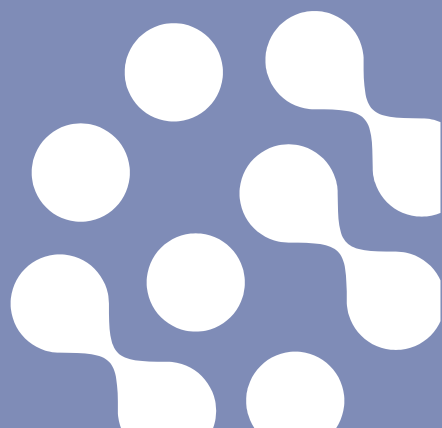




Environment Testing

Eurofins Ahma Oy  
6.4.2023

# TERRAFAME OY TARKKAILU 2022 YHTEENVETO



TERRAFAME OY,  
TARKKAILU 2022, YHTEENVETO

## Sisällysluettelo

1.	<b>JOHDANTO</b> .....	1
2.	<b>KÄYTTÖTARKKAILU</b> .....	2
3.	<b>PÄÄSTÖTARKKAILU</b> .....	3
3.1	VESIPÄÄSTÖJEN TARKKAILU .....	3
3.2	ILMAPÄÄSTÖJEN TARKKAILU .....	4
4.	<b>PINTAVESIEN TARKKAILU</b> .....	5
4.1	OULUJOEN VESISTÖALUE .....	5
4.2	VUOKSEN VESISTÖALUE.....	6
5.	<b>PINTAVESIEN BIOLOGINEN TARKKAILU</b> .....	7
5.1	PIILEVÄT .....	7
6.	<b>KALATALOUSTARKKAILU</b> .....	8
7.	<b>POHJAVESIEN TARKKAILU</b> .....	9
8.	<b>PÖLYLASKEUMAN TARKKAILU</b> .....	12
9.	<b>JÄTEJAKEIDEN TARKKAILU</b> .....	14

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 täydennetyn tarkkailusuunnitelman mukaisesti. Tarkkailuohjelmaa on sittemmin täydennetty lukuisin lisäyksin mm. päästö-, pintavesi-, pohjavesi-, pölylaskeuma- ja kalataloustarkkailujen osalta.

Vuonna 2022 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.

Vuonna 2022 Terrafamen ympäristölupa päivittyi, kun Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 20.6.2022 julkaisi lupapäätöksensä Nro 87/2022. Terrafamen tarkkailusuunnitelman päivitys uuden lupapäätöksen mukaiseksi on aloitettu ja toimitettu Kainuun ELY-keskukselle alkuvuodesta 2022. Raportin laatimishetkellä uusi tarkkailusuunnitelma on ELY-keskuksen käsiteltävänä. Tarkkailuohjelma tullaan päivittämään lopulliseen muotoonsa ELY-keskuksen annettua hyväksymispäätöksensä.

Velvoitetarkkailu perustuu pääosin seuraaviin lupiin ja päätöksiin:

19.6.2022 saakka:

- 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 purkupuutken 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)

20.6.2022 alkaen:

- Ympäristö- ja vesitalouslupa (AVI:n päätös Nro 87/2022)
- Akkukemikaalitehtaan ympäristölupa (AVI:n päätös Nro 5/2021)
- Kolmannen rikkivetylaitoksen ympäristölupa (AVI:n päätös Nro 39/2018/1)
- Uusien energiantuotantoyksiköiden ympäristölupa (AVI:n päätös Nro 133/2020)

Velvoitetarkkailuun sisältyy tuotannon käyttötarkkailu, sekä ulkopuolisen toimijan toteuttama päästö- ja ympäristövaikutusten ja jätejakeiden laadun tarkkailu. Vuonna 2022 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. Piilevien tarkkailu
6. Kalataloustarkkailu
7. Pohjavesien tarkkailu
8. Pölylaskeuman tarkkailu
9. Jätejakeiden tarkkailu

Tässä yhteenvedossa käsitellään kunkin tarkkailukokonaisuuden osa-alueen pääkohdat.

## 2. KÄYTTÖTARKKAILU

Yhtiö aloitti kesäkuussa 2021 akkukemikaalitehtaan ylösajon, joka muutti yhtiön erikoiskemikaalien tuottajaksi. Ylösajo jatkui vuoden 2022 aikana, mutta muuten tuotantoprosessi vastasi periaatteiltaan aiempaa. Lupatilanne muuttui vuoden 2022 aikana olennaisesti, kun Pohjois-Suomen aluehallintovirasto antoi malmintuotantoa, bioliuotusta, vesienhallintaa ja metallien talteenottoa koskevan lupapäätöksensä 20.6.2022.

Kuusilammen avolouhoksessa louhittiin malmia vuoden 2022 aikana yhteensä 17,9 miljoonaa tonnia. Tuotantoräjäytyksiä avolouhoksella oli vuoden aikana 72. Louhoksen syvin kohta vuoden lopussa oli +45 mmp. Lisäksi sivukiveä louhittiin yhteensä 31,8 miljoonaa tonnia, josta mustaliuskesivukiveä läjitettiin 25 miljoonaa tonnia sivukivialueelle KL2. Sivukivialueen KL2 täyttö eteni vuoden 2021 aikana lohkolle viisi. Muu sivukivi oli kiilleliusketta, jota voidaan hyödyntää myös tarvekivenä. Osa siitä välivarastoitiin mahdollista myöhempää hyötykäyttöä varten tulevan sivukivialueen KL1 alueelle.

Kaivostoiminnasta syntyvää tärinää mitattiin vuoden aikana jatkuvatoimisilla tärinämittareilla kolmesta pisteestä, joista kaksi sijaitsee alueen ulkopuolella ja yksi tehdasalueella. Yhden kiinteistön tärinämittarin yhteydessä on myös ilmanpainemittari louhintaräjäytysten paineaaltojen tarkkailua varten. Tärinälle on annettu uudessa ympäristölupapäätöksessä luparaja 5 mm/s, joka ei vuoden 2022 mittausten perusteella ylittynyt.

Kaikki louhittu malmi on kasattu murskaus-, seulonta- ja agglomeroitiprosessien jälkeen primäärioliuotukseen. Primäärioliuotusta laajennettiin 12 hehtaaria kesällä 2021 lohkoilla 2 ja 3. Primäärikasoille kasattua malmia siirrettiin vuoden aikana sekundäärioliuotuskasoille noin 19,7 miljoonaa tonnia. Bioliuotuskasoille johdettiin sivukivialueen suotovesiä 145 446 m<sup>3</sup> ja 40 450 m<sup>3</sup> käänteisosmoosilaitoksella syntynyttä rejektiä.

Vuoden 2022 alussa alueella oli varastoituna ylimäärävesiä yhteensä noin 3 419 000 m<sup>3</sup>, josta puhdistettua vettä 1 541 000 m<sup>3</sup>. Vuoden lopussa vastaava vesimäärä oli noin 2 029 000 m<sup>3</sup>, josta jo puhdistettua vettä oli 926 900 m<sup>3</sup>. Vuonna 2022 Kolmisoppi-järvestä otettiin vettä 3 330 193 m<sup>3</sup>. Tästä 362 985 m<sup>3</sup> oli raakavesilinjan sulanapitovirtaamaa, joka johdettiin takaisin ympäristöön tehdasalueen ulkopuolelle.

Vuonna 2022 käynnistettiin ympäristömelun yhtäjaksoinen mittaus Hakosen järven itäpuolella. Mitatut melutasot ovat alittaneet päivä- ja yöaikaisten keskiäänitasojen raja-arvot (klo 7–22 55 dB ja klo 22–07 50 dB).

Vuoden 2022 aikana toteutettiin useita erityyppisiä infrarakentamisen projekteja tai niiden esitöitä. Osa hankkeista liittyi normaaliin tuotannon ja ympäristönsuojelurakenteiden ylläpitämiseen. Mm. SLS1-liuosallas ja sen ympäristönsuojelurakenteet uusittiin käytännössä kokonaisuudessaan. Uusia alueita rakennettiin sivukivialueelle KL2, jossa otettiin käyttöön lohko 5 kesällä 2022.

Kesän 2022 aikana Terrafame aloitti Salmisen järven kunnostustyöt puhtaan päällysveden juoksuttamisella ympäristöön, jonka jälkeen aloitettiin sulfaatti- ja metallipitoisen alusveden pumppaaminen keskusvedenpuhdistamolle. Salminen on tarkoitus kuivattaa, johtaa käsittelyä vaativa vesi käsittelyyn ja kunnostaa järven pohjan alue poistamalla pilaantunut sedimentti. Tämän jälkeen Terrafame on suunnitellut alueelle rakennettavaksi padon kaivospiirin rajan tuntumaan. Järven kaivospiirin puoleiselle osalle on suunniteltu uusi sekundäärioliuotusalue. Lisäksi järven valuma-alueen kunnostus on aloitettu Kärsälammen alueen massojen poistolla. Salmisella tehtävä pilaantuneiden sedimenttien poisto jatkuu vuonna 2023 erityisesti rakennettavan padon alueelta.

Lisäksi vuoden aikana Terrafame jatkoi vuoden aikana vuonna 2021 aloitettua sivukivialueen sulkemiseen liittyvää koetoimintaa, jossa tutkitaan eri rakennevaihtoehtoja koko sivukivikasan luiskan pituisella alueella sivukivialueen KL2 lohkolle 1.

## 3. PÄÄSTÖTARKKAILU

### 3.1 Vesipäästöjen tarkkailu

Vuonna 2022 alueelta johdettiin vesistöihin yhteensä noin 9,4 milj. m<sup>3</sup> käsiteltyä vettä. Vesistä 85 % johdettiin tammi-joulukuun aikana purkuputkea pitkin Nuasjärveen Oulujoen vesistöön, n. 10,8 % huhti-kesäkuussa ja syys-marraskuussa Latosuon ja Kuusilammen juoksutuspisteiden kautta Kuusijokeen Oulujoen vesistöön, ja n. 4,1 % helmi-kesäkuun aikana Torvelansuon kautta Ylä-Lumijärven ohittavaan kanavaan Vuoksen vesistöön.

Vuonna 2022 vesistöihin juoksutetun veden kokonaismäärä oli n. 6 % suurempi kuin edellisvuonna. Vuosina 2020-2022 vesistöihin puretun veden määrä yhteensä on ollut selvästi suurempi kuin vuosina 2017-2019, mutta samaa luokkaa kuin vuonna 2016. Vuonna 2022 purkuputken kautta johdetun veden määrä on ollut edellisvuosia suurempi, sillä vuonna 2022 on purettu vuosien 2020-2021 aikana kertyneitä vesivarastoja. Purkuputkea on myös ajettu aiempia vuosia suuremmalla virtaamalla.

