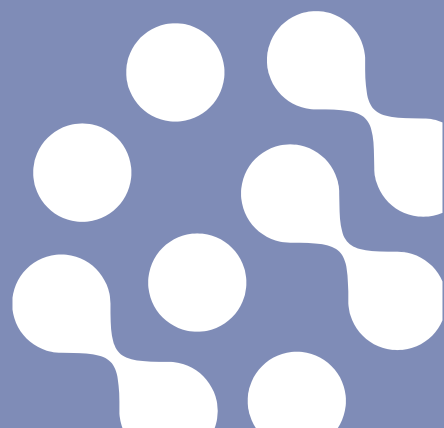




Environment Testing

Eurofins Ahma Oy  
31.3.2022

# TERRAFAME OY TARKKAILU 2021 YHTEENVETO



# TERRAFAME OY, TARKKAILU 2021, YHTEENVETO

## Sisällysluettelo

<b>1.</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>KÄYTTÖTARKKAILU</b> .....	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>PÄÄSTÖTARKKAILU</b> .....	<b>3</b>
3.1	VESIPÄÄSTÖJEN TARKKAILU .....	3
3.2	ILMAPÄÄSTÖJEN TARKKAILU .....	3
<b>4.</b>	<b>PINTAVESIEN TARKKAILU</b> .....	<b>4</b>
4.1	OULUJOEN VESISTÖALUE .....	4
4.2	VUOKSEN VESISTÖALUE.....	6
<b>5.</b>	<b>PINTAVESIEN BIOLOGINEN TARKKAILU</b> .....	<b>6</b>
5.1	KASVIPLANKTON .....	6
5.2	PIILEVÄT .....	7
5.3	POHJAEÄIMET.....	8
5.4	VESIKASVIT.....	8
5.5	VESISAMMALTEN METALLIPITOISUUS .....	9
<b>6.</b>	<b>KALATALOUSTARKKAILU</b> .....	<b>9</b>
<b>7.</b>	<b>SEDIMENTIN LAATU</b> .....	<b>11</b>
<b>8.</b>	<b>POHJAVESIEN TARKKAILU</b> .....	<b>13</b>
<b>9.</b>	<b>PÖLYLASKEUMAN TARKKAILU</b> .....	<b>16</b>
<b>10.</b>	<b>YMPÄRISTÖMELUN TARKKAILU</b> .....	<b>17</b>
<b>11.</b>	<b>JÄTEJAKEIDEN TARKKAILU</b> .....	<b>18</b>

**Eurofins Ahma Oy**

**Terrafame Oy (käyttötarkkailu)**

Sähköposti: EtunimiSukunimi@eurofins.fi

[www.eurofins.fi](http://www.eurofins.fi)

# 1. JOHDANTO

Terrafame Oy on suomalainen monimetallintuottaja, joka tuottaa biokasaliutusmenetelmällä ensisijaisesti nikkeliä ja sinkkiä Sotkamossa sijaitsevalla tuotantolaitoksellaan. Kaupallinen metallien tuotanto alueella on käynnistynyt vuonna 2009. Terrafame Oy osti 14.8.2015 Talvivaara Sotkamo Oy:n liiketoiminnan ja omaisuuserät Talvivaara Sotkamo Oy:n konkurssipesältä ja on tämän kaupan johdosta harjoittanut metallintuotantoa Sotkamossa 15.8.2015 alkaen.

Tuotantolaitoksen toiminnan alkuvuosina edellisen toimijan aikana, ympäristötarkkailua on toteutettu vuonna 2007 laaditun ja vuonna 2008 Vaasan hallinto-oikeuden päätöksen ja Kainuun ympäristökeskuksen hyväksymiskirjeen perusteella täydennetyin tarkkailusuunnitelman mukaisesti. Tarkkailuohjelmaa on sittemmin täydennetty lukuisin lisäyksin mm. päästö-, pintavesi-, pohjavesi-, pölylaskeuma- ja kalataloustarkkailujen osalta.

Vuonna 2021 Terrafame Oy:n ympäristötarkkailu toteutettiin 2019 laaditun tarkkailuohjelman (Ramboll Finland Oy 2019) mukaisesti. Uudessa tarkkailuohjelmassa on yhdistetty eri toimintojen tarkkailua koskevat, voimassa olevat Kainuun ja Pohjois-Savon ELY-keskusten hyväksymät erilliset tarkkailuohjelmat sekä niihin tehdyt lisäykset.

Velvoitetarkkailu perustuu pääosin seuraaviin lupiin ja päätöksiin:

- Ympäristö- ja vesitalouslupa (AVI:n päätös Nro 36/2014/1)
- Keskitetyn vedenpuhdistamon ympäristölupa (AVI:n päätös 3/2017/1)
- Sivukivialue KL2:n ympäristölupa (AVI:n päätös 76/2017/1)
- Nuasjärven purkuputken sekoittumisvyöhykkeen uudelleen määrääminen (AVI:n päätös Nro 104/2018/1)
- Terrafame Oy:n tarkkailusuunnitelman hyväksymistä koskevan päätöksen oikaisuvaatimuksen ratkaisu (AVI:n päätös Nro 106/2018/1)
- Akkukemikaalitehtaan ympäristölupa (AVI:n päätös Nro 5/2021)

Velvoitetarkkailuun sisältyy tuotannon käyttötarkkailu, sekä ulkopuolisen toimijan toteuttama päästö- ja ympäristövaikutusten ja jätejakeiden laadun tarkkailu. Vuonna 2021 käyttötarkkailusta vastasi Terrafame Oy ja ulkopuolisen toimijan toteuttamasta tarkkailusta Eurofins Ahma Oy.

Tarkkailukokonaisuus on jaettu seuraaviin osioihin, joista on laadittu omat itsenäiset vuosiraporttinsa:

1. Käyttötarkkailu
2. Vesipäästöjen tarkkailu
3. Pistemäisten ilmapäästöjen tarkkailu
4. Pintavesien tarkkailu
5. Kasviplanktontarkkailu
6. Piilevien tarkkailu
7. Pohjaeläintarkkailu
8. Vesikasvillisuusseuranta
9. Vesisammalten metallipitoisuus
10. Kalataloustarkkailu
11. Sedimentin tarkkailu
12. Pohjavesien tarkkailu
13. Pölylaskeuman tarkkailu
14. Jätejakeiden tarkkailu

Tässä yhteenvedossa käsitellään kunkin tarkkailukokonaisuuden osa-alueen pääkohdat.

Terrafame Oy:n toimintaa koskeva ympäristölupa on päivityksen alla, ja uusi lupapäätös saataneen vuonna 2022. Tarkkailun kehittämistä tarkastellaan kokonaisuutena tarkkailuohjelman päivitystyön yhteydessä, joka tullaan aloittamaan uuden ympäristölupapäätöksen saatua lainvoiman.

## 2. KÄYTTÖTARKKAILU

Yhtiö aloitti kesäkuussa 2021 akkukemikaalitehtaan ylösajon, joka muutti yhtiön erikoiskemikaalien tuottajaksi. Muuten tuotantoprosessi vastasi periaatteiltaan aiempaa. Kuusilammen avolouhoksessa louhittiin malmia vuoden 2021 aikana yhteensä 16,1 miljoonaa tonnia. Louhoksen syvin kohta vuoden lopussa oli +45 mmp. Lisäksi sivukiveä louhittiin yhteensä 24,8 miljoonaa tonnia, josta mustaliuskesivukiveä läjitettiin 18,78 miljoonaa tonnia sivukivialueelle KL2. Sivukivialueen KL2 täyttö eteni vuoden 2021 aikana lohkolle neljä. Muu sivukivi oli kiilleliusketta, jota voidaan hyödyntää myös tarvekivenä. Osa siitä, 0,97 miljoonaa tonnia, välivarastoitiin mahdollista myöhempää hyötykäyttöä varten tulevan sivukivialueen KL1 alueelle ja 5,05 Mt kiilleliusketta käytettiin tarvekivenä uuden kiviautoreitin (Rahvaantien), sekundääriliuotuskentän, kaivoksen tiestön sekä sivukivialueen KL2 rakentamiseen. Pintamaita poistettiin kaivoksen maanrakennusurakoiden yhteydessä yhteensä 213 000 m<sup>3</sup>.

Kaivostoiminnasta syntyvää tärinää mitattiin vuoden aikana jatkuvatoimisilla tärinämittareilla kolmesta pisteestä, joista kaksi sijaitsee alueen ulkopuolella asuissa kiinteistöissä ja yksi tehdasalueella. Yhden kiinteistön tärinämittarin yhteydessä on myös ilmanpainemittari louhintaräjätysten paineaaltojen tarkkailua varten.

Kaikki louhittu malmi on kasattu murskaus-, seulonta- ja agglomerointiprosessien jälkeen primääriliuotukseen. Primääriliuotusta laajennettiin 12 hehtaaria kesällä 2021 lohkoilla 2 ja 3. Primäärikasoille kasattua malmia siirrettiin vuoden aikana sekundääriliuotuskasoille noin 15,9 miljoonaa tonnia. Bioliuotuskasoille johdettiin sivukivialueen suotovesiä 243 000 m<sup>3</sup> ja 13 755 m<sup>3</sup> käänteisosmoosilaitoksella syntynyttä rejektiä.

Vuoden 2021 aikana yhtiö teetti melupäästömittaukset sekundääriliuotuskentän niille ilmastuspuhaltimille, joille on vuoden 2020 aikana asennettu äänenvaimentimet. Tavoitteena oli selvittää tehtyjen meluntorjuntatoimenpiteiden vaikutus melupäästötasoon. Lisäksi mittaukset tehtiin primääriliuotuskentän laajennuksen (150 m, jonka käyttöönotto kesällä 2021) ilmastuspuhaltimille. Puhaltimien melupäästöt ovat pienentyneet yleisesti ottaen sekundääriliuotuskentän niillä puhaltimilla, joille on asennettu äänenvaimentimet.

Vuoden 2021 alussa alueella oli varastoituna ylimäärävesiä yhteensä noin 5 139 000 m<sup>3</sup>, josta puhdistettua vettä 2 666 000 m<sup>3</sup>. Vuoden lopussa vastaava vesimäärä oli noin 3 419 000 m<sup>3</sup> (Kuva 3), josta jo puhdistettua vettä oli 1 541 000 m<sup>3</sup>. Vuonna 2021 Kolmisoppijärvestä otettiin vettä 3,14 Mm<sup>3</sup>. 0,43 Mm<sup>3</sup> oli raakavesilinjän sulanapitovirtaamaa, joka johdettiin takaisin luontoon tehdasalueen ulkopuolelle. Kolmisoppijärven säännöstelyä tarkkailtiin aiempien vuosien tapaan.

Vuoden 2021 aikana metallien talteenottolaitosta ajettiin normaalisti kahdella linjalla. Normaalien toiminnan aikaisten huoltotoimien lisäksi huhti-toukokuussa ja syyskuussa talteenottolaitoksella pidettiin molempien tuotantolinjojen vuosihuoltoseisakit. Vuosihuoltoseisakin aikana toinen metallien talteenoton tuotantolinjoista oli pysähdyksissä noin kahden viikon ajan.

Nikkelin vuosituotanto oli vuonna 2021 yhteensä 28 582 t ja sinkin tuotanto 54 353 t.

Akkukemikaalitehtaan ylösajovaiheessa muodostui nestemäistä, epäpuhtauksia sisältävää ammoniumsulfaattia (ns. bleed). Terrafame käynnisti vuoden 2021 aikana koetoiminnan, jossa tutkitaan nestemäisen ammoniumsulfaatin vaikutusta bioliuotusprosessissa (aluehallintoviraston päätös 156/2021, Dnro PSAVI/6717/2021). Koetoiminnassa käytettävää ammoniumsulfaattia varastoidaan kalvotetussa patoaltaassa.

Alueelle rakennettiin myös mittava peiterakennetutkimus, jonka tarkoituksena on kehittää ympäristöturvallinen ja tehokas rakenne sivukivi- ja sekundääriliuotusalueiden sulkemiseksi. Tutkimusalueiden seuranta jatkuu vuoden 2022 aikana.

## 3. PÄÄSTÖTARKKAILU

### 3.1 Vesipäästöjen tarkkailu

Vuonna 2021 alueelta johdettiin vesistöihin yhteensä noin 8,9 milj. m<sup>3</sup> käsiteltyä vettä. Vesistä 86 % johdettiin tammi-joulukuun aikana purkuputkea pitkin Nuasjärveen Oulujoen vesistöön, n. 6,3 % purettiin tammi-helmikuussa, huhti-toukokuussa sekä syyskuussa Latosuon altaalta Kuusijokeen Oulujoen vesistöön, ja n. 7,3 % tammi-toukokuun aikana Kortelammen altaalta Lumijokeen Vuoksen vesistöön

Vuonna 2021 juoksettu kokonaismäärä oli n. 10 % suurempi kuin edellisvuonna. Vuosina 2020 ja 2021 vesistöihin puretun veden määrä yhteensä on ollut selvästi suurempi kuin vuosina 2017-2019, mutta samaa luokkaa kuin vuosina 2015-2016. Vuonna 2021 edellisvuotta suurempaan juoksetustarpeeseen vaikutti vuoden suurehko kokonaissademäärä.

Vesistöön vanhoja purkureittejä pitkin juoksetettavan veden määrää tulee säädellä Kalliojoen virtaamien mukaisesti. Vesistöön juoksetettavan käsitellyn jäteveden vuorokausivirtaama saa 10.4.-15.6. olla enintään 15 % ja muina aikoina enintään 10 % johtamista edeltäneen Kalliojoen 7 vuorokauden keskivirtaamasta. Vuonna 2021 suhdeluku on pääosin pysynyt luvassa määrätyn raja-arvon alapuolella. Hetkellisiä ylityksiä on tapahtunut tammi-maaliskuussa loppupuolella sekä Vuoksen että Oulujoen vesistöön johdettujen juoksetusten osalta, suhdeluvun ollessa tuolloin korkeimmillaan 16 %. Ylityksiin ovat vaikuttaneet pienet viiveet juoksetusvirtaamien säätämisessä. Vertailu tehdään vuositasolla juoksevaan 7vrk keskiarvoon, mikä poikkeaa hieman tuotannonohjauksen käytännöstä.

