 2-vaiheinen ravistelutesti soveltuu huonosti kaivannaisjätemateriaalin pitkäaikaiskäyttäytymisen arviointiin, koska mahdollinen sulfidien hapettumisen tai muiden kemiallisten reaktioiden aiheuttama aineiden mobilisoituminen ei ole vielä käynnistynyt.

Taulukko 5-3. Rikastushiekan 2-vaiheisen ravistelutestin (L/S 10) keskimääräiset tulokset vuosina 2019–2024, sekä vertailu kaatopaikka-asetuksen (VNA 331/2013) raja-arvoihin. Vuosinäytemäärä n=4. Yksikkö on mg/kg. DOC=liuennut orgaaninen aines. Mikäli määritysrajoja on ollut määrityksissä useampia, niin taulukossa on käytetty suurempaa arvoa.

	Rikastushiekka						Raja-arvot (VNA 331/2013)*		
Alkuaine	2-vaiheinen ravistelutesti, liukoisuus mg/kg, vuosikeskiarvo						Pysyvä jäte	Vaaraton jäte	Vaarallinen jäte
	2019	2020	2021	2022	2023	2024			
Arseeni (As)	2,35	3,65	5,73	4,05	7,33	9,25	0,5	2	25
Barium (Ba)	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<2,5	20	100	300
Kadmium (Cd)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	1	5
Kromi (Cr)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	10	70
Kupari (Cu)	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	2	50	100
Elohopea (Hg)	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	0,2	2
Molybdeeni (Mo)	<0,1	0,20	<0,1	<0,1	<0,1	0,07	0,5	10	30
Nikkeli (Ni)	1,03	0,78	10,0	1,03	0,28	0,33	0,4	10	40

	Rikastushiekka						Raja-arvot (VNA 331/2013)*		
Alkuaine	2-vaiheinen ravistelutesti, liukoisuus mg/kg, vuosikeskiarvo						Pysyvä jäte	Vaaraton jäte	Vaarallinen jäte
	2019	2020	2021	2022	2023	2024			
Lyijy (Pb)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05	0,5	10	50
Antimoni (Sb)	0,12	0,06	0,07	0,06	0,07	0,14	0,06	0,7	5
Seleeni (Se)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,1	0,5	7
Sinkki (Zn)	<0,8	<0,8	0,95	<2,5	0,8	<0,8	4	50	200
DOC	<100	<100	<100	<100	<100	76	500	800	1000
kloridi (Cl)	<160	<160	<160	<160	<160	<160	800	15000	25000
Fluoridi (F)	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2	10	150	500
sulfaatti (SO_4)	446	436	535	842	579	318	1000	20000	50000

** Valtioneuvosten asetus kaatopaikoista (331/2013) päivitettiin jätelain uudistuksen myötä. Asetusmuutos tuli voimaan 1.12.2021. Termi tavanomaisen jätteen kaatopaikka on korvattu termillä vaarattoman jätteen kaatopaikka.*

5.2.6 Rikastushiekan radiologiset ominaisuudet ja kuitumineraalit

Säteilyasetuksen (1512/1991) 29 §:n mukaan säteilyturvakeskukselle tulee ennen toiminnan aloittamista tehdä ilmoitus sellaisten luonnonvarojen laajamittaisesta hyödyntämisestä, joiden uraani- tai toriumpitoisuus on suurempi kuin 0,1 kilogrammaa tonnissa (100 mg/kg), lukuun ottamatta ydinenergialain (990/87) nojalla valvottavaa toimintaa. Vuonoksen rikastushiekkanäytteiden uraanipitoisuudet alittavat mainitun raja-arvon (Taulukko 5-4).

Taulukko 5-4 Magnesiittirikastushiekan kuningasvesiliukoisten uraanipitoisuuksien vuosikeskiarvot 2019–2024. Tulokseen laskettu neljän näytteen keskiarvot.

	Rikastushiekka			
	Uraanipitoisuus, mg/kg			
Vuosi	Q1	Q2	Q3	Q4
2019	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
2020	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
2021	0,7	<0,5	<0,5	<0,5
2022	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
2023	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
2024	<0,5	0,06	0,09	0,05

Vuonoksen rikastushiekkanäytteille on tehty U-aktiivisuuspitoisuuksien tarkastelu STUK:in ohjeistuksen (STUK 2021) mukaisesti. Aktiivisuuspitoisuudet määritettiin laskennallisesti

nelihappouuttotuloksista. Kuningasvesiuuton uraanipitoisuudet on määritetty ICP-MS-tekniikalla. U-238 aktiivisuuspitoisuus laskettiin 12.4 x pitoisuus (mg/kg). Vapautusraja on 1000 Bq/kg kunkin radionuklidin osalta eli mikään aktiivisuuspitoisuus erikseen ei saa ylittää tuota raja-arvoa. Vuonoksen rikastushiekkaa oli testauksessa yhteensä 24 näytettä. Näytteiden U-238 aktiivisuuspitoisuus vaihteli välillä 0,62–8,7 Bq/kg. Minkään radionuklidin aktiivisuuspitoisuus ei siis ylittänyt vapautusrajaa 1000 Bq/kg.

Rikastushiekan muiden radionuklidien aktiivisuuspitoisuuksia on tutkittu vuoden 2025 lopussa. Tulokset on esitetty taulukossa 5-5. Minkään radionuklidin aktiivisuuspitoisuus ei ylittänyt vapautusrajaa 1000 Bq/kg.

Taulukko 5-5. Rikastushiekan radionuklidien aktiivisuuspitoisuudet (STUK 2025).

Nuklidi	Aktiivisuuspitoisuus	Yksikkö
K-40	7,5 ± 1,6	Bq/kg
Th-228	0,26 ± 0,11	Bq/kg
Ra-228	<0,7	Bq/kg
Ra-226	<0,3	Bq/kg
Pa-234m	<17,7	Bq/kg
Pb-210	<2,09	Bq/kg

Työntekijöiden altistumista ilman epäpuhtauksille selvitetään säännöllisesti rikastamolla. Viimeisin työhygieeninen selvitys tehtiin vuonna 2025. Asbestin osalta rikastamolla rikastamolla asbestipitoisuudet jäivät alle analyysimenetelmän määritysrajan ja talkkitehtaalla asbestipitoisuudet olivat vähäisiä, tulokset vastasivat näiltä osin vuonna 2023 tehtyjä mittaustuloksia (Työterveyslaitos 2025 ja 2023). Toimenpidesuosituksena nykyisissä työolosuhteissa työskentelyyn on moottoroidun hengityssuojaimen käyttö. Edelliset selvitykset ovat vuosilta 2020 ja 2018. Talkkitehtaalla on todettu vähäinen määrä asbestikuituja yhdessä mittauspisteessä vuoden 2018 mittauksissa, mutta vuonna 2020 niitä ei todettu.

5.2.7 Rikastushiekan vaaraominaisuuksien arviointi

Magnesiittirikastushiekan ympäristövaarallisuutta on arvioitu asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti (Taulukko 5-6). Rikastushiekan pitoisuuksissa on huomioitu kosteus 31 m–%, vuoden 2022 geoteknisten tutkimuksien tulosten perusteella. Jätteen luokittelu suoritetaan joko alun perin testattujen tai kuivapainoluvuista muunnettujen tuorepainojen perusteella (Komission tiedonanto 2018/C 124/01). Taulukon 5-6 tulokset on laskettu tuorepainoa kohti.

Rikastushiekan ominaisuuksia on tarkasteltu ympäristölle vaarallisen jätteen, vaaraominaisuus HP 14, kriteerien mukaan siten, kuin Ympäristöministeriön oppaassa ”Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas 02/2019” on esitetty. Oppaan liitteessä 9 on annettu eri metalleille pitoisuusrajat ja yhteenlaskussa alin huomioitava pitoisuus (Cut-off-arvo), ks. Taulukko 5-6.

Rikastushiekka ei luokitu ympäristölle vaaralliseksi jätteeksi vaaraominaisuuksien H410 ja H400 osalta EU 2017/997 ja EU 1357/2014 pitoisuusrajojen perusteella. Luokituksen perusteena on käytetty vuosien 2015–2024 näytteiden (36 kpl) keskiarvoja.

Nikkelin keskiarvo (944 mg/kg eli 651 mg/kg tuorepainoa kohti) ylittää cut-off arvon. Mikään muun aineen pitoisuus ei ylitä cut-off arvoa, joten yhteenlaskukaavoja ei tarvitse soveltaa.

Taulukko 5-6. Magnesiittirikastushiekan ympäristövaarallisuuden arviointi asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti. Metalli-ionille sovellettavat vaarallisen jätteen pitoisuusrajat on laskettu suhteessa metalli-ionin osuuteen koko kyseisen yhdisteen moolimassasta. Rikastushiekan haitta-aineiden pitoisuudet on laskettu tuorepainoa kohti.

HP14	Pitoisuusraja (mg/kg)				Rikastushiekka keskiarvo
Alkuaine	Aquatic Acute 1, H400	Cut-off	Aquatic Chronic, H410	Cut-off	mg/kg
Sb (H411)			25 000	10 000	6,2
As	250 000	1 000	2 500	1 000	58
Cd	250 000	1 000	2 500	1 000	0,6
Co (H413)			250 000	10 000	
Co (CoO)	200 000	790	2 000	790	
Co ($CoCl_2$)	110 000	450	1 100	450	
Co ($CoSO_4$)	95 000	380	9 500	380	34
Cr (VI)	250 000	1 000	2 500	1 000	
Hg	250 000	1 000	2 500	1 000	0,2
Cu ($CuSO_4$)	100 000	400	1 000	400	6,7
Cu ($CuCl_2$)	120 000	470	12 000	4 700	
Pb	250 000	1 000	25 000	1 000	4,8
Ni ($NiSO_4$)	95 000	380	950	380	651
Ni (NiS)	150 000	600	1 500	600	
Se (H413)			250 000	1 000	6,1
Zn ($ZnCl_2$)	120 000	470	1 200	470	
Zn ($ZnSO_4$)	100 000	4 000	1 000	400	15
V (V_2O_5)			14 000	5 600	6,6

Huom. Mikäli metalli-ionille on annettu CLP-asetuksen harmonisoidussa aineluettelossa ns. geneerinen eli yleinen luokitus perustuen vaaraominaisuuksiin H400 ja H410 ja jos ei muuta mainita, se on esitetty taulukossa 5-6. Metalli-ionin yleistä luokitusta voidaan käyttää jäteluokituksessa silloin, jos muualla CLP-asetuksen aineluettelossa ei ole annettu jätteen sisältämälle metalliyhdisteelle omaa erillistä luokitusta, tai ei tiedetä minä yhdisteenä metalli-ioni esiintyy jätteessä.

Niille metalli-ioneille, joille ei ole olemassa yleistä luokitusta, on taulukossa esitetty kyseisen metallin helppoliukoisten suolojen luokituksia. Metalli-ionille sovellettava vaarallisen jätteen pitoisuusraja on laskettu suhteessa metalli-ionin osuuteen koko kyseisen metalliyhdisteen moolimassasta. Niistä yhdisteistä, joissa alkuaine voi todennäköisesti esiintyä jätteessä, tulisi jäteluokitukseen valita se yhdiste, jolla alkuaineelle tulisi alhaisin pitoisuusraja (ns. ”reasonable worst case” -periaate).

5.2.8 Rikastushiekkanäytteiden edustavuus

Rikastushiekkanäytteiden ominaisuuksia on tutkittu vuodesta 2013 lähtien. Näytteet on otettu neljä kertaa vuodessa tarkkailuohjelman mukaisesti. Näytteet on tutkittu akkreditoidussa laboratoriossa standardien mukaisesti. Vuoden 2013 tulokset poikkeavat huomattavasti muiden vuosien tuloksista, joten sen vuoden osalta tuloksissa on epäluotettavuutta. Muuten tulokset ovat edustavia. Näytteet on otettu tuorenäytteinä putken päästä kuukausittain, ja niistä on koostettu kolmen kuukauden kokoomanäyte. Näytteenotto toteutetaan samalla tavalla jokaisella näytteenottokerralla.

5.2.9 Rikastushiekan jatkotutkimukset

Vuoden 2025 maalis-huhtikuun vaihteessa rikastushiekka-alueen välialtaasta sekä rikastushiekka-altailta 1 ja 2 otettiin AFRY Finland Oy:n toimesta rikastushiekkanäytteitä. Näytteitä otettiin yhteensä seitsemästä pisteestä kairaamalla pohjamaahan asti. Näytepisteet 1–3 sijoittuvat rikastushiekka-altaalle 1, näytepisteet 4–6 rikastushiekka-altaalle 2 ja näytepiste 7 välialtaalle. Näytteitä otettiin metrin välein. Näytepisteiden syvyydet vaihtelivat näytepisteissä 9–19 metrin välillä seuraavasti: näytepisteissä 1, 2 ja 4 (1–15 m), näytepisteissä 3 ja 5 (1–19 m) sekä näytepisteessä 7 (1–9 m). Näytteenoton tavoitteena oli selvittää rikastushiekka-altaalle eri aikoina läjitettyjen rikastushiekkojen ominaisuuksien nykytilaa.



Kuva 5-3. Vuonoksen rikastushiekka-altaan vuoden 2025 tutkimuspisteet.

Rikastushiekka-altailla päällimmäisenä on Mondo Mineralsin nykyisestä toiminnasta muodostuvaa magnesiittihiekkaa, ja sen alla on aiemman toimijan (Outokumpu Oy) aikana muodostunutta rikastushiekkaa, josta tässä yhteydessä käytetään termiä sulfidirikastushiekka.

Kaikkien seitsemän näytepisteen osalta valittiin laboratorioanalyyseihin yksi näyte magnesiittihiekan ja sulfidirikastushiekan vaihettumiskerroksesta sekä yksi kokoomanäyte hapettumattomaksi oletetusta sulfidirikastushiekasta. Taulukossa 5-7 on esitetty laboratorioanalyyseihin lähetettyjen näytteiden kuvaukset ja teetetyt analyysit. Kaikista näytepisteistä on valittu näytteet, joille tehtiin peräkkäisuutto. Lisäksi näytepisteiden 1, 4 ja 6 tummille näytteille ja näytepisteiden 2 ja 6 magnesiittihiekkanäytteille tehtiin ABA-testi. Mineralogiseen määritykseen valittiin näytepisteen 4 vaihettumiskerroksen näyte sekä sulfidirikastushiekkanäyte 12 metrin syvyydeltä. Rikastushiekkanäytteiden lisäksi rikastushiekka-alueen alapuolisesta maakerroksesta otettiin näytteet. Näistä turvenäytteistä kolmesta tehtiin typpihappohajotuksella PIMA-metallimääritykset, näytepisteistä 2, 4 ja 5.

Rikastushiekkanäytteistä tehtävien peräkkäisuuttojen avulla haluttiin selvittää, miten eri aineet ovat sitoutuneet, ja onko rikastushiekkakerrosten välillä eroavaisuuksia rikastushiekan ominaisuuksissa, jotka voisivat vaikuttaa koko rikastushiekkamassassa muodostuvan suotoveden laatuun.

Taulukko 5-7 Vuonna 2025 otettujen rikastushiekkanäytteiden kuvaukset, laboratorioanalyyseihin lähetettyjen näytteiden osalta. Outokumpu-yhtiön rikastushiekka on sulfidimalmin rikastamisesta syntynyttä. Vaihettumiskerroksella tarkoitetaan Mondon Mineralsin magnesiittihiekan ja em. Outokumpu-yhtiön rikastushiekan rajapintaa.

Näytepiste / syvyys	Näytteen kuvaus	Analyysit
Rikastushiekkanäytteet		
NP1/ 11 m	Vaihettumiskerros	ABA-testi, peräkkäisuutto
NP1/ 12–13 m	Outokumpu Oy:n sulfidirikastushiekka	
NP2/ 11 m	Vaihettumiskerros	peräkkäisuutto
NP2/ 12 m	Outokumpu Oy:n sulfidirikastushiekka	
NP3/ 10 m	Vaihettumiskerros	peräkkäisuutto
NP3/ 11–17 m	Outokumpu Oy:n sulfidirikastushiekka	
NP4/ 9 m	Vaihettumiskerros	ABA-testi, peräkkäisuutto
NP4/ 10–14 m	Outokumpu Oy:n sulfidirikastushiekka	
NP5/ 8 m	Vaihettumiskerros	peräkkäisuutto
NP5/ 9–15 m	Outokumpu Oy:n sulfidirikastushiekka	
NP6/ 5 m	Vaihettumiskerros	ABA-testi, peräkkäisuutto
NP6/ 6–15 m	Outokumpu Oy:n sulfidirikastushiekka	
NP7/ 4–6 m	Tumman harmaa maa-aines	peräkkäisuutto
NP7/ 7 m	Musta maa-aines	
NP7/ 8–9 m	Tumman harmaa / musta maa-aines, seassa soraa	
NP4/ 9 m	Vaihettumiskerros	mineralogia

Näytepiste / syvyys	Näytteen kuvaus	Analyysit
NP4/ 12 m	Selkeästi hapettumaton Outokumpu Oy:n sulfidirikastushiekka	
Magnesiittihiekkanäytteet		
NP2/ 4–9 m	Magnesiittihiekasta kokoomanäyte kosteista kerroksista	ABA-testi
NP6/ 1–4 m	Magnesiittihiekasta kokoomanäyte kosteista kerroksista	
Turvenäytteet		
NP2 / 14 m	Turvenäyte	PIMA-metallit
NP4/ 14,5 m	Turvenäyte	
NP5/ 17 m	Turvenäyte	

Outokumpu Oy:n aikaisten sulfidirikastushiekkanäytteiden mineralogia on esitetty taulukossa 5-8. Näyte NP4/ 9 m edustaa rikastushiekka-altaalla olevan sulfidirikastushiekan ja nykyisen magnesiittihiekan vaihettumiskerroksesta otettua näytettä. Näyte NP4/12 m edustaa hapettumatonta sulfidirikastushiekkaa.

Vaihettumiskerroksesta otetussa näytteessä (NP4/9 m) on odotetusti enemmän magnesiittia. Magnesiitin osuus ei kuitenkaan ole aivan yhtä suuri kuin itse magnesiittihiekan, todennäköisesti siksi että vaihettumiskerroksen näytteessä on jonkin verran sulfidirikastushiekkaa. Näytteen talkkipitoisuus on hyvin lähellä magnesiittihiekan tutkittua talkkimineraaliosuutta (ks. luku 5.2.2).

Sulfidirikastushiekassa on paljon kvartsia (49 m-%) verrattuna vaihettumiskerrokseen (1 m-%). Vastaavasti pyrrotiitin osuus on 15 m-%, kun vaihettumiskerroksessa on vain 0,7 %. Magnesiitti on myös yksi päämineraaleista, joskin sen osuus (18 m-%) on pienempi kuin vaihettumiskerroksessa. Muina mineraaleina esiintyy mm. talkkia, kloriittia, lizardiittia, andesiittia, biotiittia ja aktinoliittia sekä vähäisemmässä määrin ankeriittia, muskoviittia ja kalsiittia.

Taulukko 5-8. Rikastushiekan mineralogia (XRD) (SGS 2025a). Näyte NP4/ 9 m edustaa rikastushiekka-altaalla olevan Outokumpu Oy:n aikaisen sulfidirikastushiekan ja nykyisen magnesiittihiekan vaihettumiskerroksesta otettua näytettä. Näyte NP4/12 m edustaa hapettumatonta Outokumpu Oy:n aikaista sulfidirikastushiekkaa.

Näyte	NP4/9 m	NP4/12 m
Näytteen tiedot	Vaihettumiskerros	Sulfidirikastushiekka
Mineraali	m-%	m-%
Magnesiitti	49	18
Kvartsi	1	41
Talkki	15	3,4
Pyrrotiitti	0,7	15
Kloriitti	9,1	4,9
Lizardiitti	9,4	3,2
Ankeriitti	9,4	1,6

Näyte	NP4/9 m	NP4/12 m
Näytteen tiedot	Vaihettumiskerros	Sulfidirikastushiekka
Mineraali	m-%	m-%
Aktinoliitti	4,5	3,1
Andesiitti	1,9	5,4
Biotiitti	-	3,2
Muskoviitti	-	1,7
Kalsiitti	-	0,8
Yhteensä	100	100

Outokumpu Oy:n aikaisten sulfidirikastushiekkanäytteiden ABA-testin tulokset on esitetty taulukossa 5-9. Tutkitut näytteet, lukuun ottamatta näytettä NP4/9 m, ovat ABA-testin tulosten perusteella happoa tuottavaa, sillä sulfidisen rikin pitoisuus on kaikissa tutkituissa näytteissä yli 1 %. Lisäksi NPR-arvo, eli neutralointipotentiaalin ja hapontuottopotentiaalin suhde (NP/AP), on kaikissa näytteissä pieni.

Näyte NP4/9 m on otettu sulfidirikastushiekan ja magnesiittihiekan vaihettumiskerroksesta. Näyte poikkeaa selvästi muista tutkituista näytteistä, mikä viittaisi siihen, että näytteessä on todennäköisesti enemmän magnesiittihiekkaa kuin sulfidirikastushiekkaa. Näyte on ABA-testin tulosten perusteella happoa muodostamatonta, sillä sulfidisen rikin pitoisuus on alle 1 % ja NPR-arvo on yli 3.

Taulukko 5-9. Outokumpu Oy:n rikastushiekkanäytteiden ABA-testin tulokset (SGS 2025b). Taulukossa käytetyt lyhenteet ovat: S kok. = rikin kokonaispitoisuus, S sulf. = sulfidisen rikin pitoisuus, C kok. = hiilen kokonaispitoisuus, NP (ylärivillä) = neutralointipotentiaali, AP = hapontuottopotentiaali, NPR = neutralointipotentiaalisuhde (NP/AP) ja NP (vasemmassa kolumnissa) = näytepiste.

