

Vastaanottaja  
Terrafame Oy

Asiakirjatyyppi  
Suunnitelmaselostus

Päivämäärä  
29.6.2021

# TERRAFAME OY

## SULKEMI SSUUNNITELMA



TERRAFAME OY  
SULKEMI SSUUNNITELMA

Projekti Sulkemissuunnitelma  
Projekti nro 1510052817-009  
Vastaanottaja Terrafame Oy  
Asiakirjatyyppi Suunnitelmaselostus  
Päivämäärä 29.6.2021  
Laatija Tarja Simonen, Emmy Hämäläinen, Piia Sassi-Päkkilä, Elina Lampinen  
Tarkastaja Emmy Hämäläinen  
Hyväksyjä Joonas Hokkanen  
Kuvaus Kooste eri toiminta-alueiden sulkemisen periaatteista

Ramboll  
Savilahdentie 6  
70210 Kuopio

P +358 20 755 611  
F +358 20 755 6201  
<https://fi.ramboll.com>

## SI SÄLTÖ

1.	JOHDANTO .....	3
1.1	LÄHTÖKOHTA .....	3
1.2	SULKEMI STA KOSKEVAT VAATIMUKSET .....	6
1.2.1	<i>Sulkemista koskevat ympäristölupamääräykset .....</i>	7
1.3	SULKEMI SEN TAVOI TE .....	7
2.	KAI VOSTOI MI NNAN PÄÄTTÄMI NEN .....	9
2.1	KAI VOKSEN TOI MI NTAMALLI .....	9
2.2	SULKEMI SEEN VARAUTUMI NEN .....	9
2.3	SULKEMI SJÄRJESTYS .....	9
2.4	AI KATAULU .....	10
2.5	ENNENAI KAI NEN SULKEMI NEN .....	11
2.6	RISKIEN HALLI NTA .....	12
3.	SULKEMI STOI MENPI TEET TOI MI NTA-ALUEI TTAI N .....	14
3.1	KUUSI LAMMEN AVOLOUHOS .....	14
3.1.1	<i>Kuusilammen avolouhoksen sulkemista koskevat lupamääräykset .....</i>	14
3.1.2	<i>Sivukiven sijoittaminen Kuusilammen avolouhokseen .....</i>	14
3.2	KOLMI SOPEN AVOLOUHOS .....	15
3.3	KOLMI SOPEN JA KUUSI LAMMEN AVOLOUHOSTEN VEDEN LAATU JA KÄSITTELY 16	
3.4	AVOLOUHOSTEN SULKEMI SEN RISKIT JA LI SÄSELVITYSTARPEET .....	17
3.5	SIVUKIVI ALUEET .....	17
3.5.1	<i>Yleistä .....</i>	17
3.5.2	<i>Kuusilammen sivukivialueiden sulkemiseen liittyvät lupamääräykset .....</i>	18
3.5.3	<i>Sivukivien laatu Kuusilammen ja Kolmisopen alueella .....</i>	20
3.5.4	<i>Aluetiedot .....</i>	23
3.5.5	<i>Sivukivialueiden sulkeminen .....</i>	31
3.5.6	<i>Sulkemisen riskit ja lisäselvitystarpeet .....</i>	32
3.6	PRIMÄÄRI LI UOTUSALUEET .....	33
3.6.1	<i>Yleistä .....</i>	33
3.6.2	<i>Liuoksen ominaisuudet .....</i>	34
3.6.3	<i>Primääriliuotusalueen sulkemista koskevat lupamääräykset .....</i>	34
3.6.4	<i>Aluetiedot .....</i>	34
3.6.5	<i>Primääriliuotusalueiden sulkeminen .....</i>	38
3.6.6	<i>Sulkemisen riskit ja lisäselvitystarpeet .....</i>	38
3.7	SEKUNDÄÄRI LI UOTUSALUEET .....	39
3.7.1	<i>Yleistä .....</i>	39
3.7.2	<i>Sekundääriliuotusalueiden sulkemista koskevat lupamääräykset .....</i>	39
3.7.3	<i>Sekundäärialueelle läjitetyn materiaalin laatu .....</i>	40
3.7.4	<i>Aluetiedot .....</i>	42
3.7.5	<i>Sekundäärialueiden sulkeminen .....</i>	49
3.7.6	<i>Riskit ja lisäselvitystarpeet .....</i>	51
3.8	KI PSI SAKKA-ALTAAT .....	52

3.8.1	Yleistä .....	52
3.8.2	Kipsisakka-altaiden sulkemiseen liittyvät lupamääräykset .....	53
3.8.3	Kipsisakka-altaille sijoitetut ja sijoitettavat jätteet .....	54
3.8.4	Aluetiedot .....	57
3.8.5	Kipsisakka-altaiden sulkeminen .....	61
3.8.5.4	Kipsisakka-altaiden sulkemisen riskit ja lisäselvitystarpeet .....	64
3.9	MUUT TOIMINNOT JA RAKENTEET .....	65
3.9.1	Sulkemiseen liittyvät lupamääräykset .....	66
3.10	PILAANTUNEET ALUEET .....	66
3.10.1	Pilaantuneisuuden selvittäminen .....	66
3.10.2	Tehdyt selvitykset .....	67
3.10.3	Pilaantuneiden alueiden kunnostus tai sulkeminen .....	71
3.10.4	Pilaantuneiden maiden ja pohjavesien lisäselvitystarpeet .....	71
4.	VESIEN HALLINTA .....	72
4.1.1	Vesien käsittely ja eri laatuisten vesien erottelu .....	72
4.1.2	Vesienkäsittelyä koskevat lupamääräykset sulkemisvaiheessa .....	72
4.1.3	Nykyisen kaivosalueen vesienkäsittelyalueet ja altaat .....	73
4.1.4	Uusien tuotantoalueiden vesienkäsittelyalueet ja altaat .....	74
4.1.5	Sulkemistoimenpiteiden vaikutus vesien hallintaan .....	75
4.1.6	Sulkemisen riskit ja lisäselvitystarpeet .....	80
5.	MATERIAALIEN HALLINTA .....	81
5.1	SULKEMISRAKENTEISIIN SOVELTUVAT MATERIAALIT .....	81
5.1.1	Hyödynnettäviin materiaaleihin liittyvät lupamääräykset .....	81
5.1.2	Ylijäämämaat .....	81
5.1.3	Hyödynnettävät sivukivet .....	82
5.1.4	Kolmisopen esiintymän hyödyntämisen ja kaivospiirin laajennuksen ylijäämämaat .....	83
6.	LAADUN HALLINTA .....	84
6.1.1	BAT ja BREF .....	84
6.1.2	Työn aikainen laadun valvonta ja toteaminen .....	84
7.	JÄLKIHOITO JA TARKKAILU .....	85
8.	SULKEMISVAIHEEN RISKIEN HALLINTA .....	86
	LÄHTEET .....	88

## LIITTEET

Liite 1. Kaivannaisjätealueiden sulkemisen BAT vertailu, kooste



# 1. JOHDANTO

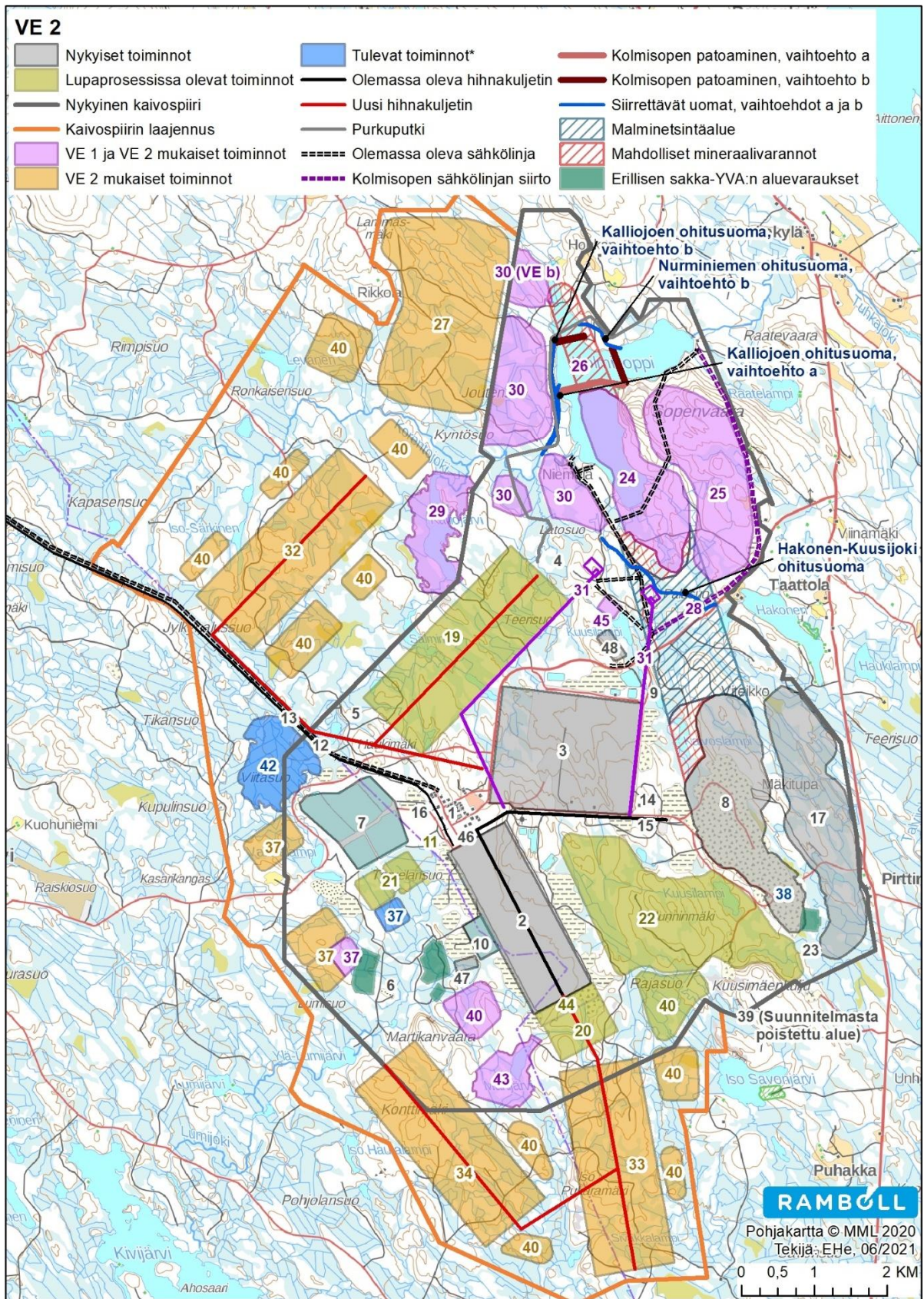
## 1.1 LÄHTÖKOHTA

Tämä sulkemissuunnitelmakooste on laadittu Terrafamen nykyiselle kaivosalueelle sekä suunnitellulle Kolmisopen esiintymän hyödyntämisen ja kaivospiirin laajennuksen YVA hankevaihtoehdon VE2 alueille, kuva 1. Kolmisopen esiintymää on suunniteltu hyödynnettävän vuosina 2028-2040, jonka jälkeen louhintaa jatketaan Kuusilammen avolouhoksessa vuoteen 2050 saakka. Mahdollisten mineraalivarantojen hyödyntämistä voidaan jatkaa Kuusilammen ja Kolmisopen louhoksilla vuoteen 2080 saakka.

Hankevaihtoehdon VE2 alueiden sulkemistoimenpiteet on sisällytetty kokonaisuuden hahmottamiseksi samaan asiakirjaan kuin nykyisen kaivospiirin alueet, koska kaivoksen sulkemistoimenpiteet limittyvät ajallisesti, sijainniltaan sekä materiaalien hankinnan, välivarastoinnin ja siirtojen osalta. Lisäksi metallien talteenotto prosessit ja osa tukitoiminnoista, kuten vesien käsittely, palvelevat sekä nykyisiä että laajennusalueita. Kolmisopen louhoksen kiviaines vastaa Kuusilammen louhoksen kiviainesta ja siten myös laajennusalueelle sijoitettavien sivukivi- ja sekundääriliuotusalueiden rakenneratkaisut ovat nykyisen kaltaisia.

Sulkeminen alkaa vaiheittain toiminta-aikana, kun alueiden käyttö loppuu tai läjitysalueet täyttyvät. Nykyisellä kaivosalueella ei ole aloitettu varsinaista jätealueiden sulkemista vuoden 2020 loppuun mennessä, mutta sekundääriliuotusalueen SH1-4 pohjarakenteen alapuolinen sivukivitäyttö on suljettu alueen rakentamisen yhteydessä. Kipsisakka-altaille on tehty sulkemisen yleissuunnitelma, sulkemisen pintarakenteiden koekenttäselvitys koekentillä on aloitettu vuonna 2016 ja alueen korotusta ja sulkemista kuivatäytöllä on selvitetty vuonna 2020. Ensimmäisenä käyttöön otetut alueet ovat täyttyneet (Kipsisakka-altaat 1 ja 2) ja näiden lohkoille 2-6 on haettu korotuslupaa PSAVI:lta. Lisäksi on rakennettu uusi kipsisakka-allas 3, joka odottaa ympäristölupapäätöstä. Kipsisakka-altaan 1 lohko 1 on poistettu tuotannollisesta käytöstä ja sen sulkemistoimenpiteet ajoittuvat lähivuosille. Sekundääriliuotusalueiden ja sivukivialueen peittorakenteiden toimivuutta selvitetään koekentillä.

Sulkemiskooste palvelee sulkemisen kokonaisuuden hahmottamisessa sekä toimii pohjana eri toiminta-alueiden sulkemisen suunnittelulle myös siinä tapauksessa, että sulkeminen tapahtuu ennenaikaisesti. Koosteeseen on sisällytetty Terrafame Oy:n toiminta-alueiden sekä hanke- että yleissuunnitelmatasoisten suunnitelmien sulkemisen tavoitteet, periaatteet ja aikataulut siinä tarkkuudessa kuin ne ovat olleet saatavilla, kuva 2. Koostetta tarkennetaan tarvittaessa tietojen tarkentuessa esimerkiksi laajennusalueiden, läjitettävien materiaalien, käsittelyprosessien tai toteutettujen sulkemusrakenteiden osalta (BAT 11). Jokaisen alueen sulkemiselle laaditaan sulkemisen yleissuunnitelma ja tarvittaessa laaditaan ympäristölupahakemus, jos esitetty sulkemusratkaisu poikkeaa ympäristöluvan mukaisesta ratkaisusta. Ennen sulkemistoimenpiteitä laaditaan jokaiselle sulkemisivaiheelle vielä rakennussuunnitelmatasoinen sulkemissuunnitelma.

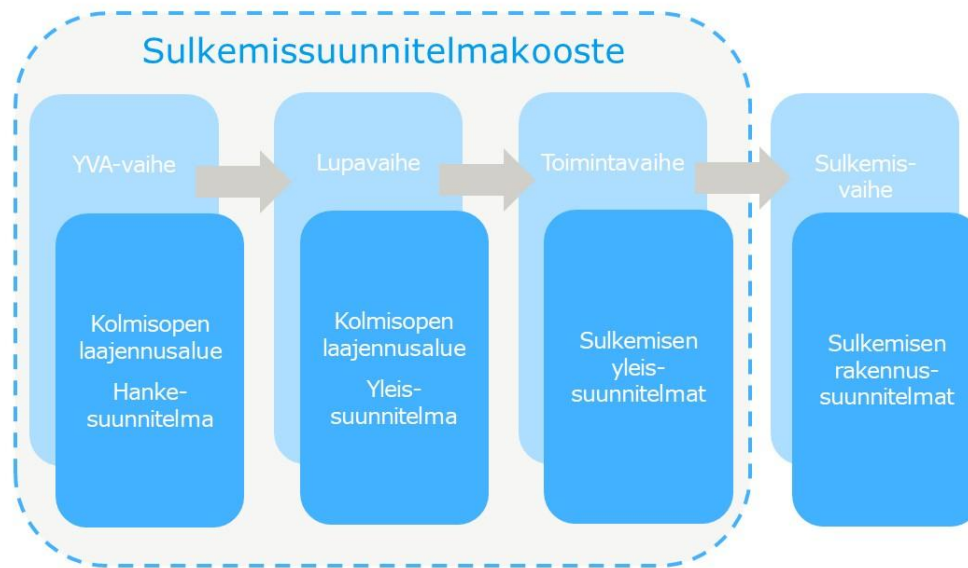


Kuva 1. Terrafame Oy:n sulkemissuunnitelmaan sisältyvät alueet, kuva Ramboll, YVA 2020.



- |    |                                                 |    |                                                                             |
|----|-------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Tehdasalue                                      | 25 | Sivukiven läjitysalue, KS1                                                  |
| 2  | Primääriliuotusalue, lohko 1 - 4                | 26 | Kolmisopen patojärjestelyt                                                  |
| 3  | Sekundääriliuotusalue, lohko 1 - 4              | 27 | Sivukiven läjitysalue, KS2                                                  |
| 4  | Latosuon allas                                  | 28 | Kolmisopen sähkölinjamuutokset                                              |
| 5  | Pohjoinen jälkikäsitteily-yksikkö               | 29 | Kalliojärven korotus                                                        |
| 6  | Eteläinen jälkikäsitteily-yksikkö               | 30 | Kolmisopen ruoppausmassojen läjitys                                         |
| 7  | Kipsisakka-altaat, lohkot 1 - 6                 | 31 | Kolmisopen esimurskain ja hihnakuuljetin                                    |
| 8  | Kuusilammen avolouhos                           | 32 | Sekundääriliuotusalueen laajennus, lohko 9-12 ja tarvittavat toiminnot      |
| 9  | Puhtaiden valumavesien käsitteily-yksikkö       | 33 | Sekundääriliuotusalueen laajennus, lohko 13-16 ja tarvittavat toiminnot     |
| 10 | Primääriliuoksen (PLS) keräysaltaat             | 34 | Sekundääriliuotusalueen laajennus, lohko 17-20 ja tarvittavat toiminnot     |
| 11 | Uraanin talteenottolaitos                       | 35 | Primääriliuotusalueen laajennus, lohkot 6 ja 9 ja tarvittavat toiminnot     |
| 12 | Rautatie                                        | 36 | Primääriliuotusalueen laajennus, lohkot 7 ja 8 ja tarvittavat toiminnot     |
| 13 | Sähkölinja                                      | 37 | Kipsisakka-allas 5 VE0+, kipsisakka-allas 6 VE1, kipsisakka-altaat 7-11 VE2 |
| 14 | Varikkoalue                                     | 38 | Sivukiven takaisintäyttö Kuusilammen avolouhokseen                          |
| 15 | Kuusilammen esimurskain                         | 39 | Suunnitelmasta poistettu maanpoistojen läjitysalue                          |
| 16 | Keskusvedenpuhdistamo                           | 40 | Maanpoistojen läjitysalueet                                                 |
| 17 | Sivukiven läjitysalue, KL2                      | 42 | Viitasuon allas                                                             |
| 19 | Sekundääriliuotusalueen laajennus, lohkot 5 - 8 | 43 | Mäkijärven allas                                                            |
| 20 | Primääriliuotusalueen laajennus, lohko 5        | 44 | Primääriliuotusalueen laajennus, lohkojen 2 ja 3 jatko                      |
| 21 | Kipsisakka-altaat 3 - 4                         | 45 | Kolmisopen varikkoalue                                                      |
| 22 | Sivukiven läjitysalue, KL1                      | 46 | Akkukemikaalitehdas                                                         |
| 23 | Geotuubikentät                                  | 47 | Primääriliuoksen (PLS) keräysaltaiden laajennus                             |
| 24 | Kolmisopen avolouhos                            | 48 | Raffinaattiallas 2                                                          |

Edellinen sulkemissuunnitelmakooste nykyiseltä kaivosalueelta on päivitetty viimeksi vuonna 2018 (Pöyry, 2018c). Tässä koosteessa nykyisten alueiden sulkemista tarkennetaan edellisen koosteen jälkeen laadituilla laajennus-, korotus- ja sulkemissuunnitelmilla, läjitettyjen materiaalien ominaisuuksien ja luokitusten osalta, tehtyjen lisäselvitysten (peittorakenteiden koekentät) ja toteutuneiden muutosten osalta.



Kuva 2. Sulkemissuunnittelun vaiheet ja sulkemissuunnitelmakoosteen sisältö.

## 1.2 SULKEMI STA KOSKEVAT VAATIMUKSET

Sulkemistoimenpiteistä on määrätty Terrafame Oy:n voimassa olevan toiminnan ympäristöluvassa (PSAVI nro 36/2014/1, annettu 30.4.2014). Lisäksi toiminnan lopettamisessa noudatetaan vesitalouslupamääräysten osalta vanhaa ympäristö- ja vesitalouslupalupapäätöstä (PSY nro 33/07/1, annettu 29.3.2007) sekä Terrafame Oy:n muita voimassa olevia ympäristölupia ja hallintopäätöksiä (VHO nro 19/0251/2 ja PSAVI nro 76/2017/1 sivukivialueesta KL2, VHO nro 18/0272/2 ja PSAVI nro 3/2017/1 vesien käsittelystä ja sakkujen sijoittamisesta, PSAVI nro 141/2014/1, KHO nro 2160 vaativien vesijakeiden varastoinnista, PSAVI nro 43/2015/1 Nuasjärven purkuputkesta). Sulkemistoimenpiteistä voivat antaa määräyksiä myös TUKES, STUK ja patojen osalta patoturvallisuusviranomaisen.

Terrafame on jättänyt 30.8.2017 (täydennetty 27.7.2018) koko yhtiön toimintaa koskevan kaivos- ja metallien jalostustoiminnan ympäristö- ja vesitalouslupahakemuksen. Sulkemissuunnitelmaa päivitetään tarvittaessa uuden luvan määräysten mukaisesti. Sivukivialueen KL1 rakentamisesta on jätetty lupahakemus 26.5.2020.

Sulkeminen tehdään voimassa olevien lakien mukaan, sulkemistoimenpiteistä on määrätty mm. kaivoslaissa (621/2011), ympäristönsuojelulaissa (527/2014), valtioneuvoston asetuksessa kaivannaisjätteistä (190/2013), valtioneuvoston asetuksessa vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun asetuksen muuttamisesta (1308/2015), patoturvallisuuslaissa (494/2009) ja -asetuksessa (319/2010) sekä kemikaaliturvallisuuslaissa (390/2005).

Sulkemistratkaisujen riskejä ja parhaan käyttökelpoisen tekniikan käyttöä on arvioitu kansallisten ohjeiden perusteella; Opas kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREFF -vertailuasiakirjan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskevien päätelmien soveltamiseen (YM, 2020:12), Patoturvallisuusopas (Kainuun ELY-keskus, 2018), Kaivoksen sulkemisen käsikirja (GTK, 2005) ja ympäristöopas 'Kaatopaikkojen käytöstä poistaminen ja sulkeminen' (Suomen ympäristökeskus, 2008).

### 1.2.1 Sulkemista koskevat ympäristölupamääräykset

Toiminta-alueiden sulkemista koskevat lupamääräykset on esitetty jäljempänä kappaleessa 3 (Sulkemistoimenpiteet toiminta-alueittain) aina kulloisenkin toiminta-alueen kohdalla. Yleisesti toiminnan ympäristöluvassa sulkemisesta on määrätty seuraavaa.

PSAVI, Nro 36/2014/1: 110. --- Sulkemissuunnitelman on katettava sekä ympäristönsuojelulain että vesilain nojalla toteutetut ja toteutettavat toimet.

Sulkemissuunnitelmaan on liitettävä myös suunnitelma liuotusprosessien hallitukseksi alas ajamiseksi sekä jätealueiden ja jätevesipäästöjen hallitsemiseksi tilanteessa, jossa kaivoksen toiminta keskeytyy osittain tai kokonaan normaalia huoltojaksoa pitemmäksi ajaksi.

#### Nykyisiä kaivosalueita (Kuusilampi) yleisesti koskevat lupamääräykset

PSAVI, Nro 36/2014/1: 109. Luvan haltija vastaa toiminnan päätyttyä edelleen tarpeellisista toimenpiteistä pilaantumisen ehkäisemiseksi, toiminnan vaikutusten selvittämisestä ja tarkkailusta.

PSAVI, Nro 36/2014/1: 115. Toiminnan loputtua on alueelta poistettava kaikki ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavat koneet ja laitteet, kemikaalit, polttoaineet ja jätteet, lukuun ottamatta alueelle loppusijoitettuja jätteitä. Louhokset ja jätteiden läjitysalueet on saatettava yleisen turvallisuuden edellyttämään kuntoon.

Luvan saajan on huolehdittava siitä, että kaivostoiminnan lopettamisen jälkeenkin kaivannaisjätealueista, kaatopaikoista ja muista kohteista aiheutuvien päästöjen rajoittamiseksi tarpeelliset rakenteet ja laitteet ovat käytössä ja pysyvät toimintakuntoisina siihen asti kunnes lupaviranomainen jälkihoitovaiheen päästö- ja vaikutustarkkailutietojen perusteella päättää, että järjestelmät eivät ole tarpeen.

### 1.3 SULKEMISEN TAVOITE

Sulkemisen tavoitteena on ehkäistä pohjaveden laadun heikkenemistä ja maaperän pilaantumista, lisätä kaivannaisjätealueiden lyhyt- ja pitkäaikaista vakavuutta sekä vähentää jätealueiden pölyhaittoja ja päästöjä pintavesiin ja ilmaan. Sulkemisen jälkeen alueen tulee olla ihmisille, eläimille ja ympäristölle turvallinen.

Terrafame on sitoutunut kaivosvastuujärjestelmän toimintaperiaatteisiin, jotka sisältävät kaivoksen vastuullisen sulkemisen ja sulkemistoiminnan kehittämisen. Periaatteissa painotetaan sulkemisen aktiivista huomioimista ja sulkemiseen varautumista koko kaivoksen elinkaaren ajan, sisältäen mm. kustannusarvioiden jatkuvan päivittämisen ja suunnitelmien tarkentamisen hyvien käytäntöjen mukaan. (Kaivosvastuu, 2017)

Tavoitteena on tilanne, missä kaivosalue vaatii mahdollisimman vähän huoltoa ja kunnossapitoa sulkemisen jälkeen. Tämä otetaan huomioon mm. rakenteissa ja vesien hallinnassa. Sulkeminen toteutetaan kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti ja sulkemirakenteissa hyödynnetään mahdollisimman paljon alueelle välivarastoituja pintamaita sekä kaivostoiminnan sivukiviä ja jättejakeita lupamääräysten rajoissa. Näiden lisäksi sulkemiseen voidaan käyttää lähialueelta saatavia maa-aineksia.

Alueen topografia on muuttunut pysyvästi, mutta jälkihoidon avulla kaivosalueesta pyritään rakentamaan biologisesti mahdollisimman monimuotoinen ympäristö. Alue pyritään sopeuttamaan maisemaan ja ne alueet, joilla puusto ei vaaranna sulkemis- tai patorakenteita, voidaan osoittaa

metsätalousalueeksi. Suurten kasojen muotoilu ei sulkemisvaiheessa enää käytännössä ole mahdollista.

Avolouhosten sulkemisen jälkeen niiden annetaan täyttyä vedellä, jolloin myös ympäröivän alueen pohjavesien pinta ja virtaussuunnat muuttuvat lähemmäksi alkuperäistä tilannetta. Sulkeminen tiiviillä pintarakenteella vähentää huomattavasti suljettavilta alueilta muodostuvia ja käsiteltäviä vesimääriä. Samalla jätealueiden päältä maastoon ohjattavien puhtaiden hulevesien määrä ja virtaamat kasvavat ja alueen pintavalunta palautuu kohti rakentamista edeltävää tilannetta.

Liikenneyhteydet, valmis infra ja sähköverkko mahdollistavat teollisuustoiminnan alueella sulkemisen jälkeen. Tehtaiden ja tuotantolaitosten sulkemistoimenpiteet tai jatkokäyttö arvioidaan toiminnan loppuvaiheessa.



## 2. KAI VOSTOIMINNAN PÄÄTTÄMINEN

### 2.1 KAI VOKSEN TOIMINTAMALLI

Terrafame Oy:n ympäristöasioiden, työterveys- ja työturvallisuuden, laadun sekä vahinkovaarojen hallintaa ja pelastustoimintaa johdetaan EHSQ-toimintamallilla. Toimintamallin laatu-, turvallisuus- ja ympäristöjohtamisjärjestelmät on sertifioitu (ISO 9001, ISO 45001, ISO 14001, OHSAS 18001).

Toimintamalli sisältää kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF -vertailuasiakirjan yleisten päätelmien BAT1a (Organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmä) ja BAT1b (Ympäristöasioiden hallintajärjestelmä) mukaiset menetelmät.