Ympäristöluvan mukaan vesistöön vanhoja purkureittejä pitkin juoksutettavan veden määrää tulee säädellä Kalliojoen virtaamien mukaisesti. Ympäristöluvan 52/2013/1 lupamääräyksen 9 mukaisesti Vesistöön juoksutettavan käsitellyn jäteveden vuorokausivirtaama sai olla 10.4.-15.6. enintään 15 % ja muina aikoina enintään 10 % johtamista edeltäneen Kalliojoen 7 vuorokauden keskivirtaamasta. Ympäristölupapäätöksen 87/2022 (20.6.2022) mukaisesti lähivesistöihin sekä Vuoksen että Oulujoen valuma-alueelle johdettavan käsitellyn jäteveden virtaama saa olla jatkuvasti enintään 15 % Kalliojoen alaosan kyseisen ajankohdan virtaamasta.

Vuonna 2022 suhdeluku on pääosin pysynyt luvassa määrätyn raja-arvon alapuolella. Hetkellisiä ylityksiä on tapahtunut Vuoksen vesistöön juoksutettujen vesien osalta helmi-huhtikuussa ja kesäkuussa sekä Oulujoen suuntaan juoksutettujen vesien osalta kesäkuussa ja syys-lokakuussa. Syys-lokakuussa ylitykseen vaikutti häiriötilanne, jossa Latomäen kaivolta päätyi vettä ympäristöön. Muilta osin ylityksiin ovat vaikuttaneet pienet viiveet juoksutusvirtaamien säätämisessä. Vertailu tehdään vuositasolla juoksevaan 7vrk keskiarvoon, mikä poikkeaa hieman tuotannonohjauksen käytännöistä.

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 2022 vesistöön johdettujen vesien virtaamapainotteiset kuukausikeskiarvot täyttivät lupaehdot kaikilta osin.

Myös yksittäisiä näytteitä koskevat pitoisuusraja-arvot alittuivat vuonna 2022 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 muilla paitsi Kortelammen juoksutuspisteillä, ja Kortelammen jälkikäsitelly-yksiköiltä Ylä-Lumijärven ohittavaan johdetun veden pH:n täytyy olla välillä 5,5-10. Vuonna 2022 kyseinen lupaehto täyttyi Latosuon ja Kuusilammen purkupisteellä kaikkien näytteiden osalta. Purkuputken näytteissä pH pysyi suurimman osan ajan vuodesta luparajojen puitteissa, mutta ylitti sallitun ylärajan 15.12. ja 21.12. otetuissa näytteissä (pH 9,1). pH-tason nousu liittyy kipsisakka-altaan pH-tason optimointiin. Kipsisakka-altaalla pH-tasoa on jouduttu nostamaan, sillä liuostilavuuden vähentyessä riski uraanin liukenemiseen matalassa pH:ssa kasvaa. Kipsisakka-altaalta Latosuolle johdetut vedet eivät ole sekoittuneet altaassa hyvin, mikä on johtanut pH-tason nousuun purkupisteellä. Torvelansuon kautta johdettujen vesien osalta pH:lle määrätty yläraja ylittyi kaiken kaikkiaan 6 näytteen osalta helmi-huhtikuussa. Kyseisillä näytteenottokerroilla pH ei ole neutraloinnin jälkeen ehtinyt tasaantua altaassa. pH on kuitenkin tasaantunut myöhemmin ojassa, jota pitkin vedet johdetaan Vuoksen vesistöreiteille. pH-tasoa on seurattu tästä ojasta Terrafamen omassa tarkkailussa. pH-tason nousua ei havaittu Terrafamen pintavesitarkkailussa Lumijoen näytteenottopisteellä.

Vesistöön johdettavan veden laatua säädellään myös ympäristöluvuissa vesistöön johdetulle vuosikuormituk-  
selle säädetyin raja-arvoin. Purkuputken kautta Nuasjärveen johdetulle vedelle on lisäksi sulfaatin osalta annettu kuukausikohtaiset kuormitusraja-arvot. Vuonna 2022 vesistöön johdetut kokonaisvuosikuormitukset pysyivät raja-arvojen puitteissa purkuputken kautta johdetun kuormituksen osalta. Myös alkuperäisten purkureit-  
tien osalta luparajat alittuivat kaikilta osin. Lisäksi purkuputken kautta Nuasjärveen johdetun veden kuukausit-  
taiset sulfaattikuormitukset pysyivät kaikkina kuukausina päätöksen mukaisten raja-arvojen alapuolella.

## 3.2 Ilmapäästöjen tarkkailu

Metallien talteenoton ilmapäästöjen tarkkailuun kuuluvia mittauksia tehtiin 31.5.-2.6.2023 ja 8.-10.11.2022. Metallien talteenoton poistokaasujen pitoisuuksia verrattiin tarkkailusuunnitelmassa esitettyihin 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 koetointailmoituksesta annetun päätöksen Nro 13/2014/1, Dnro PSAVI/1723/04.08/2014 raja-arvoihin. Uudessa ympäristöluvassa Nro 87/2022, Dnro PSAVI/2461/2017 rikkivedyn raja-arvot ovat samat ja rikkidioksidipitoisuudelle ei ole asetettu raja-arvoa.

Metallien talteenoton poistokaasujen raskasmetalli-, SO<sub>2</sub>- ja rikkivety-pitoisuudet olivat alle raja-arvojen. Kesäkuun mittauksissa SO<sub>2</sub>- ja rikkivety-pitoisuudet olivat alle määritysrajan. Mittausten yhteydessä mitattiin myös pelkistyneiden rikkihydrideiden kokonaispitoisuus, joka oli kaikissa kohteissa alle H<sub>2</sub>S-pitoisuuden päästöraja-arvon. Marraskuun mittausten yhteydessä otettiin rikkihiilinäytteet (CS<sub>2</sub>). Rikkihiilipitoisuutta havaittiin sakeuttimien ja varastosäiliöiden höngissä. Rikkihiilipitoisuudet olivat selvästi alle 8 h HTP-arvon, joka on 15 mg/m<sup>3</sup>.

Akkukemikaalitehtaan ilmapäästöjen tarkkailuun kuuluvia mittauksia tehtiin kesäkuussa (13.-16.6.2022, 27.-29.6.2022) ja toinen kierros loppuvuoden ja tammikuun 2023 aikana (1.-2.11.2022, 29.-30.11.2022, 20.-22.12.2022, 10.-12.1.2023, 17.-19.1.2023)

Poistokaasujen hiukkas-, raskasmetalli- ja TVOC-pitoisuuksia verrattiin ympäristöluvassa Nro 5/2021, Dnro PSAVI/3626/2019 (päiväty 20.1.2021) annettuihin raja-arvoihin. Akkukemikaalitehdas on ollut vuoden 2022 vielä ylösajovaiheessa eikä sen toiminta ole ollut täysin vakiintunutta. Vuoden 2022 aikana akkukemikaalitehtaan hönkien käsittelyyn ja jatkuvatoimisten mittausten parantamiseen on investoitu merkittävästi. Kehitystyö jatkuu edelleen vuonna 2023 yhdessä laitetoimittajien kanssa.

Akkukemikaalitehtaan nikkelisulfaatin- ja kobolttisulfaatin kiteytyksen poistokaasun hiukkas- ja raskasmetallipitoisuudet olivat yli raja-arvojen sekä kesän, että loppuvuoden mittauksissa. Ammoniumsulfaatin kiteytys mitattiin yhteen siirtämisen jälkeen ja siinä hiukkaspitoisuus ylitti ympäristöluvan raja-arvon loppuvuoden mittauksissa.

Akkukemikaalitehtaan nikkeli- ja kobolttisulfaatin pakkaamon poistokaasujen hiukkas- ja raskasmetallipitoisuudet olivat alle raja-arvon lukuun ottamatta yhtä raskasmetallinäytejaksoa kobolttisulfaatin pakkauksessa kesäkuun mittauksissa ja nikkelisulfaatin pakkauksen loppuvuoden hiukkasmittauksia. Hiukkasnäytteitä otettiin 5 kappaletta, joissa kolme näytejaksoa ylitti raja-arvon nikkelisulfaatin pakkauksen loppuvuoden mittauksissa.

Akkukemikaalitehtaan paineliuotuksen hiukkas- ja raskasmetallipitoisuudet olivat kesäkuun mittauksissa yli raja-arvon. Tällöin ne ilmoitettiin kuivassa kaasussa. Hiukkaspitoisuus paineliuotuksessa raudanpoiston jälkeen ylitti raja-arvon kesäkuun mittauksissa. Loppuvuoden mittauksissa molempien kohteiden pitoisuudet olivat alle raja-arvojen. Paineliuotuksen tulokset ilmoitettiin loppuvuoden raportissa kosteassa kaasussa. Keräivissä menetelmissä kerätty näytemäärä suhteutetaan kerättyyn kaasumäärään. Paineliuotuksen poistokaasu on kuumaa ja kosteuden suhteen kylläistä, jolloin kuivan kaasun osuus kerätyssä näytekaasumäärässä on vähäinen ja pienetkin näytemäärät aiheuttavat korkeita pitoisuuksia, jos pitoisuus ilmoitetaan kuivassa kaasussa. Pitoisuuden ilmoitustavalla ei ole merkitystä päästön määrään, koska se lasketaan pitoisuuden ja tilavuusvirran tulona, jotka molemmat otetaan laskennassa huomioon samassa kaasun tilassa.

Akkukemikaalitehtaan uuttokohteet (epäpuhtaus, koboltti ja nikkeli) mitattiin tarkkailusuunnitelmasta poiketen epähuomiossa myös loppuvuonna. Nikkeliuuton TVOC-pitoisuus ylitti raja-arvon kesän mittauksissa ja loppuvuoden mittauksissa nikkeli- ja epäpuhtausuuton TVOC-pitoisuudet olivat yli raja-arvon. Uuttohallin ilmanpoiston TVOC-pitoisuus oli alle raja-arvon. Tarkkailusuunnitelmasta poiketen uuttohallin ilmanpoistoa ei mitattu loppuvuonna, koska katolle oli ehtinyt kertyä niin paljon lunta, ettei mittauksia voitu suorittaa.