Vesistöön johdettavan veden pitoisuuksille on määrätty ympäristöluvassa raja-arvoja, joista osa on annettu yksittäistä näytettä koskien, ja osaa raja-arvoista verrataan vesistöön johdetun veden pitoisuuksista laskettuun virtaamapainotteiseen kuukausikeskiarvoon. Vuonna 2021 vesistöön johdettujen vesien virtaamapainotteiset kuukausikeskiarvot täyttivät lupaehdot kaikilta osin.

Myös yksittäisiä näytteitä koskevat pitoisuusraja-arvot alittuivat vuonna 2021 lähes kaikkien näytteiden osalta. Ainoastaan pH:n osalta tapahtui raja-arvon ylityksiä. Ympäristölupapäätöksen mukaisesti vesistöihin johdettavan veden pH-arvon täytyy yksittäisillä näytteillä olla välillä 5,5-9. Vuonna 2021 kyseinen lupaehto täyttyi Latosuon purkupisteellä kaikkien näytteiden osalta. Purkuputken näytteissä pH pysyi suurimman osan ajan vuodesta luparajojen puitteissa, mutta ylitti sallitun ylärajan 17.11. ja 24.11. otetuissa näytteissä (pH 9,5 ja 9,2). Kortelampi 1:n kautta johdettujen vesien osalta pH:lle määrätty yläraja ylittyi kaiken kaikkiaan 16 näytteen osalta aikavälillä tammi-toukokuussa. Jälkikäsitteily-yksiköllä veden pH on nostettava korkealle, jotta metallit saostuvat, ja ne saadaan erotettua vesistöön juoksettavasta vedestä. Kortelammen jälkikäsitteily-yksiköllä käsiteltyjen vesien allas on tilavuudeltaan pieni, eikä pH ehdi tasaantua ennen Kortelammelta lähtevän veden näytteenottopistettä. Tästä syystä Kortelammen kautta vesistöön juoksetetun veden pH on tyypillisesti korkea. pH-tason nousua ei ole havaittu Terrafamen pintavesitarkkailussa Lumijoen näytteenottoaikalla.

Vesistöön johdettavan veden laatua säädellään myös ympäristöluvuissa vesistöön johdetulle vuosikuormitukselle säädetyin raja-arvoin. Purkuputken kautta Nuasjärveen johdetulle vedelle on lisäksi sulfaatin osalta annettu kuukausikohtaiset kuormitusraja-arvot. Vuonna 2021 vesistöön johdetut kokonaisvuosikuormitukset pysyivät raja-arvojen puitteissa purkuputken kautta johdetun kuormituksen osalta. Myös alkuperäisten purkureittien osalta luparajat alittuivat pääosin, mutta sulfaatin osalta ylittyivät lievästi sallittu raja sekä Oulujoen vesistöön johdetun kuormituksen, että vanhoja purkureittejä pitkin lähivesistöihin yhteensä johdetun kuormituksen osalta. Ylitykset johtuivat syyskuussa tapahtuneesta purkuputken vuodosta Kolmisoppijärveen. Purkuputken kautta Nuasjärveen johdetun veden kuukausittaiset sulfaattikuormitukset pysyivät kaikkina kuukausina päätöksen mukaisten raja-arvojen alapuolella.

### 3.2 Ilmapäästöjen tarkkailu

Ilmapäästöjen tarkkailuun kuuluvia mittauksia tehtiin kahdella eri mittauskerralla. Metallien talteenoton ilmapäästämittaukset toteutettiin 1.-3.6.2021 ja 9.-11.11.2021 sekä akkukemikaalitehtaan ylösajovaiheeseen ajoituneet mittaukset 9.-11.11.2021. Metallien talteenoton ilmapäästämittauksissa selvitettiin poistokaasujen SO<sub>2</sub>-ja rikkivetypitoisuudet ja -päästöt. Mitattuja pitoisuuksia verrattiin tarkkailusuunnitelmassa lueteltuihin päästöraja-arvoihin. Tarkkailusuunnitelman H<sub>2</sub>S-pitoisuuden päästöraja-arvot perustuvat ympäristölupapäätöksen

Nro 36/2014/1, Dnro PSAVI/58/04.08/2011 raja-arvoihin ja SO<sub>2</sub>-pitoisuuden Nro 13/2014/1, Dnro PSAVI/1723/04.08/2014 raja-arvoihin.

Akkukemikaalitehtaan mittauksissa määritettiin poistokaasujen hiukkas-, raskasmetalli- ja TVOC-pitoisuudet. Mitattuja pitoisuuksia verrattiin ympäristöluvassa Nro 5/2021, Dnro PSAVI/3626/2019 (päiväty 20.1.2021) annettuihin raja-arvoihin.

Metallien talteenoton poistokaasujen SO<sub>2</sub>- ja H<sub>2</sub>S-pitoisuudet olivat alle raja-arvon. Akkukemikaalitehtaan poistokaasujen hiukkas- ja raskasmetallipitoisuudet olivat mitatuissa kohteissa alle raja-arvon lukuun ottamatta nikkelisulfaatin kiteytyksen poistokaasun hiukkas- ja raskasmetallipitoisuuksia. Nikkelisulfaatin kiteytyksen poistokaasusta otetuista kolmesta hiukkas- ja raskasmetallinäytteestä kaikkien näytteiden pitoisuudet olivat yli raja-arvon. Suunnittelutyö prosessin parantamiseksi ja hiukkaspitoisuuksien laskemiseksi on käynnissä. Uutohallin ilmanpoiston TVOC-pitoisuus oli alle raja-arvon.

## 4. PINTAVESIEN TARKKAILU

### 4.1 Oulujoen vesistöalue

Terrafamen purkuvesiä juoksetettiin alkuvuonna 2021 sekä pohjoiselle että eteläiselle purkureitille. Suurin osa vesistä johdettiin purkuputken kautta Nuasjärveen ja viikosta 22 eteenpäin lähes kaikki vedet on johdettu purkuputkeen. Viikoilla 24-48 sekä viikolla 50 keskimääräiset viikkokohtaiset purkumäärät olivat noin 175 918 m<sup>3</sup>, kun aikaisempina vuosina suurimmat viikkokohtaiset purkumäärät ovat olleet noin 150 000 m<sup>3</sup>.

Kevään 2021 sulamiskausi käynnistyi huhtikuun puolivälissä. Kalliojoen virtaamat nousivat huhtikuussa ja olivat suurimmillaan 23.4. Sulamisvesien myötä Kolmisopella vedenpinnankorkeus oli hieman vesitalousluvan säännöstelyrajan (179,70 mpy) yläpuolella 30.4. alkaen aina toukokuun loppuun. Lokakuun sateiden myötä pinnankorkeus kävi säännöstelyrajan yläpuolella aikavälillä 24.10.-10.11., pinnankorkeuden vaihteluväli oli tuolloin 179,72-180,09 mpy. Kalliojoen virtaama oli lokakuun lopulla kevättulvien tasoilla.

Vesistöissä kevätkierto tapahtui toukokuussa ja kevätkierron myötä talvikerrostuneisuus katosi isoilla järvillä. Kesä- ja heinäkuu olivat tavanomaista lämpimämpiä ja varsinkin heinäkuu oli vähäsateinen. Tämän vuoksi järvien pintavedet olivat tavanomaista lämpimämpiä ja erityisesti matalissa järvissä hapen saturaatioaste pieneni koko vesimassassa lämpötilan noustessa. Elokuun sateiden ja syyskuun laskevien lämpötilojen myötä syyskierto näyttäisi tapahtuneen matalissa järvissä syyskuun alkupuoliskolla ja jatkuvatoimisten mittausasemien tulosten mukaan Nuasjärvellä syyskuun loppupuoliskolla, jolloin vesipatsaassa olevat mahdolliset kerrostumat ovat tasoittuneet. Kylmän marraskuun myötä vesistöt jäätyivät ja talvikerrostuminen käynnistyi marraskuun puolivälin tietämissä.

Vuonna 2021 purkuvesien vaikutukset näkyvät selkeimmin alueen lähivesissä. Oulujoen suunnan luonnollisen purkureitin varrella kuormitusvaikutuksia ilmentävien aineiden pitoisuudet ovat olleet vuositasolla laskussa Kolmisopelta eteenpäin. Alkuvuonna 2021 purkuvesiä johdettiin Oulujoen reitille jo alivirtaamisen aikaan, jolloin purkuvesien vaikutukset näkyivät hetkellisesti mm. sulfaattipitoisuuksissa ja sähkönjohtavuudessa Kolmisopelle asti. Purkuvesien vaikutukset eivät ole enää selkeästi nähtävissä Kolmisopelta eteenpäin.

Nuasjärveen purkuputken kautta johdettavien vesien vaikutus oli havaittavissa purkuputkea lähimpien syvänteiden alusveden laadussa kohonneina sulfaatti- ja rikkipitoisuuksina sekä sähkönjohtavuuden nousuna. Vuoden 2021 ensimmäisellä kvartaalilla purkuvesien vaikutuksia havaittiin Nuasjärven syvännepisteillä tammi- ja maaliskuussa, kun alusveden sähkönjohtavuuden arvot ja sulfaattipitoisuudet olivat koholla. Pitoisuudet olivat hieman koholla myös pisteen Nj46 välivesinäytteissä. Toisella kvartaalilla sähkönjohtavuuden arvot ja sulfaattipitoisuudet olivat tasoittuneet kevään täyskierron myötä. Suurempien purkuvesien määrän vaikutus juhanuksesta eteenpäin näkyi heinä- ja elokuussa purkuputken lähialueen lisätarkkailupisteillä (Nj23-1, Nj34-1 ja Nj35-1), mutta syvännepisteillä vaikutuksia ei juuri havaittu. Jatkuvatoimisten mittausasemien tulosten perusteella kevään 2021 johtavuudet eri vesikerroksissa olivat pienempiä kuin vuonna 2020 ja kevätkierron myötä vesipatsaan ominaisuudet tasoittuivat heti toukokuussa. Kasvaneiden purkuvesimäärien myötä sähkönjohtavuuden keskimääräinen taso oli loppuvuoden osalta hieman (n. 1-2 mS/m) korkeampi kuin vuonna 2020 vastaavaan aikaan. Syyskierron myötä pitoisuudet olivat tasaisia koko vesipatsaan osalta aina marraskuun puo-

liväliin saakka. Nuasjärven jatkuvatoimisten mittausasemien mukaan johtavuudet olivat loppuvuonna alusveissä suurempia (n. 5-10 mS/m) kuin aikaisempina vuosina. Suuremmat juoksumäärät ja normaaliaikainen talvikerrostuminen vaikuttivat tuloksiin. Tuloksiin voi vaikuttaa myös Elementis Mineralsin Lahnaslammen kaivoksen vedet. Vuonna 2021 Lahnaslammen kaivokselta aloitettiin uudelleen vesienjohtaminen Nuasjärveen, vesienjohtaminen on ollut keskeytyksissä vuosina 2011-2020.

Haitallisten ja vaarallisten aineisten osalta Salmisen alusvesien biosaatavan nikkelin vuosikeskiarvo 366 µg/l ylitti ympäristölaatusnormin (AA-EQS) 33 µg/l, kuten myös kadmiumin vuosikeskiarvo 1,3 µg/l ylitti samaisen raja-arvon 0,28 µg/l. Yksittäisten pitoisuuksien osalta nikkelpitoisuudet ylittivät raja-arvon (MAC-EQS) 34 µg/l jokaisen kierroksen osalta, kun taas kadmium vastaava raja-arvo 1,5 µg/l ei ylittynyt.

Härkäpurolla nikkelpitoisuudet ylittivät raja-arvon (MAC-EQS) 34 µg/l kesä-lokakuun kierroksen osalta. Sen myötä biosaatavan nikkelin vuosikeskiarvo 35,5 µg/l ylitti myös ympäristölaatusnormin (AA-EQS) 32 µg/l arvon. Pitoisuudet olivat kuitenkin pienempiä kuin vuonna 2020 ja kadmiumpitoisuudet jäivät alle raja-arvojen.

Kuusijoella, muista pisteistä poiketen, nikkelin ja kadmiumin pitoisuudet nousivat vuonna 2021. Tuloksia nostavat helmi-, marras- ja joulukuun tulokset, jolloin esimerkiksi liukoista nikkeliä mitattiin pitoisuuksia 160-330 µg/l. Yksittäisten näytteiden nikkelpitoisuudet ylittivät jokaisella kierroksella raja-arvon (MAC-EQS) 34 µg/l. Vuosikeskiarvo biosaatavalle nikkeliä oli kuitenkin vain 18 µg/l, mikä alittaa (AA-EQS) 24-32 µg/l arvon. Kadmiumin osalta yksittäisen näytteen enimmäispitoisuudelle asetettu raja-arvo 0,45 µg/l ylittyi noin puolilla näytteenottokierroksilla, joilla pitoisuudet vaihtelivat näillä kierroksilla välillä 0,58-1,3 µg/l. Myös laskennallinen vuosikeskiarvo 0,47 µg/l ylitti raja-arvon (AA-EQS) 0,1 µg/l.