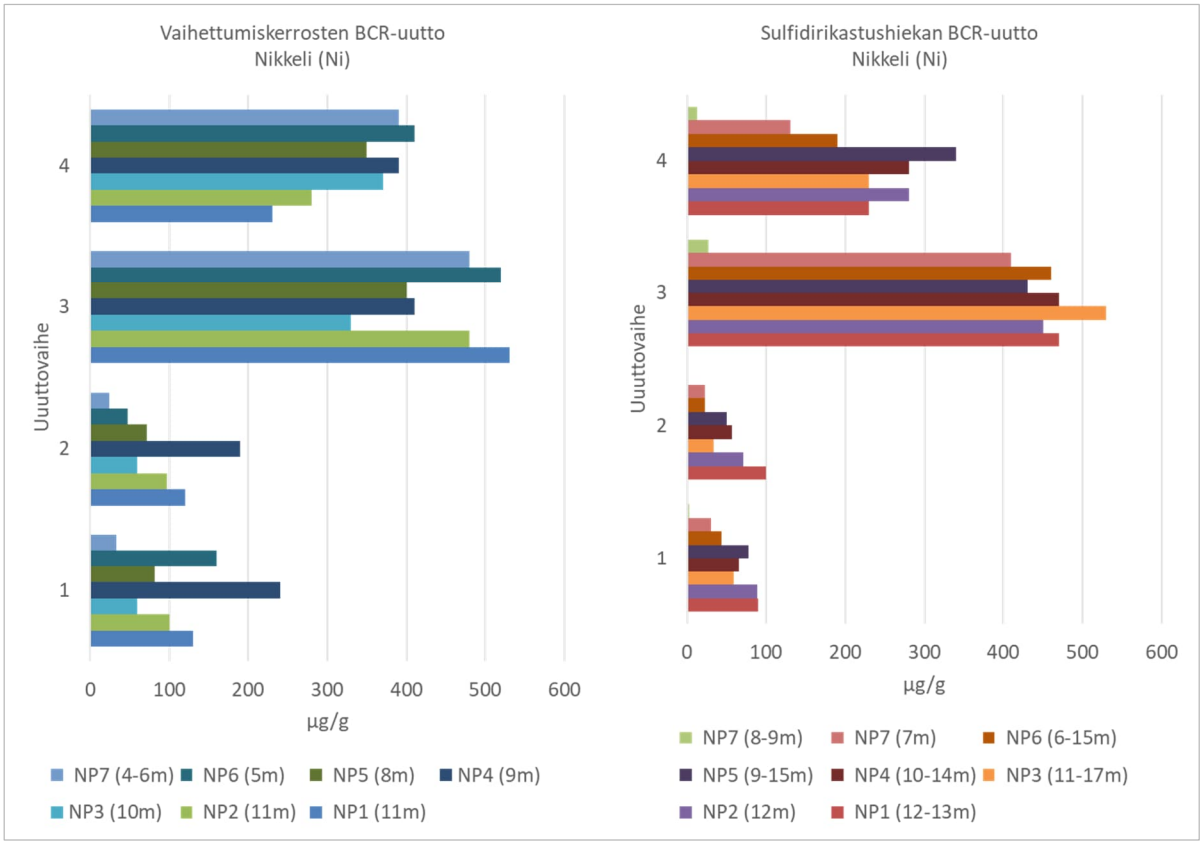
	$S_{kok.}$	$S_{sulf.}$	$S_{sulf.}$ / $S_{kok.}$	$C_{kok.}$	$C_{karb.}$	$C_{ei-karb.}$	AP	NP	NPR
Näyte	%	%		%	%	%	kg $CaCO_3$/t		
NP1/11 m	4,5	4,3	0,95	3,9	0,56	3,3	130	39	0,3
NP1/12–13 m	6,5	6,4	0,98	3,6	1,6	2	200	40	0,2
NP4/9 m	0,48	0,4	0,83	7,2	1,3	5,9	13	96	7,7
NP4/10–14 m	8,1	8	0,98	3	1,3	1,6	250	41	0,16
NP6/5 m	8,8	8,7	0,98	1,6	0,75	0,8	250	16	0,06
NP6/6–15 m	2,8	2,4	0,87	0,87	0,6	0,28	75	2,2	0,03

Rikastushiekkanäytteiden BCR-peräkkäisuuttokokeen tulokset nikkelin, sinkin, rikin ja kuparin osalta on esitetty kuvissa 5-4…5-7. Kuvissa vasemmalla (sinivihreällä) on esitetty rikastushiekka-altaan vaihettumiskerroksesta otettujen näytteiden tulokset ja oikealla (punertavalla) sulfidirikastushiekan tulokset. Kuvaajista nähdään, että liukenemisen jaottuminen eri uuttovaiheisiin on hyvin samanlainen niin vaihettumiskerroksen näytteissä kuin sulfidirikastushiekkanäytteissä. Liukeneminen on hyvin pientä kaikkien aineiden kohdalla uuton kahdessa ensimmäisessä vaiheessa, joissa liuotetaan karbonaatteihin ja oksideihin sitoutuneet aineet. Kaiken kaikkiaan tulosten perusteella voidaan todeta, että

nikkeli, sinkki, rikki ja kupari esiintyvät ainakin pääosin samassa muodossa vaihettumiskerroksessa ja sulfidirikastushiekassa.

Nikkeliä liukenee eniten uuton kolmannessa vaiheessa eli vetyperoksidiuutossa, jossa uutetaan sulfideihin sitoutuneet metallit. Liukeneminen on suurta myös 4. uuttovaiheessa eli kuningasvesiuutossa. Vetyperoksidi hapettaa kemiallisesti helposti hapettuvat sulfidit, kun taas kuningasvesi hajottaa myös rakenteellisesti stabiilit sulfidimineraalit.

Osa rikistä liukenee 3. uuttovaiheessa, mutta suurempi osa vasta kuningasvesiuutossa. Sinkkiä liukenee sulfidirikastushiekasta eniten 3. uuttovaiheessa. 4. uuttovaiheessa sinkkiä liukenee noin puolet verrattuna 3. uuttovaiheeseen. Vaihettumiskerroksessa sinkin liukeneminen tapahtuu toisinpäin eli 4. uuttovaiheessa liukeneminen on suurempaa kuin 3. uuttovaiheessa. Kuparin liukenemisessa ei sulfidirikastushiekassa ole merkittävää eroa 3. ja 4. uuttovaiheen välillä. Vaihettumiskerroksessa kuparin liukeneminen on suurinta 4. uuttovaiheessa.



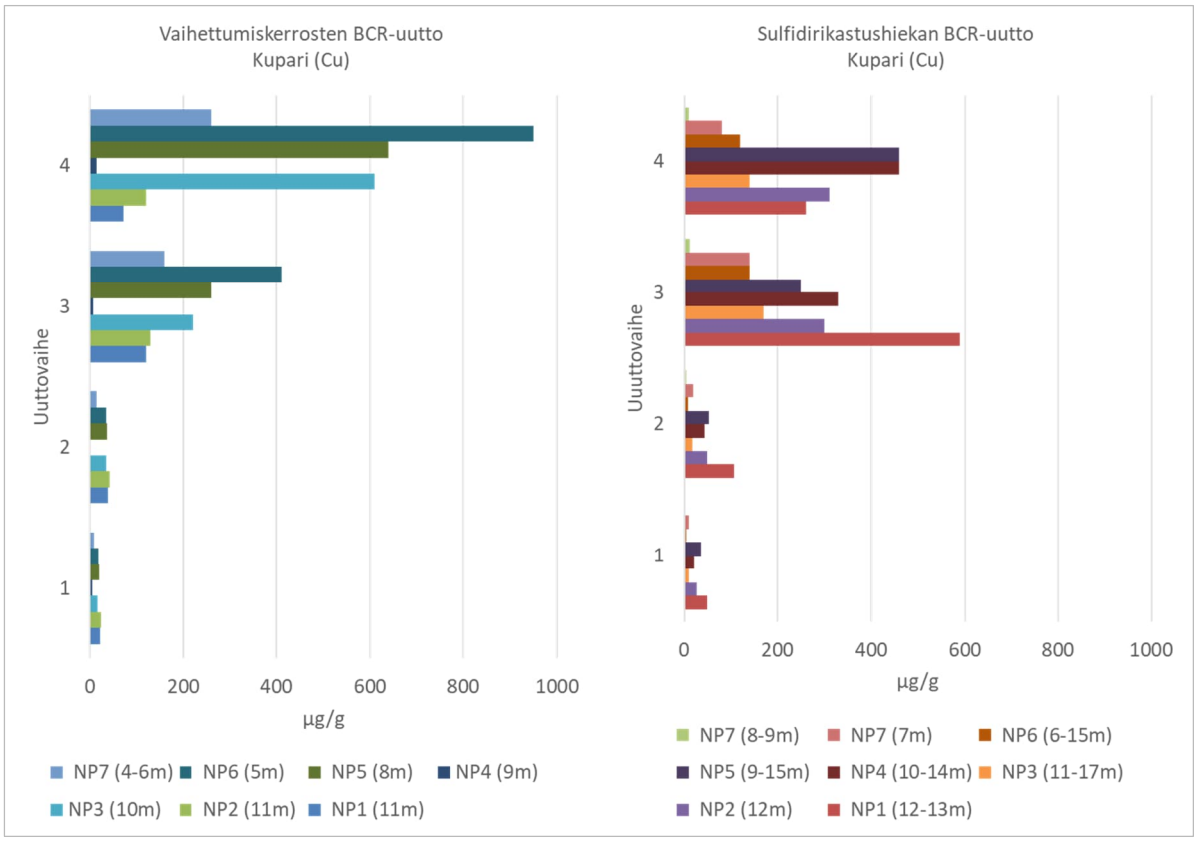
Kuva 5-4. Liuenneen nikkelin määrä BCR-peräkkäisuuton eri uuttovaiheissa vaihettumiskerroksesta otetuissa näytteissä (vas.) ja sulfidirikastushiekkanäytteissä (oik.) (SGS 2025c).



Kuva 5-5. Liuenneen sinkin määrä BCR-peräkkäisuuton eri uuttovaiheissa vaihettumiskerroksesta otetuissa näytteissä (vas.) ja sulfidirikastushiekkanäytteissä (oik.) (SGS 2025c).



Kuva 5-6. Liuenneen rikin määrä BCR-peräkkäisuuton eri uuttovaiheissa vaihettumiskerroksesta otetuissa näytteissä (vas.) ja sulfidirikastushiekkanäytteissä (oik.) (SGS 2025c).



Kuva 5-7. Liuenneen kuparin määrä BCR-peräkkäisuuton eri uuttovaiheissa vaihettumiskerroksesta otetuissa näytteissä (vas.) ja sulfidirikastushiekkanäytteissä (oik.) (SGS 2025c).

5.3 Nikkelilaitoksen rikastusjäte (ferriarsenaattisakka)

5.3.1 Nikkelilaitoksen rikastusjätteen geokemialliset ominaisuudet

Nikkelilaitoksen rikastusjätteen (ferriarsenaatti) metalli- ja metalloidipitoisuudet esitetään taulukossa 5-10, jossa niitä verrataan PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) kynnys- ja ohjearvoihin. Tuloksia käytetään kaivannaisjätteen pysyväksi luokittelussa VNA 190/2013 (liite 1) mukaisesti. Nikkelin, arseenin ja antimonin pitoisuudet ylittävät selkeästi ylemmän ohjearvon ja koboltin pitoisuus alemman ohjearvon eli näiden perusteella ferriarsenaattia ei voida luokitella pysyväksi kaivannaisjätteeksi. Lisäksi kuparin osalta ylittyy yhden näytteen osalta alempi ohjearvo.

Vuosina 2016–2018 kaivoksen omavalvonnassa tutkittiin taulukossa 5-11 esitetyt alkuaineet (As, Co, Ni, Mg, Ca, Fe, S ja C). Myös näissä tuloksissa arseenin, koboltin ja nikkelin tulokset ovat koholla. Lisäksi tuloksista havaitaan nikkelilaitoksen rikastusjätteen korkea rikkipitoisuus.

Taulukko 5-10. Nikkelilaitoksen rikastusjätteen (ferriarsenaatti) kuningasvesiliukoiset metalli- ja metalloidipitoisuudet sekä PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) mukaiset kynnys- ja ohjearvot (mg/kg). Lähdedokumentissa ei mainita määritysmenetelmää. (Elementis 2023)

Tunnus	Metallit										
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Kynnysarvo	5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400
2016	7 850	0,04	168	58	61	0,05	4 520	16	939	3,2	19
2018 (sakeutin)	7 800	<0,1	150	30	87	<0,1	4 000	26	760	<2,2	50
2018 (tuotanto)	3 800	0,03	510	16	190	<0,1	14 000	10	120	<2,2	110

Taulukko 5-11 Nikkelilaitoksen rikastusjätteen omavalvonnassa vuosina 2016–2018 tutkitut alkuaineiden kokonaispitoisuudet, sekä PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) mukaiset kynnys- ja ohjearvot (mg/kg). Lähdedokumentissa ei mainita määritysmenetelmää. (Elementis 2023)

Tunnus	Metallit							
	As	Co	Ni	Mg	Ca	Fe	S	C
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Kynnysarvo	5	20	50	-	-	-	-	-
Alempi ohjearvo	50	100	100	-	-	-	-	-
Ylempi ohjearvo	100	250	150	-	-	-	-	-
Keskiarvo	6 600	410	10 000	7 100	100 000	180 000	120 000	6 700
Minimi	3 800	70	5 500	2 500	73 000	140 000	99 000	4 500
Maksimi	13 000	900	23 000	24 000	150 000	240 000	140 000	19 000

5.3.2 Liukoisuusominaisuudet sekä arvio pitkäaikaiskäyttäytymisestä

Nikkelilaitoksen rikastusjätteen (ferriarsenaatti) liukoisuudet esitetään taulukossa 5-12. Lähdetiedoissa ei mainita analyysimenetelmää, mutta oletuksena on, että se on 2-vaiheinen ravistelutesti (L/S 10). Antimonin pitoisuus ylittää pysyvän jätteen kaatopaikkakelpoisuuden raja-arvon (VNA 331/2013), sulfaatin pitoisuus vaarattoman jätteen kaatopaikkakelpoisuuden raja-arvon ja nikkelin pitoisuus vaarallisen jätteen raja-arvon.

Taulukko 5-12. Nikkelilaitoksen rikastusjätteen (ferriarsenaatti) liukoisuustestauksen tulokset (L/S 10, menetelmää ei mainita lähdetiedoissa), sekä vertailu kaatopaikka-asetuksen (VNA 331/2013) raja-arvoihin. (Elementis 2023)

	Ferriarsenaatti			Raja-arvot (VNA 331/2013)		
Alkuaine	2016	2018 (sakeutin)	2018 (tuotanto)	Pysyvä jäte	Vaaraton jäte*	Vaarallinen jäte
	mg/kg	mg/kg	mg/kg			
Arseeni (As)	0,08	<0,1	<0,1	0,5	2	25
Barium (Ba)	<0,06	<0,1	<0,1	20	100	300
Kadmium (Cd)	<0,04	<0,02	0,029	0,04	1	5
Kromi (Cr)	<0,05	<0,1	<0,1	0,5	10	70
Kupari (Cu)	0,7	3,0	0,47	2	50	100
Elohopea (Hg)	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,2	2
Molybdeeni (Mo)	<0,05	<0,1	<0,1	0,5	10	30
Nikkeli (Ni)	4052	3200	6400	0,4	10	40
Lyijy (Pb)	<0,05	<0,1	<0,01	0,5	10	50
Antimoni (Sb)	<0,05	<0,06	<0,06	0,06	0,7	5
Seleeni (Se)	0,3	0,18	0,39	0,1	0,5	7
Sinkki (Zn)	3,6	1,9	3,5	4	50	200
DOC	29	40	46	500	800	1000
Kloridi (Cl^-)	30	<500	<500	800	15 000	25 000
Fluoridi (F^-)	<5	<9	<9	10	150	500
Sulfaatti (SO_4^{2-})	25605	24000	29000	1000	20 000	50 000

** Valtioneuvosten asetus kaatopaikoista (331/2013) päivitettiin jätelain uudistuksen myötä. Asetus tuli voimaan 1.12.2021. Termi tavanomaisen jätteen kaatopaikka on korvattu termillä vaarattoman jätteen kaatopaikka.*

5.3.3 Nikkelilaitoksen rikastusjätteen radiologiset ominaisuudet

Nikkelilaitoksen rikastusjätteen radionuklidien aktiivisuuspitoisuuksia on tutkittu vuoden 2025 lopussa. STUK:in ohjeistuksen (STUK 2021) mukaisesti vapautusraja on 1000 Bq/kg kunkin radionuklidin osalta eli mikään aktiivisuuspitoisuus erikseen ei saa ylittää tuota raja-arvoa. Tulokset on esitetty taulukossa 5-5. Minkään radionuklidin aktiivisuuspitoisuus ei ylittänyt vapautusrajaa 1000 Bq/kg.

Taulukko 5-13. Rikastushiekan radionuklidien aktiivisuuspitoisuudet (STUK 2025).

Nuklidi	Aktiivisuuspitoisuus	Yksikkö
K-40	67,6 ± 8,0	Bq/kg
Th-228	1,7 ± 0,2	Bq/kg
Ra-228	1,7 ± 0,4	Bq/kg
Ra-226	5,3 ± 0,6	Bq/kg
Pa-234m	<28,7	Bq/kg
Pb-210	2,4 ± 1,2	Bq/kg

5.3.4 Nikkelilaitoksen rikastusjätteen vaaraominaisuuksien arviointi

Nikkelilaitoksen rikastusjätteen ympäristövaarallisuutta on arvioitu asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti (Taulukko 5-14). Rikastusjätteen pitoisuuksissa on huomioitu

keskimääräinen kosteus 64 m-%, vuoden 2019 jätehuoltosuunnitelmassa ilmoitettujen vesipitoisuuksien perusteella. Jätteen luokittelu suoritetaan joko alun perin testattujen tai kuivapainoluvuista muunnettujen tuorepainojen perusteella (Komission tiedonanto 2018/C 124/01). Taulukon (Taulukko 5-14) tulokset on laskettu tuorepainoa kohti.

Nikkelilaitoksen rikastusjätteen ominaisuuksia on tarkasteltu ympäristövaarallisen jätteen, vaaraominaisuus HP 14, kriteerien mukaan siten, kuin Ympäristöministeriön oppaassa ”Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas 02/2019” on esitetty. Oppaan liitteessä 9 on annettu eri metalleille pitoisuusrajat ja yhteenlaskussa alin huomioitava pitoisuus (Cut-off-arvo), ks. Taulukko 5-14. Luokituksen perusteena on vuosien 2016 ja 2018 näytteiden (3 kpl) keskiarvo. Arseenin ja nikkelin pitoisuudet läjityskosteuteen muunnettuna ylittävät vaaraominaisuudelle H400 annetut cut-off -arvot. Yhteenlaskun tulos (As 2334 mg/kg +Ni 2702 mg/kg = 5036 mg/kg eli 0,5 %) alittaa selvästi vaaraominaisuudelle H400 asetetun rajan ≥25 %.

Tarkasteltaessa vaaraominaisuutta H410 todetaan nikkelin pitoisuuden läjityskosteuteen muunnettuna ylittävän raja-arvon, joten nikkelilaitoksen rikastusjäte luokittuu ympäristölle vaaralliseksi jätteeksi, (HP14 H410) EU 2017/997 ja EU 1357/2014 pitoisuusrajojen perusteella.

Taulukko 5-14. Nikkelilaitoksen rikastusjätteen ympäristövaarallisuuden arviointi asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti. Metalli-ionille sovellettavat vaarallisen jätteen pitoisuusrajat on laskettu suhteessa metalli-ionin osuuteen koko kyseisen yhdisteen moolimassasta. Nikkelilaitoksen rikastusjätteen haitta-aineiden pitoisuudet on laskettu tuorepainoa kohti.

HP14	Pitoisuusraja (mg/kg)				Rikastushiekka keskiarvo
Alkuaine	Aquatic Acute 1, H400	Cut-off	Aquatic Chronic, H410	Cut-off	mg/kg
Sb (H411)			25 000	10 000	218
As	250 000	1 000	2 500	1 000	2 334
Cd	250 000	1 000	2 500	1 000	0,02
Co (H413)			250 000	10 000	
Co (CoO)	200 000	790	2 000	790	
Co ($CoCl_2$)	110 000	450	1 100	450	
Co ($CoSO_4$)	95 000	380	9 500	380	99
Cr (VI)	250 000	1 000	2 500	1 000	
Hg	250 000	1 000	2 500	1 000	0,03
Cu ($CuSO_4$)	100 000	400	1 000	400	41
Cu ($CuCl_2$)	120 000	470	12 000	4 700	
Pb	250 000	1 000	25 000	1 000	6,2
Ni ($NiSO_4$)	95 000	380	950	380	2702
Ni (NiS)	150 000	600	1 500	600	
Se (H413)			250 000	1 000	
Zn ($ZnCl_2$)	120 000	470	1 200	470	
Zn ($ZnSO_4$)	100 000	4 000	1 000	400	21
V (V_2O_5)			14 000	5 600	0,9

Huom. Mikäli metalli-ionille on annettu CLP-asetuksen harmonisoidussa aineluettelossa ns. geneerinen eli yleinen luokitus perustuen vaaraominaisuuksiin H400 ja H410 ja jos ei muuta mainita, se on esitetty taulukossa (Taulukko 5-6). Metalli-ionin yleistä luokitusta voidaan käyttää jäteluokituksessa silloin, jos muualla CLP-asetuksen aineluettelossa ei ole annettu jätteen sisältämälle metalliyhdisteelle omaa erillistä luokitusta, tai ei tiedetä minä yhdisteenä metalli-ioni esiintyy jätteessä.