Akkukemikaalitehtaan jatkuvatoimisille TVOC- ja hiukkasmittauksille tehtiin vertailumittaukset. Hiukkasmittausten vertailut tehtiin standardin SFS-EN 14181 periaatteiden mukaan AST-laajuudessa. Vertailussa tarkasteltiin vertailumittaparieren välistä keskihajontaa ja miten se suhtautuu päästöraja-arvosta ja ympäristöluvan epävarmuuskriteeristä laskettuun suurimpaan sallittuun keskihajontaan. Osassa kohteita hiukkaspitoisuus oli korkeampi kuin päästöraja-arvo, jolloin kriteerin vaatimus ei täyty. Lisäksi 30 % epävarmuusprosentti on alhainen ottaen huomioon vertailumenetelmän suorituskyvyn ja päästöraja-arvon, jolloin vaihtelevuustestin kriteeri on pienempi kuin menetelmän mittausepävarmuus.

## 4. PINTAVESIEN TARKKAILU

### 4.1 Oulujoen vesistöalue

Terrafamen toiminnan purkuvesiä juoksetettiin alueelta vuonna 2022 kaikkiaan noin 9,4 Mm<sup>3</sup>. Purkuvesien yhteismäärä nousi edellisvuosista, vuonna 2021 kokonaismäärä oli noin 8,9 Mm<sup>3</sup> ja vuonna 2020 noin 8,0 Mm<sup>3</sup>. Vuonna 2022 vedet johdettiin 85 %:sti (noin 8,0 Mm<sup>3</sup>) suoraan purkuputken kautta Nuasjärveen. Huhtikuussa sekä syys-marraskuussa vesiä johdettiin Oulujärven suuntaan myös ns. luontaisille purkureiteille noin 1,0 Mm<sup>3</sup> ja Vuoksen suuntaan helmi-kesäkuun välisenä aikana noin 0,4 Mm<sup>3</sup>.

Nuasjärveen purkuputken kautta johdettavien vesien vaikutus näkyy etenkin purkuputkea lähimpien syvänteiden alusveden laadussa kohonneina sulfaatti- ja nikkelpitoisuuksina sekä sähkönjohtavuuden nousuna talvikerrostuneisuuden aikaan. Suurimmat pitoisuudet ja sähkönjohtavuudet havaittiin syvännepisteillä Nj23 ja Nj46 ensimmäisen ja toisen kvartaalin aikaan. Näillä pisteillä mm. sulfaatti- ja nikkelpitoisuudet, sekä sähkönjohtavuudet olivat alusvesissä alkuvuoden 2022 ajan noin kaksinkertaisia verrattuna vuoden 2021 vastaaviin tuloksiin. Terrafamen purkuvesimäärät olivat talven 2021-2022 aikana hieman suurempia (noin 10%) kuin aikaisempina talvina, mutta purkuputkeen johdettavan veden laadussa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia. Havaittujen pitoisuustasonousujen taustalla oli todennäköisesti Elementis Mineralsin Sotkamon kaivoksen purkuvedet. Huhtikuussa 2021 Lahnaslammen kaivokselta aloitettiin uudelleen jatkuvatoiminen vesienjohtaminen Nuasjärveen, jonka johdosta Nuasjärveen aiheutuu lisäkuormitusta mm. sulfaatin ja nikkelin osalta. Vuosina 2010-2011, aikaisemman vesienjohtamisen loppumisen jälkeen syvännepisteen Nj23 alusvesissä havaittiin sähkönjohtavuuksien laskeneen noin 30 mS/m. Talvella 2021-2022 sähkönjohtavuuksissa oli havaittavissa vastaavan tasoinen nousu. Vuoden 2022 kolmannella ja neljännellä kvartaalilla edellä mainitut parametrit olivat laskeneet huomattavasti, ollen tavanomaisia ja vuoden 2019 tasoilla.

Vuonna 2022 pohjoisen suunnan purkureittien tarkkailupisteiden vesinäytteistä mitatut liukoisen nikkelin keskipitoisuudet vaihtelivat välillä 1-4033 µg/l. Korkeimmat keskipitoisuudet mitattiin Salmisen alusvedestä, muilla tarkkailupisteillä pitoisuudet olivat huomattavasti pienempiä, murto-osia Salmisen alusvesien tuloksista. Salmisen alusvesien biosaatavan nikkelin vuosikeskiarvo 234 µg/l ylitti asiantuntija-arvion pohjalta esitetyn ympäristölaatumormin (AA-EQS) 33 µg/l tason, kuten myös kadmiumin vuosikeskiarvo 1,2 µg/l ylitti samaisen raja-arvon 0,28 µg/l. Yksittäisten pitoisuuksien osalta liukoiset nikkelpitoisuudet ylittivät raja-arvon (MAC-EQS) 34 µg/l jokaisen kierroksen osalta, kun taas kadmiumin vastaava raja-arvo 1,5 µg/l ei ylittynyt. Salmisen pintavesistä mitattiin lokakuussa yksittäinen nikkelin liukoinen pitoisuus 100 µg/l, joka ylitti myös edellä mainitun raja-arvon, muilla kierroksilla pitoisuudet olivat alle 20 µg/l. Salmisen järven kunnostus on alkanut vuonna 2022 järven kuivatuspumppeilla.

Härkäpurolta mitattiin liukoisen nikkelin vuoden keskipitoisuudeksi 165 µg/l. Yksittäisten pitoisuuksien osalta liukoiset nikkelpitoisuudet ylittivät raja-arvon (MAC-EQS) 34 µg/l jokaisella tarkkailukierroksella. Tämän myötä biosaatavan nikkelin vuosikeskiarvoksi tuli 33,8 µg/l, mikä ylitti ympäristölaatumormin (AA-EQS) 32 µg/l arvon. Myös liukoisen kadmiumin vuoden keskipitoisuus 0,65 µg/l, ylitti (AA-EQS) 0,28 µg/l arvon.

Kuusijoella yksittäisten näytteiden liukoiset nikkelpitoisuudet ylittivät raja-arvon (MAC-EQS) 34 µg/l, kaikilla muilla paitsi heinäkuun kierroksella, jolloin otetussa näytteessä liukoisen nikkelin pitoisuus oli 32 µg/l. Pitoisuuksista huolimatta, vuosikeskiarvo biosaatavalle nikkelille oli vain 18,5 µg/l, mikä alittaa asiantuntija-arvion pohjalta määritetyn (AA-EQS) 24-32 µg/l arvon. Kadmiumin osalta yksittäisen näytteen enimmäispitoisuudelle asetettu raja-arvo 0,45 µg/l ylittyi noin puolilla näytteenottokierroksilla, pitoisuudet vaihtelivat näillä kierroksilla välillä 0,01-0,9 µg/l. Näiden tulosten myötä myös vuosikeskiarvo 0,52 µg/l ylitti vuosikeskiarvolle asetetun raja-arvon 0,1 µg/l. Vastaavia pitoisuuksia on mitattu Kuusijoelta myös aiempina vuosina.

Kalliojokisuulta syyskuussa otetussa näytteessä liukoisen nikkelin pitoisuus oli 36 µg/l, mikä ylitti yksittäisten näytteiden raja-arvon 34 µg/l. Muuten pitoisuudet jäivät alle raja-arvon, vaihdellen välillä 2,7-30 µg/l. Vuonna 2022 laskennallinen biosaatavan nikkelin keskiarvopitoisuus oli 1,8 µg/l ja oli siten alhaisempi kuin edellisenä vuonna (2,8 µg/l).

Kivipurolla liukoisen nikkelin keskipitoisuus oli vuonna 2022 98,0 µg/l. Pitoisuudet vaihtelivat kierroksilla välillä 23-100 µg/l, yksittäisten näytteiden enimmäispitoisuudelle määritetty raja-arvo (MAC-EQS) 34 µg/l ylittyi muilla paitsi syys- ja lokakuun tarkkailukierroksilla. Pisteeltä ei määritetä DOC- tai TOC-pitoisuuksia, joten biosaataavuutta ei voida laskea. Kadmiumin keskipitoisuus 1,25 µg/l laski viime vuoden tuloksesta 2,21 µg/l, kuten myös

maksimipitoisuus 2,5 µg/l oli alle vuoden 2021 maksimin 3,0 µg/l. Edellä mainitut pitoisuudet ylittivät yksittäisille ja vuosikeskiarvolle määritetyt raja-arvot.

Pirttipurolla liukoisen nikkelin pitoisuudet vaihtelivat vuonna 2022 välillä 9,3-38 µg/l (ka 21,5 µg/l). Vain heinäkuun kierroksella yksittäinen pitoisuus ylitti (AA-EQS) raja-arvon 34 µg/l kun vuonna 2021 raja-arvo ylittyi seitsemällä kierroksella. Kadmiumin keskipitoisuudet (0,31 µg/l) sen sijaan nousivat hieman vuoden 2021 tasolta (0,27 µg/l), ja ylittivät juuri vuosikeskiarvolle asetetun raja-arvon 0,28 µg/l.

Elohopean pitoisuudet jäivät pääsääntöisesti tutkituilta osin määritysrajaa pienemmiksi. Uraanin osalta Salmisen alusvedestä mitattiin korkeahkoja pitoisuuksia keskipitoisuuden ollessa 54,0 µg/l, muilla pisteillä uraanin pitoisuudet olivat pieniä. Vuonna 2022 tarkkailupisteiltä mitatut lyijypitoisuudet olivat pieniä.

Terrafamen prosessivesissä esiintyy mangaania, joka saadaan pääosin poistettua vesienkäsittelyssä. Mangaania voi päätyä pintavesiin myös pohjan sedimentistä happitilanteen heikentyessä ja luontaisten humuspi-toisten pintavaluntojen kautta. 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 kuukausien välillä. Selvästi laatusuositusta korkeampia mangaanipitoisuuksia mitattiin aikaisempien tarkkailuvuosien tapaan Salmisen alusvedestä, Härkäpurosta, Kuusi-joesta ja Salmisenpurosta.

Pohjoisen, luontaisen purkureitin tulokset olivat tavanomaisia vuonna 2022.

## 4.2 Vuoksen vesistöalue

Vuoden 2022 ensimmäisen ja toisen kvartaalin aikana, kuten myös vuosina 2020 ja 2021, vesiä johdettiin myös Vuoksen suuntaan. Aikaisemmista vuosista poiketen, vuoden 2022 juoksutukset toteutettiin Torvelansuon kautta. Helmi-kesäkuun 2022 aikana vesiä juoksutettiin yhteensä noin 0,39 Mm<sup>3</sup>, vettä ei ole juoksutettu Vuoksen suuntaan kesäkuun 2022 jälkeen.