### 2.2 SULKEMI SEEN VARAUTUMINEN

Sulkemisen kustannuksiin on varauduttu asettamalla ympäristöluvan edellyttämät vakuudet. Sulkemisen kustannuksia katetaan toiminnan loppuessa lisäksi malmin liuotuksesta saatavilla tuloilla. Malmin liuotuksen ja metallien talteenoton jatkaminen prosessin loppuun saakka louhinnan päättymisen jälkeen tai toiminnan keskeytyessä muusta syystä, on paitsi ympäristön kannalta, myös kustannusten hallinnan kannalta paras toimintatapa. (BAT 11)

Terrafamen kaivosalue on erittäin laaja ja sulkemisen rakenteisiin tarvitaan huomattavan suuria massamääriä. Edellinen toiminnanharjoittaja on varautunut sulkemistoimenpiteisiin jo kaivosta perustettaessa ja Terrafame toiminnan aikana välivarastoimalla sulkemISRakenteisiin soveltuvia pintamaita kaivosalueelle. Sivukivialueelle KL1 on suunniteltu varastoitavan kiilleliusketta erillisellä alueella, josta sivukiveä voidaan ottaa tarvittaessa sulkemISRakenteisiin, kohta 3.5.4. Maisemavaikutukset määräytyvät pääosin kaivoksen perustamisvaiheessa ja toiminnan aikana. Sulkemisvaiheessa maisemavaikutuksiin voidaan vaikuttaa pintarakennevalinnoilla, jotka mahdollistavat kasvillisuuden ja puuston kehittymisen. (BAT 11)

Kaivoksen sulkemissuunnittelu on alkanut jo kaivosta perustettaessa ja jatkuu asteittain tarkentuvana koko toiminnan ajan. Terrafamella on meneillään useita selvityksiä sulkemiseen liittyen. Käynnissä on koekenttäselvitykset kipsisakka-altaiden, sivukivialueiden ja sekundääriliuotusalueiden vaihtoehtoisten pintarakenteiden toimivuudesta, selvitysten koerakenteet on kuvattu tarkemmin jäljempänä kunkin toiminta-alueen kohdalla. Koerakenteissa hyödynnetään kaivoksen omia jätejakeita, lähialueen maa-aineksia ja stabilointia. Koerakenteiden lisäksi Terrafamella on meneillään kipsisakan kuivauksen teknisistä edellytyksistä selvitys, joka voi vaikuttaa oleellisesti sakka-alueen sulkemistapaan, kohta 3.8. (BAT 11)

### 2.3 SULKEMI SJÄRJESTYS

Kaivostoiminnan lopettamispäätöksen jälkeen käytössä olevat alueet suljetaan ja tuotantolaitokset ajetaan alas ja avolouhoksen annetaan täyttyä vedellä.

Kaivoksen jätealueiden sulkeminen aloitetaan jo kaivostoiminnan aikana vaiheittain mahdollisimman pian sen jälkeen, kun alueiden täyttötaso on saavutettu tai käyttö loppunut (BAT 11). Sulkeminen tehdään vaiheittain vesien hallinnan, rakentamisen logistiikan, materiaalien hankinnan, laadun varmistamisen ja kustannusten hallinnan takia. Kunkin toiminta-alueen jätteen laatu ja sulkemISRakenteiden vaatimukset sekä sulkemisen mahdolliset ongelmat ja riskit on kuvattu kappaleessa 8. Uusia alueita rakennettaessa sulkemistapa huomioidaan suunnitteluvaiheessa ja

täyttötoiminnan aikana. Vaiheittain sulkeminen antaa arvokasta kokemusta toteutetuista sulkemisratkaisuksista, joita voidaan hyödyntää seuraavien laajennusalueiden suunnittelussa.

Viimeiset sulkemistoimenpiteet aloitetaan malmin louhinnan päätyttyä. Avolouhosten annetaan täyttyä vedellä. Kuusilammen avolouhoksen täyttyminen kestää Terrafamen arvion mukaan vähintään 60-100 vuotta. Kolmisopen avolouhoksen täyttymisen arvioidaan kestävän noin 20 vuotta, jos Kalliojoen virtaamaa ohjataan kaivokseen. Mikäli avolouhoksen annetaan täyttyä luontaisesti ilman vesien ohjaamista avolouhokseen, sen täyttymisessä arvioidaan kuluvan 70-130 vuotta. Sivukivikasat ovat suljettavissa ensimmäisinä. Primääriliuotusta ja sekundääriliuotusta jatketaan niin kauan kuin metallin liukeneminen kestää. Primäärिकासojen purkaminen kestää noin 1,5-2 vuotta, jonka jälkeen liuotus jatkuu sekundäärialueella vielä 3-5 vuotta. Primääriliuotuskasojen purkamisen yhteydessä puretaan myös niihin liittyvät liuosaltaat ja muut rakenteet sekä poistetaan mahdollisesti pilaantunut maa. Kipsisakka-altaiden sulkeminen saadaan vietyä loppuun, kun vesien käsittelylaitoksen toiminta loppuu, mihin menee Terrafamen arvion mukaan joitakin kymmeniä vuosia.

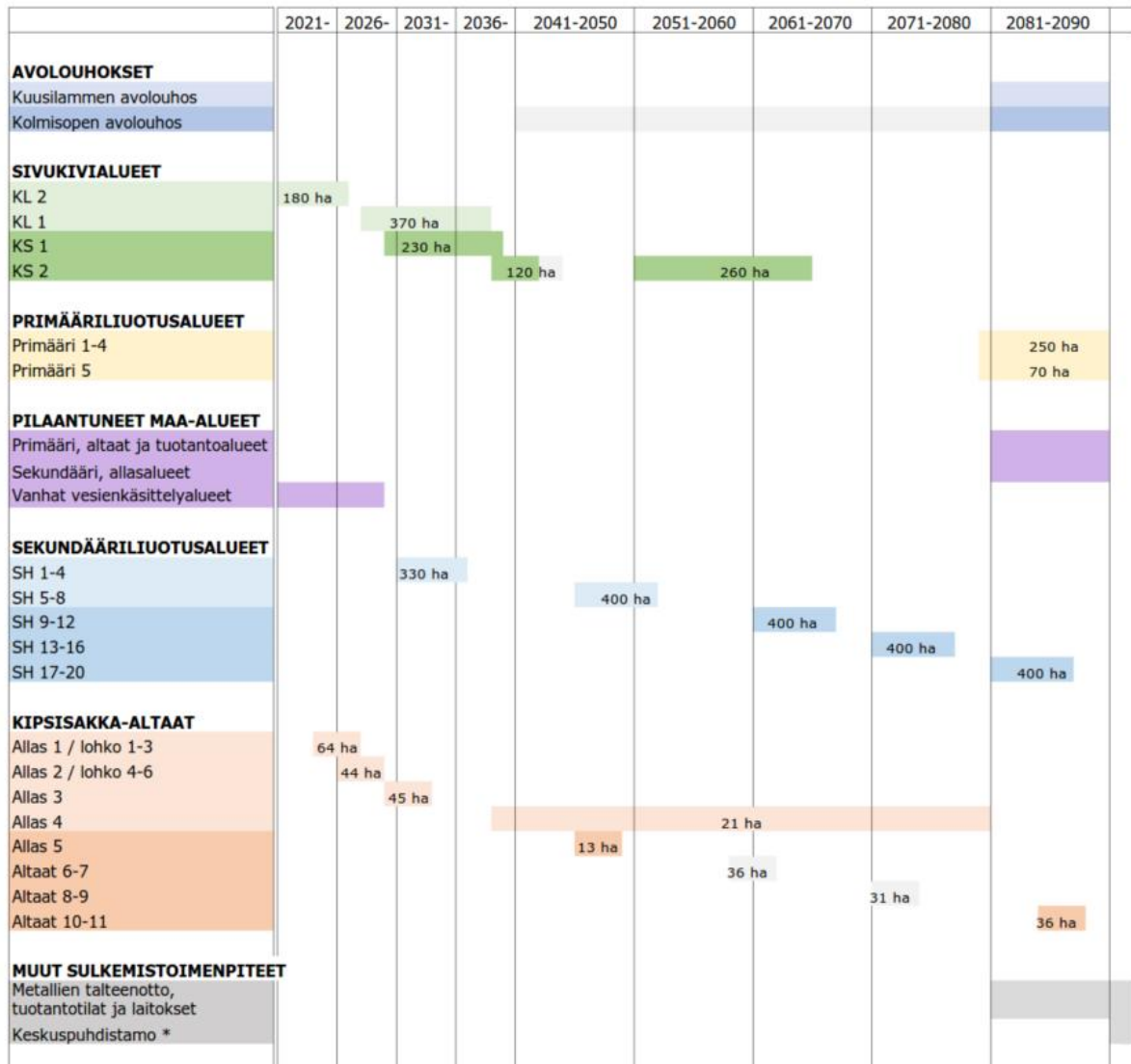
## 2.4 AIKATAULU

Kuusilammen esiintymää louhitaan vuoteen 2028 saakka, jonka jälkeen siirrytään louhimaan Kolmisopen esiintymää vuoteen 2040 saakka. Tämän jälkeen louhintaa jatketaan Kuusilammen louhoksessa vuoteen 2080 saakka. (YVA, hankevaihtoehto VE2).

Sivukivialueita suljetaan vaiheittain niin, että auki oleva alue on mahdollisimman pieni. Nykyisin käytössä olevan sivukivialueen KL2 (180 ha) sulkeminen aloitetaan vuonna 2021 ja arvioiden mukaan koko KL2-alue on suljettu vuoteen 2027 mennessä. Sivukivialue KL1 (370 ha) tullaan nykytietojen perusteella sulkemaan vaiheittain vuosina 2028 – 2038 Sivukivialuetta KS1 (230 ha) suljetaan vaiheittain vuosien 2030 – 2039 aikana. Sivukivialueen KS2 ensimmäisen vaiheen (noin 120 ha) sulkeminen aloitetaan vuonna 2039 ja loput 260 ha suljetaan vuosina 2051-2065.

Primääriliuotusalueiden sulkeminen alkaa vasta kaivoksen tuotantovaiheen loputtua kokonaan. Nykytietojen perusteella primääriliuotusalueen sulkeminen aloitetaan noin vuonna 2080. Sekundääriliuotusalueita suljetaan vaiheittain. Lohkot 1 – 4 (330 ha) suljetaan arviolta vuosien 2031 – 2036 aikana, lohkot 5 – 8 (400 ha) vuosien 2045 – 2052 aikana, lohkot 9 – 12 (400 ha) vuosien 2061 – 2067 aikana, ja lohkojen 17 – 20 (400 ha) sulkeminen aloitetaan kaivostoiminnan loppumisen jälkeen. Sekundääriliuotusalueita suljetaan noin 60 ha vuosittain.

Kipsisakka-altaita suljetaan vaiheittain jo kaivoksen tuotantoaikana. Arvioiden perusteella altaan 1 sulkeminen aloitetaan aikaisintaan vuonna 2023 ja altaan sulkemiseen menee noin 3 vuotta. Muiden altaiden sulkemiseen on arvioitu kuluvan noin 2 vuotta/allas. Kipsisakka-altaiden rakentamiseen ja sulkemisen aikatauluun vaikuttaa oleellisesti sakan kuivaus ja läjitystapa.



\* sulkeminen noin vuonna 2100

Kuva 3. Sulkemistoimenpiteiden alustava aikataulu (Terrafame 2020f).

## 2.5 ENNENAIKAINEN SULKEMINEN

Myös ennenaikaisen sulkemisen tapauksessa malmin liuotuksen jatkaminen prosessin loppuun saakka on sekä ympäristön kannalta että taloudelliselta kannalta paras vaihtoehto.

Sulkemisjärjestys ja toimenpiteet eivät poikkea merkittävästi lopullisesta sulkemisesta, sillä bioliuotusprosessi ei ole nopeasti pysäytettävissä ja sulkeminen etenisi malmintuotannon loppumisesta louhoksen ja jätealueiden sulkemiseen. Metallien talteenottolaitoksen, vesienkäsittelyn ja sakkujen sijoitusalueen sulkeminen toteutettaisiin viimeisenä tuotannon päätyttyä ja sen jälkeen. Mikäli sulkeminen on ennenaikainen tai tilapäinen, ensimmäisen vaiheen liuotusalueen pohjarakenteiden purkamista siirretään siten, että purkaminen aloitetaan vasta, kun metallitehtaan käyttö on varmuudella loppunut. Tällä varmistetaan mahdollisuus käynnistää tuotanto nopeasti, mikäli toimintaa päätetään jatkaa. Tässä tapauksessa myös ensimmäisen vaiheen liuotusalueelle satavat vedet on käsiteltävä keskuspuhdistamolla. Uudelleen

käynnistäminen edellyttää myös malminkäsittelyn kuljettimien ylläpitoa tuotannon keskeytyksen ajan. (Pöyry, 2018c)

Ennenaikaisesta sulkemisesta aiheutuvat toimenpiteet on kuvattu toiminta-alueittain luvussa 3.

## 2.6 RISKIEN HALLINTA

Päämääränä on rajata ja hallita onnettomuudet niiden seurauksien minimoimiseksi sekä ihmisille, ympäristölle että omaisuudelle aiheutuvien vahinkojen rajoittamiseksi. Lisäksi tavoitteena on toteuttaa tarvittavat toimenpiteet ihmisten ja ympäristön suojaamiseksi suuronnettomuuksien seurauksilta sekä varautua onnettomuuksien jälkien korjaamiseen ja ympäristön puhdistamiseen.

Riskienhallintaan liittyvät suunnitelmat ovat turvallisuus selvitys, sisäinen pelastussuunnitelma, räjähdyssuojaus-asiakirja, ympäristöriskien ja näkökohtien arvioinnit, työterveyshuollon tekemät nk. työpaikkakäynnit ja HAZOPit eli poikkeamatarkastelut prosessilaitoksille. Asiakirjoja päivitetään säännöllisesti tai muutosten yhteydessä.

Terrafamen riskienhallinta suunnitelmiseen sisältää kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF -vertailuasiakirjassa kuvattuja BAT 5a (Tekniikat vaarojen ja riskien tunnistamisessa) sekä BAT 5b (Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi) tekniikoita.

Kaikille patoaltaille (patoluokasta riippumatta) on laadittu *terveys- ja ympäristövaikutusten arviointilomake*, jossa käydään läpi yleistiedot altaasta, altaan veden laatu, mahdollisen vuodon aiheuttamat vaarat ihmisille, ympäristölle ja omaisuudelle. Lomakkeessa on käyty läpi myös vuodon leviämiskeinot ja tarkasteltu vuodon pysäyttämistä esim. sulkemalla rumpuja. Useassa altaassa on automaatiojärjestelmä, mikä hälyttää, jos altaan pinta laskee nopeasti tai nousee yli altaalle määritellyn HW-tason. Kaikki altaat tarkastetaan myös vähintään kerran vuorokaudessa tehtävillä kenttäkierroksilla. Myös kameravalvonta on käytössä. Lomake on laadittu soveltuvilta osin myös altaille, jotka eivät ole patoamalla rakennettuja.

Suuronnettomuuden vaara aiheuttaville kaivannaisjätealueille (tällä hetkellä KL2 ja SH1-4 sekä näihin liittyvät altaat) on laadittu oma sisäinen pelastussuunnitelmansa. Lisäksi suuronnettomuuden vaaraa aiheuttaville kaivannaisjätealueille on laadittu toimintaperiaatteet ja turvallisuusjohtamisjärjestelmä.

Kaivoksella on käytössä tuotannon ja kunnossapidon TAM37 12 h-vuorojärjestelmä eli ympärivuorokautinen operointi, välitön reagointimahdollisuus, jatkuva valvonta ja työnjohto ovat käytettävissä koko ajan. Nykykäytäntönä myös maarakennus-, kalvotus- ja putkiurakoitsijat päivystävät, joten koneet ja työntekijät ovat nopeasti saatavissa mahdollisen onnettomuuden tai onnettomuuden uhan sattuessa.

Sisäisessä pelastussuunnitelmassa evakuointialueet ja näiden evakuointivastuu on jaettu eri osastoille. Lisäksi kaivoksella on oma teollisuuspalokunta, joka harjoittelee säännöllisesti. Vuosittain järjestetään suuronnettomuusharjoitus.

Suunnittelun ja ympäristövaikutusten arvioinnin yhteydessä on arvioitu kaivostoiminnan vaikutuksia ja riskejä. Vesien hallinnan YVA-selostuksessa on mm tarkasteltu purkuputkeen, vesien käsittelyyn sekä patoturvallisuuteen liittyviä riskejä. Uraanin talteenoton riskejä on käsitelty sitä koskevassa YVA-selostuksessa. Ympäristöriskejä on arvioitu raportissa 'Kaivostoiminnan jatkaminen ja kehittäminen tai vaihtoehtoinen sulkeminen' Ramboll 2017a. Merkittäviksi riskeiksi on selostuksessa arvioitu ne vaaralliset tilanteet, joiden vaikutukset ulottuvat kaivoksen toiminta-

alueen ulkopuolisille alueille. Näitä voivat olla esimerkiksi pohjarakenteen kalvon rikkoutuminen tai altaiden ylivuodot.

## 3. SULKEMI STOIMENPI TEET TOIMINTA-ALUEITTAI N

### 3.1 KUUSI LAMMEN AVOLOUHOS

Malmia on louhittu nykyiseltä Kuusilammen avolouhokselta vuodesta 2008 saakka ja louhinta jatkuu tässä vaiheessa arvioituna vuoteen 2028 saakka. Sen jälkeen louhinta siirtyy Kolmisopen avolouhokseen, josta 2040 -luvulla jatketaan Kuusilammen avolouhoksen louhimista ainakin vuoteen 2050 saakka ja mahdollisesti pidempäänkin. Kuusilammen avolouhoksen lopullinen, suunniteltu pinta-ala on noin 260 ha ja syvyys noin 480 m. Avolouhoksen pituus on 3500 m ja yleiskaltevuus 45-53 astetta.

Louhinnan päätyttyä avolouhos täyttyy vedellä, täyttymisen arvioidaan kestävän 60-100 vuotta (Terrafame, 2020). Kuusilammen avolouhoksen ympäristössä luonnollinen pohjavesi on noin tasolla +205...+210 (N60) ja avolouhoksen arvioidaan täyttyvän luonnollisen pohjaveden pinnan tasoon, jolloin sen pinta-ala on noin 230 ha ja vesimäärä noin 380 Mm<sup>3</sup>. Viimeistään tasolla +208 (N60) louhosaltaan ylivuoto alkaa purkautumaan pohjoiseen.

Avolouhos ja sen sortumavaarallinen alue aidataan tai tehdään muuten turvalliseksi esimerkiksi luiskaamalla näkyviin jäävät kallioleikkaukset.

#### 3.1.1 Kuusilammen avolouhoksen sulkemista koskevat lupamääräykset

Avolouhoksen sulkemisesta ei ole varsinaisia lupamääräyksiä, mutta takaisintäyttöön ja kaivoksen vesienjohtamiseen liittyvät seuraavat määräykset.

*PSAVI, Nro 36/2014/1: 50. Sivukivi, jonka rikki pitoisuus on enintään 0,8 %, voidaan hyödyntää kaivoksen rakentamiseen liittyvissä, pysyvästi maavesi- ja/tai pohjavesipinnan alapuolelle jäävissä täytöissä. Tällaista sivukiveä saa hyödyntää vain kaivospiirin sisällä tapahtuvassa rakentamisessa.*

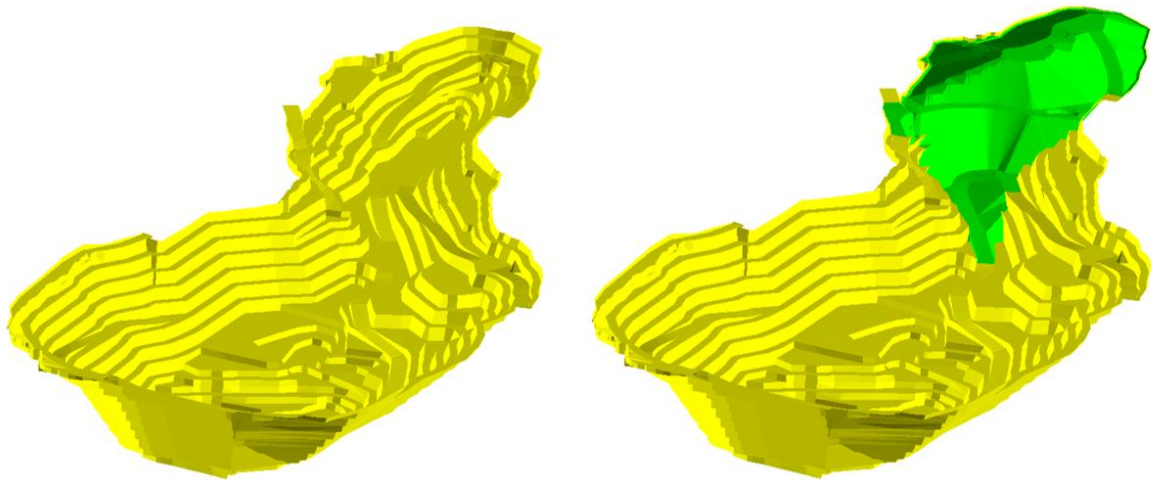
*PSAVI, Nro 36/2014/1: 114. Luvan saajan on toiminnan lopettamisen jälkeen käsiteltävä avolouhoksesta ylivirtaava vesi ennen johtamista vesistöön, siten, että pitoisuudet alittavat johdettavien vesien raja-arvot.*

#### 3.1.2 Sivukiven sijoittaminen Kuusilammen avolouhokseen

Terrafame suunnittelee avolouhoksen eteläosan täyttämistä sivukivellä. Sivukivitäytöllä parannettaisiin louhoksen eteläosan stabiliteettia ja vähennettäisiin tarvetta sivukiven läjitysalueille. Alueelle voidaan läjittää noin 50 miljoonaa tonnia sivukiveä. (Terrafame, 2020c). (BAT 4, 29c)

Louhoksen eteläosaa täytetään sivukivellä portaittain 15 m välein tasolta +90 (N60) tasolle +275 (N60). Tason +225 (N60) yläpuolinen täyttö luiskataan 1:3 kaltevuuteen ja alapuolinen täyttö 1:2 kaltevuuteen. Täyttö rajautuu avolouhoksen sisäpuolelle. Avolouhoksen käyttövaiheen aikana alueen valumavedet kulkeutuvat louheen läpi avolouhoksen pohjalle ja pumpataan kuten muutkin louhoksen kuivanapitovedet DPO-altaaseen. Kaivoksen sulkemisvaiheessa tason +195 yläpuolinen alue suljetaan peittorakenteella. Pintavedet peitetyn alueen päältä kerätään rakennettavilla ojilla ja johdetaan laadun mukaan joko selkeytykseltään kautta luontoon tai avolouhokseen. Vesien johtaminen louhoksen alueelta pois vähentää avolouhokseen kertyviä valumavesiä noin 5-10 %. Pitkän ajan kuluessa avolouhoksen veden pinnan arvioidaan täyttyvän tasolle +207 (N60), josta syystä tason +195 (N60) alapuolista täyttöä ei maisemoida (Terrafame, 2020c).





Kuva 4. Avolouhoksen eteläosan takaisintäyttö (vasemmalla louhittu avolouhos ja oikealla sivukivellä täytetty eteläosa), kuva Terrafame, 2020c.

### 3.2 KOLMISOPEN AVOLOUHOS

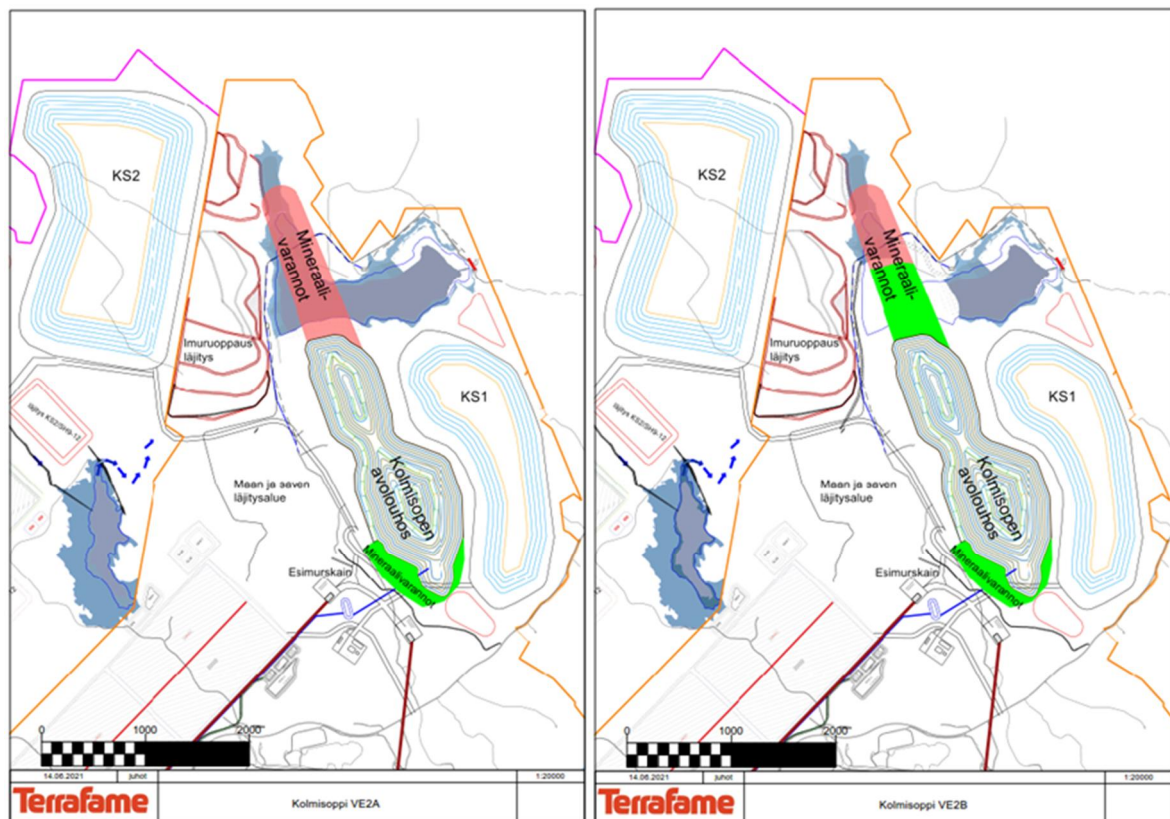
Kolmisopen esiintymä hyödynnetään avolouhoksena, hyödyntäminen alkaa vuosina 2026-2028 ja siirtymävaiheessa malmia ja sivukiveä louhitaan molemmissa avolouhoksissa. Malmia louhitaan Kolmisopessa vähintään 13 vuotta, mahdollisesti pitempäänkin, vuoteen 2080 saakka. Kolmisopen louhintasyvyys vaihtelee 45-450 m ja pinta-ala on laajimmillaan 240 ha.

Louhos sijoittuu pääosin Kolmisoppijärven alle. Malmion hyödyntäminen edellyttää Kolmisoppijärven patoamista ja osittaista kuivattamista sekä siihen laskevien uomien, purojen ja jokien siirtoa. Järven ruoppaus- ja kaivumassat läjitetään järven länsipuolen läjitysalueille.

Kolmisoppijärven patoamiselle on meneillään olevassa Kolmisopen ympäristövaikutusten arvioinnissa tarkasteltavana kaksi vaihtoehtoa.

Ensimmäisessä vaihtoehdossa (a) rakennetaan pato Hovinlahden kohdalle, jolloin kuivatettava järvalue on noin puolet järven kokonaispinta-alasta. Toisessa vaihtoehdossa (b) rakennetaan padot sekä Niskalanlahden että Aittolahden kohdalle, joten alueelle jää kaksi erillistä vesiallasta ja pinta-alallisesti kuivatettava alue on noin kaksikolmasosaa järven kokonaispinta-alasta. Vaihtoehdossa b saadaan hyödynnettyä enemmän järven alla olevaa malmiota.

Molemmissa vaihtoehdoissa on tarkasteltu vaihtoehtoa, missä alkuvaiheen louhoksen lähelle on rakennettu ns. louhospato. Tämän padon tarkoitus on pienentää ruoppausmassamäärää ainakin alkuvaiheessa. Varsinainen Kolmisopen sulkupato tai sulkupadot rakennetaan, kuten edellä on esitetty. Louhospadon pääasiallinen tarkoitus on padottaa pehmeitä sedimenttejä ja estää niiden purkautuminen louhokseen.



Kuva 5. Kolmisopen louhinta ja Kolmisoppijärven patoaminen sekä sivukivi- ja ruoppausmassojen läjitysalueet YVA:n VE2 vaihtoehdoissa. Vaihtoehto a on esitetty vasemmanpuoleisessa kuvassa ja vaihtoehto b oikeanpuoleisessa. Punaisella esitetyt mineraalivarannot eivät ole hyödynnettävissä, vihreällä esitetyt ovat. (kuva: Terrafame, Kolmisopen YVA).

Louhinnan päätyttyä avolouhoksen vedenpinnan annetaan nousta. Sulkemisvaiheessa täyttymistä on mahdollista nopeuttaa ohjaamalla vesiä tulva-aikoina Kolmisopen säännöstelypadosta avolouhokseen. Tällöin avolouhoksen täyttymisen arvioidaan kestävän noin 20 vuotta ja jos louhoksen annetaan täytyä luonnollisesti valuma- ja pohjavesillä, täyttymisen arvioidaan kestävän 70-130 vuotta.