Niille metalli-ioneille, joille ei ole olemassa yleistä luokitusta, on taulukossa esitetty kyseisen metallin helppoliukoisten suolojen luokituksia. Metalli-ionille sovellettava vaarallisen jätteen pitoisuusraja on laskettu suhteessa metalli-ionin osuuteen koko kyseisen metalliyhdisteen moolimassasta. Niistä yhdisteistä, joissa alkuaine voi todennäköisesti esiintyä jätteessä, tulisi jäteluokitukseen valita se yhdiste, jolla alkuaineelle tulisi alhaisin pitoisuusraja (ns. ”reasonable worst case” -periaate).

5.4 Neutralointisakka

Rikastushiekan varastoalueelle sijoitetun neutralointisakan tarkkailutulosten perusteella altaille johdettu liete koostui pääasiassa rauta- ja kipsiyhdisteistä sekä sisälsi muun muassa magnesiumia, rautaa, nikkeliä ja arseenia. Sakan laatu vaihteli vaihtelevien prosessiolosuhteiden vuoksi varsin voimakkaasti. Sakan mineralogisten analyysien mukaan sakka koostui pääosin kipsistä sekä raudan erilaisista happea, vettä, hydroksidia ja sulfaattia sisältävistä yhdisteistä. Arseeni oli sitoutunut raudan oksihydroksideihin ja oksihydroksisulfaatteihin.

Suotovesiin ei ole havaittu liukenevan suuria määriä arseenia. Valtaosa arseenista on hapettuneena viiden arvoiseksi.

Tarkkailutulosten perusteella on arvioitu, että koetoiminta-altaiden loppusijoittaminen nykyiselle sijainnilleen rikastushiekka-allas 1:n (rikastushiekan rikastushiekkaallas 1) yhteyteen ei vaikuta merkittävästi allasalueella muodostuvien suotovesien laatuun. (ISAVI/9747/2021)

6 Kaivannaisjätteiden jätealueet ja niiden pohjarakenteet sekä jätealueiden luokitukset

6.1 Kaivannaisjätteen jätealueen määritelmä

Kaivannaisjäteasetuksen mukaan kaivannaisjätteen jätealueella tarkoitetaan tuotantopaikan yhteydessä olevaa aluetta, johon sijoitetaan siinä syntyvää kiinteää, lietemäistä tai nestemäistä kaivannaisjätettä. Suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavalla kaivannaisjätteen jätealueella tarkoitetaan jätealuetta, josta voi virheellisen toiminnan tai rakenteellisen vakauden tai siihen sijoitetun vaarallisen jätteen määrän tai ympäristölle tai terveydelle vaarallisten kemikaalien vuoksi aiheutua merkittävää vaaraa ihmisten terveydelle, omaisuudelle tai ympäristölle. Kaivannaisjätteen luokittelusta suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi jätealueeksi säädetään kaivannaisjäteasetuksen 190/2013 liitteessä 2. Kaivannaisjätealueiden tarkastelu suuronnettomuuden vaaran kannalta on esitetty jätehuoltosuunnitelmassa.

Kaivannaisjätteen jätealueena ei asetuksen mukaan kuitenkaan pidetä aluetta, joka ei ole suuronnettomuuden vaaraa aiheuttava ja johon sijoitetaan alle kolmeksi vuodeksi pilaantumatonta maa-ainesta, pysyvää jätettä tai etsinnässä tai turvetuotannon yhteydessä syntyvää kaivannaisjätettä, joka ei ole vaarallista jätettä, taikka alle vuodeksi muuta kuin edellä mainittua kaivannaisjätettä, joka ei ole vaarallista jätettä. Hyötykäyttöön louhittavan kiviaineksen varastoalue ei ole kaivannaisjätealue, kun kiviainesta varastoidaan väliaikaisesti ennen hyödyntämistä.

6.2 Rikastushiekka-alue

Rikastushiekka-alueelle on läjitetty vuosina 1986–2025 magnesiitti-rikastushiekkaa ja nikkelilaitoksen rikastusjätettä yhteensä noin 11,5 Mt. Lisäksi aiemman toiminnanharjoittajan aikana rikastushiekka-alueelle on läjitetty metallimalmin rikastuksesta syntynyttä sulfidipitoista rikastushiekkaa, jonka määräksi on arvioitu noin 9,1 Mt (Cody 1998). Rikastushiekka-alueelle on sijoitettu vähäisessä määrin pilaantuneita maita ja neutralointisakkaa.

Rikastushiekka-alueella ei ole rakennettuja pohjarakenteita. Rikastushiekkaa on läjitetty turve- ja hieta- tai hiesukerrosten päälle. Läjityksen pohjalla oleva turve on todennäköisesti tiivistynyt vettä läpäisemättömäksi. Turvekerroksen alla on moreenin päällä oleva heikosti vettä läpäisevä hieta- tai hiesukerros. Rikastushiekka-altaiden alla olevasta pohjamaasta on kerrottu luvussa 6.5.

Rikastusprosessissa muodostuva rikastushiekka eli magnesiittihiekka johdetaan rikastushiekan läjitysalueelle prosessiveteen sekoittuneena lietteenä. Magnesiittihiekka läjitetään rikastushiekka-altaaseen käyttäen läjitysalueen reunoilla olevia jakoputkistoja, minkä jälkeen sakat ja prosessivesi valuvat läjitysalueen reunoilta kohti altaan keskiosia, ja samalla sakka erottuu vedestä ja vesi selkeytyy.

Rikastushiekka-alueen rikastushiekka-altaiden 1 ja 2 pinta-ala on noin 97 hehtaaria ja ne ovat käytössä vuorotellen. Allas 1 on ollut yhtäjaksoisesti käytössä vuodesta 2019 vuoden 2025 loppupuolelle asti. Rikastushiekka-allas 2 on otettu uudelleen käyttöön vuoden 2025 loppupuolella, jotta pohjavesivaikutuksia allasalueen länsipuolella saadaan vähennettyä. Rikastushiekka-altaiden 1 ja 2 enimmäistäyttökorkeus on N_{60}+116 m.

Välialtaan pinta-ala on noin 26 hehtaaria ja se on aiemmin suurelta osin täytetty magnesiittihiekalla. Välialtaan vapaa vesipinta on karttatarkastelun perusteella noin 3 ha ja vesitilavuus noin 0,1 Mm^3. Pumppausaltaan pinta-ala on noin 30 ha, vesitilavuus noin 0,4 milj. m^3 sekä altaan keskisyvyys on 1,7 m ja maksisyvyys on 3,9 m (Savo-Karjalan ympäristötutkimus 2025) Pumppausaltaaseen ei ole läjitetty magnesiittihiekkaa, mutta sitä on käytetty mm. altaan pohjasedimenttien peittoon.

Rikastushiekka-alueen padot ovat suotavia moreenirakenteisia patoja, joita on korotettu ylävirtaan eli sisäänpäin. Patokorotukset on tehty rikastushiekasta. Magnesiitti-rikastushiekan laatu on esitetty luvussa 5.2.3 ja rikastushiekka-altaiden vedenlaatua luvuissa 6.3 ja 6.4.

Talkin rikastuksessa syntyvää magnesiittihiekkaa varten tarvittavan läjitystilavuuden loputtua moreenipadoilla muodostetuissa altaissa, on varastoaluetta korotettu

rakentamalla moreenipadon rajaaman varastoalueen sisäpuolelle uusi reunapato rikastushiekasta.

Rikastushiekka-allas luokitellaan jätealueen rakenteellisen vakauden sekä altaalle sijoitetun vaarallisen jätteen määrän perusteella muuksi kaivannaisjätteen jätealueeksi.

6.3 Rikastushiekka-alueen suotovedet

Rikastushiekka-alueelta suotautuvasta vedestä aiheutuvia mahdollisia haitallisia vaikutuksia ehkäistään suotovesien keruuojilla ja pumppauksella. Suotovesiojia tarkkaillaan ja vesi pumpataan takaisin altaaseen. Rikastushiekka-altaiden suotovesiojiin saadaan pääsääntöisesti otettua talteen patoalueilta ja niiden läheisyydestä suotautuvat vedet, kun taas rikastushiekka-altaan keskiosissa suotauma painuu osittain niin syvälle maa- ja kallioperään, ettei talteenotto suotovesiojien avulla ole mahdollista. Rikastushiekka-alueen reunapatojen läpi suotautuvat vedet kerätään suotovesiojiin ja pumpataan takaisin rikastushiekka-altaille 1 ja 2.

Suotovesipumppaamojen A, B ja C sijainnit rikastushiekka-altaaseen nähden on esitetty kuvassa 4-2. Suotovesivaikutuksia hallitaan pitämällä rikastushiekka-altaan länsipuolella olevien vastapainealtaiden pinnankorkeus korkeammalla kuin pumppausaltaan pinta, jolloin mahdollinen suotaminen tapahtuu pumppausaltaan suuntaan. Vastapainealtaissa vesipinta pidetään korkeammalla kuin väli- ja pumppausaltaissa siten, että alemman vastapainealtaan pinta (noin 104 m mpy) on ylempänä kuin pumppausaltaan pinta (noin 102,5 m mpy), ja ylemmän vastapainealtaan pinta (noin 105,8 m mpy) on ylempänä kuin rikastushiekka-altaan 1 suotovesiojan pinta.

Teoreettista suotovesimäärää on arvioitu RocScience Slide-ohjelmalla tehtävän padon suotovesilaskennan avulla. Nykyisen altaan korolla +117 m mpy padon läpi ja sen alta suotautuu teoreettisesti arvioiden 122 m^3/d (AFRY Finland Oy 2024b). Tämä olisi laskennallisesti noin 44 500 m^3 vuodessa.

Suotovesiä seurataan suotovesipumppaamoilta analysoimalla vedenlaatu Vuonoksen laboratoriossa kuukausittain. Näytteistä analysoidaan tarkkailuohjelman mukaisesti nikkeli (Ni), arseeni (As), rauta (Fe), pH, sulfaatti (SO_4), kalsium (Ca), sähkönjohtavuus ja redox (hapetus-pelkistyspotentiaali). Suotovesiojista pumpattujen vesien (suotopumppausvesien) laadussa (Taulukko 6-1) on nähtävissä rikastushiekka-altaan vaikutus korkeina nikkeli- ja sulfaattipitoisuuksina.

Taulukko 6-1. Suotovesien tarkkailutulokset 2020–2024 (lähde: Elementisin oma tarkkailu).

	Ni mg/l	As mg/l	Fe mg/l	pH	SO_4 mg/l	S.joht mS/m	Ca mg/l	Redox (mV)
Suotovesipumppaamo A								
2020 ka.	0,78	0,01	83,7	5,49	2137	344	301	138
min.	0,29	0,00	8,00	3,30	1235	229	191	47
maks.	2,12	0,04	212	6,30	3086	574	458	296
2021 ka.	0,86	0,003	77,8	5,1	2558	360	317	227

	Ni mg/l	As mg/l	Fe mg/l	pH	SO_4 mg/l	S.joht mS/m	Ca mg/l	Redox (mV)
min.	0,09	0	2,2	3,1	1545	234	65	74
maks.	2,68	0,020	317	9,5	3674	561	610	388
2022 ka.	0,64	0	81,0	4,1	2649	513	398	204
min.	0,16	0	5,0	2,9	1045	260	176	98
maks.	1,26	0	213	5,5	3650	950	544	464
2023 ka.	0,34	0	28,6	5,4	2105	468	372	153
min.	0,16	0	6,9	3,4	1893	375	287	79
maks.	0,86	0	75,9	7,1	2381	541	517	250
2024 ka.	0,28	0	21,6	5,5	2328	772	364	139
min.	0,08	0	3,2	3,6	1356	255	185	61
maks.	0,49	0	62,3	6,6	2965	3320	469	420
Suotovesipumppaamo B								
2020 ka.	0,41	0,00	11,3	4,96	1469	269		190
min.	0,04	0,00	0,19	4,00	1012	190		60
maks.	1,03	0,01	40,4	6,00	2016	343		385
2021 ka.	0,43	0,000	19,0	5,0	1845	307		209
min.	0,29	0,000	6,8	3,7	1065	218		28
maks.	1,11	0,000	70,9	6,3	2366	360		306
2022 ka.	0,34	0,001	13,3	4,6	1777	406	291	232
min.	0,10	0	3,0	3,4	895	260	153	140
maks.	0,60	0,010	32,6	6,3	2363	484	385	372
2023 ka.	0,18	0	12,7	6,3	1084	270	156	146
min.	0,11	0	5,0	5,9	367	109	60	73
maks.	0,22	0	19,0	6,9	1551	378	237	208
2024 ka.	0,23	0	15,4	5,9	1866	362	226	104
min.	0,18	0	8,35	4,9	648	147	92	41
maks.	0,28	0	26,3	6,5	2489	471	306	184
Suotovesipumppaamo C								
2020 ka.	0,71	0,03	6,28	6,23	1551	268		147
min.	0,48	0,00	2,18	5,90	1169	234		63
maks.	0,92	0,11	8,86	6,50	2053	316		251
2021 ka.	0,75	0,006	5,93	6,2	1680	284		185
min.	0,13	0	0,23	6,0	1255	235		66
maks.	1,30	0,020	12,2	6,8	1967	310		273
2022 ka.	0,74	0,020	16,7	6,2	1769	403	302	191
min.	0,48	0	0,4	6,0	1565	345	249	88
maks.	1,01	0,110	75,9	6,4	2222	475	439	338
2023 ka.	0,60	0,019	4,7	6,4	1494	345	218	173
min.	0,49	0	0,1	5,7	1151	262	149	100
maks.	0,80	0,070	8,4	6,7	1743	378	277	246
2024 ka.	0,75	0	4,4	6,5	1589	347	224	146
min.	0,61	0	0,06	6	1324	265	173	52
maks.	1,01	0	11,9	6,7	1920	402	275	259

6.4 Rikastushiekka-alueen vesijakeiden laatu

Rikastushiekka-alueella veden laatua tarkkaillaan kolmesta kohdasta. Rikastushiekka-altaan vesinäyte otetaan rikastushiekka-altaalta 1 pumppausaltaaseen tulevan putken päästä. Välialtaan vesinäyte otetaan välialtaalta pumppausaltaalle tulevasta putkesta. Lisäksi pumppausaltaan vedestä otetaan näyte ennen veden purkamista Lahdenjokeen.

Rikastushiekka-altaan vapaan veden määrän on arvioitu oleva noin 80 000 m^3 vuoden 2023 vesitaseen mukaan. Rikastushiekka-altaan vesi sisältää erityisesti nikkeliä, arseenia, sulfaattia ja rautaa (Taulukko 6-2). Vesikierto on esitetty luvussa 3.2.

Rikastushiekka-alueen altaiden vedenlaadussa havaitaan rikastushiekkalietteen käsittelyn kalkkimaidolla ja/tai lipeällä vaikutus, mikä nostaa veden pH:ta. Verrattuna rikastushiekka-alueen suotovesien laatuun, välialtaan ja rikastushiekka-altaan ylitevedessä on keskimäärin hieman vähemmän nikkeliä ja selvästi vähemmän sulfaatteja ja rautaa. Suotovesipumppaamoilla A ja B havaitaan vuosittain huomattavan hapanta vettä verrattuna nykyiseen toimintaan. Em. seikat tukevat käsitystä, että magnesiittihiekan alapuolisesta, Outokumpu Oy:n toiminnan aikana muodostuneesta rikastushiekasta vapautuu ja suotautuu suotovesiin edelleen nikkeliä, rautaa ja sulfaatteja.

Taulukko 6-2. Välialtaan ja rikastushiekka-altaan vedenlaatu.

	pH	Fe mg/l	Ni mg/l	As mg/l	SO_4 mg/l
Välialtaan vesi					
2021 ka.	8,5	0,40	0,28	0,09	810
min.	7,2	0,06	0,06	0,02	481
maks.	9,7	2,67	0,69	0,25	1154
2022 ka.	8,3	0,43	0,29	0,08	894
min.	7,0	0,08	0,11	0,01	609
maks.	9,0	2,64	0,90	0,35	1111
2023 ka.	8,2	0,92	0,35	0,07	820
min.	7,0	0,12	0,09	0,01	472
maks.	9,0	5,82	1,41	0,20	1066
2024 ka.	8,0	0,55	0,27	0,08	845
min.	6,5	0,18	0,08	0,01	736
maks.	9,2	3,16	0,6	0,21	1040
Keskiarvo 2021-2024	8,1	1,4	0,4	0,1	836
Rikastushiekka-alueen vesi					
2021 ka.	9,2	0,49	0,12	0,15	742
min.	8,7	0,08	0,03	0,04	461
maks.	10,6	2,54	0,44	0,40	1074
2022 ka.	9,0	0,63	0,13	0,12	833
min.	8,0	0,08	0,02	0,03	581
maks.	9,7	3,37	0,40	0,88	946
2023 ka.	9,3	1,22	0,18	0,12	661

	pH	Fe mg/l	Ni mg/l	As mg/l	SO_4 mg/l
min.	7,8	0,07	0,01	0,03	478
maks.	10,1	5,47	1,55	0,51	812
2024 ka.	9,1	0,98	0,15	0,12	673
min.	7,9	0,11	0,03	0,02	484
maks.	10,0	6,64	0,72	0,47	776
Keskiarvo 2021-2024	9,1	1,8	0,3	0,2	710

6.5 Kaivannaisjätealueiden tutkimukset

7 Sulkemisen jälkeisen tilan konseptuaaliset mallit

7.1 Konseptualisoinnin tarkoitus

Toiminta-alueen konseptuaalisella eli käsitteellisellä mallintamisella pyritään havainnollistamaan jälkihoidettavan kohteen sisäisiä prosesseja sekä suhdetta ympäristöönsä. Jälkimmäinen sisältää mahdollisten haitta-aineiden ja haittatekijöiden kulkeutumis- ja vaikutusreittien alustavan tunnistamisen. Konseptuaalisen mallin avulla tunnistetaan sijaintikohtaisesti kohteen sulkemisen jälkeiseen tilaan liittyvät potentiaaliset haittavaikutukset, jotka sulkemissuunnittelun keinoin on pyrittävä ehkäisemään. Konseptuaalinen malli on siis myös tavoiteasettelun työkalu. Lisäksi konseptuaalisten mallien avulla pyritään varmistamaan, että sulkemisen jälkeistä tilaa kuvaavissa malleissa ja sulkemissuunnittelussa huomioidaan tarvittavat syötteet ja tekijät.

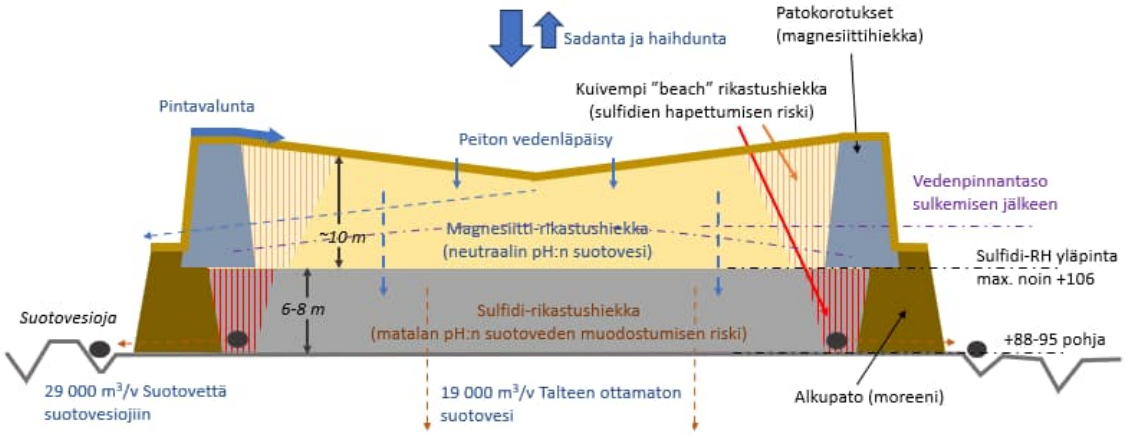
Rikastushiekka-altaan konseptuaalinen malli on esitetty tarkemmin erillisessä sulkemisen jälkeisen ajan vedenlaadun mallinnusraportissa (liite 1).

7.2 Rikastushiekka-altaan konseptuaalinen malli

Rikastushiekka-altaan yksinkertaistettu konseptuaalinen malli, joka kuvaa tilannetta sulkemisen jälkeen on esitetty kuvassa 7–1. Sulkemisen jälkeen alueelle tulee vettä vain sadantana, joka johtaa vesipinnan alenemiseen rikastushiekka-altaassa luontaiselle tasolleen. Tämän seurauksena hydraulinen paine ja suotoveden määrä vähenevät.

Rikastushiekka-altaan peittorakenne myötäilee toiminnanaikaista pinnanmuotoa, joka on kovera (ks. Kuva 7-1). Veden pintavalunta suuntautuu koveran rakenteen keskelle, josta vesi ohjataan pois.