Purkuvesien vaikutus oli havaittavissa Lumijoen sulfaattituloksissa sekä sähkönjohtavuudessa, kehityksen ollessa samankaltainen, mutta hieman suurempi kuin vuosina 2020 ja 2021. Purkuvesien vaikutus oli nähtävissä myös Kivijärvellä pisteellä Kiv7 ja Laakajärven ylimmällä, matalalla pisteellä Laa9. Näillä pisteillä tuloksiin voi vaikuttaa myös Kivijärven kerrostuneisuuden purkautuminen. Muilla pisteillä purkuvesien vaikutuksia ei ollut havaittavissa.

Kokonaistyyppiä oli havaittavissa Lumijoen Laakajärven pohjoisimmalle pisteelle asti alkuvuonna 2022 aikaisempia vuosia runsaammin. Torvelansuon kautta purettavissa vesissä on kokonaistyyppiä runsaammin kuin Kortelammen vesissä, mitä kautta vesiä on johdettu etelään aikaisempina vuosina. Kokonaistyyppipitoisuudet laskivat loppuvuotta kohden.

Kivijärven syvännepisteillä alusvesi on ollut pysyvästi kerrostunutta. Pisteellä Kiv2 kerrostuneisuus purkaantui syyskierron 2020 myötä. Vuoden 2022 tulokset esimerkiksi sulfaattipitoisuuksien osalta ovat olleet yhteneväisiä koko vesipatsaan osalta, sekä huomattavasti pienempiä kuin aikaisempina vuosina. Toisella syvännepisteellä Kiv10 alusvedet ovat edelleen suolaantuneita ja melko hapettomia, mutta laskevaa trendiä sulfaattipitoisuuksissa ja nousevaa trendiä happisaturaatiossa on havaittavissa. Tulosten mukaan vesistön luontainen syyskierto on ulottunut alusvesiin saakka.

Yleisesti Vuoksen suunnan vesistöjen tila on parantunut viime vuosina ja Laakajärveltä eteenpäin vesistöjen pitoisuudet ovat käytännössä taustapitoisuuksien tasolla.

Vuonna 2022 Vuoksen suunnalta ei havaittu ympäristölaatonormin ylittäviä pitoisuuksia. Tarkkailupisteiltä mitatut liukoisen nikkelin pitoisuudet olivat yleisesti pieniä. Liukoisen nikkelin keskipitoisuudet vedessä vaihtelivat välillä 1,9-14,0 µg/l (vuonna 2021 2,2-19,7 µg/l ja vuonna 2020 1,7-10,7 µg/l). Korkein liukoisen nikkelin keskipitoisuus mitattiin edellisvuoden tapaan Ylä-Lumijärvestä, vuosikeskiarvon mukaan laskettu biosaatava pitoisuus oli kuitenkin vain 2,7 µg/l, mikä alittaa selvästi alkuperäisen HaVa-asetuksen mukaisen raja-arvon (AA-EQS) 5,0 µg/l. Kaikilla tarkkailupisteillä pitoisuudet jäivät alle ympäristölaatonormien, myös uraanin pitoisuudet olivat tutkituilta osin pieniä kaikilla alueilla. Mangaania esiintyy Vuoksen suunnalla yleisesti, varsinkin Kivijärven tarkkailupisteen Kiv 10 pitoisuudet ovat olleet korkeita läpi tarkkailun, vuonna 2022 keskipitoisuus oli 43 500 µg/l, vuonna 2021 keskipitoisuudeksi saatiin 41 750 µg/l ja vuonna 2020 42 000 µg/l.



Kaivospiirin ulkopuolisilla pienillä järvilla ei havaittu ympäristölaatumormin ylittäviä pitoisuuksia vuonna 2022, kuten ei myöskään vuonna 2021.

## 5. PINTAVESIEN BIOLOGINEN TARKKAILU

### 5.1 Piilevät

Piilevätarkkailun tavoitteena on seurata virtavesien ekologista tilaa, ja luokitella tutkittujen vesimuodostumien ekologinen tila päälyslievien osalta. Vuonna 2022 Terrafamen tuotantoalueen etelä- ja pohjoispuolisista virtavesistä, Kivijoesta ja Tuhkajoesta, otettiin yhteensä kaksi piilevänäytettä.

#### **Kivijoki (pieni turvemaiden joki)**

Kivikosken näytteessä runsaimmat taksonit ovat tykoplanktiset *Cyclotella stelligera* ja *Aulacoseira tenella*. Varsinainen päälyslievästä sisältää tyypillisiä humushappamuutta suosivia *Eunotia*-suvun piileviä sekä laaja-alaisia *Fragilaria/Staurosira*-suvun piileviä. Päälyslievästä ekologisen tilan luokittelu on tavallista epätarkempaa. Veden laatu on humuksinen ja keskiravinteinen planktisen lajiston perusteella. Veden pH-taso kasvukauden aikana on ollut keskimäärin noin 5 tai hieman yli. Vuoden 2021 tavoin suolaisuutta suosivia tai vaativia piileviä ei havaita.

IPS-arvo sijoittuu hyvän ja erinomaisen luokan rajalle, ja TDI-arvo on vähäravinteisella tasolla. Yhteisömuutujat osoittavat tyydyttävää ekologista tilaa. Vuonna 2021 IPS-arvo sijoittui erinomaiseen luokkaan (lähelle alarajaa), ja TDI-arvo oli vähäravinteisella tasolla, joten näissä arvoissa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia.

#### **Tuhkajoki (keskisuuri turvemaiden joki)**

Tuhkajoen näytteessä havaitaan runsaina tavalliset *Achnanthydium minutissimum*, *Gomphonema varioireduncum*, *Eunotia minor*, *Tabellaria flocculosa*. *Eunotia*-suvun runsaus osoittaa tyypille ominaisia humushappamia olosuhteita. Veden laatu on humuksinen, pH-taso yli viisi, ja ravinteisuus vähä- tai keskiravinteinen.

Toisin kuin edellisinä tarkkailuvuosina, näytteessä ei havaittu suolaisuutta suosivia piileviä. Aikaisempina vuosina näytteissä on havaittu kaivoksen vaikutusta kuvaavaa, suolaisuutta suosivaa *Diatoma moniliformis*. Osuus on vähentynyt vuosittain aikavälillä 2018-2021 (0,5 % v. 2021, 1,5 % v. 2020, 3,6 % v. 2019, 5 % v. 2018).

IPS-arvo sijoittuu erinomaiseen laatuluokkaan, ja TDI-arvo vähäravinteiselle tasolle. Näissä arvoissa ei ole tapahtunut muutoksia edellisvuoteen verrattuna. Havaittu tyypille ominaisten taksonien määrä on tyydyttävä, ja mallinkaltaisuus erinomainen.

## 6. KALATALOUSTARKKAILU

Vuonna 2022 kalataloustarkkailuun sisältyi kirjanpitokalastusta, sähkökalastuksia sekä kalojen metallipitoisuuksien tutkimuksia.

Kolmisopella kirjanpitokalastusta on harjoittanut tarkkailuhistorian aikana 1–2 kalastajaa ja kirjanpidon vuosittaiset pyyntiponnistukset ovat olleet pienehköjä. Vuonna 2022 Kolmisopella kalasti yksi kirjanpitokalastaja katiskalla eri osissa järveä. Kolmisopen kirjanpitosaaalis on viime vuosina muodostunut lähinnä hauesta, ahvenesta ja särjestä. Kyseisten lajien yksikkösaaliit ovat parantuneet vuosien 2014–2016 jälkeen ja saavuttaneet sitä edeltäneen tason Kolmisopella. Jormasjärvellä kirjanpitokalastusta on harjoittanut 1–5 kalastajaa, ja vuonna 2022 tiedot saatiin kahdelta kalastajalta. Kalastus oli muodoltaan rysä- ja verkkokalastusta. Kuha, hauki ja ahven ovat olleet tarkkailun ajan Jormasjärven keskeisimpiä saalislajeja, joiden seuraan siika on viime vuosina tehnyt nousua. Jormasjärven kirjanpitokalastuksen kalasaaliilla on merkitystä vapaa-ajan ja kaupallisen kalastuksen kannalta. Kirjanpidon saaliit Jormasjärvellä ovat vaihdelleet mm. kaupallisen kalastuksen määrän vaihdellessa. Vuonna 2022 Rehjalla oli yksi kirjanpitokalastaja, joka harjoitti verkkokalastuksen lisäksi pienemmässä määrin vapakalastusta ja katiskapyyntiä. Saaliiksi Rehjalta saatiin tavanomaisia lajeja kuten muikkua, kuhaa, haukea, madetta ja ahventa. Ennen vuotta 2021 muikkusaaliit olivat Jormasjärvellä vähäisiä.

Sähkökoekalastuksia toteutettiin vuonna 2022 kahdella Tuhkajoen vuosittaisen seurannan koealalla. Koealoilta saatiin ennätysmäärät taimenta ja puolestaan ahvenen yksilömäärät olivat hyvin alhaiset. Pikkunahkiasta tavattiin molemmilta koealoilta. Taimenen yksilötiheydet olivat Tuhkajoen vuosittaisilla koealoilla alhaisimmillaan vuosina 2015–2017, minkä jälkeen taimentiheydet ovat kasvaneet ja saavuttaneet katoa edeltäneet tasot.

Vuonna 2022 kalojen metallipitoisuuksia tutkittiin Oulujoen reitillä Jormasjärveltä, Rehja-Nuasjärveltä ja Kiantajärveltä sekä Vuoksen reitin vesistä Laakajärveltä. Metallipitoisuuksia tutkittiin kyseisiltä järville pyydetyistä ahvenista, kuhista ja hauista. Ahventen elohopeapitoisuudet olivat alle EU:n asettaman käyttökelpoisuusrajan jokaisella tutkitulla järvellä ja korkeimmillaan Terrafamen alueetta läheisimmällä Jormasjärvellä. Vuosien välistä vaihtelua elohopeapitoisuuksissa aiheutui mm. näytekalojen kokovaihtelusta eri tarkkailuvuosina sekä pienen aineiston satunnaisvaihtelusta. Jormasjärvellä ahventen elohopeapitoisuus oli varsin korkea vuosina 2017–2019, mutta laski vuonna 2020 vuosien 2015–2016 tasolle. Vuonna 2022 Jormasjärven ahvenista mitattu elohopeapitoisuus oli tarkkailun alhaisin. Laakajärvellä ahventen keskimääräinen elohopeapitoisuus vuosina 2015–2022 on ollut elohopean käyttökelpoisuusrajan tuntumassa, eikä pitoisuudessa havaittu selvää kehityssuuntaa. Myös Laakajärvellä ahventen elohopeapitoisuus oli vuonna 2022 tarkkailun alhaisin. Rehja-Nuasjärvellä ahventen elohopeapitoisuudet laskivat vuoden 2019 tasosta takaisin vuoden 2016 tasolle alle EU:n asettaman käyttökelpoisuusrajan. Myös hauen ja kuhan elohopeapitoisuudet olivat alle tuon rajan. Laakajärven ja Jormasjärven haukien keskimääräiset elohopeapitoisuudet vuosina 2015–2022 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. Kuhien keskimääräiset elohopeapitoisuudet olivat vertailujärvi Kiantajärven vastaavia korkeampia Jormasjärvellä sekä Nuaksella. Rehjalla ja Laakajärvellä kuhien elohopeapitoisuudet olivat vertailujärveä matalammat.