Kolmisoppijärven padot lakkautetaan ja ne voidaan purkaa tai madaltaa siten, että alueelle muodostuu yhtenäinen järviallas. Asia tarkentuu myöhemmissä suunnitteluvaiheissa. Uudet sivukivialueet ja ruoppausmassojen läjitysalueet sijoittuvat nykyisen Kolmisoppijärven rajauksen ulkopuolelle, eikä vesipinta ulotu sulkemisen jälkeen läjitysalueiden tasolle.

Avolouhos ja sen sortumavaarallinen alue aidataan tai tehdään muuten turvalliseksi esimerkiksi luiskaamalla. Myöhemmin, kun louhos on täyttynyt, voidaan aitaus purkaa niiltä osin, kun alue on todettu turvalliseksi.

### 3.3 KOLMISOPEN JA KUUSI LAMMEN AVOLOUHOSTEN VEDEN LAATU JA KÄSITTELY

Avolouhoksiin kerääntyvät alueen valumavedet sekä lähialueiden kalliopohjavesi. Veden ja hapen kanssa kosketuksiin joutuessaan malmissa oleva sulfidi reagoi sulfaatiksi. Tästä johtuen veden pH laskee ja osa metalleista liukenee veteen. Louhosten kuivanapitovedet pumpataan niiden keräilyaltaiden kautta keskusvedenpuhdistamolle. Kuusilammen louhoksen keräilyaltaana toimii DPO, Kolmisopen louhokselle toteutetaan vastaava keräilyallas. Avolouhosten vesi on hapanta, pH

on 3,0 - 3,5 välillä. Nikkelipitoisuus on vaihdellut 10 - 30 mg/l välillä ja sulfaatti 1700 - 2400 mg/l. (Terrafame, 2020).

Avolouhoksen täyttymisvaiheessa rikkonaisten seinämien ja jäännöslouheen arvioidaan vaikuttavan veden laatuun ja louhosvettä varaudutaan käsittelemään sen happamuuden säätämiseksi ja metallien saostamiseksi.

### 3.4 AVOLOUHOSTEN SULKEMISEN RISKIT JA LISÄSELVITYSTARPEET

Ennen avolouhosten sulkemista tehdään selvitykset louhosvesien laadusta ja käsittelytarpeesta, kun louhoksen annetaan täyttyä vedellä ja siitä vaiheesta, kun louhos on täytynyt vedellä. Lisäksi mallinnetaan vesipinnan nousun vaikutus alueen hydrologiaan ja arvioidaan sulkemisen ympäristövaikutukset.

Taulukko 1. Avolouhosten sulkemisen riskit ja lisäselvitystarpeet.

Mahdollinen riski	Lisäselvitys
Avolouhoksen veden laatu sulkemisvaiheessa	Selvitys veden laadusta, käsittelytarpeesta ja soveltuvista käsittelymenetelmistä (BAT 47)
	Selvitys vesipinnan nopean nostamisen vaikutuksesta veden laatuun (BAT 47)
Ennakoimattomat pohjavesivaikutukset	Selvitys sulkemisen jälkeisestä pohjavesien suunnista ja tasosta
Avolouhoksen turvallisuus	Selvitys luiskausten ja sivukiven takaisintäytön vaikutuksesta louhoksen vakavuuteen (BAT 29c)

### 3.5 SIVUKIVIALUEET

#### 3.5.1 Yleistä

Sivukivialueille sijoitetaan avolouhinnassa syntyvää, tuotantotarkoitukseen liian alhaiset metallipitoisuudet omaavaa ja hyödyntämiskelvotonta sivukiveä eli raakkua.

Toiminnassa syntyy karkeasti jaotellen kahden tyyppistä sivukiveä, jotka pyritään louhimaan ja lajittelemaan erilleen (BAT, 31b). Happoa muodostava sivukivi on pääasiassa mustaliusketta ja läjitetään vaarallisen jätteen täyttöalueen pohjarakenteen vaatimukset täyttävälle sivukivialueelle. Sivukiveä, jonka rikkipitoisuus on enintään 0,8 %, voidaan sijoittaa pysyvästi maavesi- ja/tai pohjavesipinnan alapuolelle jäävissä täytöissä (PSAVI 36/2014/1:50) ja sitä on hyödynnetty sekundääriliuotusalueen pohjarakenteen alapuolisissa sivukivitäytöissä. Happoa muodostamaton sivukivi, jonka rikkipitoisuus on < 0,3 %, on pääasiassa kiilleliusketta ja sitä voidaan hyödyntää kaivosalueen rakennustöissä.

Sivukivialueet, joille sijoitetaan happoa tuottavaa, vaaralliseksi jätteeksi luokiteltavaa sivukiveä, luokitellaan suuronnettomuuden vaaraa aiheuttaviksi jätealueiksi (PSAVI Nro 76/2017/1:1 ja 2). Kaivosalueella on käytössä sivukivialue KL2 ja Sivukivialueen KL1 ympäristölupahakemus on käsittelyssä. Tälle alueelle on suunniteltu erillinen alue happoa tuottamattomalle sivukivelle.

Sivukivialueiden suotovedet johdetaan tiiviin pohjarakenteen päältä kasan reunoille ja edelleen suotovesien keräysaltaisiin (DP-altaat) ja toiminnan aikana joko kaivoksen vesikiertoon tai

vesienkäsittelyyn. Sulkemisen jälkeen suotovesien määrä vähenee oleellisesti. Suotovedet johdetaan vesienkäsittelyyn niin kauan kuin niiden laatu sitä edellyttää. (BAT 21b, 37c, 38e) varsinaisia sivukivien läjitysalueita ei ole vielä suljettu, mutta käynnissä on sulkemisen pintarakenteiden koekenttäselvityksiä. Sulkeminen käynnistyy vaiheittain alueiden täyttymisen jälkeen. Sekundääriliuotusalueen SH1-4 pohjarakenteen alapuolinen sivukivitäyttö on suljettu sekundääriliuotusalueen pohjarakenteen rakentamisen yhteydessä.

### 3.5.2 Kuusilammen sivukivialueiden sulkemiseen liittyvät lupamääräykset

Sivukivialueiden sulkemiseen liittyvät, 11/2020 voimassa olevat lupamääräykset on lueteltu alla.

Käsittelyssä olevassa ympäristölupahakemuksessa 26.5.2020 on haettu lupaa läjittää sivukivialueelle KL1 alkuperäistä suunnitelmaa korkeampi täyttö. Hakemuksessa on esitetty muutoksia määräykseen PSAVI 36/2014/1:66 sivukivialueen KL2 täyttökorkeudesta (+330 m, N60) ja muutoksia määräykseen PSAVI 76/2017/1:3 pohjarakenteen suojakerroksesta (suojakerros kiillegneissi M 0/12 mm ja suojageotekstiili 800 g/m<sup>2</sup>).

PSAVI, Nro 36/2014/1: 48. *Louhittava sivukivi ei ole jätettä, jos se välittömästi tai lyhyen varastointiajan jälkeen toimitetaan rakennus- tai muussa toiminnassa käytettäväksi, sen sulfidisen rikin pitoisuus on alle 0,3 %, se ei omaa haponmuodostuspotentiaalia ja jos se täyttää muutoinkin rakennuskivelle asetettavat vaatimukset.*

PSAVI, Nro 36/2014/1: 50. *Sivukivi, jonka rikkipitoisuus on enintään 0,8 %, voidaan hyödyntää kaivoksen rakentamiseen liittyvissä, pysyvästi maavesi- ja/tai pohjavesipinnan alapuolelle jäävissä täytöissä. Tällaista sivukiveä saa hyödyntää vain kaivospiirin sisällä tapahtuvassa rakentamisessa.*

PSAVI, Nro 36/2014/1: 53. --- *Suunnitelman ja siihen liittyvään tarkkailuun on yhdistettävä jätealueiden sisäisien olosuhteiden ja kaatopaikkaveden laadun kattava tarkkailu. Saatavaa tietoa on hyödynnettävä sulkemistoimien suunnittelussa siten, että haponmuodostusprosessien käynnistyminen voidaan estää. --- Osana kiviainesten hallintasuunnitelmaa on tehtävä tarpeellisia koerakenteita ja mallinnettava haponmuodostumisreaktioiden käynnistymistä sen estämisen kannalta sopivimman pintarakenneratkaisun löytämiseksi.*

PSAVI, Nro 36/2014/1: 55. *Ensimmäisen vaiheen liuotuskaivojen päällä olevat kasteluletkut on poistettava ennen kajojen purkua, murskattava ja sijoitettava sivukiven kaivannaisjätteen jätealueen sisäosiin. Letkujätteistä ei saa muodostua happea sivukiven sisäosiin johtavaa kerrosta.*

PSAVI, Nro 36/2014/1: 66. *Sivukiven jätealueiden KL1 ja KL2 ylin täyttötaso saa olla enintään N60 + 285 m.*

*Sivukiven louhinta ja jätealueen täyttötoiminta ja sulkeminen on suunniteltava ja toteutettava siten, että kiviaineksen laajamittainen haponmuodostus ja metallien liukeneminen suoto- ja valumavesiin estetään. Tähän liittyen luvan saajan on yhdistettävä lupamääräyksen 53 mukaiseen kiviainesten hallintasuunnitelmaan haponmuodostusprosessien estämiseen liittyvä tarkempi suunnitelma sivukiven louhinnasta ja kaivannaisjätealueelle sijoittamisesta.*

*Sivukiven jätealueiden lopulliset reunaluiskat ja lakialue on täyttötoiminnan edetessä muotoiltava luiskien osalta kaltevuuteen 1:3 tai loivemmiksi ja lakiosilta reunoja kohti viettäviksi sekä kiilattava murskeella tai muulla materiaalilla siten, että alueille on mahdollista aloittaa pintarakenteiden tekeminen. Muotoilu ja kiilaaminen on tehtävä osana täyttötoimintaa.*

PSAVI, Nro 36/2014/1: 71. Luvan saajan on toimitettava aluehallintovirastoon ympäristölupahakemuksena hyväksyttäväksi uusia sivukiven jätealueita (KL1 tai KL2) ja niihin liittyviä suotovesialtaita sekä patoja koskevat yksityiskohtaiset rakennussuunnitelmat, työselostukset ja laadunvalvontasuunnitelmat ja jätealueen käyttö- ja kunnossapitosuunnitelma sekä alustava sulkemissuunnitelma vähintään yhtä vuotta ennen kunkin kohteen rakentamisen aloittamista.

--- Suunnitelmissa on esitettävä kunkin käytettävän materiaalin ominaisuuksiin perustuvat tarkemmat vaatimukset asentamisessa, painottamisessa ja muissa teknisissä yksityiskohdissa. Hakemukseen on liitettävä perusteltu esitys sivukivelle soveliaimmasta täyttötavasta ja -tekniikasta sekä sulkemisen toteuttamisesta. Esityksen on perustuttava sivukiven ominaisuuksiin ja pitkäaikaiskäyttämiseen jätealueella sekä jätealueen suunniteltuun sulkemiseen ja jälkihoitoon.

Hakemuksessa on esitettävä --- sekä suunnitellun kaivannaisjätteen jätealueen (KL2) osalta se, että suljetuilta sivukiven jätealueilta muodostuvat suotovedet pystytään johtamaan Kuusilammen avolouhoksen yhteyteen käsiteltäväksi.

PSAVI, Nro 36/2014/1: 111. Luvan saajan on aloitettava jätealueiden ja kaatopaikkojen sekä liuotusalueiden sulkeminen tiiviillä pintarakenteella tuotantotoiminnan aikana sitä mukaa kun jätealueen tai kaatopaikan osa saavuttaa lopullisen kokonsa ja muotonsa tai sen käyttö on muusta syystä loppunut.

Sulkemistoimia on jatkettava vuosittain täyttötoiminnan edetessä. Suoto- ja kaatopaikkavesien muodostumisen estämiseksi muotoiltujen kaivannaisjätteen jätealueiden ja kaatopaikkojen sekä liuotusalueiden päälle on tehtävä 19.10.2009 päivätyn kaivoksen sulkemissuunnitelman mukainen tiivis pintarakenne. Lakialueella pintarakenteessa on oltava alhaalta lukien yhtenäinen 1,5 mm:n HDPE-muovikalvosta tehty keinotekoinen eriste ja sen päälle asennettuna levitettävä vähintään 0,5 m:n paksuinen suoja- ja kasvukerros. Keinotekoinen eriste on suojattava ylä- ja alapuolelta pistemäisiä kuormituksia vastaan.

Luisissa keinotekoisien eristeen päälle on asetettava sulkemissuunnitelman mukaisesti vähintään 200 mm:n kuivatuskerros, jonka päälle tulee vähintään 0,5 m:n paksuinen suoja- ja kasvukerros. Kerrokset on tarvittaessa erotettava suojatekstiilillä. ---

PSAVI, Nro 36/2014/1: 113. Toisen vaiheen liuotusalueiden, sivukivien jätealueiden ja kaatopaikkojen suotovedet on toiminnan loppumisen jälkeen käsiteltävä ja johdettava vesistöön siten, että pitoisuudet alittavat johdettavien vesien raja-arvot.

Jätealueiden ja kaatopaikkojen tiivistyskerroksen yläpuoliset puhtaat vedet voidaan johtaa suoraan maastoon.

PSAVI, Nro 76/2017/1:65. Sivukivien jätealueet (KL1 --- sekä Kuusilammen toisen vaiheen liuotuskaivojen alle tehtävä jätealue) luokitellaan muuksi kaivannaisjätteen jätealueeksi, joille saa sijoittaa vain sivukiviä ja poistettavia maa-aineksia ---

Kuusilammen toisen vaiheen liuotusalueen alla olevalle sivukiven läjitysalueelle saa 31.5.2015 asti sijoittaa myös metallitehtaalla muodostuvan esineutralointisakan --- Alueet, joille on jo sijoitettu esineutraloinnin sakkaa tai joille sakkaa tullaan sijoittamaan, luokitellaan vaarallisen jätteen kaatopaikaksi.

PSAVI, Nro 76/2017/1:1. Sivukiven jätealueelle KL2 sijoitettava sivukivi luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi.

PSAVI, Nro 76/2017/1:2. Sivukiven jätealue KL2 luokitellaan suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi kaivannaisjätteen jätealueeksi ---

PSAVI, Nro 76/2017/1:3. Sivukiven jätealueen pohjarakenteen on oltava alhaalta ylöspäin lukien seuraava:

- tiivisrakenteen alapuolinen kerros, louhetäyttö, jonka päällä vähintään 150 mm paksuinen kiilauskerros 0-65 mm kalliomurskeesta ja sen päällä vähintään 100 mm suojakerros 0-16 mm kalliomurskeesta
- luontainen tasattu ja kivetön moreeni
- bentoniittimatto, jonka vedenläpäisevyys on enintään  $1,1 \times 10^{-11}$  m/s ja jonka bentoniittikerroksen paksuus on vähintään 6 mm
- saumoiltaan tiiviiksi hitsattu 1,5 mm:n HDPE-kalvo
- suojageotekstiili, jonka painoluokka on vähintään 400 g/m<sup>2</sup> (malmimursketta käytettäessä) kiilleliusketta ja mustaliusketta 0-12 mm käytettäessä suojageotekstiilin painoluokan tulee olla 1200 g/m<sup>2</sup>.
- vähintään 150 mm paksu primääriiliuotuskasalta seulotusta 0-12 mm malmimurskeesta rakennettava suojakerros tai kiilleliuske- tai mustaliuskemursketta raekoossa 0-12 mm
- sivukivestä (0-200 mm) rakennettu suojakerros, jonka paksuus on vähintään 500 mm
- tiivisrakenteen suojakerrokseksi rakennettava vähintään 1,5 m paksu louhekerros 0-500 mm louheesta

PSAVI, Nro 76/2017/1:4. --- toiminnan aikana puhtaat pintavedet on ohjattava selkeytysaltaisiin ennen vesien ohjaamista pintavesistöön.

PSAVI, Nro 76/2017/1:5. Sivukivialueella muodostuvat suotovedet on johdettava altaisiin DP4 tai DP5 ja edelleen altaan MP1 kautta kaivoksen prosessivedeksi tai käsiteltäväksi.

Jätealueen pohjarakenteiden alapuolisten kuivatusuomien puhtaat vedet on johdettava lupamääräyksen 4 mukaisesti selkeytysaltaisiin tai jos niissä on alueen taustapitoisuuksista kohonneita metallipitoisuuksia altaiden DP4 tai DP5 kautta edelleen käsiteltäväksi.

### 3.5.3 Sivukivien laatu Kuusilammen ja Kolmisopen alueella

Kuusilammen ja Kolmisopen esiintymien isäntäkivenä on mustaliuske, joka on myös esiintymien pääasiallinen sivukivi. Malmimustaliuskeen ja sivukivimustaliuskeen raja on analyttinen. Tällä hetkellä rajana käytetään 0,15 % nikkelpitoisuutta. Malmin ja sen pääsivukiven ominaisuudet ovat siis hyvin samankaltaisia. Mustaliuskeen rinnalla sekä Kuusilammen että Kolmisopen esiintymissä esiintyy metakarbonaattikiviä, kiilleliuskeita sekä kvartsiitteja, mutta näiden määrä on huomattavasti mustaliusketta pienempi. Sivukiven ja malmin erottelussa hyödynnetään tutkimusporausten tietoja, kokemusta sekä in-situ laitteistoja (XRF), todettu sivukivilaimennuksen ja malmitappion määrä on 2-5 % (Terrafame, 2020d). Kuusilammen ja Kolmisopen sivukivet ovat samanlaisia, joten myös niiden mineralogia on toistensa kaltainen (Taulukko 2).

Käytännössä Kuusilammen ja Kolmisopen esiintymien arvioidaankin olevan yhtä ja samaa esiintymää ja näin ollen niiden sivukivilajien kemiallisen koostumuksen arvioidaan olevan samanlainen.



Taulukko 2. Sivukivien mineraalit (x = päämineraali ja o = aksessorisena).

Mineraali	Mustaliuske	Metakarbonaattikivi	Kiilleliuske	Kvartsiitti Kuusilampi	Kvartsiitti Kolmisoppi
Kvartsi	x	x	x	x	x
Mikrokliini	o		x	x	
Grafiitti	x	x	o		
Flogopiitti/Biotiitti	x	o	x	o	x
Tremoliitti		x			x
Kalsiitti		x			o
Dolomiitti		x			o
Epidootti	o				
Granaatti	o		o		o
Titaniitti				o	
Apatiitti	o	o	o	o	o
Kloriitti	o	o			o
Serisiitti				x	o
Plagioklaasi	o	x			
Diopsidi		x			o
Magneettikiisu	x	x	o	o	o
Rikkikiisu	x	x	o	o	o

#### Kuusilammen esiintymän sivukivien kemiallinen koostumus

Kuusilammen esiintymän sivukivien kemiallista koostumusta on tutkittu useita kertoja vuodesta 2006 lähtien. Tutkimusten perusteella Kuusilammen esiintymän sivukivijakeista erityisesti mustaliuskeessa on todettu korkeita sinkin ja nikkelin kokonaispitoisuuksia. Kiilleliuskeiden kokonaispitoisuudet ovat olleet pieniä. Kaikkien sivukivien rikkipitoisuudet ovat olleet tasolla 0,1–12 %.

Liukoisuustutkimusten perusteella sivukivistä liukenee kohtalaisen korkeita pitoisuuksia nikkeliä ja sinkkiä, minkä lisäksi kadmiumin, kuparin, seleenin ja sulfaatin liukoisuuksissa on esiintynyt yksittäisiä kohonneita pitoisuuksia. Poikkeuksena kiilleliuskeiden liukoisuudet ovat olleet pieniä. Tutkitut liukoiset pitoisuudet kuvastavat lyhyen ajan pitoisuuksia, eivätkä huomioi sulfidien hapettumisen aiheuttamien happamien suotovesien liuottavaa vaikutusta. Todenmukaisempi käsitys sivukiven pitkän aikavälin varastoinnista saadaan ABA-testin perusteella, joissa mustaliuske ja suurin osa metakarbonaattikivistä luokitteivat mahdollisesti happamia suotovesiä muodostaviksi. Kvartsiittia ja kiilleliusketta olevista sivukivistä valtaosa luokitteui ei-happamia suotovesiä muodostaviksi.

Sivukivi jaotellaan rikkipitoisuuden mukaan kolmeen pitoisuusalueeseen; rikkipitoisuudeltaan < 0,3 % sivukivi ei ole jätettä, jos se käytetään enintään lyhyen varastointiajan jälkeen rakennus- tai muuhun vastaavaan käyttöön eikä se omaa haponmuodostuspotentiaalia (PSAVI nro 36/2014/30:48). Rikkipitoisuudeltaan 0,3...0,8 % sivukivi voidaan sijoittaa kaivospiirin alueella pysyvän vesipinnan alapuolelle (PSAVI nro 36/2014/30:50) ja rikkipitoisuudeltaan > 0,8 % sivukivi luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi (PSAVI nro 76/2017/1:1) ja sijoitetaan sivukivien läjitysalueille (KL2, KL1, KS1, KS2).

Sulfidissa sivukivessä ei ole havaittu hapon muodostumisen yhteydessä muodostuvaa kaasua (Terrafame, 2020) eikä jätealueille ole tarpeen rakentaa kaasunkeräystä.

### Kolmisopen esiintymän sivukivien kemiallinen koostumus

Kolmisopen esiintymän sivukivistä on tutkittu vain alkuaineiden kokonaispitoisuuksia kairasydännäytteistä (Taulukko 3). Kyseisten alkuainepitoisuuksien perusteella Kolmisopen sivukivissä esiintyy kohonneita pitoisuuksia sinkkiä, minkä lisäksi kuparin, mangaanin ja nikkelin pitoisuudet ovat olleet koholla yksittäisissä näytteissä.

Kolmisopen sivukivien rikkipitoisuus on ollut alkuaineanalyyysien perusteella 0,92 – 23,8 %

Taulukko 3. Kolmisopen esiintymän kairasydännäytteiden alkuainepitoisuuksia.

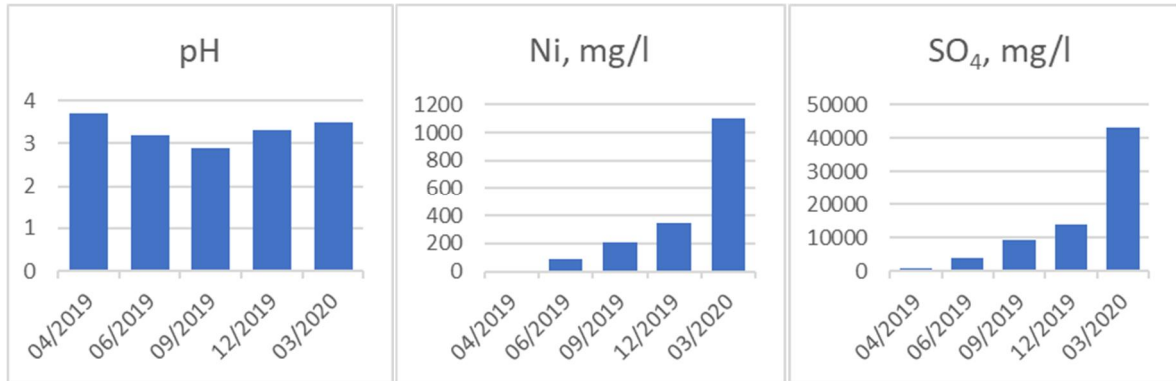
Alkuaine	Kaikki sivukivinäytteet n=2 446			Mustaliuskenäytteet n=67	Kiilleliuskenäytteet n=9	Vaarallinen jäte*
	min	max	keskiarvo	keskiarvo	keskiarvo	
	Pitoisuus mg/kg					Pitoisuus mg/kg TP
As	0	2 070	142	128	<30	-
Ba	0	2 029	103	48	185	-
Cd	<1	99	17	22	1,6	-
Co	<1	453	75	33	21	-
Cr	12	434	144	168	122	-
Cu	0	4 240	757	525	92	2 500
Mn	97	45 940	3 819	783	653	25 000
Mo	0	190	63	92	<10	-
Ni	0	1 496	689	552	109	1 000
Pb	<1	2090	57	42	<30	-
Zn	59	14 800	3 065	3 179	352	2 500
V	27	1 400	439	527	147	-
Ca	572	161 960	20 302			-
U	0,8	54	17			-
Fe	15 800	205 000	93 850	83 699	53 624	-

Kolmisopen sivukivien alkuainepitoisuudet vastaavat kohtalaisen hyvin Kuusilammen esiintymän sivukivien alkuainepitoisuuksia ja näin ollen Kuusilammen esiintymän sivukivien liukoisuus- ja ABA-testien tulosten on arvioitu edustavan hyvin myös Kolmisopen sivukivilajeja. Toisin sanoen, Kuusilammen sivukiville tehtyjen ABA-testien perusteella myös Kolmisopen mustaliuskeet ja metakarbonaattikivet on arvioitu happamia suotovesiä muodostaviksi ja kiilleliuskeet sekä kvartsiitit ei-happamia suotovesiä muodostaviksi. Kolmisopen kiilleliuskeen ja kvartsiitin ominaisuuksia on suunniteltu tutkittavan tarkemmin lupahakemusvaiheessa. Kvartsiitti on silmämääräisesti erotettavissa mustaliuskeesta, mutta Kuusilammen avolouhoksessa esiintymän läpi kulkeva kvartsiittialue on liian kapea eroteltavaksi lastausvaiheessa mustaliuskemalmista- tai sivukivestä. Kolmisopen alueella kvartsiittia sijaitsee pääosin suunnitellun avolouhoksen itäpuolella.

### Suotovesien laatu

Sulfidinen sivukivi reagoi hapen ja veden kanssa muodostaen rikkihappoa, jonka vaikutuksesta sivukivestä liukenee metalleja. Sivukivialueelta KL2 suotovedet kerätään toiminnan aikana DP4 ja DP5-altaisiin. Altaista vedet johdetaan prosessiliuotuskiertoon tai kaivoksen vesienkäsittelyyn. Vesiä ei johdeta luontoon. Vesi on hapanta, pH on noin 3 – 4 ja vesissä on myös korkeita nikkelpitoisuuksia, DP4-altaassa nikkeli on vaihdellut 10 – 1 100 mg/l välillä ja DP5-altaassa 150 - 900 mg/l välillä. Sulfaattipitoisuus molemmissa altaissa on 1000 - 45000 mg/l välillä. Tulosten perusteella magneettikiisun hapetus on käynnistynyt. Pitoisuuksien kasvun ei arvioida jatkuvan

yhtä jyrkästi koko läjityksen ajan (Kuva 6), vaan tasoittuvan ajan kuluessa. Sulfidimineraalien (esim. pyriitti) hapettumisen ei ole arvioitu vielä alkaneen. Niiden hapettumisprosessi on hitaampi, mutta usein pitkäkestoisempi. (AFRY 2020 ja Ramboll 2020a).



Kuva 6. DP4-altaan vedenlaadun kehitys pH-tason, nikkelin ja sulfaatin osalta (AFRY 2020 ja Ramboll 2020a).

Kun sivukivialueet aikanaan suljetaan, rikkivedyn muodostumista ehkäistään peittämällä alueet tiiviillä pintarakenteilla. Rikkivedyn muodostumisen vähentyessä suotovesien pH kasvaa ja metallien liukeneminen vesiin vähenee.

Sivukivistä liukenevien aineiden pitoisuuksia on tutkittu Terrafamen kaivoksella myös sivukivipilotin avulla touko – lokakuussa vuosina 2017 – 2019. Sivukivipilotin tulosten perusteella sivukivikasan suotovesien metallipitoisuudet ovat korkeita. Veden pH:n ollessa noin 5 – 10 esim. nikkelpitoisuus oli noin 15 – 100 mg/l, sinkki noin 50 – 600 mg/l, kadmium noin 0,2 – 4,5 mg/l, kupari noin 0,5 – 8 mg/l ja koboltti noin 0,8 – 4 mg/l. Metalleja ei kuitenkaan liukene niin paljon, että sivukiven happokastelu olisi tuotantomielessä kannattavaa. Pintarakennepilotissa (2017-2019) vahvistui myös, ettei sivukivikasoissa muodostu kaasuja. (Terrafame, 2020b).