Hapettumisreaktioita (ja muuta rapautumista) tapahtuu peittorakenteen läpäisevän hapen määrän mukaan, lähinnä rikastushiekkapatjan hapelle alttiissa pintaosassa. Myös tuotannon aikana rikastushiekkaan varastoituneita rapautumistuotteita voi poistua. Alkuvaiheessa rikastushiekan huokosvedessä on runsaasti prosessivesijäämiä, joiden merkitys vähenee prosessiveden korvautuessa vähitellen sadevedellä.



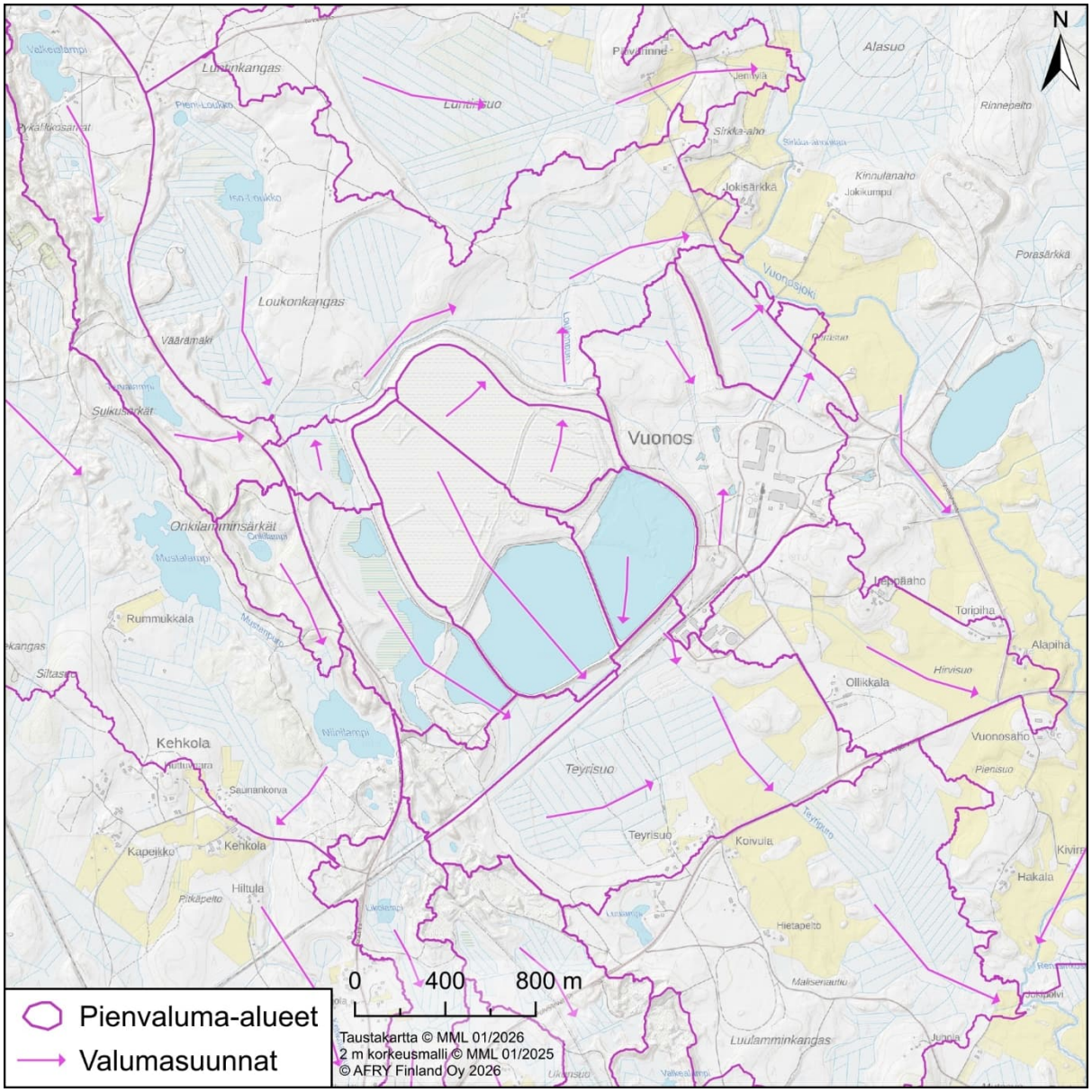
Kuva 7-1. Rikastushiekka-alueen konseptuaalinen malli sulkemisen jälkeen.

7.3 Hydrologinen käsitteellistäminen

Pintavesien virtaussuunnat kaivoksen sulkemisen jälkeen on esitetty kuvassa 7-2 ja suotovesien arvioidut virtaussuunnat kuvassa 13-2.

Sulkemisen jälkeen rikastushiekka-altaan alueelta pintavedet virtaavat koilliseen Loukonpuron kautta ja etelään Teyripuron suuntaan. Molemmat purot yhtyvät Vuonosjokeen ja edelleen Viinijärveen.

Rikastushiekka-altaalla sulkemisen jälkeen syntyvien suotovesien kulkeutumissuunnat ovat samat kuin pintavesilläkin, mutta eri suuntiin kulkeutuvien vesien jakautuminen eroaa pintavesistä. Altaan sisäiset padot eivät ulotu rikastushiekka-altaan pohjaan saakka, joten on arvioitu, että suotovedet noudattelisivat ennen rikastushiekka-altaan rakentamista valinneita valuntasuuntia. Koilliseen Loukonpuron suuntaan arvioidaan lähtevän n. 35 % suotovedestä ja n. 65 % etelään Teyripuron suuntaan.



Kuva 7-2. Pintavesien virtaussuunnat kaivoksen sulkemisen jälkeen.

7.4 Vesienhallinta sulkemisen jälkeen

Rikastushiekka-altaiden suotovesiojiin saadaan pääsääntöisesti otettua talteen patoalueilta ja niiden läheisyydestä suotautuvat vedet, kun taas rikastushiekka-altaan keskiosissa suotauma painuu osittain niin syvälle maa- ja kallioperään, ettei talteenotto suotovesiojien avulla ole mahdollista. Rikastushiekka-alueen reunapatojen läpi suotautuvat vedet kerätään suotovesiojiin ja ohjataan Teyripuroon ja Loukonpuroon nykyisiä purkureittejä.

8 Riskien ja mahdollisuuksien tunnistaminen suunnittelun alkaessa

Sulkemissuunnittelun alkuvaiheessa tavoiteasettelun ja toimenpiteiden valinnan tueksi suoritettiin riskien ja mahdollisuuksien tunnistaminen, joka käsitellään tässä luvussa (ICMM 2019). Riskien tunnistamisen tukena käytettiin mm. perustilatietoja, tietoja jätteiden ominaisuuksista sekä sulkemisen jälkeisen tilan käsitteellistämistä ja aiempaa alustavaa sulkemissuunnitelmaa.

Riskien ja mahdollisuuksien tunnistamisen pohjalta laadittiin ehdotus sulkemistoimenpiteiksi, joita tarkasteltiin vielä vaikutusarvioinnin (ks. luku 13) ja jäännösriskiarvioinnin (ks. luku 14) keinoin. Riskien ja mahdollisuuksien tunnistamisessa on huomioitu englanninkielisessä Euroopan komission MWEI BREF -asiakirjassa (EC 2018) esitetyt parhaat käyttökelpoiset tekniikat ja BAT 5 -päätelmän mukainen riskiperusteinen lähestymistapa, jossa tekniikan soveltuvuus ja riittävyys ympäristövaikutusten hallintaan osoitetaan ympäristöriskien ja -vaikutusten arvioinnin kautta.

Haitta-aineiden kulkeutuminen suotovesien mukana kaivannaisjätealueilta ympäristöön on yksi suurimmista ympäristöllisistä riskeistä kaivoksen toiminnan aikana sekä sulkemisen jälkeen. Rikastushiekka-altaalle toteutettiin geokemiallinen vedenlaatumallinnus. Tuloksia hyödyntämällä arvioitiin rikastushiekka-altaalla muodostuvan suotoveden laatua sulkemisen jälkeen (liite 1), kun rikastushiekka-allas on peitetty sulkemisrakenteella (ks. luku 11.1). Suotoveden laadun mallinnuksen tulosten perusteella voitiin arvioida suunnitellun sulkemisrakenteen riittävyyttä ko. läjitysalueelle.

Haitta-aineiden kulkeutumiseen liittyvien riskien tunnistamiseksi sulkemissuunnittelussa perehdyttiin kaivosalueen pohjavesiolosuhteisiin, rikastushiekka-altaan sijoittumiseen alueella ja läjitysalueen pohjaominaisuuksiin. Rikastushiekka-altaalle toteutettiin paikkakohtainen konseptualisointi, jolla havainnollistetaan sen sijoittumista kaivosalueella (ks. luku 7.2).

Edellä mainittujen riskien lisäksi sulkemissuunnitelmassa tunnistettiin seuraavat mahdollisuudet:

- Hyvät liikenneyhteydet myös muun teollisen toiminnan alueella.
- Alue palaa soveltuvilta osin ulkoilu- ja virkistys sekä metsätalouskäyttöön.
  - Kasvitetaan alue soveltuvilta osin ja varmistetaan alueturvallisuus siten, että liikkumisrajoitukset alueella voidaan sulkemisen jälkeen purkaa mahdollisimman suurelta osin.
- Alueen tiestöä ja varikoita pystytään hyödyntämään esim. metsätalouden tai muun toiminnan piirissä.
  - Tiestö jätetään paikoilleen ja sitä kunnossapidetään tarkkailutoiminnan vaatimusten osalta. Kunnossapito muilta osin ja tarkkailun jälkeen ratkaistaan yhteistyössä alueen sidosryhmien kanssa

9 Sulkemista koskevat vaatimukset

Sulkemista ohjaava sääntely muodostuu toisiaan täydentävistä laeista ja asetuksista, joiden tavoitteena on varmistaa, että kaivostoiminnan päättyessä alue ei aiheuta vaaraa

ihmisille, ympäristölle eikä omaisuudelle. Lainsäädäntö asettaa toiminnanharjoittajalle velvoitteita muun muassa alueen turvallistamiseen, kunnostamiseen, maisemointiin sekä pitkäaikaiseen seurantaan ja tarvittaessa korjaaviin toimenpiteisiin. Keskeisiä säädöksiä kaivoksen sulkemisen näkökulmasta ovat kaivoslaki, kemikaaliturvallisuuslaki, ympäristönsuojelulaki ja -asetus sekä valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä, joita käsitellään alla olevassa luvussa 9.1.

9.1 Kaivoksen sulkemista koskeva lainsäädäntö

Kaivoslain (621/2011) 15. luku käsittelee kaivostoiminnan lopettamista. Luvussa esitettyjen säännösten mukaan kaivosalue on toiminnan päättyessä viipymättä saatettava yleisen turvallisuuden vaatimaan kuntoon. Lisäksi on huolehdittava sen kunnostamisesta, siistimisestä ja maisemoinnista. Kaivostoiminnan päätyttyä kaivostoiminnan harjoittaja edelleen vastaa kaivosluvassa annettujen määräysten tai kaivostoiminnan lopettamispäätöksessä annettujen määräysten mukaisesti kaivosalueen ja kaivoksen apualueen seurannasta. Lisäksi kaivostoiminnan harjoittaja vastaa edelleen mahdollisista tarvittavista korjaavista toimenpiteistä ja niiden kustannuksista.

Kemikaaliturvallisuuslain (390/2005) 133 § määrää toiminnan lopettamisesta aiheutuvista velvoitteista. Tuotantolaitoksen käytöstä poistettavan osan rakenteet ja alueet on tarvittaessa puhdistettava. Vaarallisista kemikaaleista ja räjähteistä on myös huolehdittava siten, ettei niistä aiheudu henkilö-, ympäristö- eikä omaisuusvahinkoja.

Ympäristönsuojelulain (527/2014) 94 §:n mukaan luvanvaraisen toiminnan päätyttyä toiminnanharjoittaja vastaa edelleen tarvittavista toimista ympäristön pilaantumisen estämiseksi. Lisäksi toiminnanharjoittaja vastaa edelleen toiminnan vaikutusten selvittämisestä ja tarkkailusta lupamääräysten mukaisesti. Mikäli lupa ei sisällä riittäviä määräyksiä toiminnan lopettamiseksi, on lupaviranomaisen annettava tätä tarkoittavat määräykset.

Ympäristönsuojeluasetuksen (713/2014) 16 §:n mukaan voidaan kaatopaikkojen osalta esittää määräyksiä liittyen käytöstä poistamiseen ja sulkemiseen. Lisäksi voidaan esittää määräyksiä siitä, kuinka kauan toiminnanharjoittajan on vastattava kaatopaikan jälkihoidosta, kuitenkin vähintään 30 vuotta. Mikäli toiminnasta kuitenkin aiheutuu maaperän tai pohjaveden pilaantumista, on toiminnanharjoittaja velvollinen puhdistamaan maaperän ja pohjaveden ympäristönsuojelulain 14 luvun säännösten mukaisesti.

Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013) edellyttää, että toiminnanharjoittaja vastaa jätealueen käytöstä poistamisen jälkeen tehtävistä jälkihoitotoimista sekä niihin liittyvästä seurannasta ja tarkkailusta. Toiminnanharjoittajan vastuu jatkuu niin kauan kuin on tarpeen, jotta saadaan varmistettua, ettei alueesta aiheudu ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa. Lisäksi on pystyttävä varmistamaan, että alue on vakaa ja pysyvästi maisemoitu eikä alueesta aiheudu onnettomuuden vaaraa ja siitä aiheutuvaa ympäristökuormitusta. On myös pystyttävä varmistamaan, että vaikutusalueen pinta- tai pohjavesien tilaa ei ole enää tarpeen tarkkailla. Tarvittavista toimista määrätään ympäristönsuojelulain nojalla annettavissa määräyksissä.

9.2 Hyviä käytäntöjä kaivoksen sulkemisessa

Lainsäädännön ja lupaehtojen ohessa sulkemissuunnittelussa huomioidaan hyvät käytännöt. Toisaalta tämä voidaan nähdä myös lainsäädännön asettamana vaatimuksena, sillä ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaan luvanvaraisessa ja rekisteröitävässä toiminnassa tulee soveltaa parasta käyttökelpoista tekniikkaa. Parhaan käyttökelpoisen tekniikan arvioinnissa sovelletaan kaivannaisjätteen BREF dokumenttia “Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries” (EC 2018) ja sen soveltamisesta laadittua ympäristöministeriön opasta ”Opas kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF-vertailuasiakirjan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskevien päätelmien soveltamiseen”. BREF-dokumentin BAT-tekniikat kuvaavat EU-jäsenmaissa kaivoksilla käytössä olevia tekniikoita, jotka on BAT-prosessissa yhteisesti hyväksytty BAT-tekniikoiksi ja joille on laadittu BAT-päätelmät. Kaivannaisjätedirektiivin mukaisesti kaivannaisjätehuollossa voidaan käyttää myös muita soveltuvia tekniikoita tai ratkaisuja, joilla saavutetaan vähintään vastaava ympäristönsuojelullinen taso. Hyvää sulkemissuunnitteluprosessia kuvaa erityisesti ”Integrated Mine Closure – Good Practice Guide, 2nd Edition” (ICMM 2019).

9.3 Sijaintikohtaiset vaatimukset

Tehdasalueen sulkemista koskevat sijaintikohtaiset vaatimukset on koottu taulukkoon (Taulukko 9-1.).

Taulukko 9-1. Sijaintikohtaiset vaatimukset kaivoksen sulkemiselle.

Vaikutuskohde	Keskeistä vaikutuskohteesta	Erityisesti huomioitava
Vastaanottava vesistö	Kaivoksen sulkemisen jälkeisessä vaiheessa kaivosalueelta lähtevät vedet kulkeutuvat Teyri- ja Loukonpuroon ja edelleen Vuonosjokea pitkin Viinijärveen. Em. vesistöistä Vuonosjoki ja Viinijärvi ovat luokiteltuja vesimuodostumia. Ympäristönsuojelulainsäädännön vaatimusten mukaisesti luokiteltujen vesimuodostumien ekologista tai kemiallista tilaa ei saa heikentää. Kaivoksen sulkemisessa pyritään siihen, että lainsäädännön vaatimukset täyttyvät ja myös vesistöjen virkistys- ja kalastusmahdollisuudet säilyvät.	x
Pohjavedet	Rikastushiekka-alueen länsipuolella sijaitsee luokiteltu pohjavesialue. Maa-ainesten oton, liikenteen aiheuttamien päästöjen, vaarallisten aineiden kuljetusten sekä kaivosten jätevesipäästöjen (rikastushiekan läjitysalue) riskit pohjavesialueella on arvioitu kohtalaisiksi. Pohjavesialueella ei ole suojelusuunnitelmaa.	x
Suojelu-alueet ja uhanalaiset lajit	Hankealueella tai sen välittömässä lähiympäristössä (<2 km) ei ole Natura-alueita, luonnonsuojelualueita tai luonnonsuojeluohjelmiin kuuluvia kohteita eikä kansainvälisesti (IBA) tai valtakunnallisesti (FINIBA) arvokkaita lintualueita. Hankealueelta tai sen lähiympäristöstä ei ole havaintoja luontodirektiivin liitteen IV lajeista eikä luonnonsuojelulain mukaan rauhoitetuista, erityisesti suojeltavista, silmälläpidettävistä	

Vaikutuskohde	Keskeistä vaikutuskohteesta	Erityisesti huomioitava
	(Hyvärinen ym. 2019) tai alueellisesti uhanalaisista lajeista.	
Maisema	Rikastushiekka-altaalla on pitkäaikainen maisemallinen alueellinen vaikutus, joka pienenee jälkihoitotoimenpiteillä.	x
Yhteisö ja elinkeinot	Alueen sulkemisen jälkeisen tilan ja tiestön osalta on syytä huomioida myös alueen yhteisöjen tarpeet.	

10 Sulkemisen tavoitteet

Kaivoksen sulkemisen tavoitteet muodostuvat lainsäädännön määräyksistä (ks. luku 9.1), tunnetuista hyvistä käytännöistä, paikallisen ympäristön erityisvaatimuksista sekä tunnistetuista riskeistä ja mahdollisuuksista.

Sulkemisen, kunnostamisen ja jälkihoidon yleiset tavoitteet ovat:

- Alue saatetaan fyysisesti ja kemiallisesti mahdollisimman stabiiliin tilaan.
- Kaivannaisjätteen jätealueen vaikutusalue kunnostetaan tyydyttävään tilaan.
- Alueesta ja siellä olevista rakenteista ei aiheudu haittaa tai vaaraa ympäristölle, eläimille tai ihmisille lyhyellä eikä pitkällä aikavälillä.
- Tarve suljetun alueen aktiiviseen ylläpitoon ja hoitoon pitkällä aikavälillä minimoidaan.
- Sulkeminen, kunnostaminen ja jälkihoito toteutetaan siten, että varsinainen implementointityö on tehtävissä alue- ja ympäristöturvallisuutta vaarantamatta ja hyvää työturvallisuutta noudattaen.
- Liikkuminen alueella ja sen ympäristössä on pitkällä aikavälillä mahdollisimman vähän rajoitettua.
- Alue palautetaan biologisesti monimuotoiseksi elinympäristöksi. Vaihtoehtoisesti alue ohjataan paikalliset tarpeet huomioivaan ja ympäristön kannalta kestävään uuteen maankäyttöön.
- Alue sopeutuu maisemaan.
- Jälkihoito on kustannusten osalta realistista ja kohtuullista.

Tunnistetuista riskeistä ja mahdollisuuksista johdetut sulkemistavoitteet ovat:

- Läjitysalueen patorakenteet ovat vakaat myös pitkällä aikavälillä ja muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa.
- Patojen stabiliteetti ja patoturvallisuus on riittävä pitkällä aikavälillä ja padoille on turvattu säännöllinen tarkkailu.
- Alueelle luodaan soveltuvilta osin luonnollisen kaltaisia maastonmuotoja, joiden avulla myös edistetään alueelle palaavan luonnon monimuotoisuutta.

- Alue saatetaan maastomuodoiltaan, turvallisuudeltaan (fysikaalinen ja kemiallinen turvallisuus) ja tiestöltään soveltuvaksi mahdolliseen jälkikäyttöön.
- Vesistöön ei aiheudu rikastustoiminnan päättymisen ja jätealueen kunnostamisen (peittorakenne) jälkeen sellaista kuormitusta, joka vaarantaisi kalaston elinolosuhteet tai heikentäisi vesistöjen ekologista tilaa. Myös vaikutukset pohjaveteen minimoidaan.

11 Sulkemistoimenpiteet

Sulkemistoimenpiteet on laadittu huomioiden tunnistetut riskit ja mahdollisuudet sekä asetetut tavoitteet. Tavoitteiden saavuttamisessa ja riskien minimoinnissa on huomioitu kaivannaisjätteen hallinnan sulkemiseen liittyvät BAT-päätelmät (EC 2018) ja BAT 5 mukainen riskiperusteinen lähestymistapa sulkemisratkaisujen soveltuvuuden ja riittävyyden selvittämisessä. Kun sulkemisen suunnitteluratkaisut ovat käytettävissä, esimerkiksi jätealueille on mahdollista tuottaa vedenlaatuarviot ja kuormitusarviot. Lisäksi valmiit suunnitelmat voidaan käsitellä jäännösriskien arvioinnissa. Tässä luvussa käsitellään toimenpideratkaisut perusteluineen. Vaikutus ja riskien arviointi käsitellään luvuissa 13 ja 14.

11.1 Rikastushiekka-alue

Huomioidut vaatimukset:

- Kaivoslaki (621/2011), 15. luku, koskien alueen yleisen turvallisuuden vaatimaa kuntoa toiminnan lopettamisen yhteydessä.
- Ympäristönsuojelulaki (527/2014), 94 §, koskien ympäristön pilaantumisen estämistä.
- Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013), koskien vastuuta jätealueista toiminnan jälkeen ja pilaantumisen tai sen vaaran ehkäisemistä.
- Kaivannaisjätteen hallinnan BREF-asiakirja koskien jäteaineksen fysikaalista ja kemiallista stabiliteettia.