Näytekaloista määritettyjen muiden metallien pitoisuudet vuosina 2015–2022 ovat jääneet usein alle määrittämissä rajan tai olleet muutoin pieniä. Vuosina 2015–2021 elohopean lisäksi haitallisista metalleista määrittämissä rajan on ylittynyt useimmiten arseenin osalta (70 kpl), mutta senkin pitoisuudet ovat olleet pieniä. Kadmiumin pitoisuudet ovat ylittäneet määrittämissä rajan 11 kertaa ja nikkelin sekä lyijyn pitoisuudet yksittäisiä kertoja.

## 7. POHJAVESIEN TARKKAILU

### Pohjaveden pinnankorkeudet

Syksy 2022, varsinkin syyskuu oli alueella vähäsateista, sadesumma jäi noin kolmasosaan pitkän ajan keskiarvoon verrattaessa. Loka- ja marraskuun sadesummat olivat yli keskiarvojen, mutta samalla ilman lämpötila laski ja osa sateista on jäänyt maaperän pintakerrokseen tai tuli lumena. Alueen pohjavesivarannot olivat yleisesti tämän vuoksi marraskuussa alle keskiarvojen. Lähimpänä Kuusilammen avolouhusta sijaitsevilla tarkkailuputkilla P21 ja P17b pohjaveden pinnankorkeuksissa oli havaittavissa muista tarkkailupisteistä poikkeavaa laskua. Edellä mainitut tarkkailupisteet sijaitsevat kallioperän ruhjeiden välittömässä läheisyydessä, joiden veden johtavuuden gradientti on avolouhokseen päin.

### Sivukivialue

Lähimpänä Kuusilammen avolouhusta, geotuubien vierellä pintamaan läjitysalueella sijaitsevalla pohjavesi-putkella **P21** pitoisuustasot nousivat sulfaatin, sähköjohtavuuden sekä metallien osalta kesällä 2020, jolloin putken ympäristöön tehtiin koekuoppia maaperätutkimuksia varten. Vuonna 2022 edellä mainittujen parametrien nousevat trendit vahvistuivat. Mahdollisesti maaperän kautta tulevien vesien vaikutusta indikoivat rauta-, mangaani- ja sinkkipitoisuudet saavuttivat vuonna 2022 uudet huippupitoisuudet. Tarkkailuputkella pohjaveden pinnankorkeus on laskussa ja tämän johdosta vesien kertymisolosuhteet tarkkailuputkeen ovat muuttumassa. Pohjavesiputken tarkempaa seuranta jatketaan ja syytä poikkeaville pitoisuuksille selvitetään.

Vastaavia muutoksia on havaittavissa myös edelliseltä tarkkailupisteeltä etelään sijaitsevalla tarkkailupisteellä **P17b**. Pohjaveden pinnankorkeus oli laskenut marraskuussa 2022 yli kaksi metriä vuoden 2021 marraskuun tuloksesta.

Putkella **P24** mm. sähköjohtavuudessa, sekä sulfaatti-, nikkeli-, mangaani-, rauta-, kalsium- ja magnesiumpitoisuuksissa oli havaittavissa nousevaa trendiä vuonna 2022, kun taas kloridipitoisuudet ovat laskussa. Keskimääräisiltään tasoltaan suurin muutos verrattuna vuoden 2021 tuloksiin oli havaittavissa nikkelpitoisuuksissa.

Putkella **P26** keskimääräiset sulfaattipitoisuudet ja sähköjohtavuus ovat nousseet vuodesta 2018 alkaen, sekä metalleista kadmium, koboltti, kupari, mangaani, nikkeli ja sinkki vuodesta 2019 alkaen. Huhtikuussa 2022 sähköjohtavuus sekä sulfaattipitoisuus saavuttivat korkeimmat tasonsa ja trendit kääntyivät laskuun. Metallipitoisuuksissa nousevan trendin huippu saavutettiin heinäkuussa, jonka jälkeen pitoisuudet kääntyivät laskuun.

Tarkkailuputkella **P29** kloridi- ja sulfaattipitoisuudet sekä metalleista kadmium-, koboltti-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet nousivat loppuvuodesta 2022. Lähempänä sivukivialuetta sijaitsevalla tarkkailuputkella P25 vastaavia muutoksia ei ole havaittavissa.

Maaperäputkella **P33** marraskuun 2022 tulokset poikkesivat aikaisemmista tuloksista, metallipitoisuudet pääsääntöisesti laskivat ja pH-arvo nousi tasolta 3,5 arvoon 5,8. Putken siiviläosuus alkaa heti turvekerroksesta, näin ollen putkelle kerääntyi maanpinnan jäätyessä alueen pintavesiä ja marraskuun tulokset eivät ole edustavia.

Muilla alueen tarkkailuputkilla tulokset olivat yhteneväisiä aikaisempiin kierroksiin, uusilla putkilla on vielä havaittavissa vaihtelua pitoisuuksissa, varsinkin metallien osalta. Tuloksissa on havaittavissa myös luontaista näytteenoton ajankohdasta johtuvaa hajontaa, vuonna 2022 toisen kvartaalin näytteet haettiin heinäkuun alussa, kun vuonna 2021 ne haettiin touko-kesäkuun vaihteessa.

### Tehdasalue ja primäärilentä

Primäärilentän keskikaistan tarkkailuputkien **TF1** ja **TF2**, sekä uuden tarkkailuputken **TF3** näytteiden analyysitulokset erottuvat alueen muista tarkkailupisteistä suurten pitoisuustasojensa vuoksi. Vuoden 2022 toisella kvartaalilla tarkkailuputkella **TF1** havaittiin useiden parametrien pitoisuuksien nousseen. Tarkkailupisteellä pohjaveden pinnankorkeus oli tuolloin noin 1,0-2,5 metriä alempana kuin aikaisempina kesinä. Kolmannella ja neljännellä kvartaalilla pitoisuudet laskivat huomattavasti toisen kvartaalin tuloksista, mutta tulokset olivat edelleen yli vuoden 2021 vastaavan ajankohdan ja pidempiaikaiset trendit kääntyivät nousuun.

Tarkkailupisteellä **TF2** vuoden suurimmat pitoisuudet mitattiin vuoden 2022 kolmannella kvartaalilla, laskien neljännellä kvartaalilla. Tarkkailupisteen vuoden 2022 tulokset olivat kumminkin yhteneväisiä aikaisempiin vuosiin, eikä systemaattisia trendejä ole havaittavissa.

Pohjavesiputkella **P1** sähkönjohtavuudessa, kuten myös sulfaatti- ja alkalimetallipitoisuuksissa on ollut havaittavissa n. 10 % vuosittaista nousua vuodesta 2017 alkaen. Vuonna 2022 nousevat trendit jatkuivat, mutta edellisistä vuosista poiketen suurimmat sulfaattipitoisuudet mitattiin heti vuoden ensimmäisellä kvartaalilla.

Primäärikentän laidalla sen länsipuolella sijaitsevan tarkkailupisteen **P7** (asennettu 2015) keskeiset pitoisuudet vuonna 2022 olivat alle aikaisempien tarkkailuvuosien. Tarkkailupisteeltä **P8** tarkkailuhistorian suurimmat pitoisuudet keskeisissä parametreissa mitattiin vuonna 2019. Vuoden 2022 tulokset olivat esimerkiksi nikkelin osalta vuoteen 2019 verrattaessa noin kymmenesosan suuruisia ja trendi tasainen.

Muilla alueen tarkkailupisteillä tulokset olivat tavanomaisia, huomioiden näytteenoton ajankohdat.

Tarkkailupisteeltä P1 määritetään akkukemikaalitehtaan tarkkailuun liittyen TOC-, TVOC- sekä kokonaisfosforipitoisuus, joiden perusteella voidaan havaita mahdolliset prosessikemikaaleista pohjaveteen aiheutuvat vaikutukset. Vuonna 2022, kuten myös vuonna 2021 TVOC-pitoisuudet ovat alittaneet laboratorion määrittämissä rajan <0,05 mg/l. TOC-pitoisuus oli huhtikuussa 2022 juuri määrittämissä rajalla eli 1,0 mg/l, muilla tarkkailukierroksilla pitoisuudet jäivät alle määrittämissä rajan (<1,0 mg/l). Kokonaisfosforipitoisuudet jäivät vuonna 2022 alle määrittämissä rajojen.

### **Analyytitulokset tarkkailua täydentäviltä pohjavesiputkilta**

Primäärikentän länsipuolelle kesällä 2019 asennetuilta, tarkkailua täydentäviltä pohjavesiputkilta **VA1-VA6** näytteet otetaan 4 kertaa vuodessa ja analyysipaketti on suppeampi kuin muilla tarkkailupisteillä. Vuoden 2022 tulokset olivat yhteneväisiä aikaisempiin tarkkailuvuosiiin.

### **Kortelampi**

Yleisesti alueen tarkkailupisteillä **FID5**, **Kipsi3**, **Korte1Maa** ja **Korte1Kallio** keskeiset pitoisuudet ovat olleet viime vuodet tasaisen pieniä, luonnehtien alueen taustapitoisuuksia. Tarkkailuputkien **R5** ja **Korte2Maa** vesinäytteiden tulosten mukaan keskeisissä (sähkönjohtavuus, sulfaatti, nikkeli, natrium ja koboltti) pitoisuuksissa on edelleen laskeva suuntaus, suuntaus on alkanut vuonna 2018. Näiden kahden putken pitoisuudet ovat edelleen korkeammat kuin muiden alueen tarkkailupisteiden, mutta laskeva suuntaus on huomattava ja systemaattinen.