Kalliojokisuulla mitattiin heinäkuussa poikkeavia pitoisuuksia, tulokset poikkesivat pisteen normaalitasoistaan jokaisen parametrin osalta, todennäköisesti näyte oli inhimillisen erheen vuoksi sekoittunut toiseen näytteen tai kirjattu väärin. Tällöin mitattiin liukoisen nikkelin pitoisuudeksi 73 µg/l, mikä ylitti yksittäiselle tulokselle asetetun raja-arvon (MAC-EQS) 34 µg/l. Maaliskuun tulos 35 µg/l ylitti myös edellä mainitun raja-arvon, muuten tulokset jäivät alle raja-arvon ja biosaatavan nikkelin vuosikeskiarvo oli vain 2,8 µg/l. Samaisella heinäkuun kierroksella mitattiin kadmiumpitoisuudeksi 0,7 µg/l (MAC-EQS raja-arvo 0,45 µg/l), jonka vuoksi myös vuosikeskiarvo 0,13 µg/l nousi yli AA-EQS raja-arvon 0,1 µg/l.

Kivipurolla liukoisen nikkelin keskipitoisuus oli vuonna 2021 70,7 µg/l (vuonna 2020 102,3 µg/l). Pitoisuudet vaihtelivat kierroksilla välillä 40-140 µg/l, joten yksittäisten näytteiden enimmäispitoisuudelle määritetty raja-arvo (MAC-EQS) 34 µg/l ylittyi jokaisella tarkkailukierroksella. Pisteeltä ei määritetä DOC- tai TOC-pitoisuuksia, joten biosaatavuutta ei voida laskea. Kadmium keskipitoisuus 2,21 µg/l nousi viime vuoden tuloksesta 1,47 µg/l, joskin tämän vuoden maksimipitoisuus 3,0 µg/l oli alle vuoden 2020 maksimin 5,20 µg/l. Edellä mainitut pitoisuudet ylittivät yksittäisille ja vuosikeskiarvolle määritetyt raja-arvot.

Pirttipurolla mitattiin vuonna 2021 liukoista nikkeliä pitoisuuksia 11-49 µg/l (ka 33 µg/l), pitoisuudet nousivat vuodesta 2020 (ka 16,3 µg/l). Seitsemällä kierroksella kahdestatoista pitoisuudet ylittivät raja-arvon (MAC-EQS) 34 µg/l. Kadmiumpitoisuudet sen sijaan laskivat hieman vuodesta 2020 ja vuosikeskiarvo laski tuloksesta 0,31 µg/l tulokseen 0,27 µg/l, joka oli alle raja-arvon (AA-EQS) 0,28 µg/l.

Elohopean pitoisuudet jäivät pääsääntöisesti tutkituilta osin määritysrajaa pienemmiksi. Uraanin osalta Salmisen alusvedestä mitattiin korkeahkoja pitoisuuksia keskipitoisuuden ollessa 74,7 µg/l (vuonna 2020 122,5 µg/l), muilla pisteillä uraanin pitoisuudet olivat pieniä.

Terrafamen prosessivesissä esiintyy mangaania, joka saadaan pääosin poistettua vesienkäsittelyssä. Mangaania voi päätyä pintavesiin myös pohjan sedimentistä happitilanteen heikentyessä. Teollisuusalueelta varsinkin toiminnan alkuvaiheessa johdetussa vedessä on kuitenkin havaittu kohonneita mangaanipitoisuuksia. Maailman terveysjärjestö (WHO) on asettanut mangaanin ohjearvoksi pehmeissä vesissä 0,2 mg/l (200 µg/l). Ohjearvon mukaisten pitoisuuksien on arvioitu antavan suojan 95 %:lle eliölajeista 50 %:n varmuudella. Suomessa talousveden laatusuositus mangaanin osalta on vesilaitosten jakamassa vedessä <50 µg/l ja yksityiskaivoissa <100 µg/l. Pintavesissä laatusuosituksen ylittyminen on yleistä ja mangaanipitoisuus vaihtelee kuu-kausien välillä. Selvästi laatusuositusta korkeampia mangaanipitoisuuksia mitattiin Salmisen alusvedestä, Härkäpurolla, Kuusijoesta ja Salmisenpurolla.

## 4.2 Vuoksen vesistöalue

Alkuvuonna 2021 vesiä johdettiin Vuoksen suuntaan yhteensä n. 0,65 Mm<sup>3</sup>. Purkuvesien vaikutus oli havaittavissa Lumijoen sulfaattipitoisuuksissa ja sitä kautta sähkönjohtavuudessa maaliskuussa, kehityksen ollessa samankaltainen kuin vuonna 2020. Purkuvesien vaikutus ei ollut havaittavissa Lumijoella enää loppuvuonna.

Vuoksen reitillä Kivijoen sekä Kivijärven päällysveden laatu on parantunut pitkällä aikavälillä. Kivijärven syvännepisteillä alusvesi on ollut jo pitkään pysyvästi kerrostunutta, mutta tilanne on parantunut pisteellä Kiv2 koko vesipatsaan osalta vuoden 2020 kesäkuusta alkaen ja syvännepisteellä Kiv10 väliveden osalta vuoden 2019 lokakuusta alkaen. Kivijärven luusuan näytesteellä (Kiv7) veden laatu on ollut oleellisesti syvännepisteitä parempi, eikä pysyvää kerrostuneisuutta ole havaittu pisteellä vuoden 2014 jälkeen.

Vuonna 2021 Laakajärven pohjoispään näytesteen (Laa13) alusvedessä havaittiin vähäisiä kuormitusvaikutuksia huhtikuussa kohonneina sähkönjohtavuuden arvoina ja sulfaattipitoisuuksina. Vastaavaa ilmiötä on esiintynyt myös vuosien 2017-2020 kevättalvina.

Yleisesti Vuoksen suunnan vesistöjen tila on parantunut viime vuosina ja Laakajärveltä eteenpäin vesistöjen täyskierrot ovat tapahtuneet normaalisti. Kiltuan-, Haajaisten ja Haapajärvillä pitoisuudet ovat luontaisten taustapitoisuuksien tasolla.

Vuoksen suunnan sekä kaivospiirin ulkopuolisten järvien haitallisten ja vaarallisten aineiden osalta mitatut liukoisen nikkelin pitoisuudet olivat yleisesti pieniä, mutta keskimäärin pitoisuudet olivat pienoisessa nousussa. Korkein keskipitoisuus mitattiin edellisvuoden tapaan Ylä-Lumijärvestä, jossa maaliskuussa mitattiin yksittäinen korkein nikkelpitoisuus 34,0 µg/l, joka vastaa raja-arvoa (MAC-EQS) 34 µg/l. Vuosikeskiarvolle laskettu biosaatavuus oli kuitenkin vain 2,7 µg/l, mikä alittaa raja-arvon (AA-EQS) 5,0 µg/l tason. Muilla tarkkailupisteillä nikkelpitoisuudet jäivät alle ympäristölaatumien. Kadmiumin, lyijyn ja uraanin pitoisuudet olivat tutkuiltu osin pieniä kaikilla alueilla.

Kaivospiirin ulkopuolisilta järviltä ei havaittu ympäristölaatumien ylittäviä pitoisuuksia vuonna 2021. Vuonna 2020 Hakosen alusvesien osalta nikkelin biosaatavan nikkelin ympäristölaatumien vuosikeskiarvo (AA-EQS = 5,0 µg/l) ylittyi niukasti (ka. = 5,1 µg/l), kuten myös kadmiumin osalta. Lyijyn ja uraanin pitoisuudet olivat pieniä. Vuoksen reitillä korkeahkoja mangaanipitoisuuksia mitattiin Ylä-Lumijärvestä ja Kivijärven alusvedestä.

# 5. PINTAVESIEN BIOLOGINEN TARKKAILU

## 5.1 Kasviplankton

Kasviplanktonin tilaa seurattiin kaikkiaan 14 havaintopaikalla yhteensä seitsemällä järvellä. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Terrafamen toiminnan vaikutuksia läheisten vesistöjen veden laatuun ja sitä kautta kasviplanktoniyhteisöön. Kasviplanktonin käyttö indikaattorina perustuu sen kykyyn reagoida nopeasti veden laadun muutoksiin.

Tarkastellut järvet sijoittuivat kasviplanktonin ekologisen tilan arvioinnissa käytettävien muuttujien (kokonaisbiomassa, haitallisten sinilevien prosenttiosuus, trofiaindeksi ja a-klorofylli) osalta erinomaiseen tai hyvään luokkaan. On kuitenkin huomattava, että ekologisessa tilaluokittelussa tarkastellaan kasviplanktonin osalta pääasiassa järven rehevöitymisestä aiheutuvia muutoksia. Terrafamen kuormitustarkkailun järvet ovat pääosin karuja tai karuhkoja, mikä selittää järvien korkeita ekologisen luokituksen arvoja. Tästä syystä Terrafamen tarkkailualueen järvien kasviplanktonin tilan arvioinnissa on ensiarvoisen tärkeää huomioida yhteisökoostumukseen ja lajistoon liittyviä tekijöitä.

Kasviplanktonin lajistokoostumus ja kokonaisbiomassa ovat heitelleet runsaasti tutkimusvuosien välillä, mikä kuvastaa järvien epätasapainoista tilaa. Vuonna 2021 useat järvet olivat kasviplanktonlajistoltaan köyhiä ja



biomassat olivat paikoittain epätyypillisen alhaisia. Useilla tarkkailukerroilla 1-3 lajia muodosti kasviplanktonbiomassasta yli 60 %, mikä on järville epätyypillistä. Valtalajit olivat pääasiassa kuormitusta indikoivia lajeja. Muun muassa Jormasjärvellä, Kiltuanjärvellä ja Kolmisopella esiintyi runsaana *Rhizosolenia longiseta* -piilevää ja Kalliojärvellä, Kiltuanjärvellä, Kivijärvellä, Laakajärvellä ja Nuasjärvellä *Gonyostomum semen* -limalevää. Kasviplanktonlajiston ja yhteisökoostumuksen perusteella arvioituna useimmat tarkastelluista järvistä sijoittuivat tyydyttävään tai välttävään luokkaan.

## 5.2 Piilevät

Piilevätarkkailun tavoitteena on seurata virtavesien ekologista tilaa, ja luokitella tutkittujen vesimuodostumien ekologinen tila päälyslievien osalta. Vuonna 2021 Terrafamen tuotantoalueen etelä- ja pohjoispuolisista virtavesistä, Kivijoesta ja Tuhkajoesta, otettiin yhteensä seitsemän piilevänäytettä.

### Lumijoki (pieni turvemaiden joki)

Lumijoen näytteessä esiintyy lähinnä *Eunotia*- ja *Frustulia*-sukujen happamuutta suosivia piileviä, joista runsaimmat *Eunotia minor* ja *Frustulia erifuga*. *Diatoma*-suvun suolaisia vesiä suosivia piileviä havaitaan vain yksi kuori (0,2 %). Edellisessä vuoden 2018 näytteessä *Diatoma*-suvun osuus oli noin 9 %. Sikäli veden laatu ja piileväyhteisö näyttää normalisoituneen vuosien 2018 ja 2021 välillä. Happamuus estää Omnidia-indekseissä ravinteikkuuden arvioimisen.

### Kivijoki (pieni turvemaiden joki)

Kivikosken näytteessä runsain taksoni on *Tabellaria flocculosa*. Lisäksi havaitaan mm. *Fragilaria gracilis*, *Eunotia meisterioides*, *Aulacoseira tenella*. Veden happamuus ei ole niin voimakasta kuin Lumijoessa, kasvukauden aikana pH on ollut ainakin keskimäärin yli 5,0. Suolaisuutta suosivia tai vaativia piileviä ei havaita. IPS-arvo sijoittuu erinomaiseen luokkaan (lähelle alarajaa), ja TDI-arvo on vähäravinteisella tasolla.

### Laakajoki (keskisuuri turvemaiden joki)

Multa-Väärän näytteestä yli kaksi kolmasosaa on *Eunotia*-suvun happamuutta suosivia piileviä. Veden pH on ollut keskimäärin noin 5,0. IPS-indeksi sijoittuu erinomaiseen luokkaan, ja TDI-arvo erittäin vähäravinteiselle tasolle.

### Nurmijoki (keskisuuri turvemaiden joki)

Haapakosken näytteessä runsain taksoni on *Tabellaria flocculosa*. Myös *Aulacoseira*-suvun planktisia piileviä havaitaan melko runsaasti. Vesi on humuksista, kohtalaisen hapanta (pH>5), ja lähinnä keskiravinteista lajiston perusteella. IPS-indeksi sijoittuu erinomaiseen luokkaan, ja TDI-arvo vähäravinteiselle tasolle.

### Kalliojoki (pieni turvemaiden joki)

Tutkitussa näytteessä havaitaan suurimmaksi osaksi *Eunotia*-suvun happamuutta suosivia piileviä. Suolaisia vesiä suosiva *Diatoma moniliformis* havaitaan noin yhden prosentin osuudella. Edellisessä 2018 näytteessä valtalajina oli *Achnanthydium minutissimum*, ja suolaista vettä suosivia piileviä ei havaittu. IPS-arvo sijoittuu erinomaiseen luokkaan, ja TDI-arvo on erittäin vähäravinteisella tasolla.

### Tuhkajoki (keskisuuri turvemaiden joki)

Tuhkajoen näytteessä havaitaan samankaltainen piilevien koostumus kuin 2020; runsaimmat taksonit ovat *Gomphonema varioreduncum* ja *Eunotia*-suku. Kaivoksen vaikutusta kuvaava suolaisuutta suosiva *Diatoma moniliformis* havaitaan noin 0,5 %:n osuudella, eli on vähentynyt edelleen aikaisemmista vuosista (1,5 % v. 2020, 3,6 % v. 2019, 5 % v. 2018). *Eunotia*-suvun runsaus osoittaa tyyppille ominaisia humushappamia olosuhteita. IPS-arvo sijoittuu erinomaiseen laatuluokkaan, ja TDI-arvo erittäin vähäravinteiselle tasolle.