Rikastushiekka-altaan keskeisiä suunnitteluperusteita ovat:

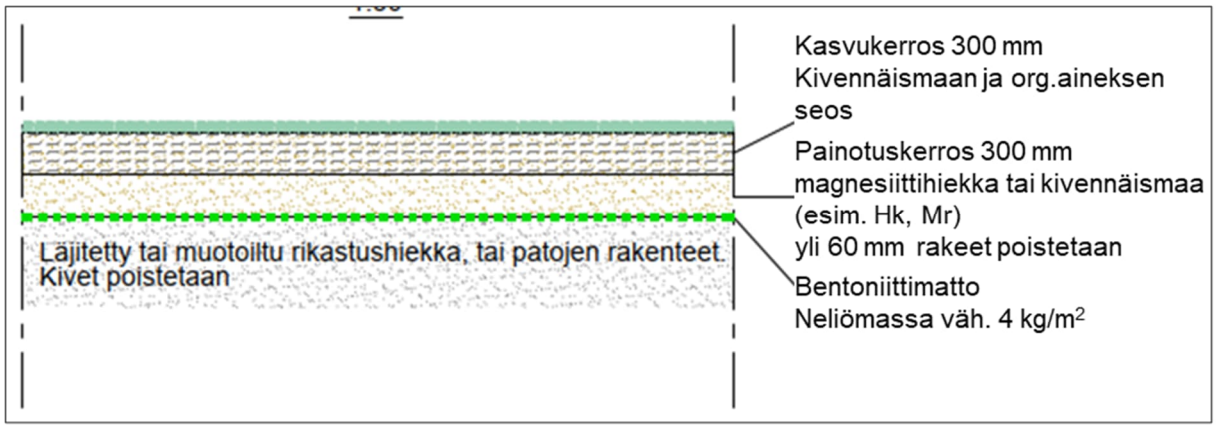
- Magnesiittihiekka luokitellaan ei-pysyväksi, vaarattomaksi kaivannaisjätteeksi kaivannaisjäteasetuksen (190/2013, liite 1) perusteella.
- Peittorakenteen tavoitteena on läpivirtaaman ja hapen kulkeutumisen pienentyminen.

Rikastushiekka-allas suljetaan tiiviillä vettä läpäisemättömällä alhaisen virtaaman kuivapeittorakenteella (BAT 38e), joka minimoi hapen ja veden pääsyn läjitykseen. Peittorakenteen kerrokset ovat alhaalta ylöspäin:

- Magnesiittirikastushiekka muotoiltuna
- Bentoniittimatto,neliömassa väh. 4 kg/m^2

- Painotuskerros 300 mm magnesiittihiekka tai kivennäismaa (esim. Hk, Mr). Yli 60 mm rakeet poistetaan
- Kasvukerros 300 mm, orgaanisen aineksen (esim. turve) ja kivennäismaan seos

Peittorakenne kattaa rikastushiekka-altaan varastoaltaat 1 ja 2 sekä nk. välialtaan. Peittorakenne ulotetaan myös osittain padon reunalle, jotta sadevesi ei pääse kulkeutumaan läjitykseen peittorakenteen reunan alitse.



Kuva 11-1. Peittorakenteen rakennetyyppi.

Nykyisen pumppausaltaan kohdalla patoa puretaan siten, että altaaseen ei sulkemisen jälkeen kerry vettä merkittävää määrää. Pumppausaltaaseen mahdollisesti kulkeutunut rikastushiekka siirretään rikastushiekka-altaaseen ennen peittorakenteen asentamista. Pumppausaltaaseen muodostunee kosteikko tai kosteikon tyyppinen alue padon osittaisen purkamisen jälkeen. Sulkemistoimien tekninen kuvaus esitetään liitteessä 2. Peittorakenteen ulottuvuus, rikastushiekka-altaan pintavesien suunniteltu purkukanava sekä padon osittaiset purkukohdat esitetään liitteenä 3 olevassa suunnitelmakartassa.

Rikastushiekka-altaaseen sijoitetaan viimeistään ennen altaan sulkemista varastoituna olevat nikkelilaitoksen neutraloimaton rikastusjäte. Rikastusjäte sijoitetaan lupamääräyksen 14d (ISAVI/3914/2019) mukaisesti kolmeen erilliseen lohkoon, yhden lohkon pinta-alan arvioidaan olevan n. 412 m^2. Kunkin lohkon pohja tiivistetään ja niihin asennetaan päältä lukien seuraava pohjarakenne:

- suoja- ja kuivatuskerros, magnesiittihiekka > 500 mm
- LLDPE-kalvo 2,0 mm
- lujitekangas, lujuus 100/100 kN/m
- pohjanmuotoilu, magnesiittihiekka.

Koko alue suljetaan samalla peittorakenteella kuin muukin rikastushiekka-allas. Rakenne on esitetty kuvassa 11-1.

11.2 Teollisuusalue ja infrastruktuuri

Huomioidut vaatimukset:

- Kaivoslaki (621/2011), 15. luku, koskien alueen yleisen turvallisuuden vaatimaa kuntoa toiminnan lopettamisen yhteydessä.

- Kemikaaliturvallisuuslaki (390/2005), 133 §, koskien alueen puhdistamista vaarallisista kemikaaleista.
- Ympäristönsuojelulaki (527/2014), 94 §, koskien ympäristön pilaantumisen estämistä.

Teollisuusalueiden ja infrastruktuurin osalta sulkemistoimenpiteiksi kaavaillaan seuraavaa:

- Maaperän kunto tarkistetaan. Erityistä huomiota kiinnitetään kohonneen riskin kohteisiin, esimerkiksi paikkoja, joissa käsitellään esimerkiksi rikastetta, haitta-ainepitoisia jätteitä, polttoaineita tai öljyjä. Tarvittaessa suoritetaan kunnostustoimia.
- Tarpeettomat maanpäälliset rakennukset, rakenteet, putkistot, kaapelit ja tiet poistetaan.
- Mikäli alueille ei tule pintoja vaativaa jatkokäyttöä, asfaltti- ja mahdolliset betonipinnoitukset rikotaan, poistetaan ja toimitetaan mahdollisuuksien mukaan hyötykäyttöön tai loppusijoitetaan niille soveltuvaan paikkaan
- Soratierakenteet jätetään paikalleen sulkemisen jälkeisten tarkkailu- ja mahdollisten hoitotoimintojen käyttöön.
- Alueet kasvitetaan soveltuvilta osin. Vaihtelevia pinnamuotoja sovelletaan siellä missä mahdollista, biodiversiteettikehityksen tukemiseksi.

11.3 Vesien johtamiseen ja käsittelyyn liittyvät rakenteet

Vesistöön johdettavat louhos-, suoto- ja aluevedet eivät saa merkittävästi heikentää alueen veden luontaista laatua tai vesieliöstön tilaa.

Huomioitavat vaatimukset:

- Ympäristönsuojelulaki (527/2014), 94 §, koskien ympäristön pilaantumisen estämistä.
- Vesilaki (2011/587), koskien mahdollisia vaikutuksia pohjavedenpinnan tasoon ja veden käyttöön ympäristössä.

Aktiivisen sulkemisvaiheen aikana vesiä ohjataan tarvittaessa vesienkäsittelyyn. Kaivoksella varaudutaan aktiiviseen vesienkäsittelyyn, jos purettavan veden laatu ei ole riittävän hyvä.

Käsittelyprosessi voi olla esimerkiksi paikalle tuotava konttiratkaisu, etenkin jos aktiivisen vesienkäsittelytarpeen ei arvioida olevan pitkäaikainen. Käsittely voi perustua esimerkiksi kalkkisaostukseen ja/tai koagulaatio-flokkulaatioon ferrisulfaatilla. Käsittelymenetelmän valinta riippuu muodostuvan veden laadusta. Vaihtoehtoisesti paikalle voidaan rakentaa käsittelyprosessi, joka voi tarvita esimerkiksi käsittelyaltaita. Kun vesienkäsittelylle ei ole enää tarvetta vesienkäsittelyrakenteet puretaan, jotta pintavedet päätyvät hallitusti ojastoihin.

Vesistövaikutusarvion perusteella aktiivista vesienkäsittelyä ei pitäisi tarvita keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä (ks. kpl 13.4.4). Jos vedenlaatu kuitenkin poikkeaa selvästi mallinnetusta, voidaan sulkemisvaiheen aikana mahdollisesti käytössä olevaa käsittelyprosessin käyttöä jatkaa keskipitkälle aikavälille. Käsittelyratkaisu voi olla myös muukin kuin em. konttiratkaisu. Käsittelytarve ja -ratkaisu tarkentuu viimeistään sulkemisvaiheessa.

12 Sulkemisaikataulu

Kaivoslain (621/2011) 143 § mukaan sulkemistyöt tulee saattaa päätökseen viimeistään kaksi vuotta tuotannon päättymisestä. Sinä aikana kaivos ja sen apualueet tulee saattaa yleisen turvallisuuden vaatimaan kuntoon sekä kunnostaa, siistiä ja maisemoida. Kahden vuoden rajaa ei voi kuitenkaan ulottaa rikastamon altaisiin, joiden peittäminen edellyttää kuivattamista tiettyyn tasoon ennen asennustöitä. Sulkemisaikataulun luonnos esitetään alla.

Vuodet 1–3 toiminnan päättymisestä

- Infrastruktuurin purkaminen soveltuvilta osin
- Rikastushiekka-altaan kuivatus peittorakenteiden asentamista varten

Vuodet 3–5 toiminnan päättymisestä

- Rikastushiekka-altaan peittäminen
- Jäljellä olevan infrastruktuurin purkaminen

Vuodet 5–7 toiminnan päättymisestä

- Vesienkäsittelyrakenteiden ja sähkölinjan purkaminen tarvittaessa

13 Sulkemisenaikaiset ja jälkeiset vaikutukset ympäristöön ja ihmisiin

13.1 Vaikutukset ilmanlaatuun

Sulkemisvaiheessa rakenteiden purkaminen, materiaalien lastaus ja purkaminen sekä rikastushiekka-alueen peittäminen aiheuttavat jonkin verran pölyämistä. Pölyn leviäminen rajoittunee kuitenkin rikastamo- ja tehdasalueelle ja niiden välittömään läheisyyteen. Sääolosuhteet vaikuttavat pölyn leviämiseen. Sulkemistöiden päätyttyä alueen pintamaa/kasvukerrokset voivat kuivissa ja tuulisissa olosuhteissa pölytä ennen kuin kasvillisuuskehitys pääsee alkuun. Kun kasvipeite on muodostunut, alueen pölypäästöt vähenevät ja ilmanlaatu palautuu kaivostoimintoja edeltävälle tasolle.

Jälkihoidon aikana pakokaasu- ja kasvihuonekaasupäästöjä muodostuu lähinnä jätealueiden luiskaus- ja peittämistöistä ja rikastamoalueen purkutöihin liittyvästä konetyöstä (olettaen, ettei rakennuksille ja rakenteille ole uutta käyttötarkoitusta). Sulkemisvaiheen loputtua pakokaasu- ja kasvihuonekaasupäästöt loppuvat, pois lukien

normaalit maaperän päästöt. Pitkällä aikavälillä kasvitetuilla alueilla alkaa tapahtua myös hiilen sidontaa.

13.2 Kuvaus maaperään, pintaveteen ja pohjaveteen suuntautuvasta kuormituksesta

Rikastamon ja tehdastoiminnan vesipäästöjen laatu sulkemisen jälkeen riippuu mm. rikastushiekka-alueelle sijoitetun rikastushiekan laadusta ja jätteeseen jääneestä prosessiveden laadusta, alueen toiminnoista ja ympäristöstä mukaan lukien aiemman toimijan alueen läheisyyteen sijoittamat sivukivialueet, toiminta-alueen läheisestä pohjavesialueesta sekä käytetyistä rikastus- ja vesienkäsittelykemikaaleista.

Sulkemisen jälkeen kuormitus muodostuu:

- tuotantovaiheessa muodostuneesta varastokuormasta (esimerkiksi rikastushiekka-alueelle tuotantovaiheessa varastoituneet mineraalien rapautumistuotteet, jäljellä oleva prosessivesi) sekä
- jätealueilla edelleen tapahtuvasta rapautumisesta ja reaktioista

Mondo Mineralsin rikastamon ja tehdasalueen ulkopuolella samaan vesistöön vaikuttavat todennäköisesti toiminnan loppumisen jälkeen aiemmin raakaveden lähteenä toiminut vedellä täyttynyt aiemman toiminnanharjoittajan toiminnasta muodostunut avolouhos, josta käytetään myös nimitystä louhosjärvi. Louhosjärvestä purkautuu mahdollisesti vesiä louhostunnelin kautta, pohjavesiteitse (moreeni ja rikkonainen yläkallio) ja osin ylivuotona louhosjärven pinnalta läheisiin ojiin ja niiden kautta Vuonosjokeen. Louhosjärven veden laatua ja kuormitusvaikutusta on kuvattu luvuissa 3.3.2, 13.2 ja 13.4.4. Louhoksen sulkemisen jälkeisiä vaikutuksia tarkastellaan tässä sulkemissuunnitelmassa vain yleistasoisesti yhteisvaikutukset huomioiden, koska sulkemissuunnitelma koskee Mondo Mineralsin rikastamon ja talkkitehtaan toiminnan lopettamista.

Rikastushiekka-altaan suotovedenlaatu sulkemisen jälkeen

Sulkemisen jälkeinen suotovedenlaatu arvioitiin geokemiallisen mallinnuksen avulla (liite 1). Geokemiallinen mallinnus tehtiin kolmelle sulkemisen jälkeistä tilaa edustavalle vaiheelle; lyhyt, keskipitkä ja pitkä aikaväli. Taulukossa 13-1 esitetään sulkemisen jälkeinen suotovedenlaatu ja taulukossa 13-2 vuotuinen kuormitus lyhyellä, keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä geokemiallisen mallinnuksen perusteella. Mallinnuksen mukaan lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä muodostuu lievästi hapanta suotovettä ja pitkällä aikavälillä lievästi emäksistä suotovettä.

Taulukko 13-1. Sulkemisen jälkeinen suotovedenlaatu rikastushiekka-alueella.

Suotoveden pitoisuus (mg/l)	Lyhyt aikaväli	Keskipitkä aikaväli	Pitkä aikaväli
Al	0,42	0,42	0,00038
As	0,016	0,0012	8,4E-07
B	0,00078	0,00078	0,00078
Ba	0,0031	0,0031	0,0031
Ca	93	50	7,9
Cd	0,057	0,052	0,044
Co	0,073	0,072	0,07
Cr	0,000022	3,6E-06	3,3E-10
Cu	0,059	0,026	0,00068
Fe	5,8E-06	1,6E-06	8,8E-09
Hg	6,8E-06	1,5E-06	2,9E-08
K	8,4	4,3	0,14
Mg	120	69	14
Mn	0,36	0,36	0,36
Mo	0,00049	0,00049	0,00049
Na	46000	15	0,02
Ni	0,5	0,32	0,14
P	0,0084	0,0042	0,0015
Pb	0,14	0,078	0,00058
Sb	0,001	0,001	0,001
Se	0,00025	0,00025	0,00025
U	0,00033	0,00012	0,0012
V	0,003	0,003	0,003
Zn	0,42	0,42	0,31
SO_4	810	420	20
NO_3-N	0,55	0,27	0,00
NH_4-N	0,55	0,27	0,00

Taulukko 13-2. Sulkemisen jälkeinen suotoveden vuotuinen kuormitus rikastushiekka-alueella.

Suotoveden kuormitus (kg/v)	Lyhyt aikaväli	Keskipitkä aikaväli	Pitkä aikaväli
Al	20	20	0,018
As	0,79	0,058	0,000041
B	0,038	0,038	0,038
Ba	0,15	0,15	0,15
Ca	4500	2400	380
Cd	2,7	2,5	2,2
Cl	0,037	0,037	0,037
Co	3,5	3,5	3,4
Cr	0,0011	0,00017	0,000000016
Cu	2,9	1,2	0,033
Fe	0,00028	0,00008	0,00000043
Hg	0,00033	0,000071	1,4E-06

Suotoveden kuormitus (kg/v)	Lyhyt aikaväli	Keskipitkä aikaväli	Pitkä aikaväli
K	410	210	6,9
Mg	6000	3300	670
Mn	17	17	17
Mo	0,024	0,024	0,024
Na	2200000	700	0,95
Ni	24	16	6,6
P	0,41	0,2	0,073
Pb	7	3,8	0,028
Sb	0,051	0,051	0,051
Se	0,012	0,012	0,012
U	0,016	0,0057	0,058
V	0,15	0,15	0,15
Zn	20	20	15
SO_4	39000	20000	980
NO_3-N	27	13	0,00
NH_4-N	27	13	0,00

13.3 Vaikutukset maaperään ja pohjaveteen

Kaivannaisjätteiden hallinnasta aiheutuu vaikutuksia maaperään ja pohjavesiin. Rikastushiekka-allas on rakennettu ilman pohjarakenteita, joten osa alueen suotovedestä pääsee suotautumaan suoraan maaperään. Osa suotovesistä saadaan kerättyä suotovesiojien avulla. Maaperään rikastushiekka-altaan alapuolella arvioidaan suotautuvan n. 40 % muodostuvista suotovesistä. Koska rikastushiekka-allas suljetaan tiiviillä peittorakenteella, on muodostuva suotovesimäärä kokonaisuudessaan vähäinen. Geokemiallisessa laskennassa suotovettä on arvioitu muodostuvan n. 10 % vuotuisesta nettosadannasta eli n. 48 500 m^3/a. Tästä maaperään suotautuva osuus on n. 19 400 m^3/a.

Sulkemisen jälkeen rikastushiekka-altaaseen jääneen prosessiveden hiljalleen korvautuessa sadevedellä kuormitusvaikutus maaperään ja edelleen pohjaveteen pienenee vedenlaadun parantuessa (kts. taulukko 13-1).

13.4 Vesistövaikutukset

13.4.1 Vedenlaadun tavoitteet

Kaivoksen sulkemisen jälkeisenä vesistöihin kohdistuvana tavoitteena on vedenlaadun heikentymisen estyminen. Sulkemistoimenpiteiden tavoitteeksi on asetettu, että alapuolisten vesistöjen ekologinen tila säilyy samana kuin ennen toiminnan aloittamista, ja että niiden kemiallinen tila ei merkittävästi muutu. Alapuolisissa vesistöissä aineiden pitoisuudet pyritään pitämään tasolla, jossa vesipuitedirektiivissä (2000/60/EY) säädetyt ympäristönlaatunormit eivät ylity. Niiden aineiden kohdalla, joita ei ole mainittu vesipuitedirektiivissä, sovelletaan muita kansainvälisiä vedenlaatukriteereitä.

Tavoiteasettelussa on lisäksi huomioitu EU-komission esitys prioriteettiainelistauksen päivityksestä, jossa esitetään muutos nikkelin laatunormeihin (EC 2022) sekä Suomen ympäristökeskuksen (Mehtonen ym. 2023) esitys muutosehdotukset valtioneuvoston asetukseen 1022/2006. Ravinteiden ja pH-tason osalta tavoitteena on, että vesimuodostumien fysikaalis-kemiallinen tilaluokka säilyy vähintään ennen toiminnan aloittamista valinneella tasolla.

Kooste valtioneuvoston asetuksen laatunormeista on esitetty taulukoissa Taulukko 13-3 ja 13-5 ja kooste EU-komission ja Suomen ympäristökeskuksen muutosehdotuksista taulukossa 13-4. Suomen ympäristökeskus on lisäksi esittänyt, että asetuksen 1022/2006 päivityksessä luovutaan yleisistä kadmiumin, nikkelin ja lyijyn vesipitoisuuksien taustapitoisuuksista (Taulukko 13-3, sarake AA-EQS + tausta). Mikäli biosaatava vuosikeskiarvopitoisuus ylittää ympäristönlaatunormin tason, paikallinen taustapitoisuus on ehdotuksen mukaan jatkossa selvitettävä. Metallin biosaatava osuus voidaan määritellä Bio-met-mallin (www.bio-met.net) avulla, kun tunnetaan metallin liukoinen pitoisuus, vesistön kalsiumpitoisuus, liukoisen orgaanisen aineksen määrä (DOC) ja veden pH. Koska asetuksen 1022/2006 päivitystä ei ole vielä tehty, ei ole olemassa tulkintaohjetta siitä, miten mahdollisissa laatunormin ylitystilanteissa taustapitoisuustietoa sovelletaan pitoisuustasojen tulkinnassa.