Tarkkailupisteellä **Korte3Maa** keskeiset pitoisuudet ovat olleet vuodet 2020-2022 selvästi alle vuosien 2014-2018 tulosten. Viereisellä kallioperäputkella **Korte3Kallio** sen sijaan sulfaattipitoisuudet ja sen kautta sähkönjohtavuudet ovat olleet pienoisisessä nousussa viime vuodet, mutta vuoden 2022 tulosten myötä trendi on taantumisessa.

Muilla tarkkailupisteillä kolmannen kvartaalin tulokset olivat tavanomaisia.

### **Kipsisakka-altaat**

Kipsisakka-altaan ympäristön pohjaveden tarkkailupisteiden keskeiset pitoisuudet ovat olleet matalia vertailtaessa muihin kaivospiiriin tarkkailualueisiin. Yksittäisiä korkeampia pitoisuuksia on havaittu varsinkin tarkkailupisteillä **R0** ja **R3**. Vuoden 2022 kolmannella kvartaalilla, syyskuun alussa, tarkkailupisteeltä R0 haetun näytteen sulfaatti- ja kobolttipitoisuuksien havaittiin olevan jyrkässä nousussa, kuten myös sähkönjohtavuus. Vastaavia, tasoltaan suuria vaihteluita on havaittu myös aikaisemmin. Harvan näytteenottotiheyden vuoksi muutoksien kehityssuuntia ei voida arvioida tarkemmin.

Tarkkailupisteeltä **R3** havaittiin huhtikuussa 2022 sulfaattipitoisuuksien nousseen, syyskuussa pitoisuus laski mutta oli edelleen yli vuoden 2021 pitoisuuksien. Sähkönjohtavuus reagoi myös muutokseen, mutta muissa parametreissa ei havaittu merkittäviä muutoksia. Tarkkailupiste sijaitsee aivan Torvelansuolta tulevan ojan vierellä, jonka kautta juoksuvesiä purettiin alkuvuodesta, juoksuvesi loppuivat kesäkuussa.

Tarkkailuputkien **Kipsi1** ja **Kipsi2** tulokset vuonna 2022 olivat yhteneväisiä aikaisempiin tarkkailuvuosiiin.

Putkelta **Kipsi2** tehdään TOC- ja TVOC-analyytit akkukemikaalitehtaan tarkkailuohjelman mukaisesti, sekä edelliseen liittyvät kokonaisfosforimääritykset pohjavesien veloitettarkkailun yhteydessä. TVOC-pitoisuus on alittanut joka kierroksella laboratorion määrittämissä rajan <0,05 mg/l. TOC-pitoisuus oli syyskuussa 5,8 mg/l, joka on korkeampi kuin Suomessa keskimäärin (2,21 mg/l, Soveri ym. 2001), mutta alle vuoden 2021 kolmannen kvartaalin tuloksen 7,1 mg/l. Kokonaisfosfori pitoisuudet olivat yhteneväisiä vuosien 2016-2021 tuloksiin, keskipitoisuuden ollessa 106 µg/l.

### **Sekundäärikenttä**

Sekundäärikentän kaakkoiskulmalla sijaitsevalta putkella **P5** havaittiin syyskuussa 2020 muista alueen pohjavesiputkista, sekä historiatiedoista poikkeavia tuloksia mm. sulfaattipitoisuuksissa ja sähkönjohtavuudessa. Vuoden 2022 tulosten perusteella edellä mainitut pitoisuudet ovat edelleen korkeampia kuin ennen vuotta

2020, mutta systemaattisesti laskussa. Putken läheisyydessä tehtiin syksyllä 2020 kaukolämpölinjan kaivuu- töitä, mikä voi olla yksi syy väliaikaisiin pitoisuusnousuihin. Pitoisuuksien nousua voi selittää myös putken sijainti kaivosvarikon piha-alueella, jonne kulkeutuu työkoneiden mukana louhokselta metalli- ja sulfaattipi- toista mustaliusketta.

Tarkkailuputkella **P6** pH-arvot olivat loppuvuodesta 2021 alle tarkkailupisteen normaalitason. Vuoden 2022 huhtikuussa pH-arvo palautui, mutta laski jälleen syyskuun 2022 vaihteessa. Kloridipitoisuuksissa on voimassa nouseva trendi, kuten myös typpi- ja fosforipitoisuudet. Tuloksiin voi vaikuttaa putken läheisyydessä sijaitse- valla raffinaattialtaan työmaalla tehdyt kaivuutyöt vuonna 2021.

Putkella **P18** on ollut havaittavissa viime vuosina mm. sulfaattipitoisuuden nousua ja pH-arvon laskua. Vuoden 2022 ensimmäisellä ja kolmannella kvartaalilla pohjavesinäytteiden sulfaattipitoisuudet sekä sähkönjohtavuuu- det olivat vielä nousussa, mutta nouseva suuntaus on taittumassa. Putken lähetyville on rakennettu uusi tie- yhteys (Rahvaantie).

Tarkkailupisteellä **P19** on havaittavissa pidempiaikainen sulfaattipitoisuuksien nouseva trendi, mutta pitoisuus- tasot ovat maltillisia. Muilla tarkkailupisteillä pitoisuudet olivat yhteneväisiä edellisiin tarkkailukierroksiin.

### **Rimpilänniemi**

Vedenlaatua on tarkkailtu RP1- ja RP2 putkilta, sekä vedenottamolta kerran vuodessa otettavilla vesinäytteillä, vuoden kolmannella kvartaalilla. Pohjaveden pinnankorkeudet alueella ovat pysyneet keskimäärin tasaisina, vaikkakin vaihteluväli voi olla useita metrejä kierrosten välillä. Suuret pinnankorkeuden vaihtelut ovat tyypillisiä hyvin vettä johtavilla alueilla ja kertovat lähinnä mittausajankohtien, sekä sitä kautta vuodenkierron ja vuosien eroavaisuuksista. Vesinäytteistä määritetyt pitoisuudet olivat tavanomaisia ja pieniä, eikä Nuasjärven pintave- sivaikutusta ole ollut havaittavissa.

### **Talousvesikaivot**

**Heterannan** ja **Sorsalan** talousvesinäytteet täyttivät talousvesille määritetyt laatuvaatimukset ja -suositukset (STM 1352/2015) vuonna 2022.

**Taattolan** talousvesikaivolla syyskuun sameus ylitti hienoisesti laatusuosituksen tason. Muilta osin kaivon tu- lokset täyttivät talousvesille määritetyt laatuvaatimukset ja –suositukset, ollen yhteneväisiä edellisiin tarkkailu- vuosiin.

Vuonna 2022 **Hakorannan** kaivo oli kolmannella kvartaalilla kuiva ja näytettä ei saatu. Toisella kvartaalilla saadun näytteen tulokset täyttivät talousvesille määritetyt laatuvaatimukset ja –suositukset.

**Lampilan** talousvesinäytteen mangaanipitoisuus oli huhtikuussa yli laatusuositustason ja väriluku syyskuussa. Vastaavia tuloksia on mitattu myös aikaisemmin. Muuten pitoisuudet täyttivät laatuvaatimukset ja -suositukset.

**Pappilan** talousvesinäytteen pH-arvot olivat vuonna 2022 hieman alle laatusuositustason, vastaavia arvoja on mitattu myös aikaisempina vuosina. Muuten pitoisuudet täyttivät vaatimukset ja suositukset.

**Puolivälin** talousvesinäytteen pH-arvo oli syyskuussa hieman alle laatusuosituksen tason, vastaavia arvoja on mitattu myös aikaisempina vuosina. Muuten pitoisuudet täyttivät vaatimukset ja suositukset.

**Paavolan** talousvesinäytteiden nikkelpitoisuudet ovat ylittäneet talousvesisasetuksen laatuvaatimustason 20 µg/l läpi tarkkailun, mutta pitoisuuksissa on havaittavissa lievää laskua vuositasolla. Huhtikuussa mitattu sa- meus ja syyskuussa mitattu pH-arvo poikkesivat hieman suositustasoista. Muiden parametrien osalta laatu- vaatimukset ja -suositukset täytyivät vuonna 2022.

**Myllyniemen** näytteiden nikkelpitoisuudet olivat vuonna 2022 yli laatuvaatimustason (20 µg/l), mutta vastaa- vat pitoisuudet ovat kaivolle tyypillisiä. Myös pH-arvot sekä väriluvut eivät täyttäneet kaikilta osin laatusuosi- tuksia, mutta tulokset olivat yhteneväisiä aikaisempiin tarkkailukierroksiin. Kaivo on niin sanottu hetekaivo ja altis havumetsäalueelle tyypillisille happamille pintavalunnoille.

**Lamposaaren** pisteeltä ei saatu näytettä vuonna 2022, edellinen näyte kaivolta on vuodelta 2018.

## 8. PÖLYLASKEUMAN TARKKAILU

Terrafamen pölylaskeumaa tarkkailtiin vuonna 2022 yhteensä 17 tarkkailupisteestä, joista kaivospiirin alueella oli 4 pistettä ja 13 pistettä kaivospiirin ulkopuolella. Sivukivialueen KL2 itäpuolella sijaitsevia pisteitä (liikkuvat pisteet: Pöly19, Pöly20) siirrettiin loppuvuodesta pohjoisemmas läjityksen painopisteen muuttuessa. Toiminnan vaikutukset olivat nähtävissä kaivospiirin sisäpuolella olevissa tarkkailupisteissä, joissa laskeuman epäorgaanisen aineksen ja metallien määrät ovat pääosin korkeammat kuin kaivospiirin ulkopuolella.

Vuonna 2022 kiintoainelaskeuma alitti pääosassa näytteistä aikaisemmin viihtyvyyshaittarajana pidetyn arvon 10 g/m<sup>2</sup>/kk. Tätä arvoa korkeampia kiintoainelaskeuman arvoja havaittiin kesäkuussa pisteillä pöly4, pöly6 ja pöly14, elokuussa pisteillä pöly6 ja pöly7, sekä helmikuussa pisteellä pöly14. Kesä- ja elokuun näytteissä kiintoaine koostui pääosin orgaanisesta aineksesta, joka ei ole peräisin Terrafamen toiminnasta. Kesäaikana laskeumanäytteiden sisältämä orgaaninen aines koostuu mm. hyönteisistä ja kasvimateriaalista. Helmikuussa pisteen pöly14 näytteessä kiintoaine koostui lähes kokonaan epäorgaanisesta aineksesta, joka on todennäköisesti peräisin Terrafamen toiminnasta.