### Jormasjoki (keskisuuri turvemaiden joki)

Tuhkajoen näytteessä runsain taksoni on *Achnanthydium minutissimum*. Lisäksi havaitaan tavallista humushappamuutta suosivaa lajistoa, sekä lähinnä keskiravinteisuutta suosivia planktisia piileviä. Suolaisuutta suosivia piileviä ei havaita (edellisessä näytteessä 2018 *Diatoma moniliformis* noin 7 %). IPS-arvo sijoittuu erinomaiseen luokkaan, ja TDI-arvo vähäravinteiselle tasolle.

## 5.3 Pohjaeläimet

Terrafamen pohjaeläintarkkailua toteutettiin syksyllä 2021 kaikkiaan 6 jokikohteella ja 14 järvikohteella. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Terrafamen toiminnan vaikutuksia läheisten vesistöjen veden laatuun ja sitä kautta mahdollisesti pohjaeläinyhteisöihin. Pohjaeläimet ilmaisevat elinympäristönsä hitaita muutoksia pidemmällä aikavälillä kuin vain kyseisellä näytteenottohetkellä.

Kaivos- ja teollisuustoiminnan vaikutus pohjaeläimistöön oli havaittavissa lähimpänä aluetta sijaitsevilla tutkimusalueilla. Vuosien välillä esiintyy melko voimakasta vaihtelua pohjaeläintiheyksissä/yksilömäärissä ja taksonimäärissä havaintoalueiden välillä ja myös havaintoalueiden sisällä.

Järvikohteiden ekologisia mittareita tarkasteltaessa indeksiarvot ilmensivät pääasiassa erinomaista tai hyvää tilaa, paria poikkeusta lukuun ottamatta: Kolmisopen tilaluokitus, tyydyttävä, pysyi samalla tasolla kuin vuonna 2018 ja Nuasjärven Nj\_35 havaintopaikan PICM-indeksi ilmensi tyydyttävää tilaa (niin kuin myös vuonna 2018).

Myös jokikohteiden ekologiset mittarit ilmensivät pääasiassa erinomaista tai hyvää tilaa, paria poikkeusta lukuun ottamatta: Kivijoen osalta tyyppiominaisten lajien määrä oli hyvän ja tyydyttävän tilan rajalla ja PMA-indeksiarvo ilmensi välttävää tilaa. Edellä mainittujen Kivijoen ekologisten mittareiden arvot paranivat kuitenkin vuoteen 2018 verrattuna.

Terrafamen pohjaeläintarkkailussa ei ole ns. vertailukohteita, joille ei kohdistu vesistövaikutuksia. Näin ollen muutokset tutkimuskohteiden pohjaeläimistössä voi yhtä hyvin johtua luontaisesti esiintyvistä vaihtelusta vuosien välillä kuin Terrafamen toiminnasta. Taustapisteiden lisäämistä tarkkailuun tulisi harkita. Pohjaeläintarkkailua tulisi jatkaa vähintään saman laajuusena kuin vuonna 2017 kirjoitetussa tarkkailuohjelmassa, jotta havaintoalueiden kehitystä voisi arvioida.

## 5.4 Vesikasvit

Vesikasvillisuuden tilaa seurattiin kolmella Terrafamen tuotantoalueen lähialueen järvellä. Tarkkailukohteet ovat Oulunjärven vesistöön sijoittuvassa Kalliojärvässä ja sen alapuolisessa Jormasjärvässä. Vuoksen vesistössä vesikasviseurannassa on mukana Kivijärvi. Jokaisesta järvestä seurattiin viiden vakioseurantalinjan kasvillisuuden tilaa ja muutoksia vuosina 2010 ja 2015 tehtyihin vastaaviin kasvillisuusselvityksiin. Seurantamenetelmänä oli kevennetty vesikasvillisuuden päävyöhekelinjamenetelmä.

Kasvillisuusvyöhykkeet olivat säilyneet pääpiirteissään varsin samankaltaisina kuin aiemmissa tarkkailussa. Kaikkien seurantajärvien vesikasvillisuuden kokonaispeittävyys oli pienentynyt, vaikka kasvillisuusvyöhykkeiden kokonaisleveys ei ollutkaan muuttunut merkittävästi. Kalliojärven kohdalla kasvillisuusvyöhykkeiden kokonaisleveys oli pienentynyt keskimäärin noin 12 %, Jormasjärvellä noin 7 % ja Kivijärvellä se oli pysynyt samana vuoteen 2015 verrattuna. Vuoteen 2010 verrattuna kasvillisuusvyöhykkeiden kokonaisleveys oli v. 2021 kuitenkin yhtä suuri Kivijärvellä ja selvästi suurempi Kallio- ja Jormasjärvässä. Vesikasvien lukumäärä oli keskimäärin hieman pienempi kaikilla järvillä vuonna 2021 verrattuna vuoteen 2015. Suurin muutos oli tapahtunut Kivijärvellä, jossa vesikasvien määrä oli vähentynyt 14 lajista 10 lajiin. Näiden havaintojen lisäksi erityisesti Kalliojärvellä havaittiin kahdella linjalla runsaasti kuollutta vesisammalta. Niiden peittävyys oli kahdella linjalla noin 70 %. Yhdellä Kalliojärven linjalla tavattiin vielä elossa ollutta sirppisammaliin kuuluvaa vesisammallajia. Vuoden 2015 tarkkailussa Kalliojärvässä havaittiin vielä ilmeisen elinvoimaisia sammalkasvustoja.

Järvityypeille ominaisten vesikasvilajien perusteella (ns. tyyppilajien suhteellinen osuus) Kallio- ja Kivijärvi voitiin luokitella tyydyttävään ekologiseen tilaluokkaan ja Jormasjärvi välttävään tilaluokkaan. Tältä osin sekä Kalliojärven että Kivijärven tila näyttäisi parantuneen koko seurannan ajan (luokasta välttävä luokkaan tyydyttävä) ja Jormasjärven tila pysyneen samana.

Kun vesikasvillisuutta tarkasteltiin sen kuormituksen sietokyvyn perusteella (ns. referenssi-indeksi), Kallio- ja Kivijärvi sijoittuivat tyydyttävään luokkaan ja Jormasjärvi luokkaan erinomainen. Muutokset näissä tilaluokissa olivat v. 2015 verrattuna menneet luokkaa heikompaan suuntaan Kalliojärven ja Kivijärven osalta. Jormasjärven vesikasvillisuuden tila oli parantunut tältä osin.

Laskettuja indeksejä täytyy tulkita joka tapauksessa varauksin, sillä ne ilmentävät vain yhden laatutekijän vaikutusta koko järven tilaan ja indeksien referenssiaineistoissa ravinteisuudella, kiintoainekuormituksella ja

säännöstelyvaikutuksella on ollut keskeinen merkitys. Niiden indikaatioarvo ja soveltuvuus juuri tähän seurantaan ei välttämättä ole paras mahdollinen.

Kokonaisuutena tuloksista on tulkittavissa näihin vesistöihin kohdistunut voimakas kuormitus, joka vaikuttaa edelleen vesikasvillisuuteen, koska veden laadun lisäksi siihen vaikuttaa olennaisesti mm. pohjien tila ja sen ominaisuudet. Vedenlaadun seurannan perusteella järvien pohjienkin läheisten vesikerrosten tila on parantunut, mutta muutos kohti luonnollisempaa tilaa on edelleen käynnissä. Suhteellisen pitkäikäisenä ryhmänä vesikasvillisuus ilmentää vesistössä tapahtuneita muutoksia viiveellä ja seurantavesistöjen veden tilassa tapahtuneet muutokset heijastuvat edelleen sen vesikasvisuuden tilaan.

## 5.5 Vesisammalten metallipitoisuus

Vesisammalten metallipitoisuuksia tutkittiin vuonna 2021 virtänäkinsammalesta (*Fontinalis dalecarlica*) seitsemältä havaintopaikalta. Näytteeksi otettiin 3-5 tuoreinta vuosikasvainta, joten näytteet kuvastavat sammalten elinolosuhteita noin 3-5 vuoden ajalta. Havaintopaikat sijaitsivat Oulujoen vesistöalueella Kalliojoessa, Tuhkajoessa ja Jormasjoessa sekä Vuoksen vesistöalueella Lumijoessa, Kivijoessa, Laakajoessa ja Nurmijoessa. Kaikki havaintopaikat ovat Terrafamen tuotantoalueen vaikutuspiirissä. Suurin osa juoksutuksista vuosina 2020 ja 2021 johdettiin purkuputkea pitkin Oulujoen vesistöön ja vain pieni osa johdettiin vesistöihin, joissa vesisammalten havaintopaikkojen sijaitsevat.

Viitearvoihin nähden suurin osa vesisammalissa havaituista pitoisuuksista on alhaisia tai hyvin alhaisia. Hyvin korkeita ja korkeita pitoisuuksia havaittiin Oulujoen vesistössä kadmiumin, koboltin, lyijyn, nikkelin ja sinkin osalta. Vuoksen vesistössä ei havaittu hyvin korkeita pitoisuuksia. Korkeita pitoisuuksia havaittiin Vuoksen vesistössä koboltin ja nikkelin osalta. Oulujoen vesistöalueella tutkittujen metallien pitoisuudet olivat pääosin korkeimmat lähimpänä Terrafamen aluetta ja pienimmät kauimpana alueesta. Vuoksen vesistöalueella oli enemmän hajontaa havaittujen korkeimpien pitoisuuksien sijoittumisessa.

Vuonna 2021 metallipitoisuudet ovat laskeneet vuoden 2019 poikkeuksellisen korkeista pitoisuuksista. Lasku vuosien 2019-2021 pitoisuuksien välillä oli sitä suurempaa, mitä isompaa nousu oli ollut vuosien 2015-2019 välillä. Vuoden 2019 korkeille pitoisuuksille ei löydetty selkeää syytä, mutta pitoisuuksien taustalla on arvioitu olevan useita tekijöitä. Vesisammalista mitattujen metallipitoisuuksien taustalla voidaan arvioida olevan Terrafamen toiminnan lisäksi luontaiset olosuhteet ja jossain määrin myös näytteiden käsittelyyn liittyvät tekijät. Seurantahistorian aikana osalla metallipitoisuuksista trendi vaikuttaisi olevan nouseva (As, Ba, Cd, Co, Cu, Zn) ja osalla laskeva (U).

## 6. KALATALOUSTARKKAILU

Vuonna 2021 kalataloustarkkailuun sisältyi kirjanpitokalastusta, kalastustiedustelut, sähkö- ja koeverkkokalastuksia sekä kalojen metallipitoisuuksien tutkimuksia.

Kolmisopella kirjanpitokalastusta on harjoittanut tarkkailuhistorian aikana 1-2 kalastajaa ja kirjanpidon vuosittaiset pyyntiponnistukset ovat olleet pienehköjä. Vuonna 2021 Kolmisopella kalasti yksi kirjanpitokalastaja, joka harjoitti katiskakalastusta eri puolilla järveä. Kolmisopella kirjanpidon saalis on muodostunut viime vuosina lähinnä hauesta, ahvenesta ja särjestä. Kyseisten kalalajien yksikkösaaliit katiskakalastuksessa ovat selvästi parantuneet vuosien 2014-2016 jälkeen Kolmisopella. Jormasjärvellä kirjanpitokalastusta on harjoittanut 1-5 kalastajaa. Vuonna 2021 tiedot saatiin kahdelta kalastajalta. Kalastus oli muodoltaan rysä- ja verkkokalastusta. Kuha, hauki ja ahven ovat olleet Jormasjärven keskeisimpiä saalislajeja koko tarkkailuhistorian. Jormasjärven kirjanpitokalastuksen kalasaaliilla on merkitystä vapaa-ajan ja kaupallisen kalastuksen kannalta. Jormasjärven kirjanpitokalastuksen vuosittaiset saaliit ovat vaihdelleet mm. kaupallisen kalastuksen määrän vaihdellessa. Vuonna 2021 Rehjalla oli yksi kirjanpitokalastaja, joka harjoitti verkkokalastusta. Rehjalta saatiin tavanomaisia lajeja kuten haukea, kuhaa, madetta ja ahventa sekä muikkua, jonka saalis oli lähes nelinkertainen edellisvuosiin. Aiemmin muikun kalastus ja saaliit ovat olleet vähäisiä.

Vuoden 2021 koeverkkokalastusten tulosten perusteella Kalliojärven kalasto on runsastunut voimakkaasti. Yksikkösaaliit kasvoivat selkeästi kahteen edelliseen koekalastusvuoteen (2015 ja 2018) verrattuna ollen tarkkailuhistorian korkeimmat. Kalliojärven koekalastussaalis oli vahvasti ahvenpainotteinen. Kolmisopella vuoden

2021 koekalastuksen tulokset viittasivat erinomaiseen tai välttävään tilaluokkaan. Myös Kolmisopessa yksikkösaalis kasvoi edellisvuosiin verrattuna ja kalasto oli ahvenvaltainen. Kivijärvellä vuoden 2021 koekalastusten tulokset viittasivat välttävään tai tyydyttävään tilaluokkaan. Myös Kivijärvellä yksikkösaaliit kasvoivat edellisvuosiin nähden ja kalasto oli ahvenvaltainen. Purkuvesien vaikutukset ovat voineet näkyä lähijärvien kalastossa ja erityisesti ahvenen runsaudessa vuosina 2012-2015. Kivijärvellä yksikkösaaliit ja eri lajien runsaus-suhteet ovat vaihdelleet varsin paljon vuosien välillä. Kivijärven kerrostuttua (v. 2011) vedenlaatu on vaihdellut koekalastusvuosien välillä, joka on voinut vaikuttaa kalastoon ja koekalastussaaliisiin. Toisaalta Kivijärven kalaston runsaudesta ei ole kattavaa historiatietoa kaivostoimintaa edeltävältä ajalta ja vähäinen koeverkko-kalastuksen pyyntiponnistus kasvattaa epävarmuutta tulosten tulkinnan suhteen. Kiltuanjärven yksikkösaaliit ovat olleen varsin niukkoja kaikkina koekalastusvuosina, eikä yksikkösaaliissa ole tapahtunut suuria muutoksia. Kiltuanjärven niukat yksikkösaaliit johtunevat lähinnä järven ominaisuuksista ja vuonna 2021 ne ilmensivät tyydyttävää tai välttävää tilaluokkaa.