### 3.5.4 Aluetiedot

#### 3.5.4.1 Kuusilammen sivukivialueet KL1 ja KL2

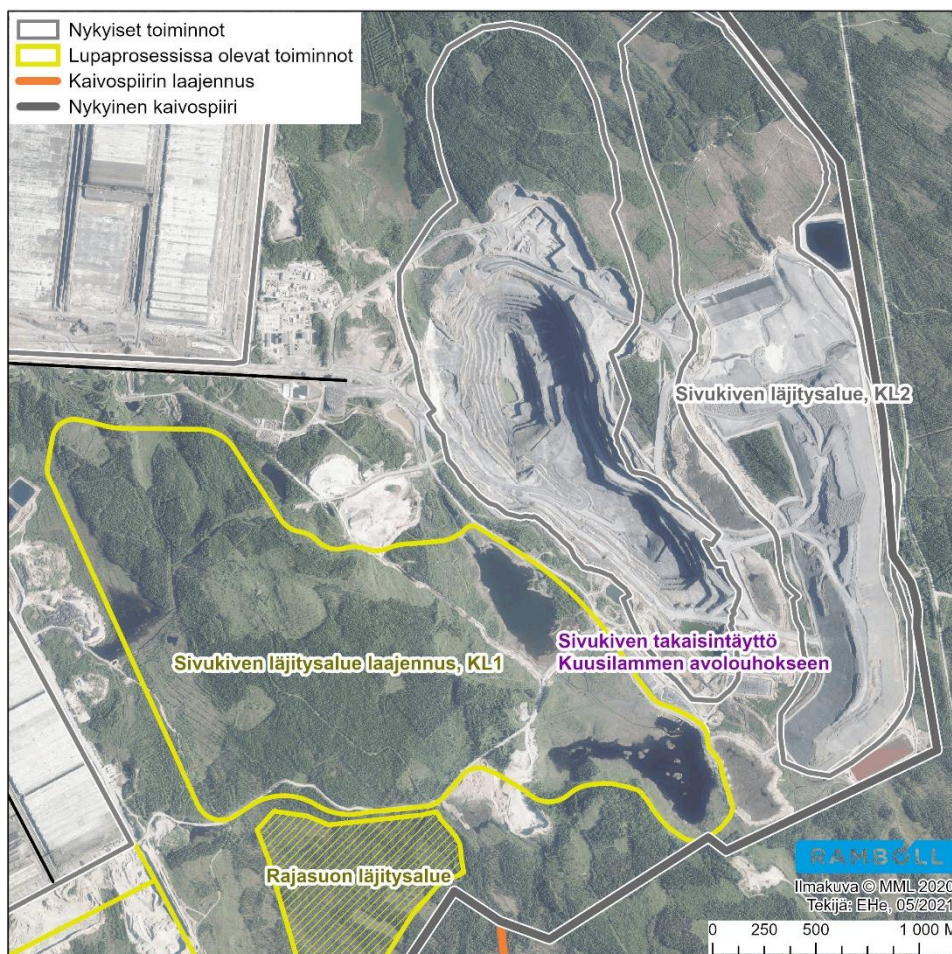
Kuusilammen happoa tuottava sivukivi sijoitetaan nykyisin sivukivialueelle KL2. Sivukivialueelle KL1 on tehty yleissuunnitelma ja rakentamisesta on jätetty ympäristölupahakemus vuonna 2020. KL1 sivukivialueelle on suunniteltu yksi lohko (lohko 7) happoa tuottamattomalle, kiillegneissii sisältävälle sivukivelle (BAT 31b). Sivukivialueiden tiedot on esitetty taulukossa Taulukko 4 ja kuvassa Kuva 7.

Taulukko 4. Käytössä olevat ja suunnitellut sivukivialueet, pohjarakenteen ala, kasakorkeus ja luiskakaltevuus

Alue	Pinta-ala (ha)	Täyttötilavuus (Mm <sup>3</sup> )	Enimmäistäyttötaso (N60)	Kasakorkeus max (m)	Luiskakaltevuus
KL1 *	371	188	+330	noin 90	1:3
KL2	199 **	69,3	+285	65	1:3
yht.	570	257,3			

\*\* KL1 ympäristölupahakemuksen 26.5.2020 tiedot.

\*\*\* Alueen suunniteltu, alkuperäinen pinta-ala (lohkot 1-5).



Kuva 7. Nykyisen kaivosalueen sivukivialueet KL1 ja KL2.

### Sivukivialue KL2

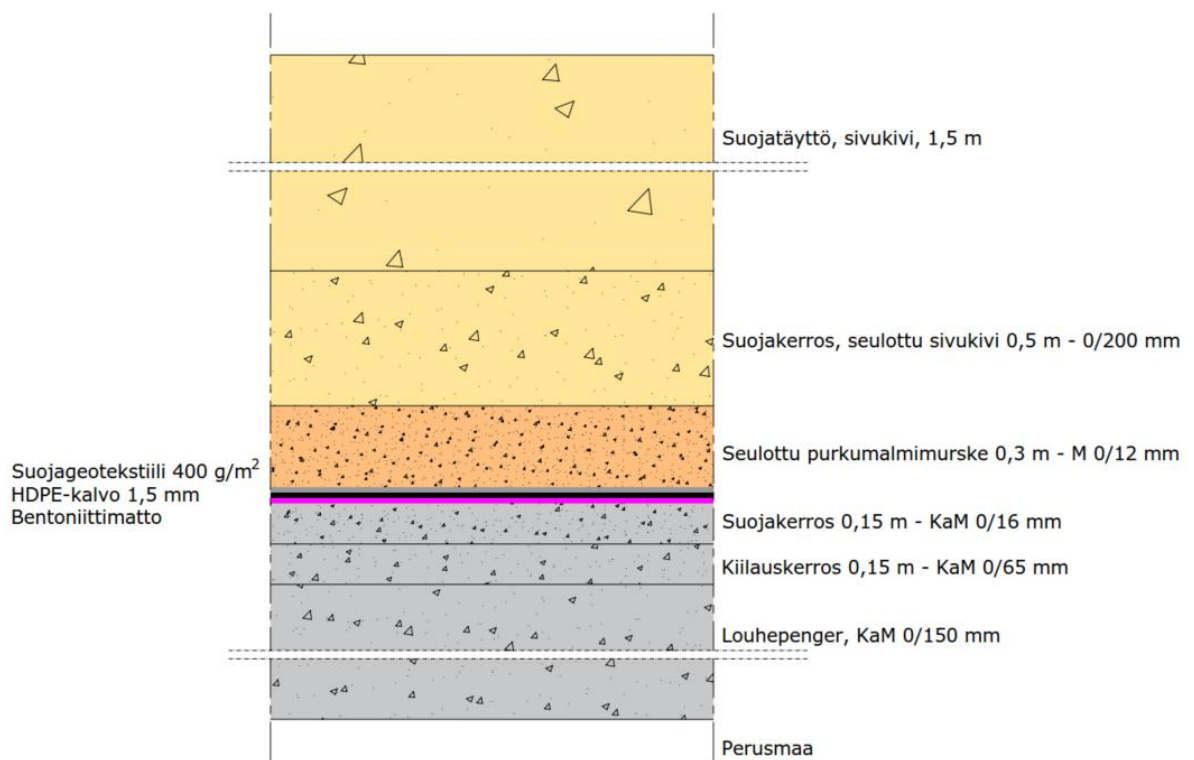
Sivukivialue KL2 sijaitsee Kuusilammen avolouhoksen itäpuolella Rysäsuon ja Latosuon välillä. Alueen pituus 4 km ja leveys noin 0,8 km. Sivukivialueen viidestä rakennettavasta lohkoista kolme ensimmäistä lohkoa on otettu käyttöön. Lohkolle 5 ei ole myönnetty lupaa, koska alueen arvioidut melu- ja pölypäästöt ylittävät ympäristövaikutusarvioinnissa käytetyt päästömäärät, ja asia käsitellään kaivoksen pääluvan yhteydessä. Alueelta löytyneen uhanalaisen rotkokehräjäkälälajin takia lohkon 2 rajausta on muutettu eikä sitä ole rakennettu alkuperäisten suunnitelmien mukaisesti. Terrafame on hakenut lupaa rotkokehräjäkälän siirtoistutukselle ja luvan myöntämisen myötä hakee mahdollisesti lupaa koko alueen loppuun rakentamiseen (tilanne 10/2020), Kuva 8.

Sivukivialueen pohjarakenne myötäilee alkuperäistä maanpintaa. Pohjarakenne on esitetty kuvassa Kuva 9. Tiivistyskerroksen keinotekoisena eristeenä on 1,5 mm HDPE-kalvo, jonka alapuolella mineraalisenä eristeenä on bentoniittimatto. HDPE-kalvon päällä suojakerroksena on ensin 400 g/m<sup>2</sup> suojageotekstiili, sen päällä 300 mm suojakerros malmimurskeesta (0/12 mm) ja tämän päällä 400 mm suojakerros sivukivestä (0/200 mm) (BAT 31f). Sivukivialueen suotovedet (pohjarakenteen tiivistyskerroksen yläpuolelta) johdetaan suotovesilinjoja pitkin DP4 ja DP5-altaisiin, josta vedet pumpataan joko käsittelyyn tai liuoskiertoon. (BAT 21)

Tiivistyskerroksen alusrakenteena on moreeni tai kiilattu (M 0/63 mm) louhetäyttö. Kiilauksen päälle on levitetty suojakerros (100 mm) kalliomurskeesta (0/16 mm) Alusrakenne kuivatetaan salaajilla niin, että pohjavesi ei nouse pohjarakenteen tiivistyskerrokseen.



Kuva 8. Sivukivialueen KL2 sijainti. (Terrafame Oy ympäristölupahakemus 27.7.2018, kuva: Ramboll, 2016)



Kuva 9. Sivukivialueen KL2 pohjarakenne. Kuva Ramboll / Kku, alkuperäinen kuva Pöyry 2018c.



### Sivukivialue KL1

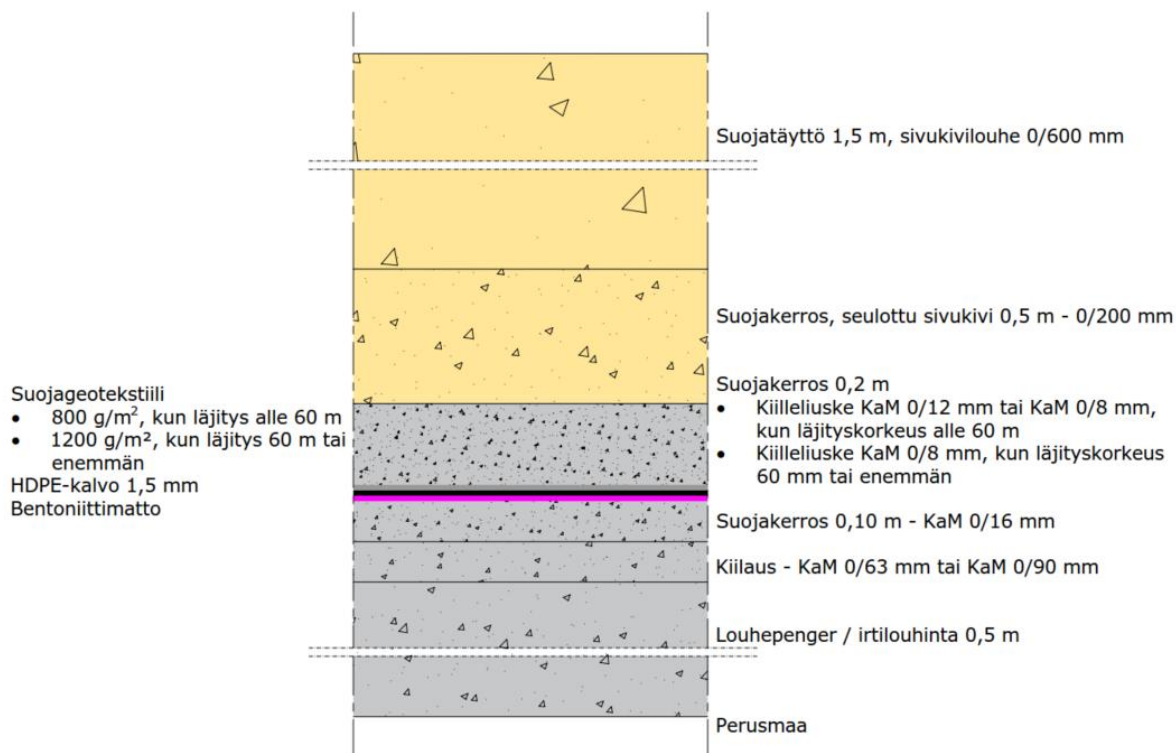
Kuusilammen louhoksen länsipuolelle on suunniteltu sivukivialue (KL1), jolle on haettu ympäristölupaa vuoden 2020 kesällä. Alueen pinta-ala on noin 371 ha, pituus noin 1,3-1,7 kilometriä ja leveys 1-2,5 kilometriä.

Sivukivialueen KL1 lohkoille 1-6 läjitetään vaaralliseksi luokiteltua sivukiveä, ja alue luokitellaan suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi kaivannaisjätteen jätealueeksi. Lohkolle 7 läjitetään puhtaaksi luokiteltua sivukiveä (rikkipitoisuus enintään 0,3 %). Alueelle voidaan sijoittaa myös puhtaita maa- ja kiviaineksia.

Rakennusalueen topografia on vaihtelevaa. Kallio on pinnassa sivukivialueen keskiosassa, länsi- ja eteläpuolella maaperä on turvetta ja moreenia ja itäpuolella moreenia. Alueen luonnollinen maanpinta vaihtelee +224...+285 (N60). Alueen keskellä on luode-kaakko suunnassa kulkeva Munninmäen vedenjakaja, joka jakaa alueen hule- ja pohjavedet luontaisesti itään ja länteen.

Sivukivialue KL1 rakentuu seitsemässä vaiheessa. Rakentaminen alkaa vuonna 2021 puhtaan sivukiven läjitysalueesta (lohko 7) ja jatkuu siitä parin vuoden sisällä vaarallisen jätteen sivukivialueen rakentamisella (lohko 6). Sivukivialueen läjityskapasiteetti on käytetty arviolta vuoteen 2036 mennessä.

Vaarallisen jätteen (lohkot 1-6) pohjarakennekerrokset vastaavat KL 2 pohjarakennetta, mutta rakennetta on parannettu siten, että kalvon yläpuolisen suojageotekstiilin painoluokka on alle 60 m läjityskorkeudella 800 g/m<sup>2</sup> ja yli 60 m läjityskorkeudella 1200 g/m<sup>2</sup>. (BAT 35b) Tämän lisäksi on tarkennettu suojamurskeiden materiaalia ja raekokoja, Kuva 10.



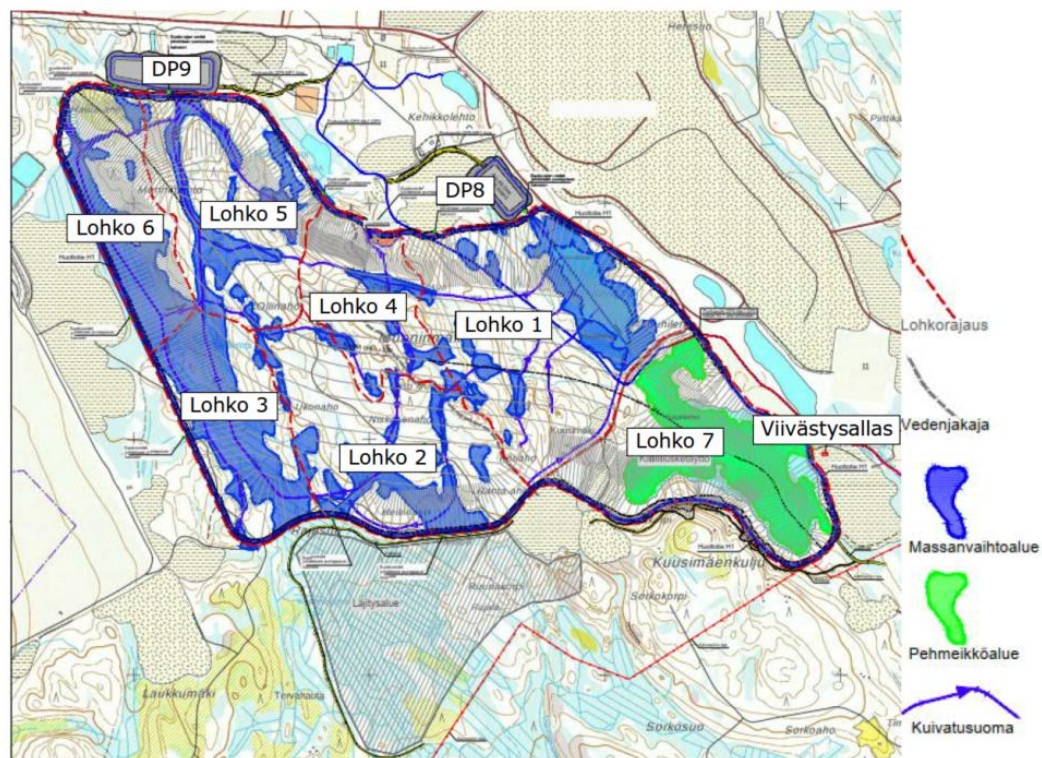
Kuva 10. Sivukivialue KL1 pohjarakenne. Kuva Ramboll / Kku, alkuperäinen kuva Destia 2019.

Lohkolle 7 ei rakenneta pohjarakennetta. Vaarallisen sivukiven (lohkot 1-6) ja pysyvän sivukiven (lohko 7) täyttöjen väliseen luiskaan rakennetaan pohjarakenteen tiiviyttä vastaava välirakenne

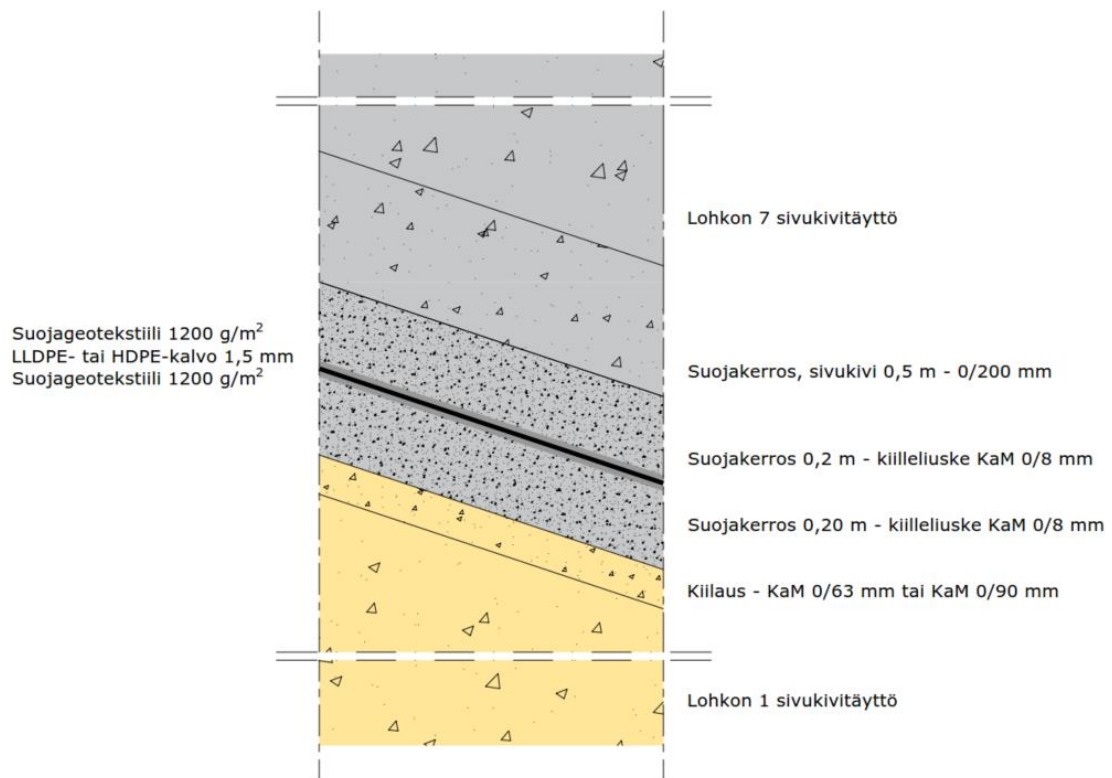


(BAT31b ja f), Kuva 12. Välirakenteen tarkoituksena on estää mustaliuskeen ja kiilleliuskeen sekoittuminen sekä ohjata mustaliuskeen suotovedet lohkon 1 alueelle. Välirakennetta nostetaan täytön edistyessä 1:3 kaltevuudessa vaarallisen jätteen läjitysalueelle päin.

Tiivisrakenteen alusrakenteena on joko moreeni tai irtilouhittu kallio tai massanvaihtoalueilla louhepenger, Kuva 11. Irttilouhittu kallio ja louhepenger kiilataan murskeella ja päälle rakennetaan kalvon alapuolinen suojakerros. Alusrakenne kuivatetaan louherakenteisilla uomaverkostolla, jonka tarkoituksena on estää haitallinen vedenpinnan nousu pohjan tiivisrakenteen alla. Kuivatusvedet ohjataan viivästysaltaiden kautta maastoon.



Kuva 11. Sivukivialueen KL1 lohkot ja alustavat suotovesialtaiden DP8-9 sijainnit (Destia Oy, yleiskartta, liite 3)

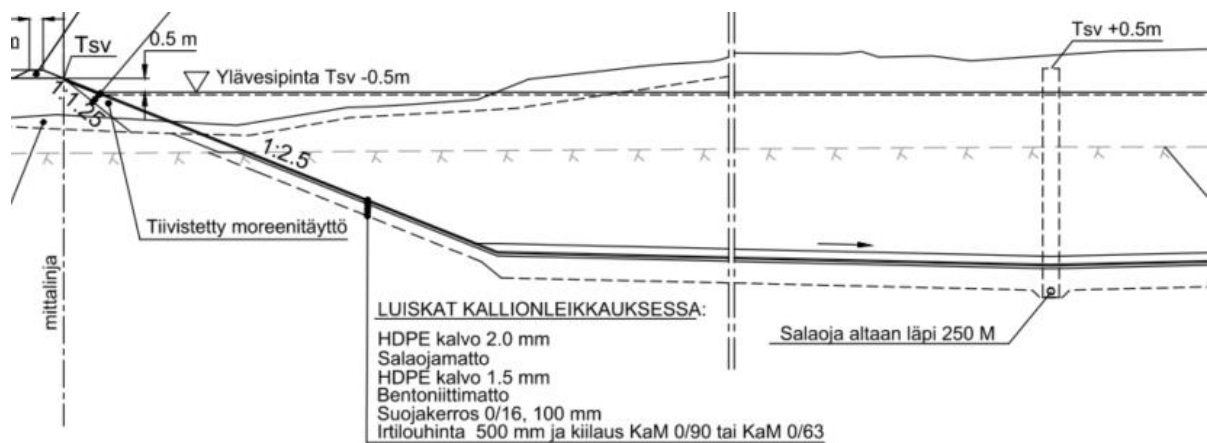


Kuva 12. Sivukivialueen KL1 vaarallisen jätteen (lohko 1, mustaliuske) ja happoa tuottamattoman sivukiven (lohko 7, kiillegneissi) läjitysalueiden välirakenne. Kuva Ramboll / KKu, alkuperäinen kuva Destia 2019.

Sivukivialueen ulkoluiskat läjitetään ja muotoillaan 1:3 kaltevuuteen. Valmiin sivukivikasan pintaosa kiilataan murskeella tai muulla materiaalilla niin, että pinta soveltuu pintarakenteen rakennuspohjaksi.

Toiminnan aikana sivukivialueen valumavedet (suotovedet ja hulevedet) kerätään kuivatusojien avulla kahteen DP-altaaseen, joista vedet pumpataan joko vesien käsittelyyn tai bioliuotuskiertoon. Sivukivialueen koillisosassa olevaan DP8-altaaseen johdetaan lohkon 1 pintavalunta ja pohjoisosassa olevaan DP9-altaaseen lohkojen 2-6 pintavalunta (BAT 21b).

Valuma-altaiden rakenne on esitetty kuvassa Kuva 13. Tiivisrakenteena on kaksinkertainen HDPE-kalvo, joiden välissä on salaoja/tarkkailukerros. Keinotekoisen eristeen alapuolella on bentoniittimatto ja kantava alusrakenne murskeesta. (BAT 21a, 35b, 41a)



Kuva 13. Sivukivialueen KL1 valumavesialtaiden rakenne. Kuva Destia Oy, KL1 yleissuunnitelma 2019.

Lohkon 7 valumavedet johdetaan ympärysojilla viivästysaltaaseen ja luontoon, mikäli veden laadun seurannan mukaan haitta-ainepitoisuudet eivät ylitä ympäristöluvan mukaisia raja-arvoja. Siinä tapauksessa vedet ohjataan KL2 valumavesien altaalle (DP5) ja edelleen käsittelyyn tai vesikiertoon.

#### 3.5.4.2 Kolmiosopen alueen sivukivialueet KS1 ja KS2

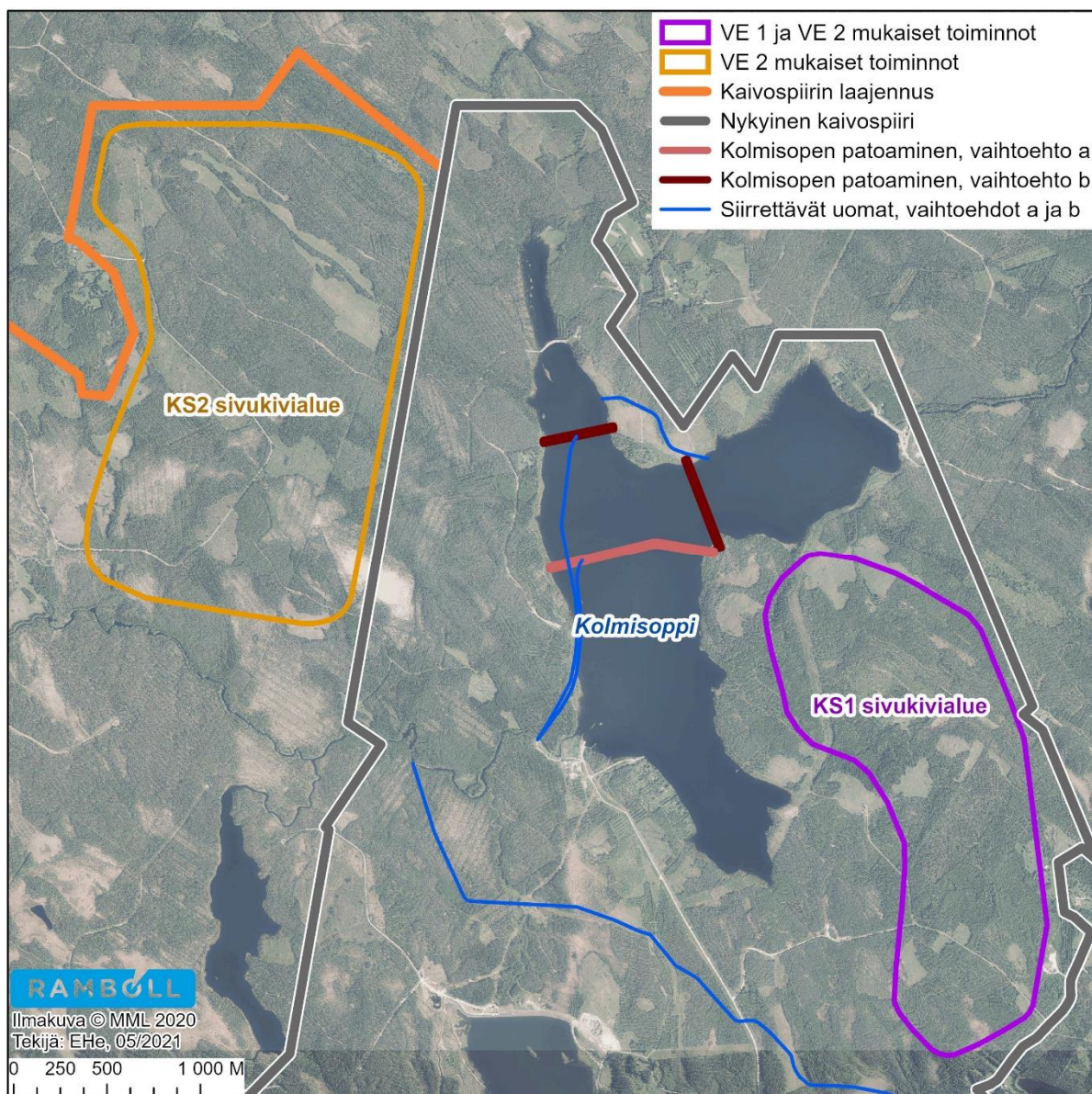
Kolmisopen malmion happoa tuottavat sivukivet läjitetään Kolmisopen avolouhoksen itäpuolelle sijoittuvalle sivukivialueelle KS1 ja myöhemmin rakennettavalle sivukivialueelle KS2, joka sijoittuu avolouhoksen länsipuolelle, Kuva 14. Suunniteltujen läjitysalueiden tilavuus riittää noin vuoteen 2065 saakka.

Taulukko 5. Kolmisopen alueen suunnitellut sivukivialueet, pohjarakenteen ala, kasakorkeus ja luiskakaltevuus.

Alue	Pinta-ala (ha)	Täyttötilavuus (Mt)	Enimmäistäyttötaso (N60)	Luiskakaltevuus
KS1	230	230	+315	1:3
KS2	390	600	+330	1:3
yht.	620	830		

Sivukivialueiden KS1 ja KS2 pohjarakenne vastaa nykyisen kaivosalueen sivukivialueen pohjarakennetta KL1, Kuva 10.