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 pöly1, pöly12, pöly14 ja pöly9 epäorgaanisen aineksen osuus oli orgaanista ainesta suurempi vuosikeskiarvona määritettynä. Hehkutusjäännöksen määrä oli laskeumanäytteissä pääosin verrattain alhainen, lukuun ottamatta pisteellä pöly1 joulukuussa sekä pisteellä pöly14 maaliskuussa ja joulukuussa havaittuja korkeampia arvoja. Kaivospiirin alueella olevissa näytteissä kiintoaineen hehkutusjäännöksen vaihteluväli oli 0,08 – 10,7 g/m<sup>2</sup>/kk ja kaivospiirin ulkopuolella 0,001 – 3,2 g/m<sup>2</sup>/kk. Kiintoaineen hehkutusjäännöksen vuosikeskiarvoja tarkastellessa havaitaan nouseva trendi vuosina 2014-2022 etenkin pisteellä pöly14. Lievempi vuosikeskiarvojen nouseva suuntaus on havaittavissa kaivospiirin ulkopuolisilla pisteillä pöly4 (Taattola), pöly6 (Myllyniemi) ja pöly7 (Sorsala).

Vuosikeskiarvon nousevaan suuntaukseen pisteellä pöly14 (Kuusilammen louhos NE) on todennäköisesti vaikuttanut se, että louhoksen laajentuessa louhinta etenee kohti pohjoista, ja siirtyy siten lähemmäs tarkkailupistettä pöly14. Vuonna 2022 louhintamäärä myös kasvoi jonkin verran vuodesta 2021, kokonaislouhinnan ollessa 46,6 Mt vuonna 2021 ja 51,7 Mt vuonna 2022. Lisäksi avolouhoksen pohjoisosassa on vuosina 2021-2022 tehty tarvekiven murskausta, joka siirrettiin louhoksen alemmille tasoille tuulensuojaan loka-marraskuun 2022 vaihteessa. Vuosikeskiarvojen kohoamisessa näkyvät todennäköisesti myös sivukiven läjitysalueen KL2 rakentamisen ja läjityksen siirtyminen kohti pohjoista. Sivukivialueen KL2 täyttö on aloitettu vuonna 2017 sen eteläisimmistä osista. Vuonna 2022 sivukiven läjitys on kesällä edennyt lohkolle 5 eli pohjoisimpaan osaan. Lisäksi pisteen pöly14 länsipuolella, n. 600 m etäisyydellä pisteestä pöly14, on vuosina 2021-2022 ollut rakenteilla uusi Rahvaantien kiviautoreitti ja silta avolouhoksen pohjoisosasta Malmiteille. Kiviautotien rakentamisessa on hyödynnetty kiilleliusketta. Edellä mainitut syyt ovat voineet vaikuttaa vuosikeskiarvon kohoamiseen myös pisteillä pöly6 (Myllyniemi), pöly4 (Taattola) ja pöly7 (Sorsala), joiden sijainti on n. 2-3 km säteellä Terrafamen toiminnoista koillisen suuntaan.

Vuonna 2022 metallilaskeumassa ei havaittu merkittäviä muutoksia tai poikkeamia aikaisempien vuosien tuloksiin verrattuna. Tarkastellessa pisteiden metallilaskeuman vuosikeskiarvoja kuitenkin huomataan nikkelin, kuparin, koboltin ja sinkin vuosikeskiarvoissa nouseva suuntaus vuosina 2014-2022 kaivospiirille sijoituvilla pisteillä pöly1, pöly12 ja pöly14. Myös raudan osalta trendi on nouseva pisteillä pöly1 ja pöly12 vuosina 2014-2022, mutta pisteellä pöly14 raudan vuosikeskiarvon kohoaminen on alkanut vasta vuonna 2022. Kyseisellä pisteellä vuoden keskimääräinen rautalaskeuma onkin viime vuosina kohonnut selvästi vuosiin 2011-2018 verrattuna.

Pisteiden pöly1 ja pöly12 vuosikeskiarvojen kohoamiseen vuosina 2021 ja 2022 on todennäköisesti vaikuttanut primäärioliuotusalueen kasauksen eteneminen. Lisäksi keskiarvojen kohoamista osaltaan selittää vuosittain käsitellyn malmin määrän kasvaminen. Bioliuotusalueen laajentumisen myötä malmia on kasattu, purettu ja siirretty sekundäärioliuotusalueelle suurempia määriä kuin edellisinä vuosina. Pisteen pöly14 osalta vuosikeskiarvojen kohoamisen taustalla ovat samat syyt kuin on aiemmin tuotu esille epäorgaanisen kiintoainelaskeuman osalta.

Kaivospiirin ulkopuolisista pisteistä keskimääräiset metallilaskeumat ovat olleet koholla pisteellä pöly3 vuosina 2018 ja 2019, ja laskeneet sen jälkeen. Piste pöly3 sijaitsee sivukivialueen KL2 eteläisen osan itäpuolella.

Muiden kaivospiirin ulkopuolisten pisteiden laskeumissa ei havaita yhtä merkittäviä muutoksia. Kaivospiirin ulkopuolisilla pisteillä pöly4, pöly5, pöly6 ja pöly7 havaitaan kuitenkin nikkelin, kuparin, koboltin, sinkin ja raudan osalta lievästi nouseva suuntaus vuosina 2014-2022. Pisteet pöly4 ja pöly6 sijaitsevat kaivospiirin itäpuolella naapurikiinteistöjen piha-alueilla, alle 2 km päässä Terrafamen toiminnoista. Pöly7 sijaitsee näistä pisteistä pohjoisen suunnassa, hieman kauempana tuotantoalueesta, mutta n. 200 m päässä tuotantoalueelle tulevasta tiestä. Pöly5 sijaitsee Nurminiemessä Kolmisoppijärven pohjoispuolella. Pisteiden pöly6 osalta myös kiintoaineen hehkutusjäännöksen vuosikeskiarvon kehityssuunta on nousujohteinen. Pisteillä pöly4 ja pöly6 rautapitoisuuden kohoaminen voi liittyä Terrafamen toimintoihin, eikä myöskään pisteen pöly7 osalta Terrafamen tai alueelle tulevan liikenteen vaikutusta voida varmasti poissulkea. Nurminiemen piste (pöly5) on kuitenkin selvästi kauempana tuotantoalueesta. Pisteiden pöly5 osalta vuosikeskiarvoja vuosina 2021-2022 ovat nostaneet erityisesti kesäkuussa 2021 (112,5 mg/m<sup>2</sup>/kk) ja joulukuussa 2022 (115,9 mg/m<sup>2</sup>/kk) määritetyt korkeat laskeumatulokset. Nurminiemessä on Terrafamen mukaan tehty yksityisten maanomistajien toimesta hakkuita talvella 2022-2023, mikä voi osaltaan selittää joulukuun 2022 kohonnutta tulosta.

Vuonna 2022 kuparin, koboltin, sinkin, rikin, raudan ja uraanin pitoisuudet määritettiin maaliskä-, kesä-, syys- ja joulukuussa kerätyistä laskeumanäytteistä. Tuhkakylän sääaseman datan perusteella maaliskä-, kesä- ja joulukuussa Terrafamen alueella yleisimpiä olivat lounaan suunnasta puhaltavat tuulet, jolloin tuuli on käynyt Terrafamen tuotantoalueilta pisteiden pöly4, pöly6 ja pöly7 suuntaan. Kun metallipitoisuuksia ei määritetä laskeumanäytteistä kuukausittain, sääolosuhteiden vaihtelu voi vaikuttaa merkittävästikin vuosikeskiarvoihin varsinkin tuotantoalueen lähellä sijaitsevilla pisteillä. Nikkelin pitoisuus määritetään laskeumanäytteistä kuukausittain, jolloin sääolosuhteiden vaihtelulla ei ole yhtä suurta painoarvoa. Vuoden 2022 Tuhkakylän sääaseman tuuliaineiston perusteella tuulen suunnat painoutuivat etelän ja lännen väliselle sektorille 8 kuukautena, minkä perusteella on kuitenkin todennäköistä, että Terrafamen toimintojen aiheuttaman pölylaskeuman vaikutukset kohdistuivat pisteiden pöly4, pöly6 ja pöly7 suuntaan suurimman osan ajan vuodesta 2022.

Suomen lainsäädännössä ei kiintoaine- tai metallilaskeumalle ole määrätty raja- tai ohjearvoja. Rikkilaskeumalle on annettu Suomen metsätalouksille pitkänajan keskimääräinen tavoitearvo 0,3 g/m<sup>2</sup>/vuosi (Vnp 480/1996). Edellisvuosien tapaan rikkilaskeuman tavoitearvo ylittyi lähes kaikilla tarkkailupisteillä. Rikkilaskeuma kaivospiirin alueen tarkkailupisteillä oli 1,0-3,3 g/m<sup>2</sup>/vuosi ja kaivospiirin ulkopuolella 0,3-1,4 g/m<sup>2</sup>/vuosi. Vuonna 2022 laskeumanäytteiden rikkipitoisuuden määrittämisessä jouduttiin maaliskä- ja kesäkuussa käyttämään laboratorion laiterikkojen vuoksi menetelmää, jonka määrittäysraja on 5000 µg/l. Vuosina 2011-2021 määrittäysraja on pääosin ollut 500 µg/l. Tämän vuoksi vuoden 2022 tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia aikaisempien vuosien tulosten kanssa, ja laskeuman tulokset voivat vääristyä jonkin verran. Tulosten käsittelyssä on määrittäysrajan 5000 µg/l alittavien pitoisuuksien osalta käytetty arvona määrittäysrajan puolikasta, ja alle 500 µg/l tulosten osalta määrittäysrajan arvoa.

## 9. 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. Vuodesta 2021 lähtien tarkkailuun on sisällytetty myös akkukemikaalitehtaalla muodostuvien jätejakeiden tarkkailu, joita pääosin on kuitenkin alkanut muodostua vasta vuoden 2022 loppupuolella.

### Metallien talteenottolaitoksen sakat ja vedenpuhdistussakka

Vuonna 2022 jätejakeiden laatua seurattiin pääasiassa kuukausinäytteistä, jotka muodostettiin päivittäisistä/viikoittaisista osanäytteistä. Vesienkäsittelysakan laatua on aikavälillä 11/2020-8/2022 tutkittu kuukausikokoomien sijaan viikon kokoomanäytteistä, ja näytteet on marraskuusta 2020 lähtien kerätty 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 2014-2022 tuorepainoksi muutettu nikkelpitoisuus on ajoittain ylittänyt vaarallisen jätteen pitoisuusraja-arvon (380 mg/kg) rautasakan, esineutralointisakan ja vesienkäsittelysakan kuukausinäytteissä. Vuonna 2022 kyseinen raja-arvo ylittyi esineutralointisakan osalta yhdessä kuukausinäytteessä. Lisäksi ylityksiä todettiin vesienkäsittelysakan osalta molempien linjojen näytteissä.