Vuonna 2021 sähkökoekalastuksia toteutettiin yhdeksällä kohteella: Kalliojoella, Tuhkajoella (5 kohdetta), Lumijoella, Kivijoella sekä Laakajoella. Kalliojoen koealalta tavattiin ahventa ja särkeä, jotka kuuluvat koealan tavanomaiseen lajistoon. Koealalta on tavattu satunnaisesti haukea ja madetta. Tuhkajoella tavattiin taimenta neljältä viidestä koealasta. Taimenen yksilötiheydet Tuhkajoen vuosittaisilla koealoilla olivat alhaisimmillaan vuosina 2015-2017, jonka jälkeen yläpuolisen koealan taimentiheydet ovat kasvaneet tasaisesti ja kasvu vaikutti tasaantuneen vuonna 2021. Lumijoella yksilötiheydet olivat vuonna 2021 edelleen pieniä, ja saaliiksi saatiin ahventa, madetta ja särkeä. Kivijoen sähkökalastussaaliksi oli pienimuotoinen vuonna 2021 sisältäen ahventa, madetta ja särkeä. Lumijoen ja Kivijoen koealoilta on tavattu säännöllisesti ahventa ja särkeä sekä satunnaisemmin haukea ja madetta. Särjen ja ahvenen yksilötiheydet olivat huomattavan runsaat Kivijoella vuonna 2018. Laakajoella saatiin vuonna 2021 saaliiksi ahvenen ja mateen lisäksi ensimmäistä kertaa taimenta. Yksivuotiaat taimenet olivat todennäköisin keväällä Laakajokeen istutettuja yksilöitä.

Vuonna 2021 kalojen metallipitoisuuksia tutkittiin Oulujoen reitillä Kalliojärveltä, Kolmisopesta sekä Jormasjärveltä ja Vuoksen reitin vesistä Kivi-, Laaka- ja Kiltuanjärviltä. Metallipitoisuuksia tutkittiin kyseisiltä järviltä pyydetyistä ahvenista, kuhista ja hauista. Ahventen elohopeapitoisuudet olivat korkeimmillaan Terrafamen alueen läheisissä järvissä, joskaan eri järviltä mitattujen ahventen keskimääräisissä elohopeapitoisuuksissa ei ollut havaittavissa selviä kehityssuuntia vuosien 2015–2021 välillä. Vuosien välistä vaihtelua elohopeapitoisuuksissa aiheutui mm. näytekalojen kokovaihtelusta eri tarkkailuvuosina. Jormasjärvellä ahventen elohopeapitoisuus oli varsin korkea vuosina 2017–2019, mutta laski vuonna 2020 vuosien 2015–2016 tasolle. Vuonna 2021 Jormasjärven ahvenista mitattu elohopeapitoisuus oli edelleen laskussa ja alhaisempi kuin vuosina 2015–2020. Laakajärvellä ahventen keskimääräinen elohopeapitoisuus vuosina 2015–2021 on ollut elohopean käytökelpoisuusrajan tuntumassa, eikä pitoisuudessa havaittu selvää kehityssuuntaa. Laakajärven ja Jormasjärven haukien keskimääräiset elohopeapitoisuudet vuosina 2015–2021 ovat vaihdelleet noin 0,4–0,9 mg/kg:n välillä, eikä keskimääräisissä pitoisuuksissa ole havaittavissa selkeää kehityssuuntaa. Haukien elohopeapitoisuudet ovat olleet usein edellä mainittuja vesiä korkeampia vertailujärvinä toimivissa Ukon- ja Teerijärvessä.

Näytekaloista määritettyjen muiden metallien pitoisuudet vuosina 2015–2021 ovat jääneet usein alle määrittämissä rajan tai olleet muutoin pieniä. Vuosina 2015–2021 elohopean lisäksi haitallisista metalleista määrittämissä rajan on ylittynyt useimmiten arseenin osalta (65 kpl), mutta senkin pitoisuudet ovat olleet pieniä. Kadmiumin pitoisuudet ovat ylittäneet määrittämissä rajan 11 kertaa ja nikkelin sekä lyijyn pitoisuudet yksittäisiä kertoja.

#### Tarkkailun kehittäminen

Koska Terrafamen alueen lähijärviltä ei ole käytettävissä kattavaa vertailutietoa kalojen elohopeapitoisuuksista tuotantotoimintaa edeltävältä ajalta, jatkossa ainakin lähijärvien kalojen metallipitoisuuksien tarkkailun yhteydessä olisi syytä kerätä vertailuaineistoa myös vaikutusalueen ulkopuolelta esim. Teerijärven ahvenista. Samalla on syytä kiinnittää huomiota pyydettyjen näytekalojen kokoon. Metallipitoisuuksien tarkkailuissa Laaka- ja Jormasjärven näytemäärät ovat olleet vuosittaisessa tarkkailussa pieniä. Aineiston tilastollista laatua voisi parantaa kasvattamalla näytemääriä. Esimerkiksi metallipitoisuuksien tarkkailua voitaisiin tehdä vain joka toinen vuosi ja kalakohtainen näytemäärä olla nykyiseen nähden kaksinkertainen (5 -> 10 kpl). Koska purkuvesien vaikutus on vähentynyt Vuoksen reitillä ja vedenlaadun tarkkailutulosten perusteella toiminnan vaikutuksia ei nykyisin ole juuri havaittavissa Kiltuanjärvellä, Kiltuanjärven kalataloudelliselle tarkkailulle ei toiminnan vaikutusten osalta ole nykyisellään merkittävää painetta.

Kevään 2021 purkuvesien vaikutuksia ei havaittu tarkkailuvesistöissä kalataloudellisten tarkkailujen perusteella.

## 7. SEDIMENTIN LAATU

### Oulujoen suunta

Sedimenttitarkkailun tulosten perusteella Oulujoen suunnalla purkuvesien vaikutukset olivat nähtävissä selvimmin Salmisen ja Kalliojärven tarkkailupisteillä. Oulujoen suunnan pintasedimentissä todettiin paikoin korkeita pitoisuuksia rikin, natriumin, mangaanin, nikkelin, kalsiumin, raudan ja alumiinin osalta, mutta pitoisuudet olivat pääosin selvästi laskussa vuoteen 2015 verrattuna. Lisäksi Salmisessa ja Kalliojärnessä v. 2012-2015 havaitut korkeat kalsium- ja natriumpitoisuudet olivat selvästi laskussa vuonna 2021. Vuonna 2015 Salmisen pisteellä havaittiin korkea uraanipitoisuus muihin tarkkailupisteisiin verrattuna ja sedimentin uraanipitoisuus oli edelleen hieman noussut vuonna 2021.

Salmisen sedimentin pintakerros on metallipitoisten vuotovesien neutraloinnissa syntyneitä saostunutta sakkaa. Salmisen huono vedenlaatu kuormittaa jatkossakin sedimenttiä, joten vaikutukset ovat todennäköisesti pitkäaikaisia. Terrafamen mukaan Salmisen kunnostamisen suunnittelu on aloitettu vuoden 2021 loppupuolella. Myös Kalliojärven vesipatsaan korkeat metallipitoisuudet vaikuttavat jatkossakin sedimentaation kautta sedimentin laatuun.

Pitoisuustasot Terrafamen lähijärvissä vuonna 2021 ovat tulosten mukaan yleisesti hieman laskussa vuosiin 2012-2015 verrattuna ja kipsisakka-altaan vuodon vaikutukset ovat pienentyneet, muutoin kuin uraanin osalta Salmisessa. Vuodosta seuranneet jätevesipäästöt ovat todennäköisesti vuosien kuluessa sedimentoituneet syvemmälle pohjasedimenttiin ja nykyinen alempi kuormitus vähentää pitoisuuksien määrää näytteissä.

Kolmisopen- ja Jormasjärven sedimenttien pitoisuuksissa ei suurimmaksi osin havaittu pitoisuuden muutoksia vuosiin 2008-2015 verrattuna. Vesipäästöjen vaikutukset ilmenivät vuonna 2021 lähinnä Jormasjärven pisteiden rikkipitoisuuden kolminkertaistumisena aikaisempiin vuosiin verrattuna ja kalsiumpitoisuuden kaksinkertaistumisena. Pitoisuudet olivat kuitenkin vielä pieniä. Kolmisopen osalta sinkki- ja nikkelipitoisuuksissa havaittiin puolestaan laskua vuosiin 2012-2015 verrattuna, ja kalsiumpitoisuudessa vuoteen 2015 verrattuna. Metallipitoisuuksia verrattiin myös makean veden sedimenttien ekotoksikologisiin viitearvoihin. Oulujoen suunnan pintasedimenttinäytteissä PEL-arvojen ylityksiä havaittiin vain Jormasjärven ja Kolmisopen sinkkipitoisuuksien kohdalla, sekä Jormasjärven kadmiumpitoisuudessa. PEL-arvojen ylitykset olivat pääosin pieniä, joten haitallisia vaikutuksia vesielistöille ei arvioida olevan. Huolta voi aiheuttaa kuitenkin Jormasjärven sinkin kaksinkertainen pitoisuus PEL-arvoon verrattuna.

### Vuoksen suunta

Vuoksen purkuvesien reitillä kaivoksen vesistökuormituksen vaikutukset ovat näkyneet tarkkailuhistoriassa selvimmin Kivijärven sedimentin laadussa. Pitoisuudet kohosivat silloisen Talvivaara Oy kipsisakka-altaan vuodon jälkeen (v. 2012), mutta tilanne on parantunut sen jälkeen Terrafamen toiminnan aikana. Vuoden 2021 aikana Vuoksen suuntaan juoksetettiin vain 7 % kaikista vesipäästöistä. Laakajärnessä toiminnan vaikutuksia sedimentin laadussa ei ollut selkeästi havaittavissa.

Kivijärven sedimenttiprofiilit ilmensivät voimakkaasti pelkistyneitä olosuhteita, ja järven alusvesi oli olosuhteitaan pelkistävä. Tämä on todennäköisesti seurausta v. 2012 tapahtuneesta kipsisakka-altaan vuodosta tai orgaanisen aineen suuresta määrästä järven pohjalla.

Vuoksen suunnan tarkkailupisteissä kaivoksen vesistökuormituksen vaikutus näkyi vuonna 2021 selvästi lievempänä kuin vuonna 2015. Kivijärvellä sedimentin pintakerroksessa rikin pitoisuus laski n. 27-71 % vuoteen 2015 verrattuna. Nikkelin pitoisuus puolestaan laski n. 50-78 % ja kalsiumin noin 38-46 %. Myös natriumin pitoisuus laski Kivijärvi eteläpisteellä, mutta ei pohjoispisteellä. Laakajärven pisteillä havaittiin rauta- ja mangaanipitoisuuksissa nousua Kivijärven pitoisuustasojen yläpuolelle. Lisäksi Laakajärvellä havaittiin rikkipitoisuuden nousua vuosiin 2012-2015 verrattuna noin 50-150 %, mutta pitoisuudet ovat edelleen pieniä. Suurimmat muiden metallien pitoisuudet, sekä rikki- ja suolapitoisuudet havaittiin edelleen Kivijärven sedimentissä. Kivijärven vesipatsaan korkeat metallipitoisuudet vaikuttavat todennäköisesti jatkossakin sedimentaation kautta sedimentin laatuun. Sedimenttien metallipitoisuuksia verrattiin myös makean veden sedimenttien ekotoksikologisiin viitearvoihin, eikä Vuoksen suunnan järvisedimenttinäytteissä PEL-arvojen ylityksiä havaittu.

## Nuasjärvi

Nuasjärvi on tyypiltään karu humuspitoinen järvi. Vuonna 2021 täyskierto ulottui koko vesimassaan sekä kevä- että syystäyskierron aikana, eikä Nuasjärnessä havaittu viitteitä happikadosta tai pysyvistä kerrostuneisuudesta. Nuasjärven pintasedimentin tarkkailutuloksiin voi vaikuttaa Terrafamen purkuvesien ohella myös Elementis Mineralsin Lahnaslammen kaivoksen uudelleen käynnistetty toiminta ja syntyvät purkuvedet, sekä lisäksi järveen kohdistuva hajakuormitus mm. matkailu- ja ihmistoiminnan lisääntymisen seurauksena alueella.

Ennen Terrafamen purkuvesien johtamisen aloittamista purkuputken kautta Nuasjärveen otettiin vaikutustarkkailua varten taustapitoisuusnäytteet syksyllä 2015 Nuasjärven kolmesta tarkkailupisteestä (Nj1, Nj2 ja Nj16) edellisen konsultin (Ramboll Oy) toimesta. Vuonna 2021 Terrafamen vesien johtamisen vaikutuksia Nuasjärven sedimentin laatuun kartoitettiin ottamalla sedimenttinäytteet velvoitetarkkailun kolmesta pisteestä.