Kuva 14. Kolmisopen alueen sivukivikasat KS1 ja KS2.

### 3.5.4.3 Sivukivitäyttö

Sivukivi on sekarakeista ja sen raekoko on 0-1000 mm. Läjitysalueet rakennetaan 5-10 metrin kerroksissa. Raskaiden kuormien takia pohjarakenne suojataan 1,5 m paksuisella louheesta tehdyllä suojatäytöllä ennen varsinaista läjitystä.

Täyttö luiskataan 1:3 kaltevuuteen ja laki tasataan vähintään 0,03 kaltevuuteen (KL2). Luiskat ja laki on suunniteltu kiilattavaksi pintarakenteen teon yhteydessä.

Sivukiviläjityksen vakavuus sivukivialueella KL1 kasan läpi tai pohjamaan kautta kulkevia liukupintoja vastaan on Destian stabiliteettilaskelmien mukaan riittävä, kun kasa rakennetaan suunnitelman mukaisin kaltevuuksin (Destia, 2019) ja alusrakenteen pehmeikköalueille tehdään massanvaihto. Sivukiven tilavuuspainona laskelmissa on käytetty 20 kN/m<sup>3</sup> ja kitkakulmana 36° (BAT 22b)

### 3.5.5 Sivukivialueiden sulkeminen

#### 3.5.5.1 Sulkemisen tavoite

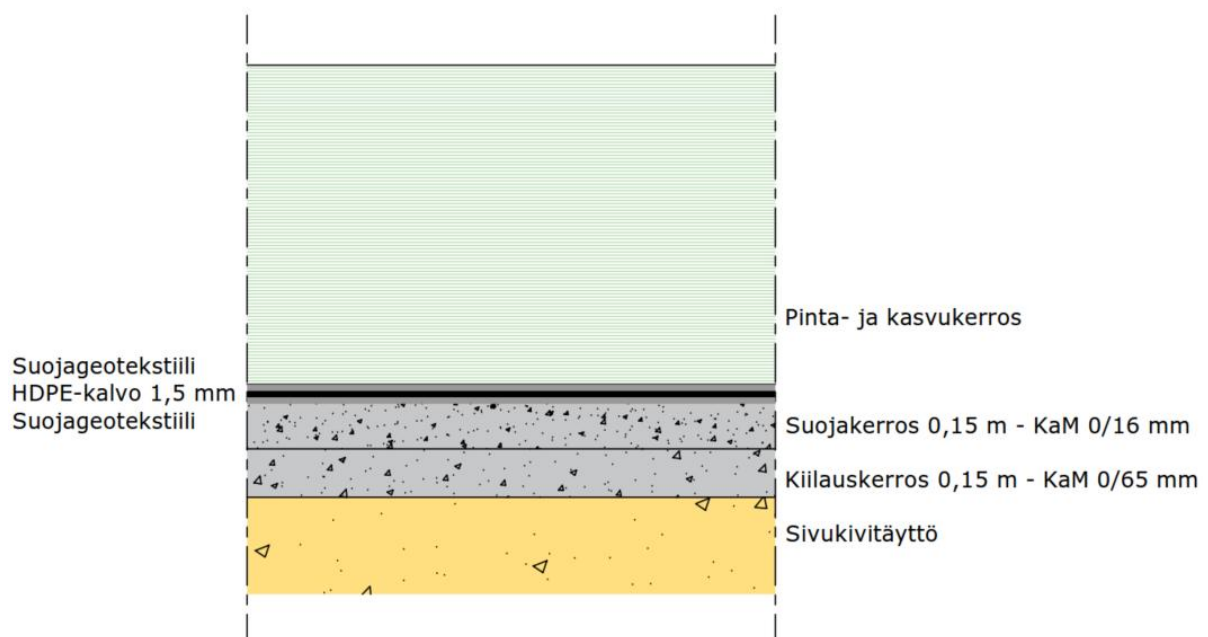
Sivukivikasojen sulkemistoimenpiteillä ja pintarakenteella pyritään estämään hapen ja veden kulkeutumista jätteeseen sekä vähentämään sulfidimineraalien hapettumista (BAT 38e). Tavoitteena on vähentää myös suotovesien määrää ja haitallisuutta sekä käsittelytarvetta pitkällä aikavälillä.

Sivukivialueen KL2 ympäristövaikutuksia vähennetään suoja-pumppauksilla. Suoja-pumppauksella kerätään lievästi kontaminoituneita vesiä pohjarakenteen alapuolelta. Suoja-pumppausvedet ohjataan suotovesien kanssa samoihin altaisiin DP5 ja DP4. (Terrafame, 2020a). (BAT43)

#### 3.5.5.2 Sulkemisen toteutus ja pintarakenne

Sivukivialueen reunaluiskat ja lakiosat muotoillaan täytön edetessä luiskien osalta kaltevuuteen 1:3 tai loivemmiksi ja lakiosa tasataan reunoja kohti viettäviksi (>0.03). Luiskat ja lakiosa kiilataan täyttötoiminnan aikana pienlouheella tai murskeella, että alueille on mahdollista aloittaa pintarakenteiden rakentaminen täytön saavutettua lakikorkeutensa.

Sivukivialueiden ympäristöluvan mukainen pintarakenne on esitetty Kuva 15 (PSAVI 36/2014/1:111). Rakenne sisältää vettä- ja kaasuja läpäisemättömän kalvon (BAT 38e)



Kuva 15. Sivukivialueiden lakialueiden pintarakenne, kuva Ramboll / KKu, alkuperäinen kuva Pöyry 2018.

Terrafamella on käynnissä koekenttäselvityksiä vaihtoehtoisten pintarakenteiden toimivuudesta. Vaihtoehtoisissa pintarakenteissa on tarkoitus hyödyntää mahdollisimman paljon kaivoksen sivukiviä, ylijäämämaita ja lähialueelta saatavia maa-aineksia. Sivukivipiloteilla on selvitetty sulkemisen rakennevaihtoehtoja sekä rakenteen kerrospaksuuden ja vaihtoehtoisten tiivistysmateriaalien vaikutusta rakenteen toimivuuteen, rakennettavuuteen ja vesien suotautumiseen. Koekenttäselvitys on aloitettu vuonna 2018. Kokeet jatkuvat vuonna 2020 ja rakenteisiin tehtiin pieniä muutoksia, muun muassa pintarakenne nurmetettiin (Pöyry, 2019b).

Selvityksen kohteena on myös geopolymeerien käyttö. Sivukivialueella KL2 vuonna 2020 aloitetulla koetoiminnalla selvitetään, voidaanko geopolymeerityyppisellä tiivistysrakenteella korvata esimerkiksi kalvorakenne (Envineer, 2020). Lisäksi Terrafame suunnittelee sivukivien takaisintäyttöä Kuusilammen avolouhokseen.

### 3.5.5.3 Sulkemisen vaiheistus ja materiaalityö

Ensimmäiseksi suljetaan sivukivialue KL2, joka tulee täyteen arviolta vuonna 2023. Terrafame tarkentaa sulkemisen yleissuunnitelmassa rakennemateriaaleja ja paksuuksia tehtyjen selvitysten perusteella, hulevesien mitoitus ja ratkaisuja vesien hallintaan sekä esittää rakenteelliset yksityiskohdat, kuten läpiviennit ja laadunvalvontatoimenpiteet.

#### Sulkemiseen tarvittavat massamäärät

Pintarakenne ja sulkemisen materiaalityö tarkentuvat koekenttäselvitysten ja alueen jälkikäytön perusteella.

Ympäristöluvan mukaisilla kerrospaksuuksilla laskettuna Kuusilammen sivukivikasoihin tarvitaan tiivistyskerroksen alle noin 1,7 Mm<sup>3</sup> ja yläpuolelle 2,9 Mm<sup>3</sup> maamassoja. Kolmisopen suunniteltujen sivukivialueiden sulkemiseen tarvitaan hieman enemmän massoja; alapuolelle noin 1,9 Mm<sup>3</sup> ja yläpuolelle noin 3,1 Mm<sup>3</sup>. Todennäköisesti valittavassa rakenteessa pintakerroksen paksuus tulee olemaan enemmän kuin 0,5 m ja puhtaisten maa-ainesten tarve siten lähes kaksinkertainen.

#### Ennen aikainen sulkeminen

Tilanteessa, missä kaivoksen toiminta keskeytyy ja ajetaan alas ennen aikaisesti, voidaan sivukivialueiden sulkeminen aloittaa louhinnan lopettamisen jälkeen. Kasat muotoillaan ja kiilataan siten, että niillä on turvallista liikkua. Ennen pintarakenteiden rakentamisen aloittamista varmistetaan esimerkiksi painumamittauksilla, että täyttö ei enää tiivisty. Tarvekivialueet muotoillaan ja kiilataan viimeisenä.

### 3.5.6 Sulkemisen riskit ja lisäselvitystarpeet

Suurimmat sulkemisvaiheen riskit liittyvät sivukiven hapon muodostuksen estämiseen pitkällä aikavälillä; pintarakenteen pitkäaikaiskestävyyteen sekä veden ja ilman läpäisevyyteen ja lisäksi hulevesien hallintaan.

Ympäristöriskin arvioimiseksi pintarakenteita ja niiden vaihtoehtoja tulee arvioida kokonaisuutena riskinarvion kautta (BAT 5). Erityisesti tarkasteltavia asioita ovat materiaalien eroosiokestävyys suurten hulevesivirtaamien takia, kuivatuskerroksen tarve tiivistyskerrokseen kohdistuvan vesipaineen vähentämisessä ja pintakerroksen paksuus kasvillisuuden ja maisemoinnin kannalta pitkällä aikavälillä.



Taulukko 6. Sivukivialueen sulkemisen riskit ja lisäselvitystarpeet.

Mahdollinen riski / tarkennettava tieto	Lisäselvitys
Kolmisopen sivukivien laatu	Kolmisopen sivukivien karakterisointi (BAT 2 ja 3)
Sivukiven fysikaalinen ja kemiallinen pysyvyys	Arvio muodostuvien suotovesien laadusta ja määrästä pitkällä aikavälillä suljetulta alueelta (BAT 31i, BAT 38e) Arvio täyttöalueen painumisesta (BAT 22)
Pintarakenteen suojausvaatimukset	Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi suunnitelman mukaisella pintarakenteella ja mahdolliset vaihtoehdot (BAT 5)
Pintarakenteen pitkäaikaiskestävyys	Arvio rakenneosien yhteensopivuudesta ja toimivuudesta; rakennekerrokset ja niiden paksuudet jälkikäytön ja maisemoinnin, routivuuden ja rakenteen tiiviyn kannalta, pintamateriaalien eroosiokestävyys ja rakenteen stabiliteetti luiskissa, tarvittaessa painumisen huomiointi (materiaalivalinnat ja liitokset), kalvon suojarakenteet (BAT 37d ja 38e)
Pintarakenteen rakennettavuus	Koerakenteiden teko luiskiin sisältäen liitosrakenteet ja työmenetelmät (BAT 38e)
Hulevesien hallinta	Suljetun alueen vesitase ja vesienhallintasuunnitelma; hulevesien virtaamien ja määrien hallinta (BAT 18)

### 3.6 PRIMÄÄRI LIUOTUSALUEET

#### 3.6.1 Yleistä

Primääriliuotusalueilla malmin sisältämät metallisulfidit hapetetaan liukoiksi yhdisteiksi mikrobin avulla. Agglomeroitu malmi kasataan noin 8 m korkeiksi kasoiksi. Prosessia säädellään kierrättämällä kasoissa hapanta vesiliuosta ja hapettamalla kasoja. Kun liuoksen metallipitoisuus on noussut riittävän korkeaksi, se johdetaan metallien talteenottoon. Liuotus kestää noin puolitoista vuotta. Sen jälkeen malmi siirretään sekundääriliuotusalueelle, joissa liuotusta jatketaan vielä noin kolmesta viiteen vuotta.

Primääriliuotusaltaita käytetään toiminnan loppuun saakka. Terrafame pyrkii tehostamaan ja optimoimaan liuotusta primääriliuotuskasoilla liuotusaikaa lisäämällä ja kasakorkeutta säätämällä. Terrafame arvioi käyttökokemusten perusteella primääriliuotusaltaiden alueiden riittävyttä.

Liuoskierto tapahtuu painovoimaisesti kastelualtaista kasoille, ja edelleen ala-altaille, josta se pumpataan takaisin joko kastelualtaihin tai metallien talteenottoon. Bioliuotuksen vesimäärää optimoidaan liuotuksen onnistumiseksi palauttamalla vesiä (raffinaattiliuos) metallien talteenottolaitokselta ja tarvittaessa lisäämällä raakavettä.

Kaivoksen sulkemisen jälkeen liuotus saatetaan loppuun ja malmi siirretään sekundääriliuotusalueelle, kuten käyttövaiheessakin. Sen jälkeen pohjarakenteen tiivistyskerros ja sen yläpuoliset kerrokset poistetaan ja siirretään sekundääriliuotusalueelle.

Poistettavien pohjarakennekerrosten ja alapuolisen perusmaan pilaantuneisuus selvitetään ja alue puhdistetaan pilaantuneista maista myöhemmin laadittavan kunnostussuunnitelman mukaisesti. Lopuksi alue tasataan, peitetään kasvukerroksella ja jätetään maisemoitumaan luontaisesti.

Liutusaltaiden liuoskierrossa ovat kastelualtaat, ala-altaat ja näiden varoallas poistetaan tarpeettomina käytöstä. Altaat tyhjennetään ja niiden rakenteet puretaan, kuten liutusalueilla. Sen jälkeen alueet tasataan, alapuolinen maaperä puhdistetaan mahdollisista pilaantuneista maista ja maisemoidaan kasvukerroksella.

### 3.6.2 Liuksen ominaisuudet

Kaikkien liuoskierrossa olevien altaiden liuos on erittäin hapanta (keskiarvo 1,8-3,0). Liuokset varastoidaan ulkona kattamattomissa altaissa ja niiden lämpötila vaihtelee vuodenaikojen mukaan, mutta koska bioliutus on eksoterminen prosessi, voi liuksen lämpötila kohota jopa tasoon 70 °C. Liuosten vaaraominaisuudet perustuvat niiden sisältämien metallien ja sulfaattien pitoisuuksiin sekä liuksen happamuuteen. Metallien talteenottoon menevä liuos on metallipitoisuutensa takia luokiteltu syöpävaaralliseksi iho- ja hengityskontaktissa ja voi lisäksi aiheuttaa allergisia reaktioita ihokontaktissa. (Terrafame Oy, 2019).

Uraanin on havaittu liukenevan kasaliuotuksessa päämetallien tapaan. Kasaliuotuskierrosta metallien talteenottolaitokselle johdettavan pääprosessiliuksen eli PLS-liuksen uraanipitoisuudet ovat alhaisia, mutta uraani voidaan ottaa talteen tarkoitukseen kehitetyllä uutomenetelmällä. (Pöyry, 2019).

### 3.6.3 Primääriliutusalueen sulkemista koskevat lupamääräykset

PSAVI, Nro 36/2014/1: 110. --- Sulkemissuunnitelman on katettava sekä ympäristönsuojelulain että vesilain nojalla toteutetut ja toteutettavat toimet.

Sulkemissuunnitelmaan on liitettävä myös suunnitelma liutusprosessien hallituksi alas ajamiseksi sekä jätealueiden ja jätevesipäästöjen hallitsemiseksi tilanteessa, jossa kaivoksen toiminta keskeytyy osittain tai kokonaan normaalia huoltojaksoa pitemmäksi ajaksi.

PSAVI, Nro 36/2014/1: 112. *Ennen toiminnan suunniteltua lopettamista kaikki ensimmäisen vaiheen liutusalueen malmi on oltava liuotettuna ja siirrettyinä toisen vaiheen liutusalueelle. ---*

*Liutustoiminnan loputtua ensimmäisen vaiheen liutusalue ja liuosaltaat rakenteineen on poistettava ja mahdollinen pilaantunut maa-aines sijoitettava luvan saaneelle kaatopaikalle tai muutoin kunnostettava. Ensimmäisen vaiheen liutusalueelle on malmin poistamisen jälkeen levitettävä kasvukerros alueen kasvittumisen nopeuttamiseksi.*

### 3.6.4 Aluetiedot

#### 3.6.4.1 Primääriliutusalueet

Käytössä oleva (v. 2020 tilanne) primääriliutusalue koostuu neljästä lohkosta (PH1-PH4), jotka ovat 1,1 km pitkiä ja 0,4 km leveitä, Taulukko 7. Lohkojen välissä on noin 40 metrin levyinen keskikaista, jossa ei ole pohjarakenteita. Keskikaistalla kulkee nauhakuljetin, joka kuljettaa kasattavaa malmia agglomeroinnista kasauslaitteistoihin. Kasojen korkeus on noin 7-10 m.

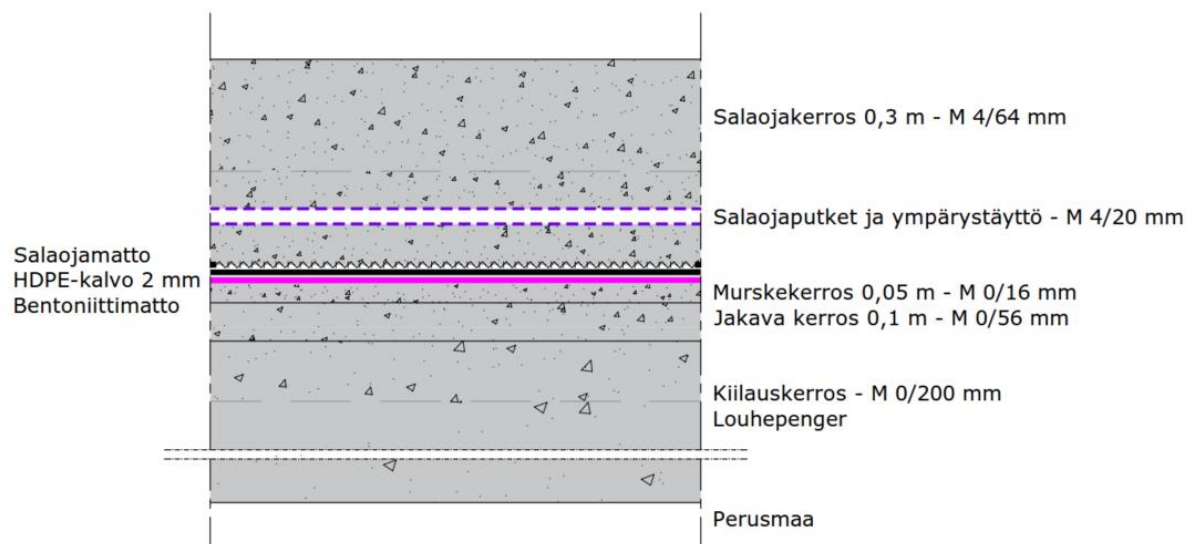
Primääriliuotusalueita 2 ja 3 laajennetaan ja lisäksi rakennetaan uusi lohko 5. Lohkojen rakentamiselle ei ole vielä ympäristölupaa (hakemuksen käsittely kesken). Lohkojen rakentaminen ajoittuu vuosille 2021–2025.

Taulukko 7. Käytössä olevat ja laajennus alueet.

	Lohko	Pinta-ala (ha)
Nykyiset alueet	PH1	44
	PH2	44
	PH3	44
	PH4	44
Laajennusalueet	PH2 laajennus	9,5
	PH3 laajennus	9,5
	PH5	51,2
	yht.	246,2

Nykyisen kaivosalueen primääriliuotusalueen topografia on vaihteleva ja rakennuspohja on vaihdellut pohjois- ja kaakkoispuolen kalliolisista alueista eteläosan paksuihin moreenialueisiin ja alavimpien alueiden pehmeikköihin. Pohjaveden gradientti on lounaaseen päin ja voi ulottua kaivospiirin ulkopuolelle. Kallioperä on ruhjeista ja rikkonaista ja on ohuiden maanpeittoalueiden alueilla pohjaveden ensisijainen virtausreitti. Nykyisin pohjavedenpintaa alentaa avolouhoksen pumppauksen lisäksi suoja-pumppaukset ja kalliopohjaveden gradientti on avolouhokseen päin. (Pöyry 2017; Lapin Vesitutkimus 2005).

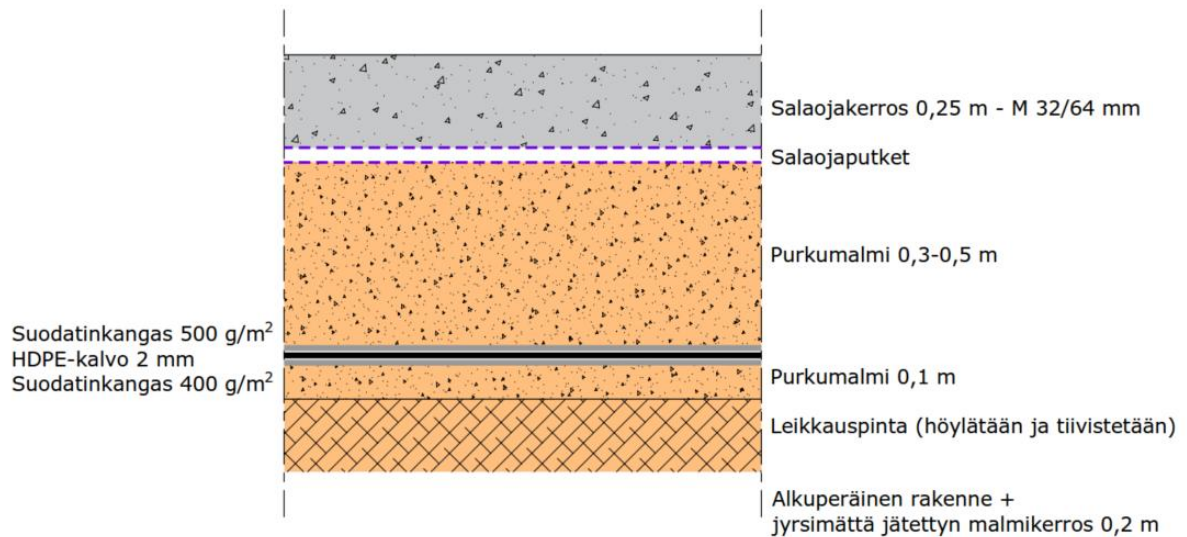
Primääriliuotusalueen alkuperäinen pohjarakenne koostuu kantavasta kerroksesta, vedeneristysrakenteesta ja kuivatuskerroksesta (liuksen keräys salaojien avulla). Vedeneristysrakenteessa on kaksoiseristys, jossa mineraalisena tiivisteenä on bentoniittimatto ja sen päällä keinotekoisena eristeenä 2 mm:n HDPE-kalvo. Kuivatuskerroksen päällä ovat ilmastusputket ja varsinainen bioliuotuskasa. (BAT 21b, 31f), Primääriliuotusalueen pohjarakenne on esitetty kuvassa Kuva 16.



Kuva 16. Primääriliuotusalueen lohkojen PS1-4 alkuperäinen pohjarakenne, kuva Ramboll / KKU.

Terrafame havaitsi vaurioita primääriliuotusalueen lohkojen kalvoissa vuonna 2019. Kalvon alapuolinen bentoniittimatto oli havaintojen perusteella ehjä. Primäärikenttä korjattiin alkuperäisen rakenteen päälle rakennettavalla korjausrakenteella, Kuva 17. Alkuperäisessä rakenteessa

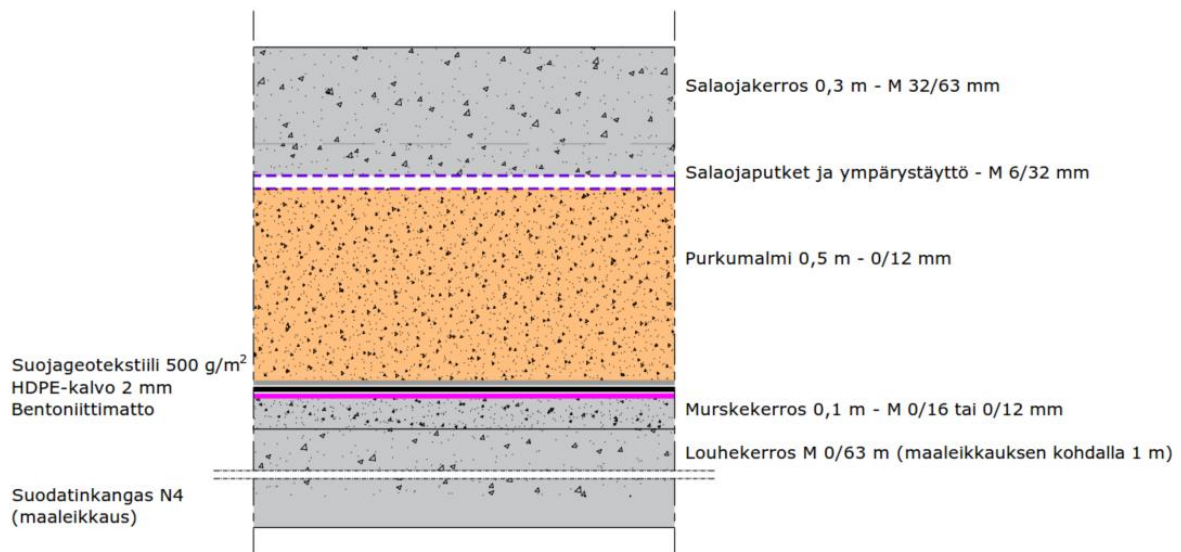
olevat vauriot johtuivat siitä, että HDPE-kalvon suojana ollut salaojamatto ei ollut riittävä suoja yläpuolisen kuivatuskerroksen murskeelle. Tämän vuoksi korjatussa rakenteessa salaojamatto korvattiin hienojakoisella purkumalmikerroksella. Korjausta on toteutettu vuosina 2019-2020. Lohkot 1, 2 ja puolet lohkoista 3 on korjattu. Loppuosa lohkoista 3 ja lohko 4 korjataan vuosina 2021-2023.



Kuva 17. Primääriliuotuskentän lohkojen 2 ja 3 korjausrakenne. Kuva Ramboll, alkuperäinen kuva Pöyry 2018.

Primääriliuotusalueen eteläpään rakennetaan vuosina 2020-2021 laajennusosat lohkoille 2 ja 3. Lohkoja jatketaan noin 150 metriä etelään. Laajennusosan pohjarakenne koostuu kantavasta kerroksesta, vedeneristysrakenteesta ja kuivatusrakenteesta, Kuva 18. Laajennusosan alusrakenteena on joko kiilattu louhepenger tai irtilouhittu ja kiilattu kallio.

Primääriliuotusalue on suunniteltu laajennettavaksi rakentamalla uusi lohko 5 vuosina 2021-2025, laajennus sisältyy 2017 jätettyyn toiminnan ympäristölupahakemukseen. Pohjarakenne on esitetty kuvassa Kuva 18. Lohko rakennetaan primääriliuotusalueen eteläpään 2 ja 3 lohkojen laajennuksen jälkeen. Lohkon rakentamiselle ei ole vielä ympäristölupaa. Suunnitelmassa kalvo ja bentoniittimatto jatkuu myös keskikaistalle eli kuljetinalueelle (Destia, 2019b).



Kuva 18. Primaäriliuotuskentän lohkojen 2 ja 3 laajennusten sekä lohkon 5 pohjarakenne. Kuva Ramboll, alkuperäinen kuva Destia Oy Infrasuunnittelu.

Liuoksen primäärikierto koostuu neljästä kastelualtaasta IP1–IP4 (joista liuos virtaa painovoimaisesti kasoille), neljästä ala-altaasta PLS1–PLS4 sekä varoaltaasta EM. Primaäriliuotuksesta prosessiliuos (PLS-liuos) ohjataan liuosaltaiden PLS1–PLS4 kautta joko metallitehtaalle tai takaisin IP-altaille ja primääriliuotukseen. Lisäkorvausliuosta IP-altaille pumpataan myös sekundäärikierrosta. Metallien talteenottolaitokselta bioliuotukseen palautettava raffinaattiliuos voidaan johtaa sekä primääriliuotukseen että sekundääriliuotukseen.

Liuoskiertoon kuuluvien altaiden rakenteet on toteutettu sekä ympäristöluvan (PSAVI 36/2014/1) että Turvallisuus- ja kemikaaliviraston vaatimusten mukaisina. Liuosaltaissa on vettä läpäisemätön pohjarakenne; kaksinkertainen PE-kalvo, joiden välissä on kuivatuskerros tai salaojamatto ja keinotekoisien eristeen alla on bentoniittimatto ja sen tasauskerroksena kivituhka. (BAT 21a, 31f)

#### 3.6.4.2 Liuotuskasojen alapuolisen maaperän laatu

Primaäriliuotusalueella käsitellään malmia, jonka metallipitoisuudet ovat korkeita. Itse liuotusalueet on eristetty maaperästä mm. HDPE-kalvolla, mutta alueiden välissä on kapea keskikaista, jolla pohjarakenteita ei ole. Kaistalla sijaitsevat kuljettimet sekä tuoreelle malmille että purkumalmille.