Taulukko 13-3 Valtioneuvoston asetuksen 1022/2006 mukaiset vuosikeskiarvon (AA-EQS) ja hetkellisen enimmäispitoisuuden (MAC-EQS) laatunormit. Kadmiumin osalta esitetty luokkien 1 ja 2 (pehmeimmät vedet) laatunormit. [a]biosaatava pitoisuus µg/l

Aine	AA-EQS Sisämaan pintavedet (liuk. µg/l)	AA-EQS + tausta (liuk. µg/l)	MAC-EQS Sisämaan pintavedet (liuk. µg/l)
Kadmium ja kadmiumyhdisteet	0,08	0,1	0,45
Lyijy ja lyijy-yhdisteet	1,2	1,7[a] (turvemaiden joet)	14
Elohopea ja elohopeayhdisteet			0,07
Nikkeli ja nikkeliyhdisteet	4	5[a]	34

Taulukko 13-4 Suomen ympäristökeskuksen esitys uusista asetukseen 1022/2006 lisättävistä kansallisista aineista sekä EU-komission muutosesitykset (nikkeli ja hopea). [a]biosaatava pitoisuus µg/l

Aine	AA-EQS (µg/l liuk.)	MAC-EQS (µg/l liuk.)
Alumiini	Tarkentuu myöhemmin	
Kupari	1,1[a]	
Sinkki	14,4[a]	
Sulfaatti	39 000	279 000
Nikkeli	2[a]	8,2
Hopea	0,01	0,022

Taulukko 13-5 Valtioneuvoston asetuksen 1022/2006 mukaiset kalan elohopean ympäristölaatunormit erityyppisille vesistöille.

	µg/kg (ahven/silakka) tausta + EQS
Turvemaiden joet	250

Vesimuodostumien fysikaalis-kemiallinen tilaluokka määritellään vesimuodostuman oman pintavesityypin mukaisten kokonaisravinteiden ja pH-tason raja-arvojen perusteella. Aroviidan ym. (2019) esittämät raja-arvot on esitetty taulukoissa 13-6. Jokivesissä tarkastelu tehdään koko vuoden tarkkailutulosten perusteella, mutta järvivesissä tarkastelukausi on kesä-syyskuu.

Taulukko 13-6 Keskisuurten turvemaiden jokien vedenlaadun (µg/l) luokkarajat. E = erinomainen, Hy = hyvä, T = tyydyttävä, V = välttävä, Hu = Huono

	E/Hy	Hy/T	T/V	V/Hu
Kok.P (0–2 m)	20	40	60	90
Kok.N (0–2 m)	450	900	1500	2500

13.4.2 Vesistöjen herkkyys

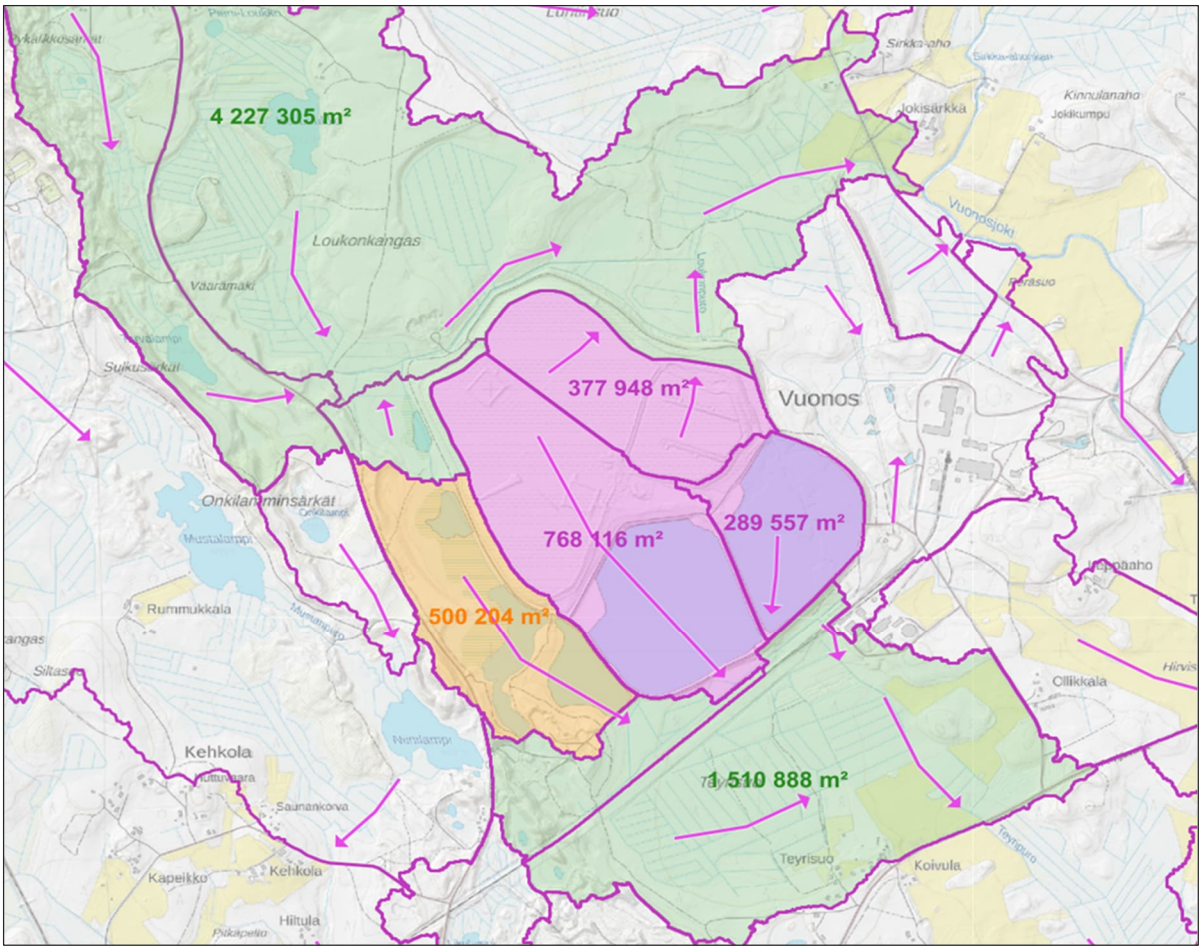
Vuonoksen rikastushiekka-altaalta sulkemisen jälkeen lähtevät vedet päätyvät kahteen suuntaan: Loukonpuroon tai Teyripuroon. Uomien valuma-alueet ovat kooltaan noin 5,1 km^2 ja 3,7 km^2. Saatavilla olevien tietojen mukaan uomien vesimäärä on kuivina kausina vähäinen eikä niillä siten ole kalataloudellista arvoa. Lähtökohtaisesti uomia tulee siten pitää vesilain 587/2011 pykälän 3 mukaisina noroina, jolloin niihin ei myöskään sovelleta valtioneuvoston asetuksen 1022/2006 mukaisia vedenlaadun laatunormeja. Loukonpuron ja Teyripuron herkkyys arvioidaan vähäiseksi.

Ensimmäinen vastaanottava vesistö Vuonoksen suotovesille on Vuonosjoki. Joki kuuluu Sätösjoen-Vuonosjoen vesimuodostumaan, jonka ekologinen tila on vesienhoidon kolmannella kaudella tyydyttävä. Muodostumaan kohdistuvia paineita ovat nykyisen ja aiemman kaivostoiminnan lisäksi maatalouden hajakuormitus ja perkauksista johtuva uoman morfologian muutos. Sätösjoki-Vuonosjoessa elohopean ympäristönlaatunormi voi Suomen ympäristökeskuksen arvion mukaan ylittyä kaloissa laskeumasta ja huuhtoumasta johtuen. Sätösjoen-Vuonosjoen biosaatavan nikkelin (sisävesillä) pitoisuuden raja-arvo ylittyy kaivannaisteollisuuden kuormituksesta johtuen. Joen vesimäärä on kohtalaisen vähäinen ja sekoittumisolosuhteet enintään kohtalaiset. Kokonaisuutena Vuonosjoen herkkyys arvioidaan kohtalaiseksi.

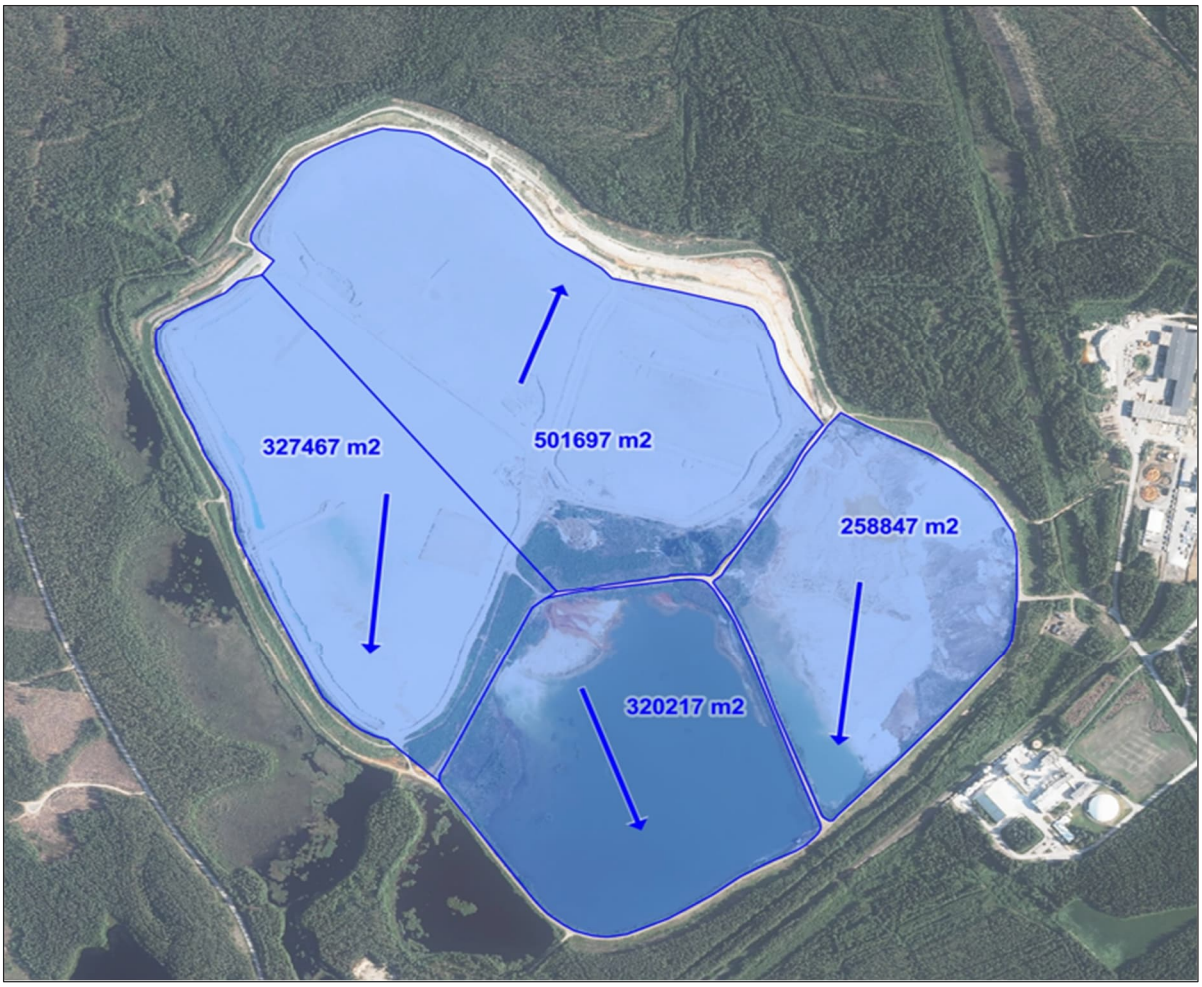
13.4.3 Sulkemisen jälkeinen kuormitus vesistöön

Kuormituslaskennassa on huomioitu pinta- ja suotovesien aiheuttamat kuormitukset vuositasolla.

Pintavesien valuma-alueet ja pinta-alat on esitetty kuvassa 13-1 ja suotovesien osalta tiedot on esitetty kuvassa 13-2.



Kuva 13-1. Pintavesien valuma-alueiden pinta-alat ja virtaussuunnat.



Kuva 13-2. Suotovesien valuma-alueiden pinta-alat ja virtaussuunnat.

Tehdasalueella muodostuvien pintavesien aiheuttama kuormitus on laskettu nettosadannan avulla (444 mm/v). Pintavedestä 10 % suotautuu peiton läpi. Suotautuneesta vedestä 60 % saadaan otettua talteen aluetta kiertäviin suotovesiojiin, joka on huomioitu kuormituslaskennassa. Puhtaat ympäristövedet on arvioitu keskimääräisen vuosivalunnan perusteella (374 mm/v).

Loukonpuron valuma-alueen kuormitus kertoo Vuonosjokeen tulevan kuormituksen määrän. Kaivosalueelta ohjautuu Loukonpuron suuntaan rikastushiekka-alueen 2 pinta- ja suotovesiä. Loukonpuron muu valuma-alue sijaitsee kaivosalueen pohjoispuolella, jolta muodostuu puhtaita pintavesiä.

Kaivosalueelta ohjautuu Teyripuroon rikastushiekka-alueen 1, välialtaan ja pumppausaltaan alueiden pintavedet. Rikastushiekka-altaan 1 suotovedet ohjautuvat vastapainealtaan alueelle ja sieltä Teyripuroon. Välialtaan alueen suotovedet ohjautuvat Teyripuron suuntaan. Puhtaita ympäristövesiä muodostuu vastapainealtaan alueelta sekä kaivosalueen eteläpuolelta.

Kaivosalueen länsipuolella sijaitsee pohjavesialue. Pohjavesialueen mahdollista vaikutusta kuormituslaskentaan ei ole huomioitu. Mahdollisen purkautuvan pohjaveden määrää on vaikea arvioida. Alueelle on asennettu lisää pohjavesiputkia.

Valuma-alueilla muodostuvat vesimäärät on esitetty taulukossa 13-7.

Taulukko 13-7. Kuormituslaskennassa käytetyillä valuma-alueilla muodostuvat vesimäärät.

Valuma-alue	Vesilaatu	Pinta-ala (m²)	Vesimäärä (m³/v)
Loukonpuroon			
Rikastushiekka-alue 2	Suotovesi	501 697	13 365
Rikastushiekka-alue 2	Pintavesi	377 948	151 028
Loukonpuron valuma-alue	Puhdas pintavesi	4 227 305	1 579 748
Yhteensä			1 744 141
Teyripuroon			
Vastapainealtaan valuma-alue	Ympäristövesi	500 204	186 927
Rikastushiekka-alue 1	Suotovesi	327 467	8 724
Teyripuron valuma-alue	Ympäristövesi	1 510 888	564 620
Väliallas	Suotovesi	258 847	6 896
Väliallas	Pintavesi	289 557	115 707
Rikastushiekka-alue 1 ja pumppausallas	Pintavesi	768 116	306 939
Yhteensä			1 189 813

Kuormituslaskennassa muun valuma-alueen ja puhtaiden pintavesien pitoisuuksina on käytetty taulukossa 13-8 esitettyjä tietoja. Kuormituksen laskennassa muun valuma-alueen vedenlaatuna käytettiin tarkkailupisteen Iso-Loukon laskuoja 100 (6961069-604441) vuosien 2000–2025 keskimääräistä vedenlaatua, jota täydennettiin GTK:n purovesikartoituksessa (GTK 2025) syksyllä 1990 Törisevän näytepisteeltä (6964891-606375) otetun näytteen tuloksilla (Taulukko 13-8). Tarkkailutuloksissa alkuainepitoisuuksia oli määritetty sekä kokonaispitoisuuksina että liukoisina pitoisuuksina. Kuormituslaskennassa ja vaikutusarvioinnissa ainepitoisuudet oletetaan 100-prosenttisesti liukoisiksi, mikä todennäköisesti on ainakin lievä yliarvio. Tulosten arvioitiin kuitenkin osoittavan riittävällä tarkkuudella sulkemisen jälkeisen kuormituksen tason.

Taulukko 13-8. Kuormitusten laskennassa käytetty valuma-alueen perusvedenlaatu.

Muuttuja	Pitoisuus	Yksikkö	Muuttuja	Pitoisuus	Yksikkö
P	16,2	µg/l	K	1,4	mg/l
N	345	µg/l	Li	1,2	µg/l
SO_4	3,5	mg/l	Mg	1,8	mg/l
Al	82	µg/l	Mn	14,7	µg/l
As	0,4	µg/l	Mo	0,1	µg/l
B	5,0	µg/l	Na	2,6	mg/l
Ba	9,2	µg/l	Ni	1,3	µg/l
Bi	0,004	µg/l	Pb	0,4	µg/l
Br	<1000	µg/l	Sb	0,1	µg/l
Ca	3,3	mg/l	Se	0,1	µg/l
Cd	0,0	µg/l	Sr	20,3	µg/l
Cl	1,2	mg/l	Tl	0,002	µg/l

Muuttuja	Pitoisuus	Yksikkö	Muuttuja	Pitoisuus	Yksikkö
Co	0,3	µg/l	U	0,1	µg/l
Cr	0,7	µg/l	V	1,0	µg/l
Cu	1,6	µg/l	Zn	2,6	µg/l
F	100	µg/l			
Fe	879	µg/l			

Suotovesien laatu keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä on esitetty Vuonoksen rikastushiekka-alueella sulkemisen jälkeen muodostuvan suotoveden laadun mallinnusraportissa (liite 1).

Kaivoksen sulkemisen jälkeen Loukonpuroon ja Teyripuroon kohdistuva kuormitus on esitetty taulukoissa 13-9 ja 13-10.

Taulukko 13-9. Keskipitkän aikavälin (mid term) keskimääräinen kuormitus Loukonpuroon.

		Rikastushiekka-alue Loukonpuroon, suotovesi	Rikastushiekka-alue Loukonpuroon, puhdas pintavalunta	Loukonpuron puhtaat ympäristö-vedet	Yhteensä
Vesimäärä	m^3/v	13 365	151 028	1 579 748	1 744 141
P	kg/v	0,1	2,4	25,5	28,0
NO_3-N	kg/v	3,7			3,7
NH_4-N	kg/v	3,7			3,7
SO_4	kg/v	5 569	528	5 527	11 624
Ag	kg/v	<0,001			
Al	kg/v	6	12	129	147
As	kg/v	0,02	0,1	0,6	0,7
B	kg/v	0,01	0,8	7,9	8,6
Ba	kg/v	0,04	1,4	14,5	15,9
Be	kg/v	<0,001			
Bi	kg/v		<0,001	0,01	
Br	kg/v		151	1 580	1 731
Ca	kg/v	674	500	5 229	6 403
Cd	kg/v	0,7	0,004	0,04	0,7
Cl	kg/v	0,01	181	1 896	2 076,9
Co	kg/v	1,0	0,04	0,5	1,5
Cr	kg/v	<0,001	0,1	1,2	1,3
Cu	kg/v	0,3	0,2	2,6	3,2
F	kg/v	78	15	158	251
Fe	kg/v	<0,001	133	1 389	1 522
Hg	kg/v	<0,001			
K	kg/v	57	210	2 196	2 463
Li	kg/v	0,02	0,2	1,8	2,0
Mg	kg/v	920	275	2 875	4 070
Mn	kg/v	4,8	2,2	23	30

		Rikastushiekka-alue Loukonpuroon, suotovesi	Rikastushiekka-alue Loukonpuroon, puhdas pintavalunta	Loukonpuron puhtaat ympäristö-vedet	Yhteensä
Mo	kg/v	0,01	0,02	0,2	0,2
Na	kg/v	194	388	4 060	4 642
Ni	kg/v	4,3	0,2	2,0	6,5
Pb	kg/v	1,0	0,1	0,6	1,7
Sb	kg/v	0,01	0,01	0,1	0,1
Se	kg/v	0,003	0,02	0,2	0,2
Si	kg/v	6,5			
Sn	kg/v	<0,001			
Sr	kg/v	0,10	3	32	35
Th	kg/v	0,01			0,01
Tl	kg/v		<0,001	0,003	
Ti	kg/v	4			4
U	kg/v	0,002	0,01	0,1	0,1
V	kg/v	0,04	0,2	1,6	1,8
Zn	kg/v	5,6	0,4	4,1	10

Taulukko 13-10. Keskipitkän aikavälin (mid term) keskimääräinen kuormitus Teyripuroon.

		Puhtaat ympäristövedet		Suotovedet		Puhdas pintavalunta		
		Vasta-paine-altaan alue	Teyri-puro	rh-alueelta vasta-paine-altaille	Väli-altaalta Teyri-puroon	Väli-altaalta Teyri-puroon	rh-alueelta Teyripu-roon	Yht.
Vesi-määrä	m^3/v	186 927	564 620	8 724	6 896	115 707	306 939	1 189 813
P	kg/v	3	9,1	0	0	1,9	5	19
NO_3-N	kg/v			2,4	1,9			
NH_4-N	kg/v			2,4	1,9			
SO_4	kg/v	654	1 975	3 635	2 873	405	1 074	10 616
Ag	kg/v			<0,001	<0,001			
Al	kg/v	15	46	4	3	9	25	103
As	kg/v	0,1	0,2	0,01	0,01	0,05	0,1	0,5
B	kg/v	0,9	2,8	0,01	0,01	0,6	1,5	5,9
Ba	kg/v	1,7	5,2	0,03	0,02	1,1	2,8	11
Be	kg/v			<0,001	<0,001			
Bi	kg/v	0,001	0,002			<0,001	0,001	
Br	kg/v	187	565	0	0	116	307	1 174
Ca	kg/v	619	1 869	440	348	383	1 016	4 674

		Puhtaat ympäristövedet		Suotovedet		Puhdas pintavalunta		
		Vasta-paine-altaan alue	Teyri-puro	rh-alueelta vasta-paine-altaille	Väli-altaalta Teyri-puroon	Väli-altaalta Teyri-puroon	rh-alueelta Teyripu-roon	Yht.
Cd	kg/v	0,004	0,01	0,4	0,4	0,003	0,007	0,8
Cl	kg/v	224	678	0	0	139	368	1 409
Co	kg/v	0,1	0,2	0,6	0,5	0,03	0,1	1,5
Cr	kg/v	0,1	0,4	<0,001	<0,001	0,1	0,2	0,9
Cu	kg/v	0,3	0,9	0,2	0,2	0,2	0,5	2,3
F	kg/v	19	56	51	40	12	31	208
Fe	kg/v	164	496	0	0	102	270	1 032
Hg	kg/v			<0,001	<0,001			
K	kg/v	260	785	37	30	161	427	1 699
Li	kg/v	0,2	0,7	0,01	0,01	0,1	0,4	1,4
Mg	kg/v	340	1 028	600	475	211	559	3 212
Mn	kg/v	2,7	8,3	3,1	2,5	1,7	4,5	22,8
Mo	kg/v	0,02	0,1	0,004	0,003	0,01	0,03	0,1
Na	kg/v	480	1 451	127	100	297	789	3 244
Ni	kg/v	0,2	0,7	2,8	2,2	0,1	0,4	6,5
Pb	kg/v	0,1	0,2	0,7	0,5	0	0,1	1,7
Sb	kg/v	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,1
Se	kg/v	0,02	0,07	0,002	0,002	0,01	0,04	0,14
Si	kg/v			4	3			
Sn	kg/v			<0,001	<0,001			
Sr	kg/v	3,8	11	0,1	0,1	2,3	6,2	24
Th	kg/v			0	0			0
Tl	kg/v	<0,001	0,001			<0,001	0,001	
Ti	kg/v			2,4	1,9			
U	kg/v	0,01	0,03	0,001	0,001	0,01	0,02	0,1
V	kg/v	0,2	0,6	0,03	0,02	0,1	0,3	1,2
Zn	kg/v	0,5	1,5	3,6	2,9	0,3	0,8	9,5

Taulukko 13-11. Pitkän aikavälin (long term) keskimääräinen kuormitus Loukonpuroon.