Kaikista Terrafamen vuoden 2021 vesipäästöistä noin 86 % johdettiin purkuputken kautta Nuasjärveen, ja vettä juoksettiin yhteensä 7 663 607 m<sup>3</sup>. Suurin vesistökuormitus Nuasjärveen muodostuu suuruusjärjestyksessä sulfaatista, mangaanista, natriumista, sinkistä, nikkelistä ja kuparista. Varsinkin mangaanipitoisuuksissa havaittiin nousua Nuasjärven pintasedimenteissä vuosiin 2015-2017 verrattuna. Myös rauta-, alumiini- sekä kalsiumpitoisuuksissa havaittiin nousua samaisella aikavälillä. Natriumpitoisuuksissa nousua tapahtui kuitenkin lievemmin ja pitoisuudet olivat vielä matalia. Muiden Terrafamen vesikuormituksen keskeisimpien metallien (kupari, nikkeli, sinkki ja uraani) osalta vaikutukset todettiin tarkkailutulosten perusteella vähäisiksi. Uraanipitoisuus nousi kuitenkin lievästi kaikilla tarkkailupisteillä vuosiin 2015-2017 verrattuna ja lisäksi purkuputkea lähimpänä sijaitsevalla tarkkailupisteellä Nj16 sinkkipitoisuus nousi taustapitoisuutta (2015) sekä vuotta 2017 korkeammaksi. Lahnasjokea ja Jormasjokea lähimpänä sijaitsevan Nuasjärven Nj1 arseenipitoisuudet olivat hieman muita tarkkailupisteitä korkeampia. Vuoden 2006 GTK:n tutkimuksessa tällä alueelta todettiin sedimentin pintaosasta kohonneita arseeni-, nikkeli- ja rikkipitoisuuksia, mikä voidaan suureksi osaksi selittää Lahnaslammen kaivosalueelta (nykyisin Elementis Minerals) tulevalla kuormituksella.

Nuasjärven pintasedimentti oli vuonna 2021 pääosin eloperäistä (LOI 13-17 %) ja väriltään tummaa liejua. Verrattuna Oulujoen ja Vuoksen suunnan pintasedimenttien humuspitoisuuteen, Nuasjärven näyte oli selvästi humuspitoisuudeltaan pienempää. Kokonaistypen pitoisuudet olivat nousseet vuosien 2015-2017 tuloksista hieman Nj1 ja Nj2 tarkkailupisteiden osalta, kun lähimpänä purkuputkea sijaitsevalla pisteellä Nj16 typen pitoisuus oli laskenut. Kokonaistypen määrä oli Nuasjärvellä selvästi pienempi kuin muiden vesistöjen tarkkailupisteillä, ilmentäen viime vuosina Nuasjärveen kohdistuneen typpikuormituksen olleen vähäisempää. Sedimentin pintakerroksen redox-arvot olivat Nuasjärven pisteillä korkeammat kuin kaivoksen lähijärvien tarkkailussa Oulujoen ja Vuoksen suunnalla, joka viittaa sedimentin parempiin hapetusolosuhteisiin ja hapekkaampiin alusvesiin, sekä toteutuneeseen täyskiertoon.

Vuoden 2021 tuloksia verrattaessa taustapitoisuuksiin sekä vuoteen 2017, voidaan todeta Nuasjärven tarkkailupisteiden pitoisuuksien olevan pääosin korkeampia suurimpien vesipäästökuormittajien osalta kuin edellisvuosina. Kohonneita pitoisuuksia verrattiin makean veden sedimenttien ekotoksikologiisiin viitearvoihin, joiden perusteella PEL-arvojen ylitykset olivat pieniä, eikä haitallisia vaikutuksia arvioida olevan vesieliöille. Huolta voi aiheuttaa kuitenkin Nuasjärvi Nj16 sinkin lähes kaksinkertainen pitoisuus verrattuna PEL-arvoon.

Nuasjärven ja Jormasjärven tulosten välillä ei ollut havaittavissa merkittäviä pitoisuseroja, muutoin kuin rikin osalta Jormasjärnessä. Jormasjärven sedimentistä mitattiin selvästi Nuasjärven pisteitä suurempi määrä rikkiä, jonka pitoisuus on noussut jokaisena tarkkailuvuotena. Lisäksi Jormasjärven pisteillä havaittiin suurempi nikkelipitoisuus kuin Nuasjärven pisteiltä. Nuasjärven pisteillä rikin määrä oli laskenut selvästi vuoteen 2015 verrattuna, sekä hieman vuoteen 2017 nähden.

## 8. POHJAVESIEN TARKKAILU

### Sivukivialue

Vuonna 2021 ei havaittu merkittäviä muutoksia sivukivialueen pohjaveden pinnankorkeuksissa, muutoin kuin putkien P26 ja P30 osalta. Pohjaveden pinnankorkeuden luontaisena vaihteluna vuositason tasolla voidaan pitää noin metrin muutosta. Tarkkailuputkelta **P30** mitattiin syyskuun alussa pinnankorkeus 214,57 mpy, mikä oli noin 4 metriä aiempien mittauskertojen alapuolella. Putki sijaitsee rakenteilla olevan lohkon 5 itäpuolella. Pinnanalenema voi mahdollisesti johtua lohkon 5 rakennustöiden kuivatusvaikutuksesta. Mittaustuloksia putkelta on vielä niukasti, joten luontaisesta pinnankorkeuden vaihtelusta ei ole vielä tarkkaa tietoa. Putkella **P26** veden korkeus nousi vuoden neljännellä kvartaalilla puolestaan noin 3,5-4,0 metriä aikaisempia vuosia korkeammalle. Putki sijaitsee läjitysalueen itäpuolella.

Vuonna 2021 pH-arvot olivat pohjavesiputkilla pääasiassa aiempien vuosien tasoa tai laskivat hieman. Joillakin putkilla pH-arvoissa oli aikaisempaa runsaammin vaihtelua. Putken **P36** pH laski lähtöarvostaan 5,7 vuosien 2020-2021 aikana tasolle 5,1. Vuoden 2021 kolmannella kvartaalilla putken **P27** pH laski arvosta 7,9 arvoon 6,5, mutta palautui normaalitasolleen neljännellä kvartaalilla.

Geotuubien vierellä sijaitsevalta pohjavesiputkelta **P21** on havaittu poikkeavia pitoisuuksia useiden parametrien osalta vuoden 2020 kesäkuusta lähtien. Osa kohonneista pitoisuuksista (mm. nikkeli-, koboltti- ja alumiinipitoisuudet) palautuivat vuoden 2021 kesään mennessä normaaleille tasoilleen, mutta kolmannella- ja neljännellä kvartaalilla em. pitoisuuksissa havaittiin jälleen nousua. Pintavaluntoihin viittaavat raudan-, mangaanin-, kalsiumin- ja magnesiumin pitoisuudet eivät puolestaan palautuneet missään vaiheessa, vaan ovat nousseet tasaisesti vuoden 2020 kesäkuun poikkeavista tuloksista lähtien. Putken P21 ympäristössä tehtiin kesällä 2020 koekuoppia maaperätutkimuksia varten, mikä on todennäköisesti syynä pitoisuuksien nousuihin ja muutoksiin.

Putkella **P24** oli havaittavissa vuonna 2020 nousevaa trendiä mm. sähkönjohtavuudessa, sekä sulfaatti-, mangaani- ja rautapitoisuuksissa. Vuonna 2021 kyseiset pitoisuudet kääntyivät laskuun. Rauta- ja mangaanipitoisuudet indikoivat todennäköisesti sivukiven läjitysalueen suoto- ja hulevesien vaikutusta. Putken kloridipitoisuudet ovat laskeneet vuositason tasolla vuodesta 2018 vuoteen 2020 asti, mutta olivat vuoden 2021 mittauskerroilla aiempia vuosia korkeampia arvoiltaan.

Putkella **P26** sulfaatti- ja metallipitoisuudet, sekä sähkönjohtavuus ovat nousseet tasaisesti vuodesta 2018 vuoden 2021 loppuun asti. Pitoisuudet ovat kuitenkin matalia ja trendi on loiva. Pohjavesiputki P26 sijaitsee aivan sivukivialueen vieressä, alueen itäpuolella.

Putkella **P33** oli havaittavissa 2020 Q3 – 2021 Q3 aikavälillä rauta-, mangaani-, nikkeli-, koboltti- ja uraanipitoisuuksissa lievää nousevaa trendiä. Yhtiö aloitti selvitystyön syyn selvittämiseksi. Neljännellä kvartaalilla 2021 pitoisuudet olivat kuitenkin uraania lukuun ottamatta laskussa. Putket P30-34 asennettiin vasta loppuvuodesta 2020, eikä niiden luontaisia vaihteluvälejä vielä tunneta.

Sivukivialueen KL2 ympäristön uusilla putkilla on havaittavissa vaihtelua pitoisuuksissa, varsinkin metallien osalta. Alueellisesti tarkasteltuna sulfaattipitoisuudet ovat korkeampia alueen eteläosissa ja itäpuolen pohjavesiputkella **P11**. Muita alueellisia relaatioita ei ole havaittavissa.

### Tehdasalue ja primäärkenttä

Primäärilentän alueella pohjaveden pinnankorkeudet ovat pysytelleet tarkkailun aikana melko tasaisina, eikä toimintojen aiheuttamaa pohjaveden alenemaa tai toisaalta kohoamista ole alueella havaittavissa. Primääriliuotuskentän pohjoisosissa sijaitsevilta putkilta **P1** ja **TF1** mitattiin huhtikuussa 2021 n. 2,5 m normaalia alemmat pinnankorkeudet, mutta korkeudet palautuivat molemmissa putkissa kesäkuussa normaaleille tasoilleen. Syksyllä 2021 pohjaveden pinnankorkeudet pysyivät samoilla tasoillaan, putkia **TF1** ja **P9b** lukuun ottamatta. Putkien TF1 ja P9b pinnankorkeudet laskivat n. 1,5-2,0 metriä vuoden toiseen kvartaaliin verrattuna.

Myös alueen tarkkailupisteiden analyysitulokset ovat olleet pääosin melko yhteneväisiä viimeisien vuosien aikana. Vuonna 2021 pitoisuudet ja niiden vaihtelut olivat pääasiassa samankaltaisia verrattuna vuoteen 2020.

Sähkönjohtavuudessa on kuitenkin nähtävissä nousevaa trendiä vuositasolla putkilla TF1, TF2, P1. Lisäksi putken TF1 nikkeli-, koboltti-, uraani- ja kloridipitoisuuksissa on nähtävissä nousevaa trendiä vuositasolla.

Primäärikentän keskikaistalle asennetuista pohjavesiputkista **TF1** ja **TF2** otettujen näytteiden analyysitulokset erottuvat alueen muista tarkkailupisteistä suurten pitoisuustasojensa vuoksi. Esimerkiksi näiden näytteiden pH-arvot ovat olleet alhaisempia (3,0-4,1 pH) ja metallipitoisuudet yli kymmenkertaisia muihin alueen pohjavesiputkiin verrattaessa. Pohjavesiputkien TF1 ja TF2 pH-arvot ovat tasoittuneet vuosien 2020-2021 aikana keskimääräiselle tasolle 3,2-3,5. Putken **TF1** uraani-, nikkeli- ja kobolttipitoisuuksissa, sekä sähkönjohtavuudessa on havaittavissa nousevaa trendiä vuositasolla sekä vuonna 2021. Myös **TF2**-putken sähkönjohtavuudessa on havaittavissa pidempiaikainen nouseva trendi.

Pohjavesiputken **P1** sähkönjohtavuudessa, sulfaatti- ja alkalimetalli-, sekä osassa metallipitoisuuksissa (mm. nikkeli) on ollut havaittavissa lievää (n. 10 %) vuosittaista nousua noin vuodesta 2017 alkaen. Pitoisuuksien nousu jatkui lievänä myös vuoden 2021 osalta.

Pohjavesiputkella **P38** havaittiin vuoden 2021 toisella ja kolmannella kvartaalilla poikkeavaa nousua uraani- ja metallipitoisuuksissa sekä laskua pH-arvossa. Vuoden neljännellä kvartaalilla metallipitoisuuksien nousu oli pysähtynyt ja kääntynyt laskuun, ja pH-arvo oli noussut. Tulokset eivät selity luontaisilla pitoisuuksilla, vaan niiden taustalla epäillään olevan vanhan poikkeaman vaikutus. Tarkkailupisteellä on aloitettu suojapumppaus helmikuussa 2022 ja tästä syystä kyseinen tarkkailupiste on toistaiseksi yhtiön omassa tarkkailussa.

Tehdasalueen ja primäärikentän täydentävistä putkista VA1-VA6 vuonna 2021 otettujen näytteiden pitoisuuksissa ei havaittu merkittäviä muutoksia edellisvuoteen verrattuna, lukuun ottamatta putken VA6 nikkelpitoisuuden kohoamista huhtikuussa arvoon 57 µg/l tavanomaiselta vaihteluväliltään 2,4-7,7 µg/l. Kesäkuun näyttekierroksella nikkelpitoisuus palautui normaalille vaihteluvälilleen ja pysyi siellä myös kolmannen ja neljännen kvartaalin aikana. Syytä huhtikuun kohonneelle nikkelpitoisuudelle ei löytynyt.

## Kortelamman alue

Vuonna 2021 pohjaveden pinnankorkeudet pysyivät pääosin samankaltaisina edellisiin vuosiin verrattuna, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Huhtikuussa 2021 putkella **Korte1Maa** mitattiin noin 1,5 m madaltunut pinnankorkeus. Pinnankorkeuden vaihtelu ei kuitenkaan aiheuttanut poikkeuksellisia pitoisuuksien muutoksia huhtikuussa, vaikka yleisesti metallien konsentraatiot voivat kasvaa vesitulavuuden pienentyessä. Putkella **Kipsi3** pinnankorkeus aleni elo-syyskuun mittauskierrolla 2,35 metriä.

Analyysitulosten perusteella Kortelamman alueella on ollut havaittavissa pääosin laskevaa trendiä vuodesta 2017 alkaen useissa eri parametreissa. Laskeva trendi jatkui edelleen vuonna 2021. Vuoden kolmannella kvartaalilla putkien pH-arvoissa oli havaittavissa laskua, putkea R5 lukuun ottamatta.