Ympäristöluvan määräyksen (PSAVI/58/04.08/2011;1:40) mukaisesti Terrafame teetti vuonna 2017 selvityksen primääriliuotusalueiden keskikaistan maaperän ja pohjaveden laadusta ja selvityksen mukaan keskikaistan maaperässä esiintyy lieviä valtioneuvoston asetuksen 214/2007 (ns. pima-asetus) mukaisten ohjearvojen ylityksiä kuparin, nikkelin ja sinkin kokonaispitoisuuksien osalta. Liukoisuustutkimusten perusteella aineiden liukeneminen oli vähäistä. Öljyhiilivetyjen pitoisuudet olivat hyvin pieniä. Sen sijaan, keskikaistan pohjoisosan pohjavedessä esiintyi selvästi kohonneita metallipitoisuuksia (esim. Al, Cd, Co, Cu, Fe, Ni, U ja Zn). Selvityksessä arvioitiin pohjaveden kohonneiden pitoisuuksien johtuvan PLS-liuoksen ylivuodoista poikkeustilanteissa. Primaäriliuotuskasojen alapuolisessa maaperässä arvioidaan esiintyvän vähintään lievästi kohonneita metallipitoisuuksia, mutta pitoisuuksien tarkempaa tasoa on toistaiseksi vaikea arvioida. (Pöyry 2017).

### 3.6.5 Primääriliuotusalueiden sulkeminen

Ympäristölupamääräyksen mukaisesti alueiden sulkemisen yhteydessä poistetaan pohjarakennekerrokset sekä mahdollisesti pilaantunut alapuolinen maaperä ja siirretään massojen pilaantuneisuuden perusteella joko sekundääriliuotusalueille tai kipsisakka-altaille. Primääriliuotuska-sojen käytöstä poistamisen jälkeen niihin liittyvät kastelu-, ala- ja varoaltaat jäävät tarpeettomiksi ja voidaan poistaa käytöstä. Purettavien altaiden rakenteiden purku toteutetaan kuten liuotusalueidenkin.

Pilaantunutta maata poistetaan primääriliuotusaltaiden PLS1-PLS4 väliseltä alueelta, johon ei ole rakennettu tiivisrakennetta (Pöyry, 2018c). Poistettavien rakennekerrosten arvioitu määrä on esitetty taulukossa, Taulukko 8. Tämän lisäksi puretaan kastelu-, ala- ja varoaltaiden rakenteet sekä pohjarakenteiden alapuolelta poistetaan mahdollinen pilaantunut maa-aines, jonka määrä tarkentuu sulkemisen yhteydessä. Pilaantuneiden maiden lisäksi alueelta poistetaan kalvot, bentoniittimatot, suodatinkankaat, putket ja kaivot. Nämä murskataan ja loppusijoitetaan sekundääriliuotusalueelle tai kuljetetaan asianmukaisesti kierrätyslaitoksiin tai loppusijoitukseen.

Taulukko 8. Liuotusalueiden sulkemisen yhteydessä poistettavat pohjarakennemassat.

Suljettava alue	Pinta-ala (ha)	Pohjarakenne-massat (milj.m <sup>3</sup> )
Lohkot 1-4	176	1,4
Laajennusalueet	70,2	0,6
yht	246,2	2,0

#### 3.6.5.1 Ennenaikainen sulkeminen

Jos kaivoksen toiminta keskeytyy ja ajetaan alas ennen aikaisesti, primääriliuotusta jatketaan niin pitkään, että malmi on siirrettävissä sekundäärialueelle. Prosessin vieminen loppuun on sekä talouden että ympäristön kannalta paras vaihtoehto, jolloin malmin metallipitoisuudet saadaan loppusijoituksessa mahdollisimman alas. Liuotusvaiheen lopettamiselle on varattava vähintään 6-7 vuotta. Primäärikasojen liuotusvaihe kestää 1-1,5 vuotta, jonka jälkeen malmi siirretään sekundäärikasalle, jossa liuotus jatkuu vähintään 5 vuotta.

Mikäli sulkeminen on ennenaikainen tai tilapäinen, primääriliuotusalueen pohjarakenteiden, malmin kuljetusrakenteiden ja liuoskierron rakenteiden purkaminen aloitetaan vasta, kun metallitehtaan käyttö on varmuudella loppunut. Tällä varmistetaan tuotannon mahdollinen jatkaminen.

#### 3.6.6 Sulkemisen riskit ja lisäselvitystarpeet

Sulkemisvaiheessa primääriliuotusalueiden rakenteiden purku ja alapuolisen, osittain pilaantuneen maaperän kunnostus vähentää oleellisesti ympäristöön kohdistuvia riskejä. Pilaantuneen maan kunnostuksen aikaiset riskit on kuvattu kappaleessa 3.10.

Pohjavesivaikutusten takia ensimmäiseksi rakennettujen alueiden pohjarakenteita on jouduttu jälkikäteen parantamaan ja alueen ympäristövaikutuksia rajoittamaan suojapumppauksilla. Näiden alueiden käytön jatkaminen toiminnan loppuun saakka voi lisätä riskiä pilaantumisen leviämiseksi.



Suurimmat riskit liittyvät kuitenkin primääriliuotuskasojen liian nopeaan sulkemisaikatauluun, jossa metallipitoinen malmi siirretään liian aikaisin sekundäärialueelle, mikä lisää kuormitusta sekundäärialueelle ja voi viivästyttää sen alueen sulkemista.

Taulukko 9. Kunnostustoimenpiteiden aiheuttamat riskit pilaantuneiden maiden kaivussa.

Mahdollinen riski / tarkennettava tieto	Lisäselvitys
Pilaantuneisuuden leviäminen	Tarvittaessa toimenpidesuunnitelma lisätoimenpiteistä pilaantuneisuuden rajaamiseksi (BAT 3, 4)
Nopea sulkeminen	Selvitys sekundäärialueelle kohdistuvasta kuormituksesta, jos malmia ei liuoteta loppuun ennenaikaisessa ja nopeassa sulkemisessa

### 3.7 SEKUNDÄÄRILIUOTUSALUEET

#### 3.7.1 Yleistä

Primääriliuotusalueelta siirretyn malmin liuotusta jatketaan noin viiden vuoden ajan toisen vaiheen sekundääriliuotusalueella, kunnes liukenemista ei enää merkittävästi tapahdu. Sekundääriliuotusalueiden pohjarakenne on varustettu vettä läpäisemättömällä tiivistyskalvolla ja liuoskierron altaiden pohjarakenne kaksinkertaisella kalvorakenteella (BAT 35b). Liuotettu kaivannaisjäte jää pysyvästi liuotusalueelle ja kasat peitetään sulkemisvaiheessa vettä läpäisemättömällä tiivistyskalvolla varustetulla pintarakenteella (BAT 38e). Metalliliuoksen kastelu- ja keruualtaat (SLS1–SLS4) sekä varoaltaat (SEM1, SEM3 ja SEM4) jäävät sulkemisen jälkeen suotovesikäyttöön (BAT 21b ja BAT 37c).

Toisen vaiheen liuotusalue eli sekundääriliuotusalue luokitellaan suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi kaivannaisjätteen jätealueeksi. Kuusilammen sekundääriliuotusalueen lohkojen SH1-4 pohjarakenteen alapuolinen sivukivitäyttö luokitellaan muuksi kaivannaisjätteen jätealueeksi ja on suljettu sekundääriliuotusalueen pohjarakenteella.

Terrafame on selvittänyt loppuun liuotetun malmin luokittelua ja selvityksen perusteella malmi ylittää tavanomaisen jätteen kaatopaikkakelpoisuuden rajat ja on mahdollisesti happoa tuottavaa (Terrafame, ympäristölupahakemus, 27.7.2018).

#### 3.7.2 Sekundääriliuotusalueiden sulkemista koskevat lupamääräykset

Nykyiset lupamääräykset on esitetty alla. Terrafame on esittänyt toimintaa koskevassa lupahakemuksessaan (täyd. 27.7.2018) sekundääriliuotuskasojen lohkojen 1-4 korotusta tasolle 315 m (N60) ja uusien lohkojen 5-8 rakentamista ja käyttöä tasolle +330 m (N60).

Terrafame on esittänyt toimintaa koskevassa lupahakemuksessaan (täyd. 27.7.2018), että esineutraloinnin sakka hyödynnetään sekundääriliuotusprosessissa eikä erillistä kaatopaikkaa tarvita.

PSAVI, Nro 36/2014/1: 53. --- *Suunnitelman ja siihen liittyvään tarkkailuun on yhdistettävä jätealueiden sisäisten olosuhteiden ja kaatopaikkaveden laadun kattava tarkkailu. Saatavaa tietoa on hyödynnettävä sulkemistoimien suunnittelussa siten, että haponmuodostusprosessien käynnistyminen voidaan estää.*

----- Osana kiviainesten hallintasuunnitelmaa on tehtävä tarpeellisia koerakenteita ja mallinnettava haponmuodostumisreaktioiden käynnistymistä sen estämisen kannalta sopivimman pintarakenneratkaisun löytämiseksi.

PSAVI, Nro 36/2014/1: 55. --- Toisen vaiheen liuotuskasalle saa sijoittaa ensimmäisen vaiheen liuotuskasan purun yhteydessä sinne kulkeutuvat ilmastus- ja muut putkijätteet.

PSAVI, Nro 36/2014/1: 72. --- Jätealueen ylin täyttötaso saa olla enintään N60 + 285 m. Jätealueen reunaluiskat on muotoiltava kaltevuuteen 1:3 tai loivemmiksi ja lakiosat reunoja kohti viettäväksi.

PSAVI, Nro 36/2014/1: 110. --- Sulkemissuunnitelman on katettava sekä ympäristönsuojelulain että vesilain nojalla toteutetut ja toteutettavat toimet.

Sulkemissuunnitelmaan on liitettävä myös suunnitelma liuotusprosessien hallitukseksi alasajamiseksi sekä jätealueiden ja jätevesipäästöjen hallitsemiseksi tilanteessa, jossa kaivoksen toiminta keskeytyy osittain tai kokonaan normaalia huoltojaksoa pitemmäksi ajaksi.

PSAVI, Nro 36/2014/1: 111. Sulkemistoimia on jatkettava vuosittain täyttötöiminnan edetessä. Suoto- ja kaatopaikkavesien muodostumisen estämiseksi muotoiltujen kaivannaisjätteen jätealueiden ja kaatopaikkojen sekä liuotusalueiden päälle on tehtävä 19.10.2009 päivätyn kaivoksen sulkemissuunnitelman mukainen tiivis pintarakenne. Lakialueella pintarakenteessa on oltava alhaalta lukien yhtenäinen 1,5 mm:n HDPE-muovikalvosta tehty keinotekoinen eriste ja sen päälle asennettuna levitettävä vähintään 0,5 m:n paksuinen suoja- ja kasvukerros. Keinotekoinen eriste on suojattava ylä- ja alapuolelta pistemäisiä kuormituksia vastaan.

Luiskissa keinotekoisien eristeen päälle on asetettava sulkemissuunnitelman mukaisesti vähintään 200 mm:n kuivatuskerros, jonka päälle tulee vähintään 0,5 m:n paksuinen suoja- ja kasvukerros. Kerrokset on tarvittaessa erotettava suojageotekstiilillä.

Jätealueiden ja kaatopaikkojen tiivistyskerroksen yläpuoliset puhtaat vedet voidaan johtaa suoraan maastoon.

PSAVI, Nro 36/2014/1: 112. Ennen toiminnan suunniteltua lopettamista kaikki ensimmäisen vaiheen liuotusalueen malmi on oltava liuotettuna ja siirrettynä toisen vaiheen liuotusalueelle. Toisen vaiheen liuotusta ja metallien talteenottoa on jatkettava siihen asti, kunnes pääosa toiminnan aikana kertyneen kokemuksen mukaan liukenevasta metallista on liuotettu ja otettu talteen.

PSAVI, Nro 36/2014/1: 113. Toisen vaiheen liuotusalueiden, sivukivien jätealueiden ja kaatopaikkojen suotovedet on toiminnan loppumisen jälkeen käsiteltävä ja johdettava vesistöön siten, että pitoisuudet alittavat johdettavien vesien raja-arvot.

### 3.7.3 Sekundäärialueelle läjitetyn materiaalin laatu

Terrafamen kaivoksella on tähän mennessä louhittu malmin Kuusilammen avolouhoksesta. Kolmisopen esiintymän hyödyntämistä ei ole vielä aloitettu. Kolmisopen ja Kuusilammen esiintymien arvioidaan kuitenkin olevan käytännössä yhtä ja samaa esiintymää, jolloin Kuusilammen esiintymän malmin arvioidaan edustavan myös Kolmisopen esiintymän malmin.

Loppuun liuotettu malmi on ympäristöluvassa (Dnro PSAVI/58/04.08/2011) jaoteltu kolmeen ryhmään: 1) muu metallipitoinen kiviainesjäte (esim. kuljetinriipe), 2) toisen vaiheen liuotuskasalle liuotuksen jälkeen jäävä mineraali 3) ensimmäisen ja toisen vaiheen liuotuskasalle saostuvat reaktiotuotteet (esim. jarosiitti), jotka eivät ole erotettavissa kasoista. Muu metallipitoinen

kiviainesjäte, kuten kuljetinriipe, palautuu takaisin prosessiin, joten sen laatu kaivostoiminnan päättyessä vastaa loppuun liuotettua malmia.

Loppuun liuotettua malmia on analysoitu laboratoriossa (neljä kokoomanäytettä) vuonna 2017. Analyysien perusteella loppuun liuotetusta malmista liukenee tavanomaisen jätteen kaatopaikkakriteerit (VNA 331/2013) ylittäviä pitoisuuksia nikkeliä, sinkkiä ja sulfaattia. Lisäksi kadmiumin, kromin, kuparin, seleenin ja fluoridin liukoiset pitoisuudet ylittivät pysyvän jätteen kaatopaikkakriteerit. Vuoden 2017 kokoomanäytteistä tehtiin myös ABA-testit eli haponmuodostumis- ja neutralointipotentiaalilin määrittelyt. ABA-testien perusteella loppuun liuotettu malmi on happamia suotovesiä muodostavaa (kaikkien kokoomanäytteiden rikkipitoisuus oli >3 % ja NPR-luku alle 4). Loppuun liuotetun malmin minkään aineen Aquatic Acute 1 (H400) tai Aquatic Chronic 1 (H410) -luokituksen saavan aineen tai yhdisteen pitoisuus ei ole yli 0,1 %, eikä minkään Aquatic Chronic 2 (H411), Aquatic Chronic 3 (H412) tai Aquatic Chronic 4 (H413) -luokituksen saavan aineen tai yhdisteen pitoisuus ei ole yli 1 %, joten Ympäristöministeriön ”Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas 02/2019” kriteerien mukaisesti loppuun liuotettua malmia ei luokitella ympäristölle vaaralliseksi. Loppuun liuotetun malmin laboratorioanalyysien tulokset on esitetty tarkemmin Terrafamen kaivoksen päivitettyssä jätehuoltosuunnitelmassa (Ramboll 2021).

Loppuun liuotetun malmin on todettu sitovan kosteutta tehokkaasti. Sekundääriliuotuskasoilla olevan materiaalin kosteuspitoisuudeksi on arvioitu keskimäärin 11,4 % ( $\pm$  2,6 %).

Loppuun liuotetusta malmista ei ole tehty toistaiseksi riittävästi testejä, että materiaali voitaisiin luotettavasti luokitella. Luokituksen puuttuessa on ympäristöluvassa luokiteltu toisen vaiheen liuotusalueet suuronnettomuuden vaaraa aiheuttaviksi kaivannaisjätteen jätealueiksi, koska on oletettu, että suurin osa loppuun liuotetusta malmista luokituu vaaralliseksi jätteeksi.

Sekundäärialueelle sijoitetaan myös metallitehtaan esineutralointisakkaa. Ennen vuotta 2015 esineutralointisakkaa on sijoitettu tuotantokalvon alapuolelle sivukivien joukkoon. Vuodesta 2015 lähtien esineutralointisakkaa on sijoitettu vain tuotantokalvon yläpuolelle malmin joukkoon. Esineutralointisakan sinkkipitoisuus on korkea ja sakka luokituu ympäristölle vaaralliseksi Ympäristöministeriön ”Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas 02/2019” kriteerien mukaisesti: sakan sinkkipitoisuus ylittää Aquatic Chronic 1 (H410) cut-off -arvon 1000 mg/kg (Ramboll 2021). Ennen vuotta 2015 esineutralointisakassa on esiintynyt myös yksittäisiä korkeita kadmium- ja kuparipitoisuuksia. (Ramboll 2020b)

### 3.7.3.1 Toisen vaiheen liuotetun malmin geotekniset ominaisuudet

Sekundääriliuotusalueen täytön ominaisuuksia on selvitetty tutkimuksilla alkuvuonna 2020 (Pöyry, 2020a). Kairausten perusteella täyttö on kerroksellista ja pinnassa on löyhempiä kerroksia. Tiiviys kasvaa täyttövaiheiden rajapinnassa sekä alaspäin mentäessä ja kairaukset päättyvät tiiviisiin kerroksiin. Alemmissa täytöissä ei kairauksissa havaittu selkeitä, yhtenäisiä löyhempiä kerroksia. Täytön sisäistä vesipintaa ei havaittu pohjavesiputkissa, jotka olivat noin 10 m syvyydellä täytön pinnasta. (Pöyry, 2020a)

Täytön rakeisuus vaihtelee ja hienompi jae vastaa rakeisuudeltaan soraista hiekkamoreenia. Vesipitoisuus (ilman kidevettä) vaihteli tutkimuksissa näytteissä 14,4-15,6%, tilavuuspaino oli 22,3 kN/m<sup>3</sup> ja hehkutushäviö (kideveden määrä) vaihteli 20,6-22,1%. Leikkauskokeiden perusteella näytteistä määritetty kitkakulma oli 45,3-49,7% ja koheesio 14,4-27 kPa. Puristinheijarikairauksista määritetyt kitkakulmat olivat noin 20-30% pienempiä kuin rasialeikkauskokeiden perusteella määritetyt. (Pöyry, 2020a)

Lohkon 1 mallisen kasan stabiiliteettia oli raportissa laskettu em. arvoilla suotovesipinnan tasoa vaihdellen sekä nykytilanteessa että suunnitelman mukaisessa lopputilanteessa. Stabiiliteettiin vaikuttaa suotovesipinnan tason lisäksi suotoveden purkautumispaikka luiskassa. Laskennassa oli huomioitu kerroksellisen täytön löyhemmät vyöhykkeet ja vesien virtaus näitä pitkin. (Pöyry, 2020a)

Luiskan stabiiliteetti on selvästi heikompi, jos täyttö on vettä ulkoluiskan lähellä. Täyttövaiheessa kokonaisvarmuus F on 1,4 ja lopputilanteessa vain 1-1,2. Jos vedellä kyllästynyt vyöhyke sijaitsee kauempana luiskasta, kokonaisvarmuus F on täyttövaiheessa tasolla >2 ja loppuvaiheessa 1,7-1,8. (Pöyry, 2020a)

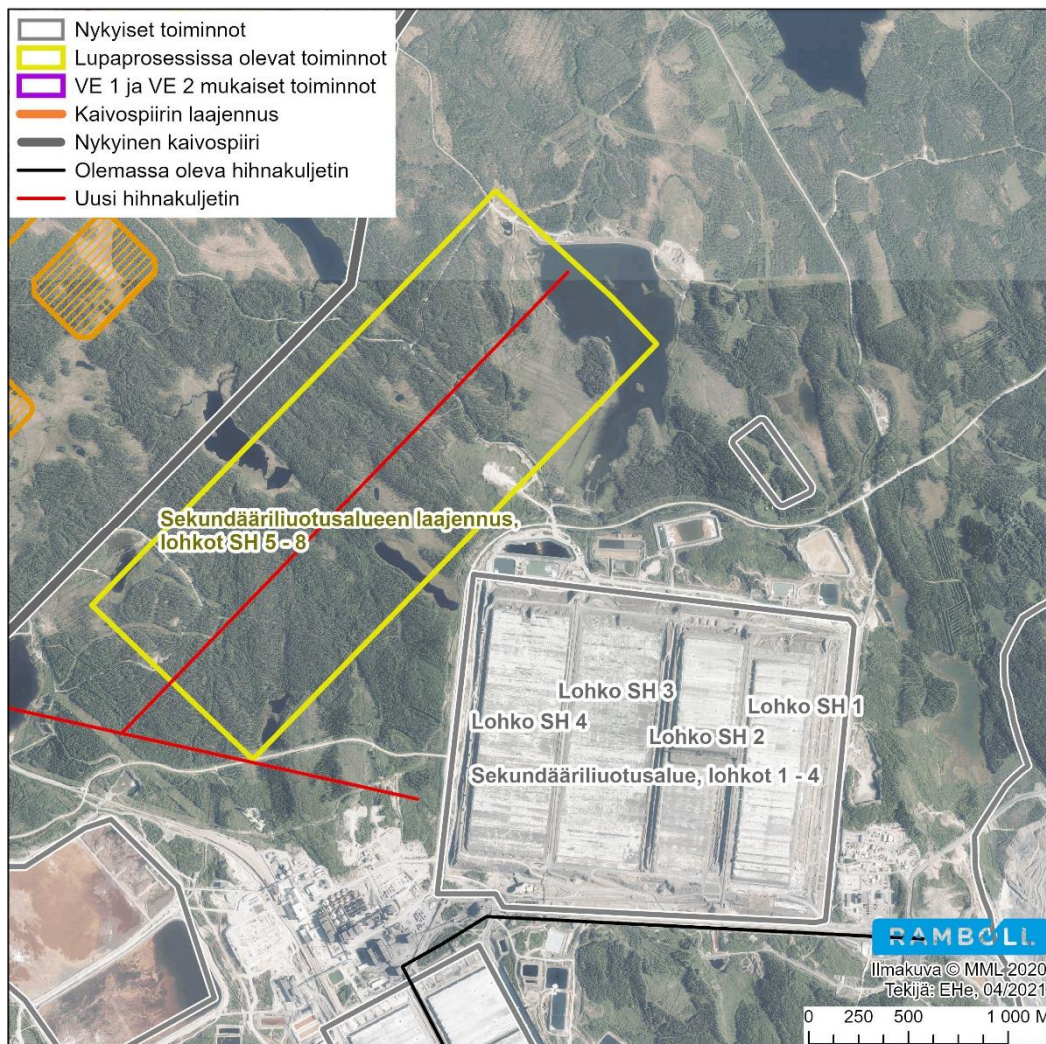
### 3.7.4 Aluetiedot

#### 3.7.4.1 Nykyiset alueet

Nykyisin tuotantokäytössä ovat sekundääriliuotusalueen lohkot SH1-SH4, Taulukko 9. Käytössä olevan alueen kasakorkeuden nostolle (+315) ja seuraavan alueen rakentamiselle (lohkot 5-8) on jätetty ympäristölupahakemus vuonna 2017.

Taulukko 9. Käytössä olevan sekundääriliuotusalueet.

Lohko	Pinta-ala (ha)	Enimmäis-täyttötaso (N60)	Luiska-kaltevuus
SH1 -SH4	252	+285 (+315 lupahakemus vireillä)	1:3
SH5 – SH8	310	+330	1:3
yht	562		



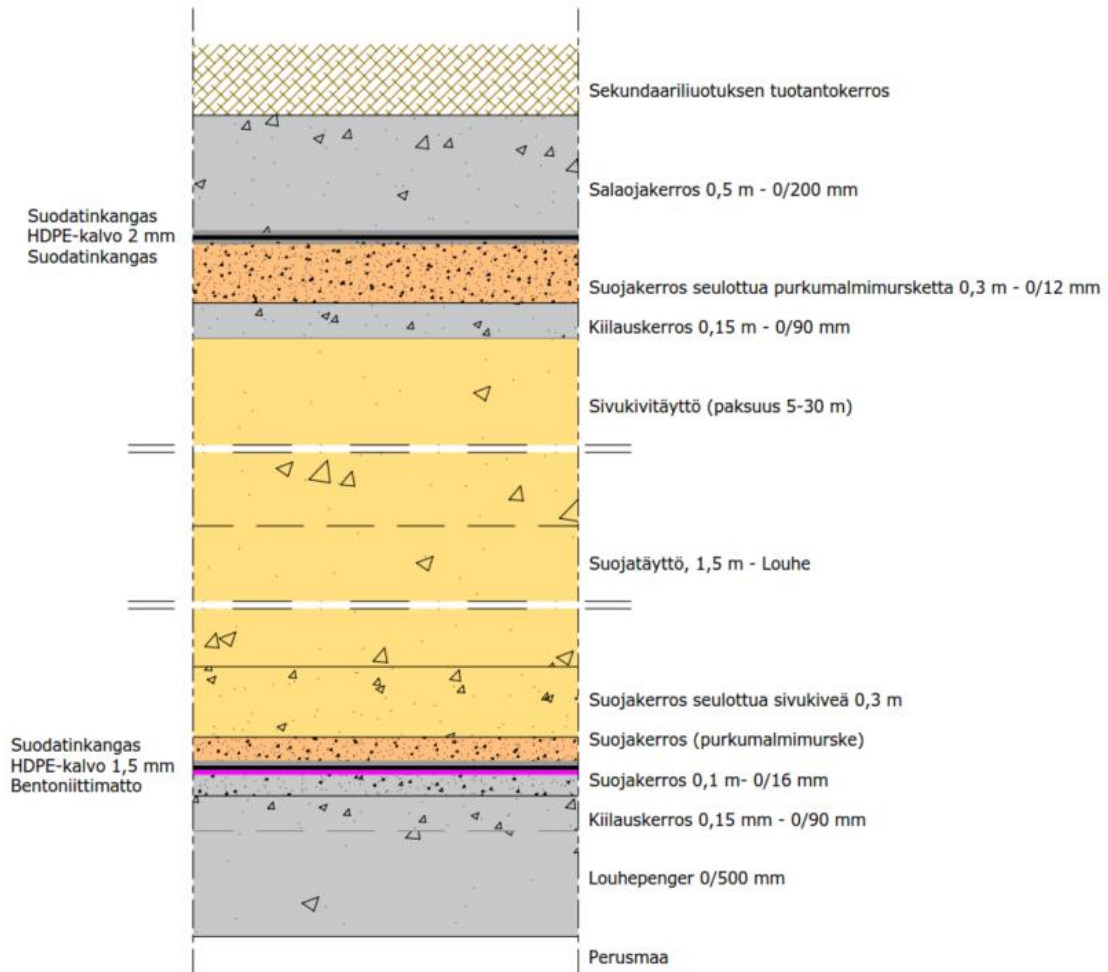
Kuva 19. Käytössä olevat sekundääriliuotusalueet SH 1-4 ja seuraava laajennusalue SH 5-8.

Sekundäärialueen lohkojen 1-4 pohjarakenne on perustettu muotoillun sivukivitäytön päälle. Sekundäärin tuotantokerroksen ja sen alapuolisen sivukivitäytön välissä on tiivisrakenne, jonka avulla tuotantoliuos kerätään altaisiin. Myös sivukivitäytön ja sen alapuolisen perusmaan välissä on tiivisrakenne, Kuva 20.

Sivukivitäyttöön on sivukiven lisäksi sijoitettu maa-aineksia ja murskattua kasteluletkujätettä sekä vuoteen 2017 saakka metallitehtaalla muodostuvaa esineutralointisakkaa, jonka sakan haponneutralointikapasiteetti on riittävä, metallien liukoisuudet eivät ylitä VNA 331/2013 vaarallisen jätteen kaatopaikan liukoisuusrajoja, orgaaninen hiili (TOC) on alle 5% ja pH vähintään 7. (PSAVI nro 36/2014/1:65 ja 74).