		Rikastushiekka-alue suotovesi, Loukonpuroon	Rikastushiekka-alue puhdas pintavalunta Loukonpuroon,	Loukonpuron puhtaat ympäristö-vedet	Yhteensä
Vesi-määrä	m^3/v	13 365	151 028	1 579 748	1 744 141
P	kg/v	0,0	2,4	25,5	28,0
SO_4	kg/v	271	528	5 527	6 326
Ag	kg/v	0,0007			

		Rikastushiekka-alue suotovesi, Loukonpuroon	Rikastushiekka-alue puhdas pintavalunta Loukonpuroon,	Loukonpuron puhtaat ympäristö-vedet	Yhteensä
Al	kg/v	0,01	12	129	142
As	kg/v	<0,001	0,1	0,6	0,7
B	kg/v	0,01	0,8	7,9	8,6
Ba	kg/v	0,04	1,4	14,5	16
Be	kg/v	<0,001			
Bi	kg/v		<0,001	0,01	
Br	kg/v		151	1 580	
Ca	kg/v	106	500	5 229	5 835
Cd	kg/v	0,6	0,004	0,04	0,6
Cl	kg/v	0,01	181	1 896	2 076,9
Co	kg/v	0,9	0,04	0,5	1,4
Cr	kg/v	<0,001	0,1	1,2	1,3
Cu	kg/v	0,01	0,2	2,6	2,8
F	kg/v	78	15	158	251
Fe	kg/v	0	133	1 389	1 522
Hg	kg/v	0			
K	kg/v	1,9	210	2 196	2 408
Li	kg/v	0,02	0,2	1,8	2,0
Mg	kg/v	185	275	2 875	3 335
Mn	kg/v	4,8	2,2	23	30
Mo	kg/v	0,01	0,02	0,2	0,2
Na	kg/v	0,3	388	4 060	4 448
Ni	kg/v	1,8	0,2	2,0	4,0
Pb	kg/v	0,01	0,1	0,6	0,7
Sb	kg/v	0,01	0,01	0,1	0,1
Se	kg/v	0,003	0,02	0,2	0,2
Si	kg/v	6,5			
Sn	kg/v	0,03			
Sr	kg/v	0,10	3	32	35
Th	kg/v	0,01			0,01
Tl	kg/v		<0,001	0,003	
Ti	kg/v	4			4
U	kg/v	0,02	0,01	0,1	0,1
V	kg/v	0,04	0,2	1,6	1,8
Zn	kg/v	4,1	0,4	4,1	8,6

Taulukko 13-12. Pitkän aikavälin (long term) keskimääräinen kuormitus Teyripuroon

		Puhtaat ympäristövedet		Suotovedet		Puhdas pintavalunta		
		Vasta-paine-altaan alue	Teyri-puro	rh-alueelta vasta-paine-altaille	Väli-altaalta Teyri-puroon	Väli-altaalta Teyri-puroon	rh-alueelta Teyripu-roon	Yht.
Vesi-määrä	m^3/v	186 927	8 724	564 620	6 896	115 707	306 939	1 189 813
P	kg/v	3	0,01	9,1	0,01	1,9	5	19
SO_4	kg/v	654	177	1 975	140	405	1 074	4 425
Ag	kg/v		<0,001		<0,001			
Al	kg/v	15	0,003	46	0,003	9	25	96
As	kg/v	0,1	<0,001	0,2	<0,001	0,05	0,1	0,5
B	kg/v	0,9	0,01	2,8	0,01	0,6	1,5	5,9
Ba	kg/v	1,7	0,03	5,2	0,02	1,1	2,8	11
Be	kg/v		<0,001		<0,001			
Bi	kg/v	0,001		0,002		<0,001	0,001	
Br	kg/v	187		565		116	307	1 174
Ca	kg/v	619	69	1 869	55	383	1 016	4 010
Cd	kg/v	0,004	0,4	0,01	0,3	0,003	0,007	0,7
Cl	kg/v	224	0,01	678	0,01	139	368	1 409
Co	kg/v	0,1	0,6	0,2	0,5	0,03	0,1	1,4
Cr	kg/v	0,1	<0,001	0,4	<0,001	0,1	0,2	0,9
Cu	kg/v	0,3	0,01	0,9	0,005	0,2	0,5	1,9
F	kg/v	19	51	56	40	12	31	208
Fe	kg/v	164	0	496	0	102	270	1 032
Hg	kg/v		<0,001		<0,001			
K	kg/v	260	1,2	785	1	161	427	1 634
Li	kg/v	0,2	0,01	0,7	0,01	0,1	0,4	1,4
Mg	kg/v	340	121	1 028	95	211	559	2 353
Mn	kg/v	2,7	3,1	8,3	2,5	1,7	4,5	22,8
Mo	kg/v	0,02	0,004	0,1	0,003	0,01	0,03	0,1
Na	kg/v	480	0,2	1 451	0,1	297	789	3 018
Ni	kg/v	0,2	1,2	0,7	0,9	0,1	0,4	3,6
Pb	kg/v	0,1	0,01	0,2	0,004	0,05	0,1	0,5
Sb	kg/v	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,1
Se	kg/v	0,02	0,002	0,07	0,002	0,01	0,04	0,14
Si	kg/v		4		3			
Sn	kg/v		0,0195		0,0154			
Sr	kg/v	3,8	0,1	11	0,1	2,3	6,2	24
Th	kg/v		0,01		0,006			
Tl	kg/v	<0,001		0,001		<0,001	0,001	
Ti	kg/v		2,4		1,9			
U	kg/v	0,01	0,01	0,03	0,008	0,01	0,02	0,1
V	kg/v	0,2	0,03	0,6	0,02	0,1	0,3	1,2
Zn	kg/v	0,5	2,7	1,5	2,1	0,3	0,8	7,9

13.4.4 Alustava kuvaus vesistövaikutuksista

Sulkemisen jälkeisen tilanteen vaikutuksia Loukonpurossa ja Teyripurossa on arvioitu laskemalla luvussa 13.4.3 esitettyjen kuormitus- ja vesimäärätietojen perusteella uomista mitattava keskimääräinen vedenlaatu keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä sulkemisen jälkeen. Vaikutusarvioon on valittu ne aineet, joista aiheutuu kuormitusta rikastushiekka-alueelta lähteviin vesiin ja joiden ympäristöpitoisuuksista on saatavilla perustilatietoa. Laskelma kuvastaa Loukonpuron valuma-alueella uomasta havaittavaa vedenlaatua puron alaosalla ennen laskua Vuonosjokeen lähellä tarkkailupistettä Loukonpuro 101 (6961849-606363). Teyripuron valuma-alueella laskenta kuvaa tarkkailupisteen Teyripuro 103 (6959369-606725) kohdalla uomassa havaittavaa pitoisuustasoa. Hetkellisesti uomissa voidaan havaita myös keskimääräisistä pitoisuuksista poikkeavia ainepitoisuuksia mm. valumatilanteiden ja vuodenaikojen vaihtelun takia. Kaikki alkuainepitoisuudet on oletettu 100-prosenttisesti liukoisiksi, mikä on todennäköisesti ainakin lievä yliarvio, mutta laskelman arvioidaan antavan tarkoitukseen sopivalla tarkkuudella kuvan ainepitoisuuksien suuruusluokasta sulkemisen jälkeen. Laskenta on tehty Mondon rikastushiekka-alueen sulkemisen tarpeisiin, eli sen tulokset eivät kuvaa alueen hajakuormituksesta tai muiden toimijoiden kuormituksesta johtuvia vaikutuksia. Arvion perusteella voidaan tehdä päätelmiä siitä, millainen vaikutus Mondon toimintojen sulkemisratkaisuilla on uomien vedenlaatuun.

Lyhyellä aikavälillä sulkemisvaiheessa ja aivan sen jälkeen Loukonpurossa ja Teyripurossa havaittavat ainepitoisuudet ja vaikutukset arvioidaan pitkälti perustilan kaltaisiksi (luku 4.4). Vuosina 2021–2025 Loukonpurossa ja Teyripurossa on havaittu luonnontasoa suurempia sähkönjohtavuusarvoja, ja metallipitoisuudet ovat olleet koholla (taulukot 13-13–Taulukko 13-14). Loukonpurossa on nykyisin havaittu varsin alhaisia pH-arvoja, mutta Teyrinpuron puolella pH-taso on ollut lähempänä neutraalia. Vuonoksen suljetuilta alueilta tulevien vesien ei arvioida aiheuttavan pH-tason laskua sulkemisen jälkeen kummallakaan purkureitillä. Keskipitkällä aikavälillä Vuonoksen suotoveden pH-taso on arviolta 6,4 ja pitkällä aikavälillä 8,3. Uomista mitattava pH asettuu todennäköisesti em. lukemia alhaisemmalle tasolle muualta valuma-alueelta tulevien vesien laimentavan vaikutuksen takia.

Loukonpuron vedenlaatu asettuu Mondon sulkemisen jälkeen sekä keskipitkällä että pitkällä aikavälillä lähelle valuma-alueen perusvedenlaatua (Taulukko 13-13). Metalleista alumiinin, koboltin, raudan, mangaanin, nikkelin ja sinkin pitoisuudet laskevat nykyisin havaittuun tasoon verrattuna. Myös sulfaatin ja kalsiumin määrän arvioidaan vähentyvän. Loukonpuro ei alustavan arvion mukaan ole vesistö, joten siihen ei sovelleta valtioneuvoston asetuksen 1022/2006 mukaisia laatunormeja. Nikkelin ja lyijyn keskimääräiset pitoisuudet alittavat uomassa vuositason laatunormien tason (Taulukko 13-4). Rikastushiekka-alueelta tuleva elohopeakuormitus on hyvin vähäistä, joten myöskään elohopean hetkellisen laatunormin ei arvioida ylittyvän suotovesien kuormituksen takia. Vuonna 2025 Loukonpuron elohopeapitoisuus oli <0,005 µg/l. Kadmiumin pitoisuuden arvioidaan nousevan vuositason laatunormin (AA-EQS+tausta, 0,1 µg/l) tuntumaan. Sulfaatin ja sinkin pitoisuudet uomassa alittavat aineille ehdotettujen vuositason ympäristönlaatunormien tason (Taulukko 13-). Kuparin liukoisen pitoisuuden

1,8 µg/l, Loukonpuron keskimääräisen pH-tason 5,6, kalsiumpitoisuuden 3,3 mg/l ja Vuonosjoesta vuosina 2018–23 mitattujen DOC-arvojen keskiarvon 20 mg/l perusteella Bio-met-työkalulla (bio-met.net) laskettuna kuparin biosaatava pitoisuus on <0,1 µg/l eli selvästi ehdotettua kuparin vuositason laatunormia pienempi.

Taulukko 13-13. Sulkemisen jälkeen keskipitkällä (mid term) ja pitkällä aikavälillä (long term) Loukonpurosta havaittava keskimääräinen vedenlaatu, Loukonpurosta jaksolla 2021–2025 havaittu keskimääräinen vedenlaatu sekä Loukonpuron muun valuma-alueen arvioitu perusvedenlaatu (Iso-Loukon laskuoja + GTK). *Vuonoksesta lähtevän veden aiheuttama pitoisuuslisäys Loukonpurossa.

		Loukonpuro, keskipitkä	Loukonpuro, pitkä	Loukonpuro 101, 2021-25	Iso-Loukon laskuoja 100 + GTK
P	µg/l	16	16		16
N	µg/l				345
NO_3-N	µg/l	2,1*			
NH_4-N	µg/l	2,1*			
SO_4	mg/l	6,7	3,6	645	3,5
Al	µg/l	84	81	307	82
As	µg/l	0,4	0,4	0,6	0,4
B	µg/l	5,0	5,0		5,0
Ba	µg/l	9,1	9,1		9,2
Ca	mg/l	3,7	3,3	127	3,3
Cd	µg/l	0,4	0,4	0,1	0,02
Cl	mg/l	1,2	1,2		1,2
Co	µg/l	0,8	0,8	18	0,3
Cr	µg/l	0,7	0,7		0,7
Cu	µg/l	1,8	1,6	8	1,6
F	mg/l	0,1	0,1		0,1
Fe	µg/l	873	873	13 882	879
K	mg/l	1,4	1,4		1,4
Li	µg/l	1,2	1,2		1,2
Mg	mg/l	2,3	1,9		1,8
Mn	µg/l	17	17	760	15
Mo	µg/l	0,1	0,1		0,1
Na	mg/l	2,7	2,6		2,6
Ni	µg/l	3,7	2,3	43	1,3
Pb	µg/l	1,0	0,4	0,1	0,4
Sb	µg/l	0,1	0,1		0,1
Se	µg/l	0,1	0,1		0,1
Sr	µg/l	20	20		20
U	µg/l	0,1	0,1		0,1
V	µg/l	1,0	1,0		1,0
Zn	µg/l	5,8	4,9	73	2,6

Kokonaisuutena arvioiden Loukonpuroon Mondon suljetuilta alueilta tuleva vesi tuottaa keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä uomaan hyvän vedenlaadun. Rehevöitymistä tai pH-tason laskua ei arvioida tapahtuvan. Alkuainepitoisuudet laskevat nykyisin havaittuun

tasoon verrattuna lukuun ottamatta kadmiumia, joka nousee hieman. Vesieliöstölle aiheutuvien haittavaikutusten riskin Loukonpurossa ja alapuolisessa Vuonosjoessa arvioidaan kuitenkin kokonaisuutena pienentyvän toiminta-aikaan verrattuna. Kadmiumpitoisuuteen tulisi seuraavissa suunnitteluvaiheissa kiinnittää huomiota, jotta arviota pystyttäisiin tarkentamaan ja mahdolliset haittavaikutukset estämään.

Teyripuron vedenlaatu asettuu Mondon sulkemisen jälkeen sekä keskipitkällä että pitkällä aikavälillä lähelle valuma-alueen perusvedenlaatua (Taulukko 13-14). Metalleista alumiinin, raudan, mangaanin, nikkelin ja sinkin pitoisuudet laskevat nykyisin havaittuun tasoon verrattuna. Myös sulfaatin ja kalsiumin määrän arvioidaan vähentyvän. Teyripuro ei alustavan arvion mukaan ole vesistö, joten siihen ei sovelleta valtioneuvoston asetuksen 1022/2006 mukaisia laatunormeja. Lyijyn keskimääräinen pitoisuus alittaa uomassa vuositason laatunormin tason (Taulukko 13-14). Rikastushiekka-alueelta tuleva elohopeakuormitus on hyvin vähäistä, joten myöskään elohopean hetkellisen laatunormin ei arvioida ylittyvän suotovesien kuormituksen takia. Vuonna 2025 Teyripuron elohopeapitoisuus oli <0,005 µg/l. Kadmiumin pitoisuuden arvioidaan nousevan vuositason laatunormin (AA-EQS+tausta, 0,1 µg/l) yläpuolelle. Nikkelin määrä Teyripurossa asettuu keskipitkällä aikavälillä tasolle 5,5 µg/l ja pitkällä aikavälillä tasolle 3,0 µg/l. Teyripuron keskimääräisen pH-tason 6,9, kalsiumpitoisuuden 3,3 mg/l ja Vuonosjoesta vuosina 2018–23 mitattujen DOC-arvojen keskiarvon 20 mg/l perusteella Bio-met-työkalulla (bio-met.net) laskettuna nikkelin biosaatava pitoisuus on tällöin <0,5 µg/l eli selvästi vuositason laatunormia pienempi. Sulfaatin ja sinkin pitoisuudet uomassa alittavat aineille ehdotettujen vuositason ympäristönlaatunormien tason. Nikkelin laskennassa käytetyillä oletuksilla laskettuna kuparin biosaatava pitoisuus on <0,1 µg/l eli selvästi ehdotettua kuparin vuositason laatunormia pienempi.

Taulukko 13-14. Sulkemisen jälkeen keskipitkällä (mid term) ja pitkällä aikavälillä (long term) Teyripurosta havaittava keskimääräinen vedenlaatu, Teyripurosta jaksolla 2021–2025 havaittu keskimääräinen vedenlaatu sekä Teyripuron muun valuma-alueen arvioitu perusvedenlaatu (Iso-Loukon laskuoja + GTK). *Vuonoksesta lähtevän veden aiheuttama pitoisuuslisäys Teyripurossa.

		Teyripuro, keskipitkä	Teyripuro, pitkä	Teyripuro 103, 202125	Iso-Loukon laskuoja 100 + GTK
P	µg/l	16	16		16
N	µg/l				345
NO_3-N	µg/l	3,6*			
NH_4-N	µg/l	3,6*			
SO_4	mg/l	8,9	3,7	87	3,5
Al	µg/l	86	81	104	82
As	µg/l	0,4	0,4	1,3	0,4
B	µg/l	4,9	4,9		5,0
Ba	µg/l	9,1	9,1		9,2
Ca	mg/l	3,9	3,4	22	3,3
Cd	µg/l	0,7	0,6	0,01	0,02
Cl	mg/l	1,2	1,2		1,2
Co	µg/l	1,2	1,2	2	0,3
Cr	µg/l	0,7	0,7		0,7

		Teyripuro, keskipitkä	Teyripuro, pitkä	Teyripuro 103, 202125	Iso-Loukon laskuoja 100 + GTK
Cu	µg/l	1,9	1,6	1,4	1,6
F	mg/l	0,2	0,2		0,1
Fe	µg/l	868	868	2 230	879
K	mg/l	1,4	1,4		1,4
Li	µg/l	1,2	1,2		1,2
Mg	mg/l	2,7	2,0		1,8
Mn	µg/l	19	19	113	15
Mo	µg/l	0,1	0,1		0,1
Na	mg/l	2,7	2,5		2,6
Ni	µg/l	5,5	3,0	14	1,3
Pb	µg/l	1,4	0,4	0,04	0,4
Sb	µg/l	0,1	0,1		0,1
Se	µg/l	0,1	0,1		0,1
Sr	µg/l	20	20		20
U	µg/l	0,1	0,1		0,1
V	µg/l	1,0	1,0		1,0
Zn	µg/l	8,0	6,6	160	2,6

Kokonaisuutena arvioiden Teyripuroon Mondon suljetuilta alueilta tuleva vesi tuottaa keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä uomaan hyvän vedenlaadun. Rehevöitymistä tai pH-tason laskua ei arvioida tapahtuvan. Alkuainepitoisuudet laskevat nykyisin havaittuun tasoon verrattuna lukuun ottamatta kadmiumia, joka nousee hieman. Vesieliöstölle aiheutuvien haittavaikutusten riskin Teyripurossa ja alapuolisessa Vuonosjoessa arvioidaan kuitenkin kokonaisuutena pienentyvän toiminta-aikaan verrattuna. Kadmiumpitoisuuteen tulisi seuraavissa suunnitteluvaiheissa kiinnittää huomiota, jotta arviota pystyttäisiin tarkentamaan ja mahdolliset haittavaikutukset estämään.

Vuonosjoen itäpuolella sijaitsevan vanhan louhosjärven kuormitusta on kuvattu luvuissa 3.3.2 ja 13.2. Louhosjärvestä lähtevän ylivuotoveden määrää ei ole arvioitu, mutta suurimmillaan vettä on otettu järvestä noin 500 000 m^3/a. Mikäli ylivuoto oletetaan tasaiseksi, lähtevä vesimäärä olisi tällöin noin 0,01 m^3/s. Vuonosjoen keskivirtaama (MQ, jakso 2010–2025) on Suomen ympäristökeskuksen WSFS-vesistömallin simulointitulosten perusteella 0,75 m^3/s Sätöskosken kohdalla. Valuma-alueen pinta-alojen suhteella korjattuna louhosjärven tuntumassa joen keskivirtaama on tasoa 0,4 m^3/s. Louhosjärven päällysveden nikkeli- ja sulfaattipitoisuudet olivat vuonna 2016 hieman suurempia kuin vuonna 2025. Näiden v. 2016 laatutietojen (Taulukko 3-2) ja em. vesimäärätietojen perusteella laskettuna louhosjärvestä poistuva vesi aiheuttaisi esimerkiksi tason 3 mg/l nousun joen sulfaattipitoisuudessa ja tason 2,7 µg/l nousun nikkelipitoisuudessa. Suuntaa-antavan laskelman perusteella voidaan arvioida, että louhosjärven vesien vaikutus on todennäköisesti vesinäytteenoton keinoin havaittavissa Vuonosjoessa purkualueen läheisyydessä, mutta alavirtaan edetessä joen vesimäärän kasvun takia vaikutus vähitellen häviää. Vuonosjoen nykyisten ainepitoisuuksien perusteella arvioituna ylivuoto ei vuositasolla aiheuta valtioneuvoston asetuksen 1022/2006 mukaisen nikkelin ympäristölaatunormin ylitystä tai sulfaatille ehdotetun laatunormin ylitystä.