Tuorepainoksi muutettu sinkin pitoisuus on ylittänyt vaarallisen jätteen pitoisuusraja-arvon (400 mg/kg) esineutralointisakassa koko tarkkailujakson (2014-2022) ajan, ja ajoittain raja-arvo on ylittänyt myös vesienkäsittelysakassa. Vuonna 2022 ylityksiä todettiin esineutralointisakan ohella vesienkäsittelysakan molempien linjojen osalta.

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 2022 ylityksiä todettiin vesienkäsittelysakan molempien linjojen näytteissä.

Vuonna 2022 vesienkäsittelysakan tuorepainoksi lasketut metallipitoisuudet kohosivat selvästi loppuvuodesta kerätyissä kuukauden kokoomanäytteissä. Kuivapainoa kohti määritetyissä pitoisuuksissa ei kuitenkaan havaittu selvää pitoisuustason kohoamista tarkkailujakson 11/2020-8/2022 tuloksiin verrattuna. Tuorepainoa kohti ilmoitettujen pitoisuuksien kohoaminen on seurausta muutoksesta näytteiden vesipitoisuudessa. Loppuvuodesta kerätyt kuukauden kokoomanäytteet olivat pääosin selvästi kuiva-ainepitoisempia viikkonäytteisiin verrattuna.

Sakkajakeiden sijoituskelpoisuutta arvioitiin vertaamalla niiden liukoisuusominaisuuksia kaatopaikka-asetuksen mukaisiin kaatopaikkakelpoisuuskeräisiin. Vaarallisen jätteen kaatopaikan kaatopaikkakelpoisuuskeräisten ylityksiä on vuosina 2010-2022 todettu esineutralointisakassa kadmiumin, nikkelin ja sinkin liukoisten pitoisuuksien osalta. Muissa sakkajakeissa ei todettu kyseisten metallien liukoisuuksien osalta vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskeräisten ylityksiä vuonna 2022. Muiden metallien liukoisuudet kaikissa jätejakeissa ovat olleet alhaisia, eikä metallien liukoisuutta ole sijoituskelpoisuuden kannalta arvioitu merkitykselliseksi.

Merkittävin vaikutus jätteiden sijoituskelpoisuuteen on jätejakeista liukenevan sulfaatin määrällä, joka näkyy myös liuenneiden aineiden kokonaismäärässä (TDS). Vuonna 2022 vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskeräisten ylityksiä todettiin TDS:n osalta tammikuussa kerätyissä loppuneutralointisakan ja rautasakan näytteissä sekä osassa esineutralointisakan näytteistä. Sulfaatin osalta vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuskeräisten ylityksiä todettiin loppuneutralointisakan ja rautasakan näytteissä, osassa esineutralointisakan näytteitä, ja yhdessä vesienkäsittelysakan 1. linjan näytteessä.

Vuonna 2022 jätejakeiden sijoituskelpoisuudessa ei tapahtunut merkittäviä muutoksia edellisvuosien tarkkailuun verrattuna. Rautasakkaa ei nykyisin johdeta suoraan kipsisakka-altaalle vaan keskusvedenpuhdistamolle, jossa se neutraloidaan ja johdetaan kipsisakka-altaille puhdistettavien vesijakeiden mukana. Rautasakkaa ei siten luokitella enää itsenäiseksi jätejakeeksi, joten jätelainsäädännön liukoisuuden raja-arvot eivät suoranaisesti enää koske tätä jätettä.

Terrafamen ympäristölupapäätöksessä (nro 87/2022) loppuneutralointisakka, esineutralointisakka, rautasakka ja vesienkäsittelysakka on luokiteltu vaarallisiksi jätteiksi. Myös edellä mainittujen raja-arvojen ylitykset tukevat



luokitusta, tosin vuosina 2019-2022 loppuneutralointisakan kuukausinäytteissä ei ole todettu vaarallisen jätteen raja-arvoja ylittäviä kokonaispitoisuuksia. Vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuus-kriteerin ylityksiä todettiin vuonna 2022 sulfaatin liukoisuuden osalta kaikissa sakkajakeissa ja liuenneiden aineiden kokonaisu-määrän osalta loppuneutralointisakassa, rautasakassa ja esineutralointisakassa.

### **Sivukivialueelle KL2 sijoitettava sivukivi**

Sivukivinäytteissä todetut alkuaineiden kokonaispitoisuudet ovat olleet hyvin samankaltaisia tarkkailun aikana. Pitoisuusvaihtelu on ollut suurinta kuparin, mangaanin, nikkelin, sinkin, raudan ja kalsiumin kokonaispitoisuuksissa. Vuonna 2022 tutkituissa näytteissä todettiin vaarallisen jätteen pitoisuusrajan ylityksiä nikkelin ja sinkin osalta.

Sivukivestä liukenevien alkuaineiden pitoisuudet ovat olleet pääosin vähäisiä, ja suurelta osin liukoisuudet ovat alittaneet laboratorion määritysrajan. Sivukivestä liukenee pääasiassa nikkeliä, sinkkiä ja sulfaattia. Vuonna 2022 vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuus-kriteerin ylityksiä todettiin nikkelin osalta ja vaarattoman jätteen kaatopaikkakelpoisuus-kriteerin ylityksiä lisäksi sinkin osalta. Lisäksi liukoisuustestin suodoksen pH-arvo ei kaikilta osin täyttänyt vaarattoman jätteen kaatopaikkakelpoisuus-kriteeriä. Vuosina 2019 ja 2020 liukoisuuksien vuosikeskiarvopitoisuuksissa oli havaittavissa nousua mm. nikkelin, sinkin ja sulfaatin osalta, vuosina 2021 ja 2022 näiden parametrien vuosikeskiarvojen kehitys on ollut laskusuuntaista.

### **Akkukemikaalitehtaan jätejakeet**

Akkukemikaalitehtaalla muodostuvat jätejakeet ovat rautasakka, bentoniittisakka, aktiivihiiijäte sekä bioliuotuskiertoon kierrätettävä metallisulfaattiliuos. Vuonna 2022 tarkkailu toteutui ohjelman mukaan metallisulfaattiliuoksen osalta. Aktiivihiiilestä, bentoniittisakasta ja rautasakasta kerättiin ensimmäiset kuukauden kokoomanäytteet perusmäärittelyä varten lokakuussa. Tämän jälkeen sakkajakeiden tarkkailu jatkuu vastaavuustestauksena kuukauden kokoomanäytteistä tarkkailusuunnitelman mukaisesti, kun jätejakeita muodostuu. Vuonna 2022 aktiivihiiijätteestä ja bentoniittisakasta kerättiin näytteet vastaavuustestausta varten joulukuussa ja rautasakasta marras-joulukuussa.

Metallisulfaattiliuos on akkukemikaalitehtaan nestemäinen jätejake, joka kierrätetään hyödynnettäväksi bioliuotuksessa. Metallisulfaattiliuos on analysoitujen näytteiden perusteella sisältänyt korkeita pitoisuuksia kobolttia, nikkeliä, sinkkiä, uraania ja rikkiä. Pitoisuustasoissa on ollut ajoittain voimakastakin vaihtelua.

Bentoniittisakka ja aktiivihiiijäte toimitetaan kierrätettäväksi tai käsiteltäväksi toimintaan, jolla on ympäristölupa kyseisten jätteiden vastaanottamiseen ja käsittelyyn. Rautasakka voidaan 31.7.2023 saakka käsitellä palauttamalla se omana jakeenaan välittömästi tai lyhyen varastointiajan jälkeen liuotukseen sekundääri-liuotuskasalle.

Lokakuun näytteille tehtyjen perusmäärittelyjen perusteella aktiivihiiilinäytteen, bentoniittisakkanäytteen ja rautasakan nikkelin kokonaispitoisuus ylitti vaarallisten jätteiden luokituksen alimmat rinnakkaisjätenimikkeellisille sovellettavat pitoisuusrajat, mikäli nikkeli esiintyy jätteessä nikkeli-sulfaattina ja/tai nikkelisulfidina. Liukoisuustestin tulosten perusteella arvioitiin, että nikkeli esiintyy kaikissa kolmessa jätejakeessa suurelta osin helpoliukoisena nikkelisulfaattina. Lisäksi aktiivihiiilen ja bentoniittisakan öljyhiiilivetyjen kokonaispitoisuus molemmissa näytteissä ylitti rinnakkaisnimikkeellisille jätteille asetetun vaarallisen jätteen luokituksen ylempään pitoisuusrajan.

Myös vastaavuustestausten perusteella aktiivihiiilijätteen, bentoniittisakan ja rautasakan nikkelpitoisuudet ylittivät vaarallisen jätteen pitoisuusraja-arvon selvästi kaikissa näytteissä. Lisäksi kobolttipitoisuus ylitti vaarallisen jätteen pitoisuus-raja-arvon rautasakan joulukuun näytteessä. Muiden alkuaineiden osalta vaarallisen jätteen raja-arvot alittuivat. Yleisesti korkeimmat metallipitoisuudet määritettiin rautasakan näytteistä. Pitoisuuksien pitkäaikaiskehitystä voidaan arvioida tulevina vuosina, kun tulosdataa on käytettävissä enemmän.

Liukoisuustestien perusteella aktiivihiiilijätteen liukoisen nikkelin pitoisuus ylitti vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuus-kriteerin. Lisäksi vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuus-kriteeri ylittyi liukoisen orgaanisen hiilen (DOC) pitoisuuden osalta lokakuussa sekä sulfaatin ja liuenneiden aineiden kokonaisu-määrän (TDS) osalta joulukuussa. Bentoniittisakka puolestaan ei täyttänyt vaarallisen jätteen kaatopaikan sijoitusvaatimuksia liian korkean liukoisen nikkelin, liukoisen sulfaatin, liukoisen orgaanisen hiilen (DOC) sekä liuenneiden aineiden kokonaisu-määrän (TDS) pitoisuuksien takia. Rautasakan osalta kaikissa näytteissä ylittyi vaarallisen jätteen kaatopaikkakelpoisuus-kriteeri liukoisen nikkelin osalta.