Kiilatun sivukivitäytön päälle rakennetun sekundääriliuotuskasan pohjarakenne sisältää HDPE-kalvon (2 mm), jonka molemmiin puolin on suojarakenteet ja päällä kuivatuskerros, johon on sijoitettu metalliliuoksen keräämiseksi salaojat. Lohkon 4 ja osittain lohkon 3 tiivistysrakennetta on täydennetty mineraalisella tiivisteellä (bentoniittimatto). (BAT 31f ja 21b)





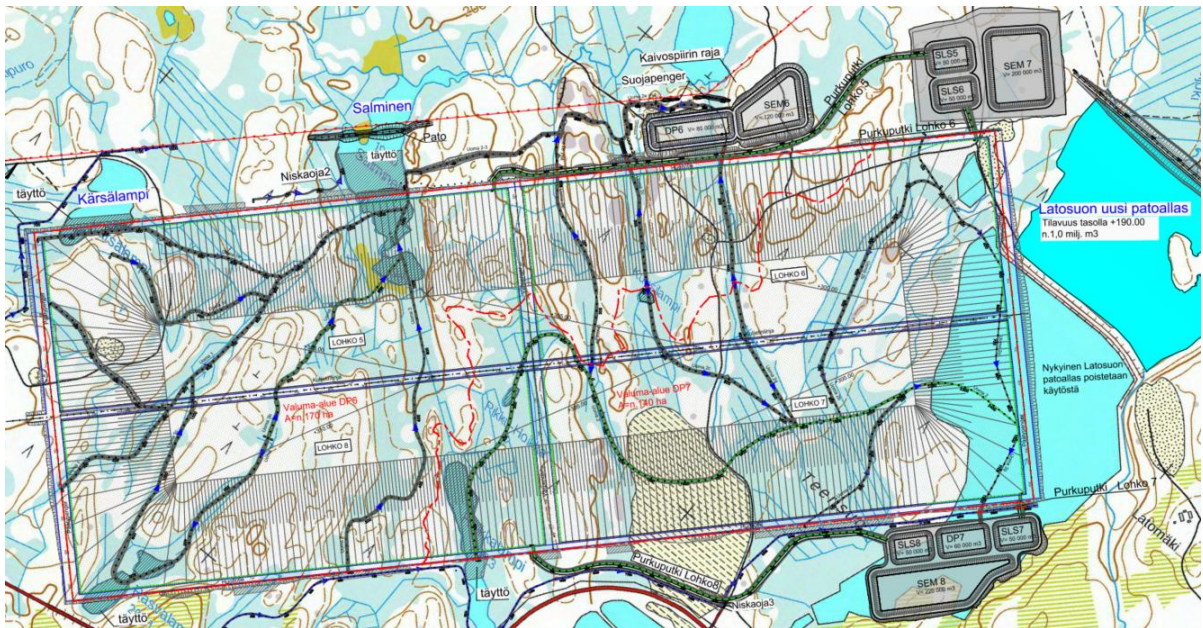
Kuva 20. Sekundaariliuotusalueen nykyinen rakenne, kuva Ramboll / KKu, alkuperäinen kuva Pöyry, 2018c.

Sekundaariliuotusalueiden yhteyteen on rakennettu kastelu- ja keruualtaita (SLS1–SLS4), joiden avulla järjestetään liuotusprosessin nestekierto. Metallipitoinen prosessiliuos (PLS-liuos) johdetaan altilta metallien talteenottolaitokselle tai takaisin liuotusprosessiin. Poikkeustilanteiden, kuten runsaiden sateiden sekä sulamisvesien, varalta on rakennettu varoaltaita (SEM 1, SEM3 ja SEM4). Normaalitylanteissa varoaltaat pidetään tyhjänä niin, että varotilavuutta on vähintään 12 tunnin ajalle häiriötilanteiden varalta.

Sekundaariliuotusalueelle on suunniteltu uusi liuotusalue, lohkot 5-8. Laajennuksen lupahakemus on jätetty 2017. Laajennusosan yksittäinen lohko on noin 1440 metriä pitkä ja 540 metriä leveä, Kuva 21.

Alueen alkuperäinen maanpinta vaihtelee +187...+232 (N60). Korkeimmat alueet ovat kallioisia tai moreenipeitteisiä alueita. Alavilla alueilla on yleisesti suota, jonka syvyys vaihtelee alle metrillä kahdeksaan metriin ja jonka alapuolella on siiltinen maakerros. Itäosan (lohkot 6 ja 7) pääty ulottuu osittain Latosuon patoaltaan päälle ja luoteisrajalla (lohko) Salmisen järven päälle. Pohjaveden päävirtaussuunta on pohjoiseen. Alueella sijaitsee pieniä lampia ja alueen pintavedet purkautuvat luontaisesti pohjoiseen päin kohti Kalliojärveä. (Destia, 2020).

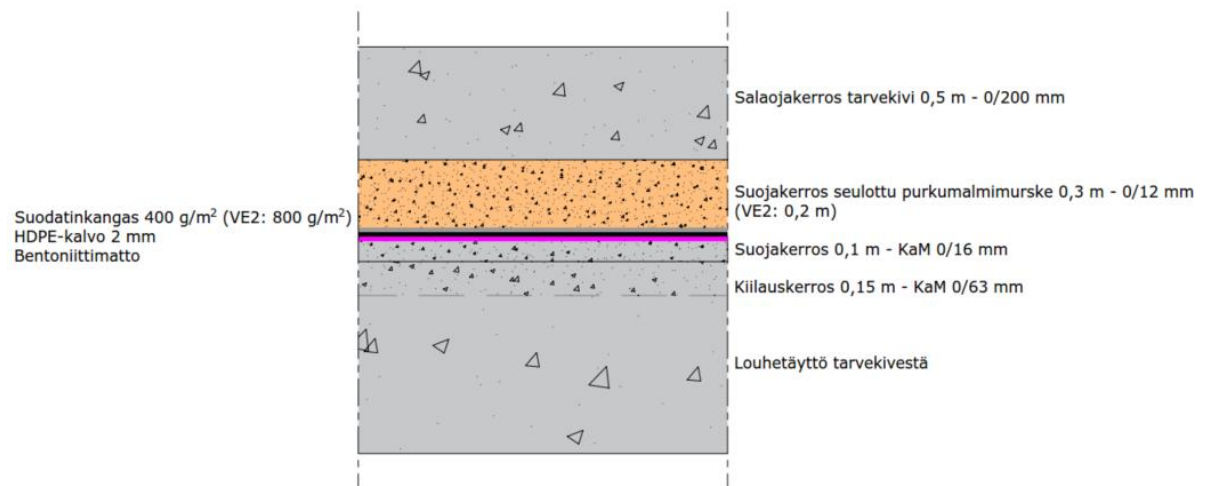




Kuva 21. Sekundääriliuotusalue, lohkot 5-8, VE2. Kuva: Destia, yleiskartta 29.12.2017.

Uuden sekundäärikentän lohkojen 5-8 alusrakenteen pehmeiköille tehdään massanvaihto ja alueet on suunniteltu tasattavaksi louhetäyttönä joko tarvekivestä, jonka rikkipitoisuus on 0,3-0,8 % (VE 1) tai rikkipitoisesta sivukivestä (VE 2). (Destia, 2020).

Tarvekiveä käytettäessä (VE 1) alusrakenteen pinta kiillataan ja päälle rakennetaan kaksinkertainen tiivistyskerros, jossa mineraalisena kerroksena on bentoniittimatto ja keinotekoisena eristeenä HDPE-kalvo 1,5 mm. Kalvon päälle tulee suojakerros suojageotekstiilistä ja suojakerroksesta, jonka päälle rakennetaan kuivatuskerros salaojineen, Kuva 22 (Destia, 2020).

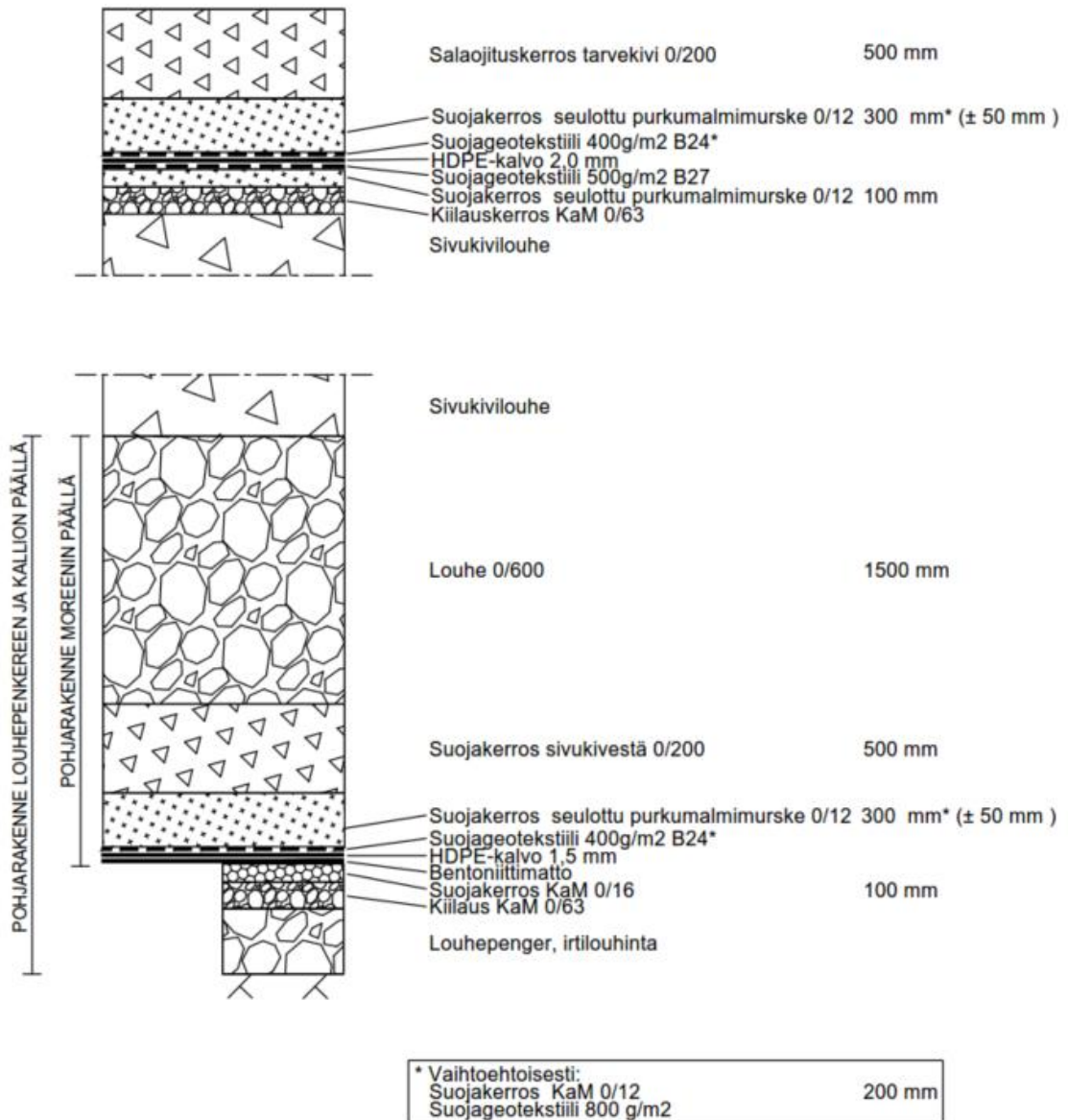


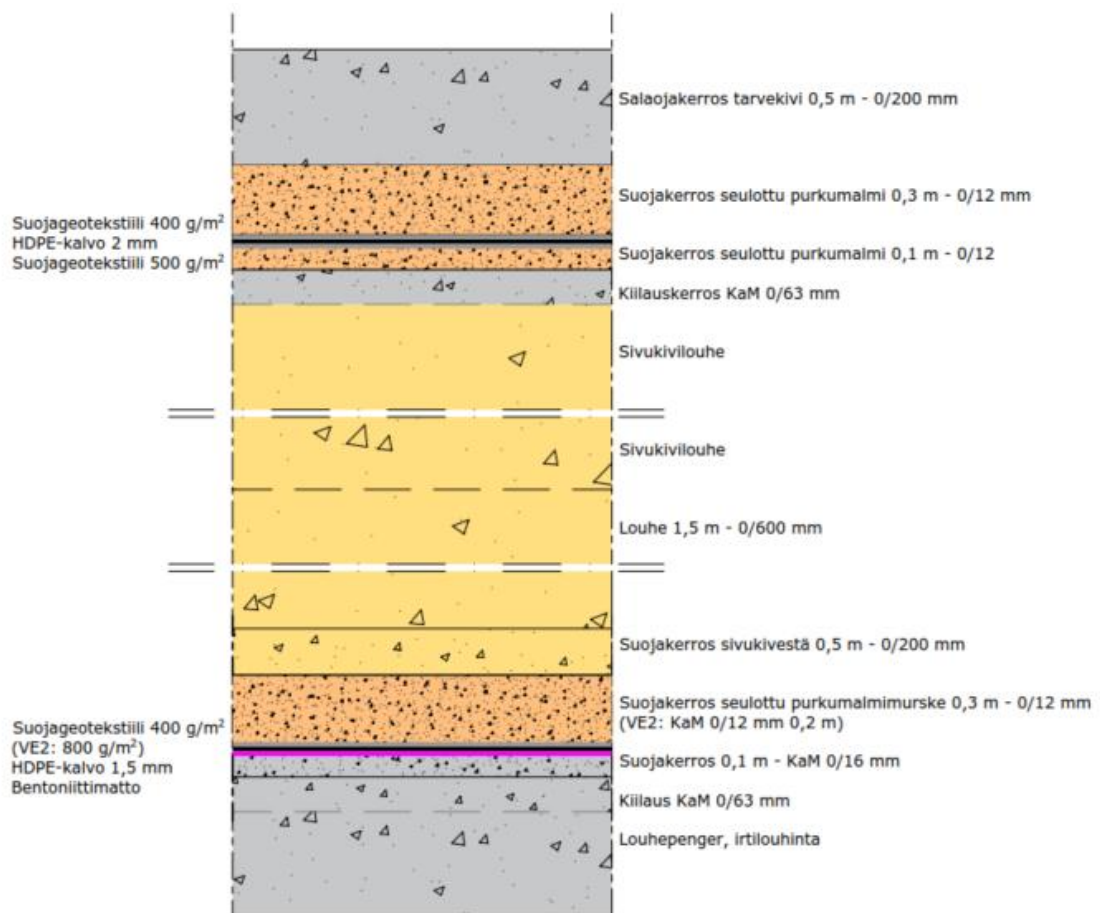
Kuva 22. Sekundääriliuotuskentän lohkon 5-8 pohjarakennevaihtoehto VE1. (Kuva Destia Oy, lupahakemuksen täydennys 17.1.2020).

Lisäksi liuoskiertoa varten rakennetaan liuosaltaita (SLS5-8) ja näille varoaltaita (SEM7-8). Altaiden rakenne on sama kuin nykyisillä tuotantoalueilla.

Rikkipitoista sivukiveä käytettäessä (VE 2) alusrakenteen eli pohjamoreenin tai kiillatun louhepenkereen päälle rakennetaan sivukivitäytön pohjarakenne, joka sisältää kaksinkertaisen

tiivistyskerroksen; mineraalisena kerroksena bentoniittimatto ja keinotekoisena eristeenä HDPE-kalvo 1,5 mm, jonka päälle tulee kalvon suojakerros kerroksittain raekokoa suuretaen. Sekundäärii luotuskasan pohjarakenne on tässä vaihtoehdossa kiilatun sivukivikerroksen päälle asennettava HDPE-kalvo (2 mm), joka on suojattu molemmin puolin suojageotekstiilillä ja suojakerroksilla ja päälle tulee kuivatuskerros salaojineen. Liuoskiertoon liittyvät altaat ovat vaihtoehdon VE1 mukaisia. (Destia, 2020).





Kuva 23. Sekundääriliuotuskentän lohkon 5-8 pohjarakennevaihtoehto VE2. (Kuva Destia Oy, lupahakemuksen täydennys 17.1.2020).

### 3.7.4.2 Uudet sekundääriliuotusalueet SH 9-20

Jo suunnitellun uuden sekundääriliuotusalueen lohkojen 5-8 lisäksi on suunniteltu 3 uutta aluetta, joiden tarve on riippuvainen kaivostoiminnan jatkumisesta.

Jos malmin tuotanto jatkuu vuoden 2040 jälkeen, sekundääriliuotusalueen lohkot 9-12 on tarpeellista rakentaa kaivospiirin laajennusalueelle. Lohkojen 9-12 tilavuus riittää noin 15 vuodeksi ja todetuilla ja todennäköisillä malmivaroilla ei tarvita lisäalueita. Lohkot 9-12 sijoittuvat kaivospiirin laajennuksen luoteisosaan Kalliojärvestä länteen (Kuva 24).

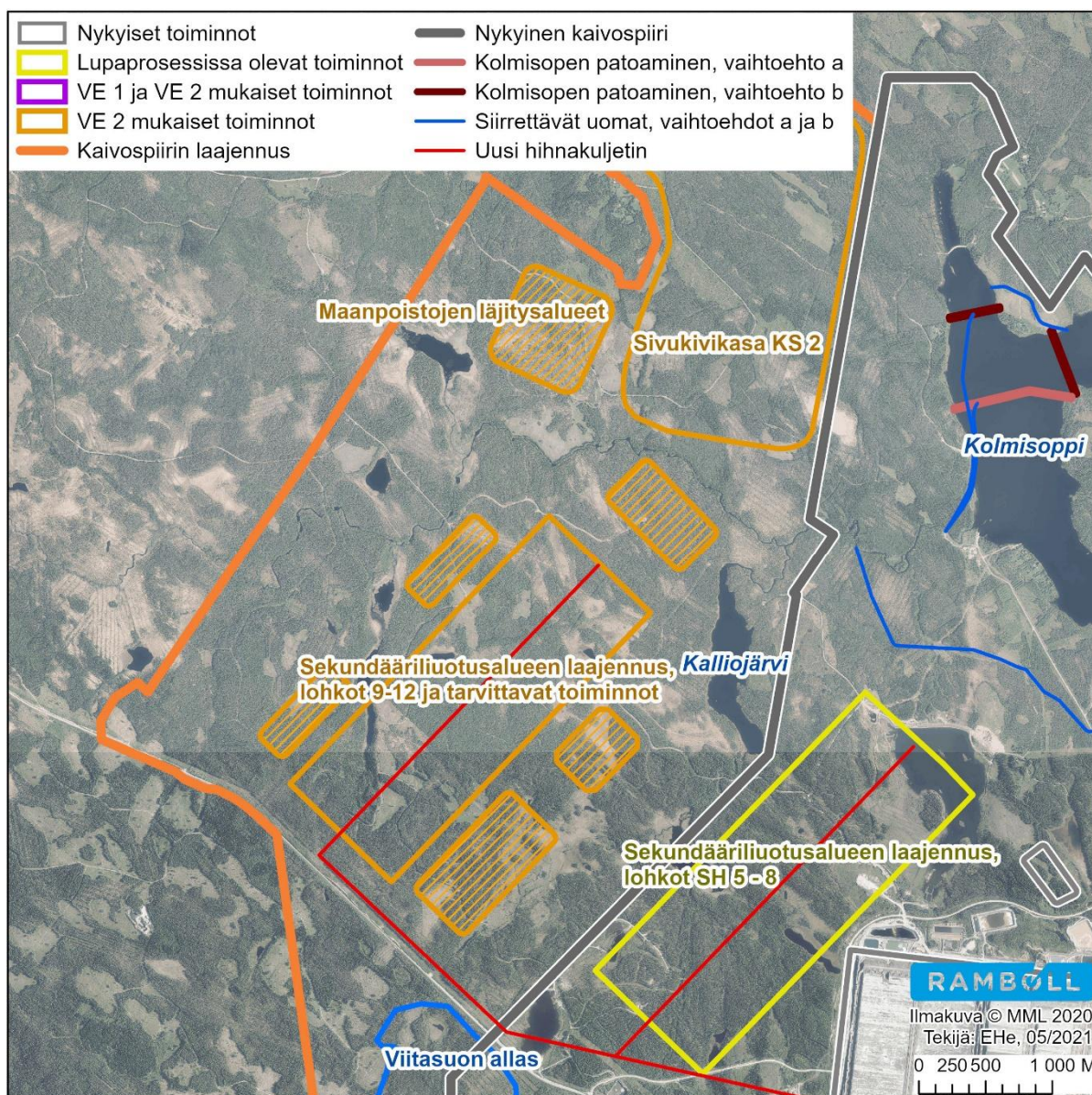
Mahdolliset mineraalivarannot mahdollistavat toiminnan jatkumisen suunniteltua 30 vuotta pidemmälle ajalle, jolloin on tarpeellista rakentaa myös lohkot 13-16 ja lohkot 17-20. Lohkot 13-16 ja 17-20 sijoittuvat kaivospiirin laajennuksen eteläosaan (Kuva 25).

Alustavan suunnitelman mukaan uusien sekundääriliuotusalueiden pohjarakenteet vastaavat lohkojen 5-8 rakennetta.



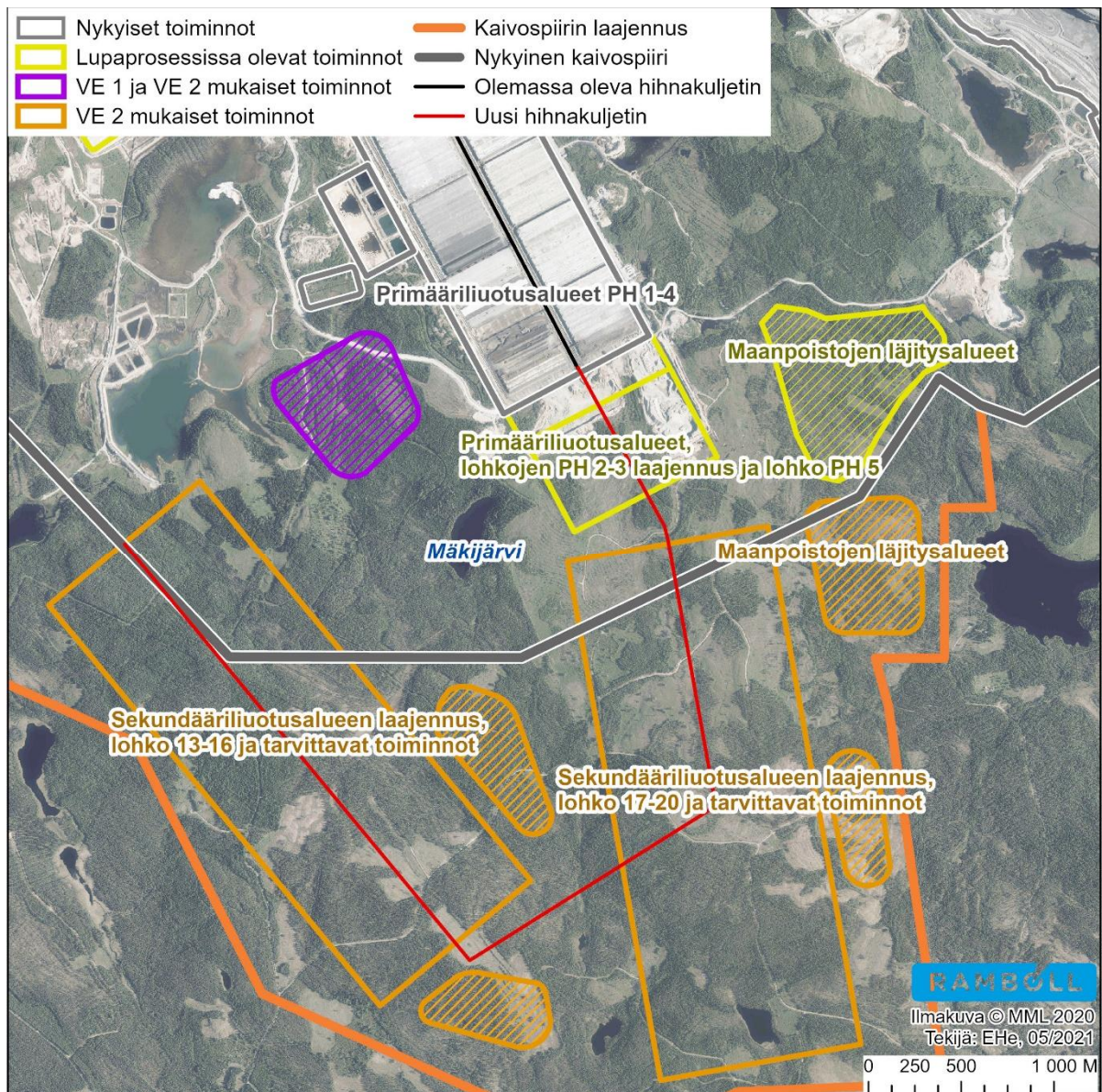
Taulukko 10. Uudet sekundääriliuotusalueet.

Lohko	Pinta-ala (ha)	Enimmäis-täyttötaso (N60)	Luiska-kaltevuus
SH9 -SH12	310	+330	1:3
SH13 – SH16	310	+330	1:3
SH17 – SH20	310	+330	1:3
yht	930		



Kuva 24. Kolmisopen esiintymän hyödyntämisen sekundääriliuotusalueet lohkot 9-12.





Kuva 25. Kolmisopen esiintymän hyödyntäminen ja kaivospiirin laajennusvaiheen sekundääriliuotusalueet, lohkot 13-16 ja lohkot 17-20.

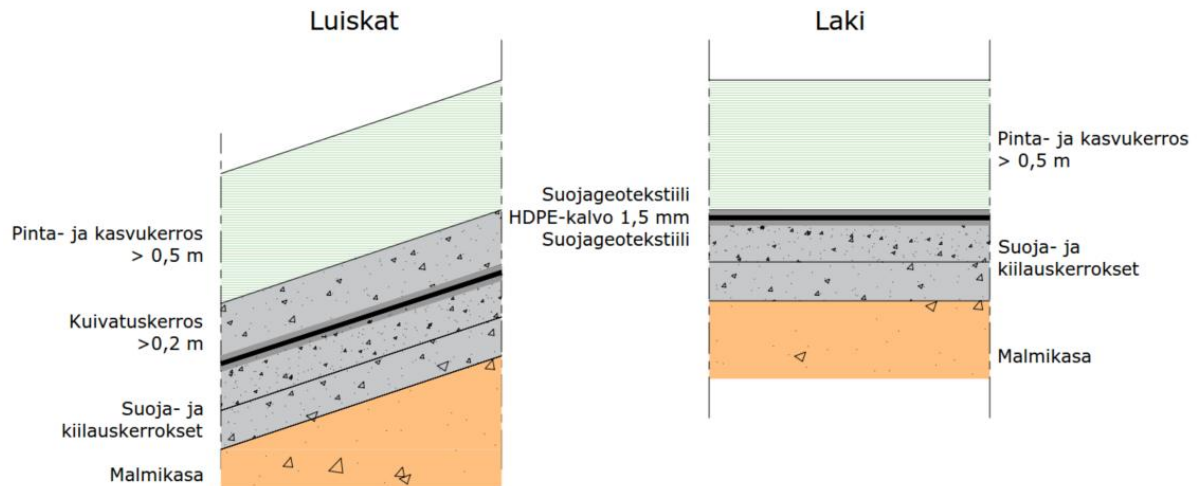
### 3.7.5 Sekundäärialueiden sulkeminen

Sekundäärialueet suljetaan vaiheittain täytön saavutettua lakikorkeuden ja kun metallin liukeneminen malmista vähenty merkittävästi. Liuotusprosessi lopetetaan hallitusti, arvioitu aika on vähintään viisi vuotta, mutta se tarkentuu malmin ja sen ominaisuuksien seurannan perusteella.

Suljettava alue tasataan, lakiosa muotoillaan luiskiin päin viettäväksi ja luiskat tasataan enintään 1:3 kaltevuuteen. Sisäisillä kallistuksilla ja salaojilla varmistetaan, että hulevesiä ei padotu pintarakenteen päälle. Luiskat porrastetaan kasvillisuuden ja luiskan pysymisen varmistamiseksi. (Pöyry, 2018c).

Kasat peitetään ympäristöluvan vaatimukset täyttävällä pintarakenteella. Luvan määräyksen mukaan tiivisrakenteena on HDPE-kalvo suojauskerroksineen (BAT 38e) ja luiskissa lisäksi 0,2 m

vahvuinen kuivatuskerros. Koko alueelle rakennetaan vähintään 0,5 m pinta-/kasvukerros, kuva 26. Kasvillisuuden poisto on tehtävä muutaman vuoden välein, ettei pensaiden tai puiden juuristo laajene pintarakenteen tiivistyskerrokseen. Osalla aluetta kasvillisuuden muodostumista edistetään rakentamalla paksumpi pintakerros ja lisäämällä rakenteeseen murskekerros juuristohaittoja estämään. (Pöyry, 2018c).



Kuva 26. Toisen vaiheen bioliuotusalueen laen ja luiskan pintarakenteet. Kuva Ramboll/KKu.

Terrafame Oy on käynnistänyt vuonna 2012 pintarakenneselvityksen sekundäärialueiden sulkemiskäytännöistä. Koerakenteet sijoittuvat luiskiin ja niillä selvitetään rakentamisen työtapaa, eri rakenteiden toimivuutta ja vedenläpäisevyyttä sekä rakenteiden pitkäaikaiskestävyyttä. Tuloksia arvioidaan yhdessä liuotetun malmikasan tarkentuneiden tietojen kanssa. Sekundääriliuotusalueella on myös toinen, vuonna 2018 aloitettu peiterakennekoe, minkä lisäksi sivukiven peiterakennekokeet tuottavat käyttökelpoista tietoa myös sekundäärin sulkemista ajatellen. Pintarakennekokeista ei ole vielä käytettävissä riittävästi aineistoa pintarakennesuunnitelman päivittämiseksi.

### 3.7.5.1 Hule- ja suotovesien johtaminen suljetuilta sekundääriliuotusalueilta

Suljetun alueen hulevedet valuvat pintavaluntana alas luiskiin, ympärysojiin ja viivästysaltaiden kautta maastoon. Laajalta alueelta muodostuvat hulevesivirtaamat ja virtausnopeudet ovat suuria ja pintakerrosmateriaalin eroosiokestävyyteen joudutaan kiinnittämään erityistä huomiota erityisesti ennen kasvillisuuden muodostumista. Sulkemissuunnitelmassa kiinnitetään erityistä huomiota lakialueen vesienjohtamisrakenteisiin ja luiskamateriaalien eroosiokestävyyteen, erityisesti luiskan alaosissa.