Putkien **R5** ja **Korte2Maa** parametrit ovat olleet tarkkailun aikana alueen muita pisteitä korkeampia, mutta pitoisuuksissa on ollut havaittavissa laskevaa suuntausta viime vuosina. Varsinkin putkien metallipitoisuuksissa on havaittavissa selkeästi laskevaa trendiä vuodesta 2016 alkaen, joka jatkui edelleen vuonna 2021. Myös putkessa **Korte3Maa** useat parametrit ovat olleet laskussa vuositasolla.

Putkessa **Korte3Kallio** sähkönjohtavuuden ja sulfaattipitoisuuden on ollut lievästi nousussa alueen muiden putkien laskevaan trendiin nähden. Koholla olevat pitoisuudet ovat kuitenkin vielä pienehköjä. Putkella **FID5** kloridipitoisuus on ollut nousussa viime vuosina.

## Sekundäärikenttä

Sekundäärikentän alueen pohjaveden pinnankorkeudet ovat pysytelleet tasaisina koko tarkkailun ajan vuodesta 2014 lähtien. Alueen pohjavesiputkien analyysitulokset ovat olleet aikaisempina vuosina pääosin samankaltaisia, ja pitoisuuksiltaan maltillisia. Vuonna 2021 tulokset olivat edellisvuosien tasoa eikä merkittäviä muutoksia havaittu, muutoin kuin putkella **P5**, jossa on havaittu poikkeavia pitoisuuksia ja nousevaa suuntausta useissa parametreissa (mm. sähkönjohtavuus, kloridi, sulfaatti, nikkeli ja koboltti) vuoden 2020 huhtikuusta alkaen. Suurin suhteellinen muutos oli nähtävissä kloridipitoisuuksissa sekä sähkönjohtavuudessa. Vuoden 2021 aikana putken sulfaatti-, nikkeli- ja kobolttipitoisuudet, sekä sähkönjohtavuus nousivat merkittävästi vuosien 2019-2020 pitoisuuksiin verrattuna. Putken läheisyydessä tehtiin syksyllä 2020 kaukolämpölinjan



kaivuutöitä, mikä voi olla yksi syy väliaikaisiin pitoisuusnousuihin. Pitoisuuksien nousua voi selittää myös putken sijainti kaivosvarikon piha-alueella, johon työkoneiden mukana kulkeutuu louhokselta metalli- ja sulfaattipitoista mustaliusketta.

Sekundäärilentäen putkien pH-arvoissa havaittiin pääosin hieman laskua vuoden 2021 aikana. Putkien **P6** ja **P18** osalta laskua tapahtui pH-arvosta 7,8 arvoon 6,6 kolmannen kvartaalin aikana. P18 putkessa pH:n muutos on toistunut edeltävinä vuosina, mutta putken P6 osalta tulos oli poikkeava. Vuoden neljännellä kvartaalilla putken **P14** pH nousi poikkeuksellisesti tarkkailuhistoriansa aikaisista happamista lukemista (pH 5,2-6,6) emäksiseksi (pH 8,2).

Putken P6 pitoisuuksien nousua voi mahdollisesti selittää putken läheisyydessä sijaitseva raffinaattilastyömaa, jonka ympärillä on tehty toukokuusta 2021 lähtien kaivuutöitä. Alueella on tehty myös mm. puuston poistoa sekä tutkimuskairauksia keväältävestä 2021 alkaen. Putken P18 sulfaattipitoisuuden nousua ja pH-arvon laskua voi selittää putken P18 läheisyyteen alkuvuodesta 2021, alle 0,3 % rikkiä sisältävästä kiilleliuskeesta rakennettu tieyhteys (Rahvaantie). Kiilleliusketta oli tien rakentamisen yhteydessä levitetty myös pohjavesiputken ympärille. Kiviaines on poistettu putken ympäriltä marraskuussa 2021. Kiilleliuskeesta voi liueta metalleja ja sulfaattia, mutta yleensä vähemmän kuin mustaliuskeesta.

## Kipsisakka-altaiden ympäristö

Vuonna 2021 pinnankorkeudet olivat kipsisakka-altaiden pohjavesiputkilla tavanomaisia. Pinnankorkeudet puotosivat syyskuussa noin puoli metriä, joka selittyy normaalilla vuodenaikaisvaihtelulla.

Kipsisakka-altaiden ympäristön pohjaveden tarkkailupisteiden keskeiset pitoisuudet ovat olleet matalia ja melko yhtenäisiä vertailtaessa muihin kaivospiiriin tarkkailualueisiin. Näin oli myös vuonna 2021. Vuoden aikana havaittiin kaksi poikkeavaa havaintoa, jotka olivat putken **R0** sulfaattipitoisuus 59 mg/l elokuun lopussa, mikä on noin 4-kertainen vuoteen 2020 verrattuna, sekä putken **R3** alumiinipitoisuus 1100 µg/l, mikä on noin kolminkertainen verrattuna vuoteen 2020. Pitempiaikaisia trendejä tarkasteltaessa yksittäiset poikkeavat pitoisuudet eivät kuitenkaan ole merkittäviä. Systemaattisia trendejä tuloksista on nähtävissä lähinnä putkella **R0**. Kyseisen putken sulfaattipitoisuus, sähkönjohtavuus ja typpi-, sekä metallipitoisuudet (Ni, Co, Zn, Fe, Mn, Al) ovat nousussa.

Vuonna 2021 pH-arvojen havaittiin hieman laskeneen alueen pohjavesiputkilla viime vuosiin verrattuna. Putkien **R0**, **R3**, **Kipsi2** ja **Kipsi1** pH-arvot ovat olleet laskussa vuodesta 2020 alkaen, mikä voi selittää mm. metallipitoisuuksien nousua osalla putkista. Putken **R3** pH laski poikkeavasti aikaisempiin tuloksiin verrattuna arvosta 6,0 arvoon 5,1 kolmannella kvartaalilla ja putken metallipitoisuudet olivat nousussa alumiinin ja sinkin osalta, sekä myös lievästi nikkelin osalta. Tästä poiketen putkella **FIDO** nikkelpitoisuus laski puolestaan elokuussa 2021 aiempia vuosia selvästi alhaisemmaksi.

## Rimpilänniemi

Pohjaveden pinnankorkeudet alueella ovat pysyneet vuosien 2016-2021 aikana melko tasaisina, vaihdellen putkien RP1 ja 101 osalta muutamia metrejä lähinnä alkuvuoden 2021 aikana. Putkella RP2 korkeusvaihtelu on ollut vuonna 2021 pientä. Analyysituloksien perusteella Rimpilänniemen pohjavesiputkissa ei havaita juoksettavien purkuvesien vaikutuksia.

## Talousvesikaivot

Talousvesinäytteitä otetaan Terrafamen lähialueen talouksista toiminnan ympäristövaikutusten arvioimiseksi. Tarkkailussa on mukana kymmenen eri kohdetta: Paavola, Taattola, Lampila, Myllyniemi, Sorsala, Hakoranta, Puoliväli, Pappila, Heterenta ja Lamposaari. Näytteet otetaan lähtökohtaisesti kahdesti vuodessa, mutta Lamposaaren ja Heterannan tarkkailutiheys on kerran vuodessa. Vuonna 2021 Lamposaaren ja Puolivälin talousvesinäytteitä ei saatu otettua elo-syyskuussa, eikä Lamposaaren osalta myöskään huhtikuussa, koska kiinteistöjen omistaja ei tavoitettu.

**Taattolan, Lampilan, Sorsalan ja Heterannan** talousvesinäytteet täyttivät talousvesille määritetyt laatuvaatimukset ja -suositukset (STM 1352/2015) kaikkien parametrien osalta vuonna 2021.

**Puolivälin** sekä **Pappilan** talousvesinäytteiden pH-arvot olivat huhtikuussa 2021 6,4 ja 6,1, ollen hieman laatusuosituksen (pH 6,5-9,5) alapuolella. Elo-syyskuussa 2021 Puoliväliä ei saatu näytettä. pH oli Pappilan osalta 5,9, eli vieläkin laatusuosituksen alapuolella. Muiden parametrien osalta tulokset täyttivät laatuvaatimukset ja -suositukset.

**Hakorannan** näytteiden vuoden 2021 ensimmäisen kvartaalin tuloksissa mangaanipitoisuus 110 µg/l (suositus 100 µg/l) ja rautapitoisuus 9700 µg/l (suositus 200 µg/l) sekä myös veden sameus 93 NTU ylittivät talousvesiasetuksen suositukset. Raudan osalta laatusuositukset ovat ylittyneet toistuvasti aiempina vuosina, mutta mangaanin osalta ylitystä on tapahtunut vain vuoden 2020 syyskuussa ja 2021 huhtikuussa. Vuoden 2021 kolmannella kvartaalilla edellä mainittujen parametrien tasot olivat laskeneet selvästi ja Hakorannan vedenlaatu täytti laatuvaatimukset ja -suositukset kaikkien parametrien, paitsi sameuden (1,8 NTU; suositus 1,0 NTU) osalta. Lisäksi vedenlaadussa oli havaittavissa sulfaatti- ja kloridipitoisuuden sekä sähkönjohtavuuden laskua.

**Paavolan** talousvesinäytteiden nikkelpitoisuudet ovat ylittäneet viime vuosina talousvesiasetuksen laatuvaatimustason 20 µg/l. Nikkelpitoisuudet ovat vaihdelleet syyskuusta 2018 lähtien välillä 21-38 µg/l, mutta pitoisuudet ovat kuitenkin vuositasolla lievässä laskussa. Huhtikuussa 2021 mitattiin pitoisuus 22 µg/l ja syyskuussa 24 µg/l. Vuoden 2020 näytteiden pH:t olivat tasoa 6,1-6,3. Vuoden 2021 huhtikuussa pH oli 6,4 ja syyskuussa 6,1, eli hieman laatusuosituksen (pH 6,5-9,5) alapuolella. Muiden parametrien osalta laatuvaatimukset ja -suositukset täyttyivät.

**Myllyniemen** näytteiden nikkelpitoisuuksissa on havaittu nousua vuositasolla. Talvella 2018-2019 nikkelpitoisuudet 9,4-12 µg/l olivat vielä alle laatuvaatimustason 20 µg/l. Vuoden 2020 näytteistä mitattiin laatuvaatimukseen ylittävät pitoisuudet 33 µg/l ja 24 µg/l, ja edelleen huhtikuussa 2021 pitoisuus 26 µg/l ja kolmannella kvartaalilla pitoisuus 31 µg/l. Mangaanipitoisuus 120 µg/l (suositus 100 µg/l), sekä rautapitoisuus 450 µg/l (suositus 200 µg/l) olivat niin ikään nousussa ja ylittivät talousveden laatusuositusrajan. Lisäksi alumiinipitoisuus (210 µg/l) ylitti ensimmäistä kertaa laatusuositusrajan 200 µg/l. Samaan aikaan pH-arvot ovat laskeneet vuoden 2018 arvosta 7,4 huhtikuun 2021 arvoon 6,5. Elo-syyskuussa veden pH oli 6,4, alittaen lievästi laatusuosituksen rajan. Myös veden väriarvo ja kemiallinen hapenkulutus (COD<sub>Mn</sub>) ylittivät talousveden laatusuositusarvot.

**Myllyniemen**, sekä **Paavolan** kohdalla vastaavanlaisia ylityksiä on havaittu aikaisemminkin tarkkailun aikana. **Hakorannan** sulfaatti-, mangaani- ja rautapitoisuudet ovat olleet aikaisemmin korkeita ja ylittäneet laatusuositukset raudan ja mangaanin osalta useina mittauskertoina, mutta vuoden 2021 elo-syyskuun mittauksissa pitoisuudet olivat laskeneet reippaasti ja edellä mainitut laatusuositukset täyttyivät.

## 9. PÖLYLASKEUMAN TARKKAILU

Terrafamen pölylaskeumaa tarkkailtiin vuonna 2021 yhteensä 17 tarkkailupisteestä, joista kaivospiirin alueella oli 4 pistettä ja 13 pistettä kaivospiirin ulkopuolella. Piste pöly21 lisättiin tarkkailuun heinäkuun alussa tulevan sivukiven läjitysalueen KL1 vaikutusten tarkkailemiseksi. Toiminnan vaikutukset olivat nähtävissä kaivospiirin sisäpuolella olevissa tarkkailupisteissä, joissa laskeuman kiintoaineen määrä ja laskeuman metallien määrät ovat pääosin korkeammat kuin kaivospiirin ulkopuolella.

Laskeumanesteiden pH-arvoissa tai sähkönjohtavuuksissa ei todettu merkittäviä muutoksia aikaisempiin vuosiin verrattuna.

Kiintoainelaskeuma alitti pääosassa näytteistä aikaisemmin viihtyvyyshaittarajana pidetyn arvon 10 g/m<sup>2</sup>/kk. Tätä arvoa korkeampia kiintoainelaskeuman arvoja havaittiin kesäkuussa pisteillä pöly1, pöly14, pöly2, pöly4, pöly7 ja pöly15, sekä heinäkuussa pisteellä pöly7. Kyseisissä näytteissä kiintoaine koostui pääosin orgaanisesta aineksesta, joka ei ole peräisin Terrafamen toiminnasta. Kesäaikana laskeumanäytteiden sisältämä orgaaninen aines koostuu mm. hyönteisistä ja kasvimateriaalista.