13.5 Vaikutukset kasvillisuuteen, eläimistöön ja suojelualueisiin

Vaikutukset (mm. melu ja pöly) linnustoon ja eläimistöön vähenevät asteittain aktiivisen sulkemisvaiheen päätyttyä. Sulkemisen jälkeen maaston muotoilulla voidaan luoda vaihtelevia ja monipuolisia elinympäristöjä alueen biodiversiteetin lisäämiseksi, huomioiden erityisesti lähialueen lajistot. Suunnittelun edetessä voidaan arvioida lajikohtaisten elinympäristöjen luomista tarpeen mukaan.

Pöly- ja ilmapäästöt poistuvat aktiivisen sulkemisvaiheen päätyttyä. Aktiivisen sulkemisvaiheen aikana alueella tehdään vielä konetyötä. Meluhaitat poistuvat vasta aktiivisen sulkemisvaiheen päätyttyä.

13.6 Vaikutukset maisemaan

Vaikutuksia maisemaan ja kulttuuriympäristöön sulkemisvaiheessa voi aiheutua lähinnä rikastushiekan läjitysalueesta. Maisemavaikutukset vähenevät sulkemisen myötä, sitä mukaa kun alueita kasvittuu ja rakennuksia puretaan.

13.7 Melu- ja tärinävaikutukset

Sulkemisvaiheen melu- ja tärinävaikutukset aiheutuvat liikenteestä ja ne rajautuvat teiden läheisyyteen. Melu- ja tärinävaikutukset vähenevät asteittain sulkemisvaiheessa ja päättyvät täysin siinä vaiheessa, kun sulkemistyöt on saatu päätökseen. Melun ja tärinän osalta alue palautuu sulkemisen jälkeen ennen kaivostoimintaa vallinneeseen tilaan eikä toiminnasta jää pysyviä vaikutuksia tai vahinkoja.

13.8 Liikennevaikutukset

Toiminnan päätyttyä tehdasalueen liikenne, raskaiden ajoneuvojen kuljetukset sekä työntekijöiden työmatkaliikenne päättyvät, joten liikenteestä johtuvia vaikutuksia ei arvioida syntyvän enää toiminnan päättymisen jälkeen. Parannukset hankealueelle johtavilla teillä ja silloilla palvelevat tienkäyttäjiä toiminnan päättymisen jälkeenkin.

13.9 Vaikutukset ihmisiin ja yhteiskuntaan

Ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen liittyvät vaikutukset eivät ole mitattavia, vaan laadullisia ja sidottuja yksilöön, aikaan ja paikkaan. Elinoloihin ja viihtyvyyteen kohdistuvat vaikutukset voivat olla suoria (esim. marjastuspaikan häviäminen) tai välillisiä (esim. pölyn aiheuttama haitta marjastukselle).

14 Jäännösriskien arviointi hallintatoimenpiteiden valinnan jälkeen

Sulkemissuunnittelun tässä vaiheessa arvioidaan tunnistettuja riskejä toiminnan päätyttyä, riskien tunnistaminen tarkentuu sulkemissuunnitelman laadinnan seuraavissa vaiheissa. Tunnistettuja riskejä toiminnan päätyttyä on esitetty taulukossa 14-1.

Taulukko 14-1. Jäännösriskit ja hallintakeinot.

Riski	Hallintakeino
Rikastushiekka-altaan oletettua huonompi suotovedenlaatu ja sen vaikutukset ympäristöön	Mallinnustulosten valossa (liite 1) rikastushiekka-altaan suotoveden ei arvioida aiheuttavan merkittäviä vaikutuksia ympäristöön. Sulkemisen jälkeinen kuormitustase tarkistetaan tiedon karttuessa sulkemisen lähestyessä. Toimenpiteet riskinhallintaan tarkistetaan.
Kuormituslaskennasta puuttuva pohjaveden vaikutus	Pohjavettä ei ole huomioitu kuormituslaskennassa vähäisten lähtötietojen vuoksi. Pohjaveden virtauksesta kartoitetaan lisätietoja vastikään lisättyjen pohjavesiputkien avulla. Saatavien tietojen sekä pohjavesimallinnuksen jälkeen voi olla mahdollista arvioita paremmin pohjaveden aiheuttamaa kuormitusta riippuen saatavista tuloksista.

15 Arvio BAT-päätelmien huomioimisesta

Vuonna 2018 on julkaistu kaivannaisjätteen hallinnasta päivitetty BREF-asiakirja (MWEI BREF, EC 2018), jossa huomioitiin voimassa oleva kaivannaisjätedirektiivi.

MWEI BREF-asiakirja kuvaa olemassa olevia tekniikoita kaivannaisjätteiden hallinnassa ja nostaa joitakin niistä BAT-tekniikoiksi tietyin edellytyksin. BAT-päätelmissä on määritelty BAT-tekniikoihin ja niiden soveltamiseen liittyviä vaatimuksia ja suosituksia. BAT-päätelmät eivät sisällä sitovia päästötasoja (BAT-AEL) kuten teollisuuspäästödirektiivin soveltamisalaan kuuluvien toimialojen BREF-asiakirjat. BREF-asiakirjasta käy ilmi, että asiakirjan ja sen yhteenvetona esitettyjen BAT-päätelmien tarkoituksena on:

- antaa kaivannaisteollisuudelle, viranomaisille ja muille asiaankuuluville osapuolille ajantasaisia tietoja kaivannaisjätteen hallinnasta sekä
- tukea päätöksentekijöitä esittämällä kooste käytettävissä olevista BAT-tekniikoista, joilla voidaan ehkäistä ja vähentää kaivannaisjätteiden ympäristöön tai ihmisiin kohdistuvia haitallisia vaikutuksia. Asiakirjassa esitettyjen tekniikoiden lisäksi kaivannaisjätteiden hallinnassa voidaan käyttää myös muita tekniikoita, joilla saavutetaan vähintään samaa luokkaa oleva ympäristönsuojelullinen taso.

BAT-päätelmät (BREF-asiakirjan luku 5) jaetaan kahteen ryhmään:

- Yleiset BAT-päätelmät, joita sovelletaan yleisesti;
- Riskiperusteiset BAT-päätelmät, joita sovelletaan tapauskohtaisesti kohteissa, joissa on tunnistettu ympäristö- tai terveysvaikutuksia riskinarvioinnin tai vaikutusarvioinnin avulla.

BAT-päätelmien soveltaminen kaivoksella sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa on esitetty liitteessä 5.

16 Tarkkailu

16.1 Sulkemistyön aikainen tarkkailu

Sulkemistyön aikaisen tarkkailun erityispiirre on ns. sulkemistoiminnan tarkkailu. Tämä on välttämätöntä, koska sulkemistyön aikana toiminnan laatu ja menetelmät muuttuvat jatkuvasti, eikä tilanne pysy ympäristön kannalta samankaltaisena pitkään. Toiminnan tarkkailu suoritetaan päiväkirjamuotoisena. Toiminnan tarkkailussa listataan kulloinkin menossa olleet työvaiheet ja mahdolliset poikkeustilanteet (ja kuinka poikkeustilanteisiin on reagoitu). Lisäksi toiminnan tarkkailuun sisällytetään silmämääräistä havainnointia vedestä ja pölystä.

Tuotannon aikainen päästötarkkailu pidetään sulkemistyön aikana soveltuvilta osin voimassa. Jälkihoitotyön aikana myös yksinkertaiset online-mittaukset (erityisesti sähkönjohtokyky) purkuvedessä auttavat reagoimaan riittävän nopeasti muuttuvien tilanteiden mahdollisesti aiheuttamiin haittoihin.

Vesistö- ja pohjavesitarkkailu suoritetaan siten, että ne muodostavat vertailukelpoisen jatkumon toiminnan aikaiselle tarkkailulle. Keskeiset vesistö- ja pohjavesitarkkailupisteet valitaan tuotannon aikana tarkkailtavien pisteiden joukosta.

Siirtymävaiheessa sulkemistyön jälkeen tehdään myös silmämääräisiä havaintokierroksia alueella. Kierrosten tehtävänä on varmistaa, ettei toimenpiteitä vaativia sortumia tai eroosiovahinkoja jää korjaamatta. Lisäksi aitausten ja varoituskylttien kunto tarkistetaan. Havaintokierrosväli harvennetaan ensimmäisten vuosien jälkeen.

16.2 Sulkemisen jälkeinen tarkkailu

Sulkemisen jälkeinen tarkkailu sisältää elementtejä tuotannon aikaisesta ja jälkihoitovaiheen tarkkailusta. Päästöjen, vesistön ja pohjavesien tarkkailu suoritetaan siten, että ne muodostavat vertailukelpoisen jatkumon toiminnan aikaiselle tarkkailulle. Keskeiset vesistö- ja pohjavesitarkkailupisteet valitaan siis tässäkin yhteydessä tuotannon aikana tarkkailtavien pisteiden joukosta. Tarkkailuväli on kuitenkin toiminnan aikaista tarkkailua harvempi.

Sulkemisen jälkeinen tarkkailu päättyy, kun alueen ympäristövaikutusten ja turvallisuusriskien voidaan katsoa saavuttaneen tason, jolla merkitystä ei ole, tai vaikutus jää hyvin vähäiseksi. Vakuusarvioon on laskettu, että sulkemisen jälkeistä tarkkailua tehdään 30 vuotta sulkemisen jälkeen.

Varsinaisen tarkkailuohjelman laadinnassa ja sen mahdollisissa päivityksissä varmistetaan, että tarkkailun keinoilla voidaan arvioida sulkemiselle asetettujen tavoitteiden toteutumista.

17 Sulkemiskustannusten ja vakuuksien arviointi

Kaivannaisjäteasetus (190/2013) edellyttää vakuuslaskelman esittämistä. Koko toiminnan sulkemisen vakuus on 26 342 826 € (sis. alv 25,5 %). Vakuuslaskelma erittelyineen on esitetty liitteessä 6.

18 Väliaikainen ja ennenaikainen sulkeminen

18.1 Väliaikainen sulkeminen

Väliaikaisella sulkemisella tarkoitetaan toiminnan lakkaamista tilapäisesti, esimerkiksi taloudellisista syistä. Toiminta siirretään ns. ”care & maintenance” -tilaan, jossa suoritetaan keskeiset ylläpitotoimet. Rikastamon huoltotyöt ja vesienkäsittely jatkuvat. Alue pidetään tilassa, joka mahdollistaa suhteellisen nopean tuotantoon palaamisen.

Väliaikaisessa sulkemisessa varmistetaan, että kontakti- ja ei-kontaktivesien erillään pito jatkuu ja kontaktivedet käsitellään ennen johtamista alueelta pois.

Turvallisuus taataan ensisijaisesti rajoittamalla liikkumista alueella, lähinnä aitaamisen keinoin.

18.2 Ennenaikainen sulkeminen

Mikäli tehdasalue suljetaan suunnitteluvaiheessa kaavailtua aikaisemmin, sulkeminen suoritetaan pääpiirteissään samalla tavalla kuin tässä sulkemissuunnitelmadokumentissa esitetään. Jätemäärät jäävät vähäisemmäksi. Läjitysalueiden erilaista loppumittasuhteista johtuen kiintoaine-nestekontaktisuhde läjityksissä voi poiketa suunnitteluvaiheessa tarkastellusta skenaariosta.

Pääsääntöisesti valitun sulkemiskonseptin voidaan olettaa toimivan myös ennenaikaisessa sulkemisessa, mutta päästö- ja vaikutusennusteiden epävarmuudet kasvavat jonkin verran.

19 Sulkemissuunnitelman tarkentaminen ja päivittäminen

Sulkemissuunnitelma tullaan tarkistamaan vähintään 5 vuoden välein tai toiminnan oleellisesti muuttuessa. Kussakin suunnitteluvaiheessa esitetään myös suositukset seuraavaa suunnitteluvaihetta varten, tunnistettujen riskien, epävarmuuksien ja vaikutusten pohjalta. Tarvittaessa sulkemisratkaisuja arvioidaan uudelleen. Sulkemissuunnitelmaa on tarkoituksenmukaista tarkistaa viimeistään siinä vaiheessa, kun kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmaa tarkistetaan.

20 Lähdeluettelo

AFRY Finland Oy 2024. Elementis Minerals B.V. Branch Finland. Vuonoksen rikastushiekka-altaan korotuksen YVA-tarveharkinta

AFRY Finland Oy 2025. Vuonoksen rikastushiekan läjityskapasiteetin lisääminen ja vesienhallinnan ympäristövaikutusten YVA-ohjelma, luonnos 05/2025.

Aroviita, J., Mitikka, S. & Vienonen, S. (toim.) 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2019.

European Commission (EC) 2018. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657

European Commission (EC) 2022. Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi yhteisön vesipolitiikan puitteista annetun direktiivin 2000/60/EY, pohjaveden suojelusta pilaantumiselta ja huononemiselta annetun direktiivin 2006/118/EY ja ympäristönlaatunormeista vesipolitiikan alalla annetun direktiivin 2008/105/EY muuttamisesta. 26.10.2022. COM (2022) 540. Euroopan komissio.

GTK 2025a. Maankamara-karttapalvelu. [http://gtkdata.gtk.fi/maankamara]

GTK 2025b. Happamat sulfaattimaat. [https://gtkdata.gtk.fi/Hasu/index.html] (14.1.2025)

Huhma, A. 1975. Outokummun, Polvijärven ja Sivakkavaaran kartta-alueiden kallioperä. Summary: Precambrian rocks of the Outokumpu, Polvijärvi and Sivakkavaara mapsheet areas. Suonien geologinen kartta,1:100000. Kallioperäkartan selitykset, 4222 Outokumpu, 4224 Polvijärvi, 43/1 Sivakkavaara. 151 pages, 54 figures, 8 tables.

Hyvärinen, E., Juslén, A., Kempppainen, E., Uddström, A. ja Liukko, A.-M. 2019. Suomen lajien uhanalaisuus. Punainen kirja 2019.

Ilmasto-opas 2022. Pohjois-Karjala – mantereinen maakunta. https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/pohjois-karjala-mantereinen-maakunta (aineisto luettu 27.2.2025)

Ilmatieteen laitos 2025a. Suomen ilmastovyöhykkeet. https://www.ilmatieteenlaitos.fi/suomen-ilmastovyohykkeet (aineisto luettu 27.2.2025)

Ilmatieteen laitos 2025b. Ilmatieteen laitoksen avoin data, säähavainnot. https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/ (aineisto luettu 27.2.2025)

Ilmatieteen laitos 2025c. Ilmatieteen laitoksen avoin data, lämpötilatilastot. https://www.ilmatieteenlaitos.fi/1991-2020-lampotilatilastot (aineisto luettu 27.2.2025)

ICMM 2019. Integrated Mine Closure – Good Practice Guide, 2nd Edition.

Joensuun kaupunki 2008. Joensuun seudun yleiskaava 2020, Eno, Joensuu, Kontiolahti, Liperi, Polvijärvi, Pyhäselkä, Outokumpu, 7.11.2008. Joensuun seudun valtuusto.

Järviwiki 2025. https://www.jarviwiki.fi/wiki/Viinij%C3%A4rvi_(04.352.1.001). 8.4.2025

KVVY Tutkimus Oy 2022a. Viinijärven-Heposelän alueen pohjaeläintarkkailu vuonna 2021.

KVVY Tutkimus Oy 2024. Lahdenjoen ja Ruutunjoen pohjaeläimistö vuonna 2023.

Lassila ja Viitanen 2003. Mondo Minerals Oy Vuonoksen tehdas, Tehdasalueen maaperä- ja pohjavesiolosuhteet. Jaakko Pöyry Infra PSV-Maa ja Vesi, raportti P01662.

Lehtinen, M., Nurmi, P. & Rämö, T. (toim.) 1998. Suomen kallioperä: 3000 vuosimiljoonaa. Helsinki, Suomen Geologinen Seura ry., 375 s.

Mehtonen, J., Siimes, K., Leppänen, M., Junttila, V., Äystö, L., Vähä, E., Karjalainen, J., Hu, X., Österholm, P. & Nystrand, M. 2023. Haitalliset aineet pintavesissä. Muutosehdotuksia vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden asetukseen. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 28/2023.

Pohjois-Karjalan maakuntaliitto 2021b. Pohjois-Karjalan maakuntakaava 2040, merkinnät ja määräykset. Julkaisu 201, 2021. Pohjois-Karjalan maakuntaliitto. https://pohjois-karjala.fi/wp-content/uploads/2022/03/Maakuntakaava2040-Merkinna%CC%88t-ja-ma%CC%88a%CC%88ra%CC%88ykset.pdf

Pohjois-Karjalan kalatalouskeskus 2022. Viinijärven kalatalousalueen käyttö- ja hoitosuunnitelma.

Pöyry Finland Oy 2011a. Mondo Minerals B.V. Branch Finland, Vuonoksen rikastamo ja talkkitehdas, Ympäristö- ja vesitalouslupahakemus, 67090059.BGE3, 26.04.2011.

Pöyry Finland Oy 2011. Mondo Minerals B.V. Branch Finland Vuonoksen rikastamo ja talkkitehdas Rikastushiekka-alueen jälkihoitosuunnitelma. Suunnitelmaselostus 67090059.BGE3 22.02.2011.

Ramboll Finland Oy 2014. Ilmoitus pilaantuneen maaperän kunnostamisesta (YSL 78§). Vuonoksen tehdas, nikkelirikasteen käsittelylaitoksen alue. 26.5.2024. Viite 1510013175

Ruuth J., Keskitalo T., Talvitie T. & Korhonen K.T. 2021. Pohjois-Karjalan maakunnan ilmanlaadun bioindikaattoriseuranta vuonna 2020. Pohjois-Karjalan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. RAPORTTEJA 15 | 2021. https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-314-918-2 (4.3.2025)

Räisänen, M.L. ja Korhonen K. 2015. Vuonoksen talkkitehtaan rikastushiekka-altaan ja rikastamon ympäristön pohja- ja pintavesien kemiallinen nykytila vuonna 2004. ARKISTORAPORTTI 58/2015. Geologian tutkimuskeskus

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2021a. Sysmäjärvi-Heposelkä alueen kalataloudellinen yhteistarkkailu vuonna 2021.

Savo-Karjalan ympäristötutkimus 2024. Elementis Minerals B.V.Branch Finland, Vuonoksen tehtaan ja rikastamon kuormitus-, pinta- ja pohjavesitarkkailut 2023. 4.10.2024, E3667. Elementis Minerals B.V.Branch Finland

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus 2025. Elementis Minerals Outokumpu, Vuonoksen altaiden luotaukset 10.6.2025, 29.8.2025

SGS 2025a. Quantitative X-Ray Diffraction by Rietveld Refinement. Custom XRD/CA19868-APR25/MI4513-MAY25. 30/05/2025

SGS 2025b. CERTIFICATE OF ANALYSIS Final Report. ABA - Method EN15875. KE25-02103 - PO#168353535. 30/04/2025

SGS Oy 2025c. CERTIFICATE OF ANALYSIS Final Report. BCR extraction. KE25-02103 - PO#168353535. 30/04/2025

Säteilyturvakeskus (STUK) 2025. Luonnon radioaktiivisuusmääritys prosessinäytteelle. Mondo Minerals B. V. Branch Finland. 23.12.2025

Suomen Lajitietokeskus 2025. Tietopyyntö käyttörajattuun aineistoon 10.3.2025 http://tun.fi/HR.48, http://tun.fi/HR.61, http://tun.fi/HR.95, http://tun.fi/HR.1747, http://tun.fi/HR.3211, http://tun.fi/HR.3671, http://tun.fi/HR.3691, http://tun.fi/HR.3992, http://tun.fi/HR.4471, http://tun.fi/HR.4491

Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja ELY-keskukset 2024–25. [https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Ymparistotietojarjestelmat]

a) Pohjavesitietojärjestelmä POVET / 4/2024

b) Ympäristökarttapalvelu Karpalo / 3/2025

d) Pintavesien tilan tietojärjestelmä, vedenlaatu VESLA / 3/2025

e) Avoimet ympäristötietojärjestelmät, Hertta / 3/2025

f) Pohjaeläinrekisteri, POHJE

Työterveyslaitos 2023. Työhygieeninen selvitys Elementis Mineraliksen Vuonoksen rikastamolla ja talkkitehtaalla 23.2.2023.

Työterveyslaitos 2025. Työhygieeninen selvitys Vuonoksen rikastamolla ja talkkitehtaalla 15.-16.10.2025. LAUSUNTO TYHYG 2026 TTL25-03789 B, 15.1.2026. Tämä lausunto korvaa aikaisemmin lähetetyn lausunnon.

Ympäristöministeriö 1993. Maisema-aluetyöryhmän mietintö. Osa II, Maisemanhoito. Mietintö 66/1992

Vastuullisen kaivostoiminnan verkosto 2017. Kaivosvastuu. https://www.kaivosvastuu.fi/