Laskeumanäytteiden hehkutusjäännös (epäorgaaninen aines) kuvaa toiminnan vaikutuksia paremmin kuin kiintoainelaskeuma, koska kiintoaine sisältää epäorgaanisen aineksen lisäksi myös orgaanista materiaalia, joka on lähtöisin muusta kuin yhtiön toiminnasta. Epäorgaanisen aineksen osuus kiintoainelaskeumasta oli lähes poikkeuksetta pienempi kuin orgaanisen aineksen määrä. Vain tarkkailupisteillä pöly12, pöly14 ja pöly9 epäorgaanisen aineksen osuus on orgaanista ainesta suurempi vuosikeskiarvona määritettynä. Hehkutusjäännöksen määrä oli kaikissa laskeumanäytteissä verrattain alhainen, kaivospiirin alueella olevissa näytteissä 0,06 – 4,8 g/m<sup>2</sup>/kk ja kaivospiirin ulkopuolella 0,04 – 3,9 g/m<sup>2</sup>/kk.

Vuonna 2021 metallilaskeumassa ei havaittu merkittäviä muutoksia tai poikkeamia aikaisempien vuosien tuloksiin verrattuna. Ainoastaan uraanilaskeuma pisteen pöly12 joulukuun näytteessä kohosi hieman vuosien 2015-2020 vaihteluvälin yläpuolelle. Tarkastellessa tuloksia pidemmällä aikavälillä havaitaan, että vuosina 2018-2021 vuoden keskimääräiset metallilaskeumat (Cu, Co, Ni, Zn, U, Fe) ovat olleet vuosiin 2015-2017 verrattuna koholla pisteellä pöly14. Raudan osalta vuosikeskiarvo nousi erityisen korkeaksi vuosina 2020 ja 2021. Pisteen pöly14 yksittäisten näytteiden pitoisuuksia tarkastellessa havaitaan nousujohteinen kehitys suunta raudan, uraanin, koboltin ja sinkin osalta. Kuparin, koboltin, sinkin, raudan ja uraanin pitoisuudet ovat olleet koholla erityisesti helmikuussa 2019 ja joulukuussa 2020 ja nikkelin pitoisuudet marraskuussa 2020 ja lokakuussa 2021. Kiintoaineen hehkutusjäännöksen osalta ei kuitenkaan havaita nousevaa suuntausta pisteellä 14.

Piste pöly14 sijaitsee n. 1 km Kuusilammen avolouhosalueen pohjoispuolella, ja lisäksi sen lähetyvillä sijaitsevat sivukiven läjitysalue KL2 (n. 1 km pisteestä pöly14 kaakkoon) sekä sekundääriiliutusalue (n. 1 km pisteestä pöly14 länteen). Todennäköisesti avolouhoksen, sivukivialueen KL2 ja/tai sekundääriiliutusalueen toiminnot kuten malmin ja sivukiven lastaus, purku ja kuljetus ovat vaikuttaneet pisteen pöly14 kohonneisiin metallipitoisuuksiin. Erityisesti sivukivialueen KL2 läjityksen etenemisen arvioidaan vaikuttaneen pitoisuuksien kohoamiseen. Lisäksi pisteen pöly14 länsipuolella, n. 600 m etäisyydellä pisteestä pöly14, on vuonna 2021 ollut rakenteilla uusi kiviautoreitti (Rahvaantie) avolouhoksen pohjoisosasta Malmittielle. Kiviautotien rakentamisessa on hyödynnetty killeliusketta. Avolouhoksen pohjoisosassa on myös tehty tarvekivimurskausta. Myös kiviautoreitin rakentaminen ja tarvekivimurskaus ovat voineet osaltaan vaikuttaa pisteen pöly14 pitoisuuksiin.

Suomen lainsäädännössä ei kiintoaine- tai metallilaskeumalle ole määrätty raja- tai ohjearvoja. Rikkilaskeumalle on annettu Suomen metsätalouksmailla pitkänajan keskimääräinen tavoitearvo 0,3 g/m<sup>2</sup>/vuosi (Vnp 480/1996). Tulosten perusteella rikkilaskeuman tavoitearvo ylittyi kaikilla muilla tarkkailupisteillä paitsi pisteellä Pöly21, jonka rikkilaskeuma sivusi tavoitearvoa. Rikkilaskeuma kaivospiirin alueen tarkkailupisteillä oli 0,8-3,7 g/m<sup>2</sup>/vuosi ja kaivospiirin ulkopuolella 0,3–1,6 g/m<sup>2</sup>/vuosi.

## 10. YMPÄRISTÖMELUN TARKKAILU

Vuoden 2021 aikana tehtiin lyhytaikaiset ympäristömelumittaukset 13.-14.10.2021 ja pidempiaikaiset ympäristömelumittaukset 26.10.-9.11.2021. Lyhytaikaiset ympäristömelumittaukset tehtiin viidestä mittauspisteestä, jotka sijaitsivat kaivospiirin ulkopuolella. Kahdessa edellä mainitussa mittauspisteessä tehtiin pidempiaikaiset kahden viikon ympäristömelumittaukset. Tuotantoalueen toimintojen melu oli kuultavissa kaikille mittauspisteille. Merkittäviä melua aiheuttavia toimintoja, jotka olivat mittauspisteissä havaittavissa, olivat puhaltimien melu, työkoneiden ajo- ja peruutusäänet sekä kolahtelut kiviaineksen käsittelystä.

Keskiäänitaso lyhyemmissä ympäristömelumittauksissa alitti päivä- ja yöaikaiset ohjearvot. Keskiäänitaso oli matalampi kuin vuoden 2018 vastaavissa mittauksissa.

Pidempiaikaisissa ympäristömelumittauksissa päivä- ja yöaikaiset asutusalueelle annetut ohjearvot alittuivat ollen kuitenkin toisessa mittauspisteessä hetkittäin yli loma-asutusalueelle annetun ohjearvon.

Ympäristömelumittaukset eivät kuitenkaan edustaneet maksimitilannetta, koska osa puhaltimista ei ollut päällä mittausten aikana.

# 11. JÄTEJAKEIDEN TARKKAILU

Terrafame Oy:n jätejakeiden tarkkailu käsittää sivukivialueelle KL2 sijoitettavan sivukiven tarkkailun, metallien talteenottolaitoksella ja keskuspuhdistamolla muodostuvien sakkajakeiden eli loppuneutralointisakan (646), rautasakan (645), esineutralointisakan (653) ja vesienkäsittelysakan tarkkailun, sekä vuodesta 2021 lähtien myös akkukemikaalitehtaalla muodostuvien jätejakeiden tarkkailun.

Vuonna 2021 jätejakeiden laatua seurattiin pääasiassa kuukausinäytteistä, jotka muodostettiin päivittäisistä/viikoittaisista osanäytteistä. Vesienkäsittelysakan laatua on marraskuusta 2020 lähtien tutkittu kuukausikokoomien sijaan viikon kokoomanäytteistä, ja näytteet kerätään erikseen kahdelta linjalta.

Näytteistä määritettyjä kokonaispitoisuuksia verrattiin vaarallisen jätteen pitoisuusrajoihin. Sakkajakeiden osalta metallien kokonaispitoisuuksista vaarallisen jätteen pitoisuusrajan ylityksiä on viime vuosina todettu nikkelin, sinkin ja mangaanin osalta. Vuosina 2014-2021 tuorepainoksi muutettu nikkelpitoisuus on ajoittain ylittänyt vaarallisen jätteen pitoisuusraja-arvon (380 mg/kg) rautasakan, esineutralointisakan ja vesienkäsittelysakan kuukausinäytteissä. Vuonna 2021 kyseinen raja-arvo ylittyi esineutralointisakan osalta viikon 26 näytteessä ja alittui muissa sakkanäytteissä.

Tuorepainoksi muutettu sinkin pitoisuus on ylittänyt vaarallisen jätteen pitoisuusraja-arvon (400 mg/kg) esineutralointisakassa koko tarkkailujakson (2014-2021) ajan, ja ajoittain raja-arvo on ylittynyt myös vesienkäsittelysakassa. Vuonna 2021 vesienkäsittelysakan kuukausinäytteiden sinkkipitoisuus alitti raja-arvon muilta osin, mutta ylitti sen linjalta 2 viikolla 13 kerätyssä näytteessä.

Tuorepainoksi muutetun mangaanipitoisuuden osalta vaarallisen jätteen raja-arvon (9100 mg/kg) ylityksiä on todettu loppuneutralointisakassa vuosina 2017-2018, ja vesienkäsittelysakan osalta huhtikuun 2020 kuukausikokoomanäytteessä. Vuonna 2021 vaarallisen jätteen raja-arvo alittui kaikissa sakkanäytteissä.

Sakkajakeiden sijoituskelpoisuutta arvioitiin vertaamalla niiden liukoisuusominaisuuksia kaatopaikka-asetuksen mukaisiin kaatopaikkakelpoisuuskeräisiin. Vaarallisen jätteen kaatopaikan kaatopaikkakelpoisuuskeräisten ylityksiä on vuosina 2010-2021 todettu esineutralointisakassa kadmiumin, nikkelin ja sinkin liukoisten pitoisuuksien osalta. Muissa sakkajakeissa ei todettu kyseisten metallien liukoisuuksien osalta vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskeräisten ylityksiä vuonna 2021. Muiden metallien liukoisuudet kaikissa jätejakeissa ovat olleet alhaisia, eikä metallien liukoisuutta ole sijoituskelpoisuuden kannalta arvioitu merkitykselliseksi.

Olennaista jätteiden sijoituskelpoisuuden kannalta on jätejakeista liukenevan sulfaatin määrä, joka näkyy myös liuenneiden aineiden kokonaismäärässä (TDS). Vuonna 2021 TDS ylitti vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskeräisten rautasakan osalta kaikissa näytteissä, esineutralointisakan osalta kesä-elokuussa ja marraskuussa sekä loppuneutralointisakan osalta joulukuussa. Sulfaatin liukoisuus ylitti vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskeräisten rautasakan osalta kaikissa näytteissä, esineutralointisakan osalta touko-syyskuussa ja marraskuussa sekä loppuneutralointisakan osalta joulukuun näytteessä. Lisäksi esineutralointisakka ei täyttänyt tavanomaisen kaatopaikan kelpoisuuskeräisiä pH:n osalta, pH:n alittaessa vaaditun alarajan (pH>6) vuoden kaikissa näytteissä.

Vuoden 2021 tarkkailun tulosten perusteella jätejakeiden sijoituskelpoisuudessa ei ole tapahtunut olennaisia muutoksia edellisvuosien tarkkailuun verrattuna. Rautasakkaa ei nykyisin johdeta suoraan kipsisakka-altaalle vaan keskusvedenpuhdistamolle, jossa se neutraloidaan ja johdetaan kipsisakka-altaalle puhdistettavien vesijakeiden mukana. Rautasakkaa ei siten luokitella enää itsenäiseksi jätejakeeksi, joten jätelainsäädännön liukoisuuden raja-arvot eivät suoranaisesti koske tätä jaetta enää.

Pohjois-Suomen aluehallintoviraston ympäristölupapäätöksissä (nro 36/2014/1 ja 3/2017/1, Dnro PSAVI/58/04.08/2011 ja PSAVI/702/2016) loppuneutralointisakka, esineutralointisakka ja vesienkäsittelysakka on luokiteltu vaaralliseksi jätteiksi. Myös edellä mainittujen raja-arvojen ylitykset tukevat luokitusta, tosin vuonna 2021 loppuneutralointisakan kuukausinäytteissä ei todettu vaarallisen jätteen raja-arvoja ylittäviä kokonaispitoisuuksia. Tavanomaisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskeräisten ylityksiä todettiin vuonna 2021 sulfaatin liukoisuuden osalta kaikissa sakkajakeissa ja liuenneiden aineiden kokonaismäärän osalta loppuneutralointisakassa, rautasakassa ja esineutralointisakassa. Jätejakeiden luokituksesta ja luokitukseen liittyvistä muutoksista päättää ympäristölupaviranomainen.

Sivukivinäytteissä todetut alkuaineiden kokonaispitoisuudet ovat olleet hyvin samankaltaisia tarkkailun aikana. Pitoisuusvaihtelu on ollut suurinta kuparin, mangaanin, nikkelin, sinkin, raudan ja kalsiumin kokonaispitoisuuksissa. Vuonna 2021 tutkituissa näytteissä todettiin vaarallisen jätteen pitoisuusrajan ylityksiä nikkelin osalta, ja kuparipitoisuus oli korkeimmillaan vaarallisen jätteen pitoisuusrajan tuntumassa.

Sivukivestä liukenevien alkuaineiden pitoisuudet ovat olleet pääosin vähäisiä, ja suurelta osin liukoisuudet ovat alittaneet laboratorion määräysrajan. Sivukivestä liukenee pääasiassa nikkeliä, sinkkiä ja sulfaattia. Vuonna 2021 vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskriteerin ylityksiä todettiin nikkelin ja sinkin osalta ja tavanomaisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskriteerin ylityksiä nikkelin ja sinkin ohella kadmiumin osalta. Lisäksi liukoisuustestin suodoksen pH-arvo ei kaikilta osin täyttänyt tavanomaisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskriteeriä. Vuonna 2020 liukoisuuksien vuosikeskiarvopitoisuuksissa oli havaittavissa hienoista nousua usean parametrin osalta vuodesta 2018 lähtien, mutta vuonna 2021 keskiarvopitoisuudet olivat laskeneet vuoden 2019 tasolle.

Akkukemikaalitehtaalla muodostuvat jätejakeet ovat rautasakka, bentoniittisakka, aktiivihiihijäte sekä bioliuotuskiertoon kierrätettävä metallisulfaattiliuos. Vuonna 2021 tarkkailu toteutui ohjelman mukaan metallisulfaattiliuoksen osalta. Bentoniittisakkaa ei ole vielä muodostunut. Rautasakasta ja aktiivihiihijätteestä ei vuonna 2021 otettu näytteitä perusmäärittelyä varten, koska tehdas oli vielä ylösajovaiheessa, eikä näiden jätejakeiden laatu vielä vastannut lopullista koostumustaan.