Laen pintarakenteessa on vettä läpäisemätön kalvo, ja suotovesimäärät pienenevät murto-osan nykyisestä (BAT 38e). Luiskissa kuivatuskerros ohjaa lisäksi pintakerrokseen imeytyneitä pintavesiä täytön ulkopuolelle. Suotovesiä muodostuu kasan kuivuessa ja voi muodostua mahdollisten hulevesivuotojen takia vielä sulkemisenkin jälkeen. Suotovesiä varaudutaan keräämään ja käsittelemään vuosien ajan. Tiiviillä pintarakenteella vähennetään ilman ja veden pääsyä malmitäyttöön, tavoitteena on suotovesien haitallisuuden väheneminen pitkällä aikavälillä.

Alueen ympäristövaikutuksia vähennetään suoja-pumppauksilla. Suoja-pumppausvedet pumpataan liuoskierron altaisiin.



### 3.7.5.2 Sulkemisen vaiheistus ja materiaalitarve

Sekundääriliuotusalueet suljetaan vaiheittain, kun alueet ovat täyttyneet ja painuneet (BAT 38 a).

Sulkemalla alueita toiminnan aikana vähennetään pölyämishaittoja ja maisemoidaan aluetta. Viimeinen alue voidaan sulkea vasta louhinnan päätyttyä, kun sekundääriliuotus on viety loppuun ja alue ei enää painu, arviolta noin 10-15 vuoden kuluttua louhinnan päättymisestä (Pöyry, 2018c).

Tarvittava materiaalmäärä riippuu valittavasta sulkemisrakenteesta. Nykyisen kaivosalueen käytössä olevien ja rakennettavien sekundäärialueiden (SH1-SH8) pintarakenteisiin tarvitaan tiivistyskerroksen alapuolelle vähintään 0,6 Mm<sup>3</sup> jäteluokituksen mukaisia massoja ja tiivistyskerroksen yläpuolelle vähintään 3,4 Mm<sup>3</sup> puhtaita maa-aineksia. Kolmisopen kaivospiirin hyödyntämiseksi rakennettavien kipsisakka-aldaiden (SH9-20) pintarakenteisiin tarvitaan tiivistyskerroksen alapuolelle noin 0,9 Mm<sup>3</sup> jäteluokituksen mukaisia massoja ja tiivistyskerroksen yläpuolelle noin 5,6 Mm<sup>3</sup> puhtaita maa-aineksia.

Massoja on arvioitu lupamääräyksen (VNA 331/2013) mukaisella rakenteella, mutta pintakerroksen paksuus ja materiaalmäärä toteutettavassa rakenteessa on todennäköisesti suurempi ja massamäärät voivat olla lähes kaksinkertaisia.

#### Ennenaikainen sulkeminen

Jos kaivoksen toiminta keskeytyy ja ajetaan alas ennen aikaisesti, malmin liuotuksen vieminen loppuun on sekä talouden että ympäristön kannalta ainut vaihtoehto. Jos aktiivinen liuosprosessi keskeytetään, metallien liukeneminen jatkuu joka tapauksessa hulevesien ja ilman vaikutuksista kasan pintaosissa, mutta liukeneminen on epätasaista ja kasan ja sen suotoveden metallipitoisuudet jäävät suuriksi. Tämä lisää jälkihoidon aikana ympäristöriskejä ja pidentää suotovesien käsittelytarvetta. Liuotusvaiheen lopettamiselle on varattava vähintään 6-7 vuotta, jonka jälkeen sekundäärikasojen sulkemistoimet on mahdollista aloittaa, kun alueen painuminen on tasoittunut.

### 3.7.6 Riskit ja lisäselvitystarpeet

Suurimmat sulkemisvaiheen riskit sekundääriliuotuskasojen alueella liittyvät liian nopeaan sulkemisaikatauluun, jossa metallien liukenemista ei viedä loppuun.

Pintarakenteiden rakentaminen ennen kasan sisäisen vesipinnan alenemista ja kasan painumista voi aiheuttaa vaurioita rakenteisiin, erityisesti luiskissa, rakenteiden liitoskohdissa ja läpivienneissä.

Suuret hulevesivirtaamat laajalta alueelta aiheuttavat eroosioriskiä rakenteille, erityisesti luiskissa. Pahimmassa tapauksessa hulevesien padottuminen laella ja hallitsemattomat vuodot vaurioituneesta pintarakenteesta voivat johtaa putkieroosioon ja luiskasortumiin.

Taulukko 11. Sekundäärialueiden sulkemisen riskit ja lisäselvitystarpeet.

Mahdollinen riski / tarkennettava tieto	Lisäselvitys
Liutetun malmin kemiallinen pysyvyys ja jäteluokituksen muuttuminen	Liutetun malmin karakterisointi ja ominaisuuksien vaihtelu kasalla, selvitys kaasun muodostumisesta (BAT 2 ja 3)
Liutetun malmin fysikaalinen ja kemiallinen pysyvyys	Arvio muodostuvien suotovesien laadusta ja määrästä pitkällä aikavälillä suljetulta alueelta (BAT 31i, BAT 38e)
	Arvio sisäisen vesipinnan laskusta ja kasan painumisesta sekä toimenpiteistä luiskastabiiliteetin parantamiseksi (BAT 22)
Pintarakenteen suojausvaatimukset	Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi suunnitelman mukaisella pintarakenteella ja mahdolliset vaihtoehdot (BAT 5)
	Kaasunkeräyskerroksen ja -kaasunkäsittelyrakenteiden tarve kaasunmuodostuksen perusteella (BAT 5)
Pintarakenteen pitkäaikaiskestävyys	Arvio rakenneosien yhteensopivuudesta ja toimivuudesta; rakennekerrokset ja niiden paksuudet jälkikäytön ja maisemoinnin, routivuuden ja rakenteen tiiviyyden kannalta, pintamateriaalien eroosiokestävyys (luiskat), rakenteen stabiiliteetti luiskassa, painumisen huomiointi (materiaalivalinnat ja liitokset), kalvon suojarakenteet (BAT 37d, BAT 38e, BAT 42d)
Pintarakenteen rakennettavuus	Koerakenteiden täydentäminen luiskissa liitosrakenteilla ja työmenetelmillä, (BAT 38e)
Hulevesien hallinta	Suljetun alueen vesitase ja vesienhallintasuunnitelma; hulevesien virtaamien ja määrien hallinta (BAT 18)

### 3.8 KIPSISAKKA-ALTAAT

#### 3.8.1 Yleistä

Kipsisakka-altaisiin loppusijoitetaan metallien talteenoton yhteydessä syntynyt loppuneutraloinnin sakka (LONE) ja keskusvedenpuhdistamolla muodostuvat sakat. Läjitetävä sakka pumpataan vesipitoisena lietteenä kipsisakka-altaille, jossa kiintoaine laskeutuu. Lietteestä erottunut vesi pumpataan käsitellyn veden varastoon Latosuolle, josta edelleen purkuun.

Raudan saostuksen sakka (RASA) sijoitettiin aiemmin suoraan altaille, mutta vuoden 2017 jälkeen raudan saostuksen sakka on johdettu neutraloitavaksi keskusvedenpuhdistamolle ja johdetaan kipsisakka-altaille osana keskusvedenpuhdistamon sakkaa. Kipsisakka-altaille 1 on sijoitettu myös kipsisakka-altaan vuodon sakkaa (vesienkäsittelysakka), jota on kuivatettu ensin geotubeissa.

Kaivosalueelle on välivarastoitu kipsisakka-aldaiden vuodoista peräisin olevia vanhoja vesienkäsittelyn sakkoja. Näiden loppusijoituksesta on tekeillä ympäristövaikutusten arviointi, joka valmistuu alkuvuodesta 2021. Sakoille on YVA:ssa esitetty kaksi uutta vaihtoehtoista loppusijoituspaikkaa Kortelammen eteläpuolella ja kolmantena vaihtoehtona sakkujen hyötykäyttöä.

Kaikissa vaihtoehdoissa vanhat geotuubikentät jäisivät paikoilleen louhoksen eteläpuolella. Tässä sulkemissuunnitelmassa ei käsitellä näiden alueiden sulkemista.

Kipsisakka-altaiden vaaraominaisuudet ovat muuttuneet keskusvedenpuhdistamon käyttöönoton jälkeen. Kipsisakka-altaille sijoitettavat jätejakeet on luokiteltu ympäristölupapäätöksissä (PSAVI nro 36/2014/1 ja 3/2017/1) vaarallisiksi jätteiksi. Kipsisakan haitallisuus on vähentynyt sen jälkeen, kun raudan saostuksen sakkaa ei enää sijoiteta suoraan altaille, ja tarkkailutulosten perusteella sakka luokituu nykyisin tavanomaiseksi jätteeksi (Ramboll, 2020). Terrafamen prosesseja kehitetään jatkuvasti ja uraanin talteenottolaitoksen käyttöönotto vähentää merkittävästi uraanin määrää sakassa (VN lupa 6.2.2020). Uraanin talteenottolaitokselta syntyy pieni määrä sakkoja, jotka palautetaan bioliuotukseen sekundäärialtaille. Terrafame Oy on myös teettänyt esiselvityksen kipsisakan kuivaamistekniikoista (sakeutus tai suodatus) ja kuivaamisen vaikutuksesta läjitystapaan (Pöyry, 2020).

Kaivoksen perustamisvaiheessa kipsisakka-altaat on luokiteltu tavanomaisen jätteen kaatopaikaksi (PSY 33/07/1) ja myöhemmin vaarallisen jätteen kaatopaikoiksi (PSAVI 36/2014/1). Vuonna 2017 jätetyssä toiminnan lupahakemuksessa Terrafame on esittänyt kipsisakka-altaiden luokitusta muutettavaksi tavanomaisen jätteen kaatopaikaksi jätejakeiden vaaraominaisuuksien ja tarkkailutulosten perusteella.

Kipsisakka-altaat eroavat muista jätealueista siinä, että ne rajautuvat louherunkoisiin 1-luokan patoihin, jotka on tiivistetty sisäpuolelta moreenikerroksella ja vettä läpäisemättömällä tiivistyskalvolla. Vuoteen 2014 saakka padot luokiteltiin 2-luokan padoiksi.

### 3.8.2 Kipsisakka-altaiden sulkemiseen liittyvät lupamääräykset

Nykyiset lupamääräykset on esitetty alla. Terrafame on esittänyt toimintaa koskevassa lupahakemuksessaan (täyd. 27.7.2018) määräykseen 85 muutokseksi, että loppuneutraloinnin sakalle ei rakenneta erillistä kaatopaikkaa ja sakan jäteluokittelu tarkistetaan sen vaaraominaisuuksien perusteella yhtiön hakemuksessa esittämän mukaisesti.

*PSAVI, Nro 36/2014/1: 77. Nykyiset kipsisakka-altaat 1 ja 2 (lohkot 1-6) ovat luokitukseltaan vaarallisen jätteen kaatopaikkoja. --- Kipsisakka-altaiden lohkoille 2-6 saa sijoittaa lisäksi loppuneutraloinnin sakkaa --- vastaavaa vesien käsittelyssä muodostuvaa kipsipohjaista sakkaa ---. sekä uraanin talteenottolaitoksella muodostuvaa kipsipohjaista sakkaa.*

*Kipsisakka-altaan 1 lohkoille 1-3 on rakennettava valtioneuvoston asetuksen kaatopaikoista (331/2013) ja sen liitteen 1 mukainen vaarallisen jätteen kaatopaikkaa koskeva pintarakenne.*

*Toiminnassa muodostuvan raudansaostuksen sakka ja loppuneutraloinnin sakka on viimeistään 1.1.2018 lähtien sijoitettava erikseen omille kaatopaikoille.*

*PSAVI, Nro 36/2014/1: 81. Luvan saajan on toimitettava 28.2.2015 mennessä aluehallintovirastoon ympäristölupahakemuksena kipsisakka-altaan 1 lohkojen 1-3 loppuvaiheen täyttösuunnitelma ja sulkemisen yksityiskohtaiset rakennussuunnitelmat, työselostukset ja laadunvalvontasuunnitelmat. Sulkemisen yhteydessä tehtävien pintarakenteiden osalta on noudatettava mitä lupamääräyksessä 111 on sanottu.*

*Suunnitelmien laatimiseksi on hankittava tietoa sakan ominaisuuksista ja vesipitoisuudesta sekä sen vähentämisestä sekä ennakoitavasta painumisesta ja sen nopeuttamismahdollisuuksista.*

PSAVI, Nro 36/2014/1: 85. *Toiminnassa muodostuva loppuneutraloinnin sakka on 1.1.2018 läh tien sijoitettava erilliselle uudelle kaatopaikalle.* Loppuneutraloinnin sakan uusi kaatopaikka on luokituksestaan vaarallisen jätteen kaatopaikka.

PSAVI, Nro 36/2014/1: 87. *Luvan saajan on toimitettava aluehallintovirastoon ympäristölupahakemuksena hyväksyttäväksi loppuneutraloinnin sakan --- sekä alustava sulkemissuunnitelma vähintään yhtä vuotta ennen rakentamisen aloittamista.*

*Suunnitelmissa on esitettävä -- on otettava huomioon muun muassa teknisesti toteutettavissa olevat sakan kuivaus- ja esikäsitteilymahdollisuudet, sakan ominaisuudet ja pitkäaikaiskäyttäytyminen kaatopaikalla, tehty alustava sulkemissuunnitelma ja tarvittava jälkihoito. Täyttötavan vaihtoehtoina on tarkasteltava nykyistä allasmenetelmää ja ainakin kuivatäyttöä.*

PSAVI, Nro 36/2014/1: 111. *Luvan saajan on aloitettava jätealueiden ja kaatopaikkojen sekä liuotusalueiden sulkeminen tiiviillä pintarakenteella tuotantotoiminnan aikana sitä mukaa, kun jätealueen tai kaatopaikan osa saavuttaa lopullisen kokonsa ja muotonsa tai sen käyttö on muusta syystä loppunut. Sulkemistoimia on jatkettava vuosittain täyttötöiminnan edetessä.*

*Suoto- ja kaatopaikkavesien muodostumisen estämiseksi muotoiltujen kaivannaisjätteen jätealueiden ja kaatopaikkojen sekä liuotusalueiden päälle on tehtävä 19.10.2009 päivätyn kaivoksen sulkemissuunnitelman mukainen tiivis pintarakenne. Lakialueella pintarakenteessa on oltava alhaalta lukien yhtenäinen 1,5 mm:n HDPE-muovikalvosta tehty keinotekoinen eriste ja sen päälle asennettuna levitettävä vähintään 0,5 m:n paksuinen suoja- ja kasvukerros. Keinotekoinen eriste on suojattava ylä- ja alapuolelta pistemäisiä kuormituksia vastaan.*

*Luisissa keinotekoisien eristeen päälle on asetettava sulkemissuunnitelman mukaisesti vähintään 200 mm:n kuivatuskerros, jonka päälle tulee vähintään 0,5 m:n paksuinen suoja- ja kasvukerros. Kerrokset on tarvittaessa erotettava suojageotekstiilillä.*

*Kipsisakka-altaan 1 lohkoille 1–3 on rakennettava valtioneuvoston asetuksen kaatopaikoista (331/2013) ja sen liitteen 1 mukainen vaarallisen jätteen kaatopaikkaa koskeva pintarakenne.*

KHO, Nro 3815, Dnro 5753/1/18: PSAVI nro 3/2017/1: 77a. --- *Kipsisakka-altaan käytön loputtua keskuspuhdistamolta muodostuva sakka voidaan sijoittaa päätöksen 36/2014/1 lupamääräyksen 82 tarkoittamalle uudelle kaatopaikalle.*

STUK: Nro 3/6301/2016. – *keskusjätevedenpuhdistamon sakat voidaan sijoittaa kipsisakka-altaaseen seuraavin edellytyksin: kipsisakka-altaan pH on pidettävä sellaisena, että uraanin liukenemistä ei tapahdu --- Tässä säteilyturvakeskuksen päätöksessä ei oteta kantaa päätöksessään kipsisakka-altaan sulkemiseen tai välivarastossa olevien vesienkäsittelyn sakkojen loppusijoitukseen. Näille vaiheille on haettava Säteilyturvakeskuksen hyväksyntä erikseen.*

### 3.8.3 Kipsisakka-altaille sijoitetut ja sijoitettavat jätteet

#### 3.8.3.1 Sakkojen laatu

Kipsisakka-altaille on sijoitettu vuoteen 2017 saakka metallien talteenoton yhteydessä syntynyt loppuneutraloinnin sakka (LONE, jäteluokka 11 02 07\*), raudan sakeuttimen alite (RASA, jäteluokka 11 02 07\*) sekä keskusvedenpuhdistamolla muodostuvat sakat (19 02 05\* ja 19 02 06). Raudan sakeuttimen alite on vuodesta 2017 lähtien johdettu keskusvedenpuhdistamolle, jossa se neutraloidaan, ja siitä muodostunut sakka on osa keskusvedenpuhdistamon sakkaa. Altaissa,

joihin läjitetään kipsisakkaa, ei varastoida ylimääräisiä vesiä, mutta kipsisakka-allas 4 varataan pelkästään kaivoksen ympäristövesien selkeyttämiseen.

Tarkkailutulosten perusteella metallien talteenotto-prosessista ja keskusvedenpuhdistamolta tulevat sakkajätteet eivät nykyisin ole luokiteltavissa vaaralliseksi jätteeksi. Keskusvedenpuhdistamon sakka ja LONE-sakka ovat kriittisiltä ominaisuuksiltaan samankaltaisia ja sen vuoksi niiden läjittäminen samaan altaaseen ei ole haitallista terveydelle tai ympäristölle (Ramboll 2020). Seuraavaksi on tarkasteltu eri sakkojen tarkkailutuloksia hieman tarkemmin.

Metallitehtaan loppuneutraloinnin sakkaa on tarkkailtu lähes kuukausittain otetuilla kokoomanäytteillä vuodesta 2010 lähtien. Loppuneutraloinnin sakassa on esiintynyt kohonneita nikkelin, sinkin ja mangaanin kokonaispitoisuuksia. Liukoisuustestien perusteella loppuneutralointisakasta on liuennut kohonneita pitoisuuksia fluorideja ja sulfaatteja, minkä lisäksi liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus (TDS) on ollut koholla. Sekä fluoridien että sulfaattien liukeneminen on vähentynyt merkittävästi vuoden 2017 alussa. ABA-testien perusteella loppuneutraloinnin sakka ei ole happamia suotovesiä muodostavaa. Loppuneutralointisakan vesiympäristölle vaarallisten tai haitallisten aineiden pitoisuudet alittavat cut-off -arvot, eikä loppuneutralointisakka näin ollen luokiteta nykytilassa ympäristölle vaaralliseksi (Ramboll 2021).

Myös raudan sakeuttimen alitetta on tarkkailtu lähes kuukausittain otetuilla kokoomanäytteillä vuodesta 2010 lähtien. Raudan sakeuttimen alite on käytännössä rautasakkaa, jossa on esiintynyt kohonneita nikkelin kokonaispitoisuuksia. Liukoisuustestien perusteella raudan sakeuttimen alitteesta on liuennut kohonneita pitoisuuksia nikkeliä, fluorideja ja sulfaatteja, minkä lisäksi liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus (TDS) on ollut koholla, kadmiumin ja seleenin liukoisuuksissa on esiintynyt yksittäisiä kohonneita pitoisuuksia, ja sakan pH on ollut useasti alle 6. Nikkelin ja sulfaatin liukoisuus sekä TDS on ylittänyt useasti vaarallisen jätteen kaatopaikkakriteerit. Vuoteen 2017 asti raudansaostuksen sakka sijoitettiin kipsisakka-altaille suoraan, mutta nykyään se johdetaan keskusvedenpuhdistamolle neutraloitavaksi ja puretaan kipsisakka-altaisiin vesienkäsittelysakkoihin sekoittuneena (Ramboll 2021).

Keskusvedenpuhdistamon sakasta on otettu kokoomanäytteitä kuukausittain vuodesta 2017 lähtien. Sakan kokonaispitoisuudet ovat olleet pieniä. Liukoisuustestien perusteella keskusvedenpuhdistamon sakasta on liuennut kohonneita pitoisuuksia fluorideja ja sulfaatteja, minkä lisäksi liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus (TDS) on ollut koholla. Fluoridin liukoisuus on ylittänyt pysyvän jätteen kaatopaikkakriteerin. Sulfaattien liukoisuus on toisinaan ylittänyt myös tavanomaisen jätteen kaatopaikkakriteerin. ABA-testien perusteella keskusvedenpuhdistamon sakka ei ole happamia suotovesiä muodostavaa. Keskusvedenpuhdistamon sakan vesiympäristölle vaarallisten tai haitallisten aineiden pitoisuudet alittavat cut-off -arvot, eikä sakka näin ollen luokiteta nykytilassa ympäristölle vaaralliseksi (Ramboll 2021).

Terrafamen nykyiset kipsisakka-altaat on määritelty vaarallisen jätteen kaatopaikoiksi johtuen muun muassa altaisiin sijoitettujen sakkojen korkeista liukoisuustuloksista. Uusimpien tarkkailutulosten perusteella metallien talteenotto-prosessista ja keskusvedenpuhdistamolta tulevat sakat eivät nykyään ole luokiteltavissa vaaralliseksi jätteeksi, joten uusien kipsisakka-altaiden osalta luokitus tulee mahdollisesti muuttumaan.

Terrafamella on ydinenergialain (990/1987) mukainen valtioneuvoston lupapäätös (6.2.2020) uraanin talteenottoon ja laitokselle jo aiemmin kemikaalilupa (18.8.2014) ja ympäristölupa (30.4.2014). Uraanin talteenottolaitoksen käyttöönoton jälkeen ei kipsisakka-altaille päädy juurikaan uraania.

### 3.8.3.2 Välivarastoidut vesienkäsittelysakat

Sakat, joiden arvioitu määrä on yhteensä 872 000 m<sup>3</sup> (sakat ja turpeen sekainen sakka) ovat tällä hetkellä välivarastoituna maapohjaisiin (Urkien allas, Kortelammen altaat) tai kallioon louhittuihin painanteisiin (Maaumala). Näiden lisäksi sakkoja on sijoitettu geotuubeihin HDPE-kalvolla tiivistettyihin altaisiin yhteensä noin 45 000 m<sup>3</sup>. (Pöyry, 2020 b).

Varastoidut sakat ja lietteet ovat kalkkisaostuksella muodostettua metallihydroksidisakkaa, joiden laatu vastaa pääpiirteissään kaivoksen metallien talteenotto-prosessin loppuneutraloinnissa muodostuvien sakkojen laatua. Sakkojen laatua on selvitetty laboratorioanalyyysien avulla. Kokonaispitoisuuksissa vaarallisen jätteen raja-arvo ylittyi nikkelin ja/tai sinkin osalta kuudessa näytteessä yhdeksästä. Liukoisuuksissa pysyvän jätteen kaatopaikan raja-arvo ylittyi fluoridin, sulfaatin, nikkelin, seleenin ja fenoli-indeksin osalta. Ylitykset olivat lieviä sulfaattia lukuun ottamatta. Sulfaatin osalta neljän näytteen liukoisuus ylitti myös tavanomaisen jätteen kaatopaikan raja-arvon ja yhden näytteen liukoisuus ylitti lievästi vaarallisen jätteen kaatopaikan raja-arvon.

Avolouhoksen läheisyyteen välivarastoiduille ja geotuubikentille sijoitettujen sakkojen loppusijoittamiselle ei ole lupaa. Myönnetystä luvasta (PSAVI, Nro 78/207) valitettiin Vaasan Hallinto-oikeuteen, joka palautti luvan aluehallintovirastoon uudelleen käsiteltäväksi (VHO, päätös Nro 19/0252/2).

Terrafame Oy:llä on käynnissä hanke kaivosalueella olevien hajautetussa vesienkäsittelyssä muodostuneiden sakkojen välivarastoaltaiden ja geotuubikenttien kunnostamisesta sekä altaista poistettavien sakkojen, sakan sekaisen turpeen ja pilaantuneiden maiden loppusijoittamisesta joko osaksi paikoilleen tai rakennettaville loppusijoitusalueille (kaksi sijainti vaihtoehtoa). Hankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostus valmistuu helmikuussa 2021. Arvioinnin liitteeksi tehdyn yleissuunnitelman mukaan märkä sakka ja sakan sekainen turve esikuivatetaan kunnostusalueilla ja siirretään kuivatuksen jälkeen vaarallisen jätteen kaatopaikalle. Kuivat sakat siirretään suoraan loppusijoitukseen. Loppusijoitusalueeksi on suunniteltu kaatopaikka (12 ha / 710 000 m<sup>3</sup>), jossa on pystyeristysseinällä jaetut alueet vaaralliselle ja tavanomaiselle jätteelle ja lisäksi erillinen maa-ainesten kaatopaikka.

Jätehuoltosuunnitelman (Ramboll 2018) mukaisesti välivarastoidut sakat soveltuisivat muiden aineiden kuin sulfaatin liukoisuuksien perusteella sijoitettavaksi esimerkiksi tavanomaisen jätteen kaatopaikalle, johon voidaan sijoittaa kipsipohjaista jätettä. Sulfaatti esiintyy sakoissa pääasiassa CaSO<sub>4</sub> muodossa, jolla ei ole jäteasetuksen mukaisia vaaraominaisuuksia.

### 3.8.3.3 Sakkojen geotekniset ominaisuudet

Kipsisakka-altaan 1 sakka vastaa rakeisuudeltaan silttiä ja on keskimäärin löyhästi kerrostunutta. Materiaalin vesipitoisuus on juoksurajan vesipitoisuutta korkeampi ja materiaali on erittäin häiriintymisherkkää. Varovainenkin liikkuminen suoraan materiaalin päällä aiheuttaa kantavuuden vähittäistä heikkenemistä ja voimakkaasti häiriintyessään materiaali menettää lujuutensa. Materiaali on voimakkaasti kokoonpuristuvaa. Pintarakenteen aiheuttama konsolidaatiopainuma on luokkaa 1,2-1,5 m, josta 90 % arvioidaan tapahtuvan vuoden sisällä rakentamisesta. Sen lisäksi virumatyyppistä painumaa arvioidaan tapahtuvan 0,2-0,4 m pitkällä aikavälillä (0-100 v). Kipsisakka-altaan 1 loholla 1 painumien arvioidaan olevan noin puolet em. arviosta, koska sinne on läjitetty karkeampaa geotuubisakkaa. (Pöyry, 2018b).



### 3.8.4 Aluetiedot

#### 3.8.4.1 Nykyisen kaivosalueen kipsisakka-altaat

Tällä hetkellä tuotannollisessa käytössä ovat kipsisakka-altaat 2 sekä 3. Kipsisakka-altaan 2 nykyisen tilavuuden täyttyessä suurin osa kiintoaineesta laskeutetaan kipsisakka-altaalle 3. Kipsisakasta erottuva puhdistettu vesi pumpataan Latusuolle ja puretaan siitä eteenpäin Oulujoen vesistöön joko purkuputkea tai vanhoja reittejä eli alueen vesistöjä pitkin. Lisäksi on aluevaraus altaalle 4, jossa on tarkoitus selkeyttää pelkästään kaivospiirin ympäristövesiä vuoteen 2080 saakka.

*Kipsisakka-altaan 1* lohkoille 2-3 on haettu korotuslupaa tasolle +232 (N60). Kipsisakka-altaan reunapato ja lohkojen 1 ja 2 välipato on rakennettu vuodesta 2008 alkaen vaiheittain tasolle +228 (N60). Lohkolle 1 ei ole läjitetty sakkoja vuoden 2012 jälkeen, mutta siihen on läjitetty geotuubeissa kuivatettua vesienkäsittelysakkua osaksi täytön muotoilua. (Infrarakentajat, altaiden 1-2 rakentamisen laadunvalvontaraportit vuosilta 2008-2017).

*Kipsisakka-allas 2* on nykyisin läjityskäytössä. Altaan 2 padon harja on rakennettu vuonna 2011 vaiheittain tasolle +223.00 (N60). Vuonna 2013 lohkon 4 patopenger on korotettu tasolle +224 (N60) ja vuonna 2017 altaan patopenkereitä on korotettu tasolle +228 (N60). (Infrarakentajat, altaiden 1-2 rakentamisen laadunvalvontaraportit vuosilta 2008-2017). Altaalle on haettu ympäristölupaa korotukseen tasolle +235 (N60). Taulukko 12

*Kipsisakka-allas 3* on rakennettu vuonna 2018 tasolle +221 (N60), mutta altaan läjityskäyttöön ei vielä ole lupaa (tilanne 12/2020). Allas on otettu käyttöön marraskuussa 2020 ympäristönsuojelulain (527/2014) 123 §:n mukaisesti ympäristöturvallisuuden varmistamiseksi. Allas toimii laskeutusaltaana neutralointiprosessista tulevalle kipsisakalle. Allasta on tarkoitus korottaa myöhemmin tasolle +228 (N60) ja sen jälkeen vielä tasolle +235 (N60).

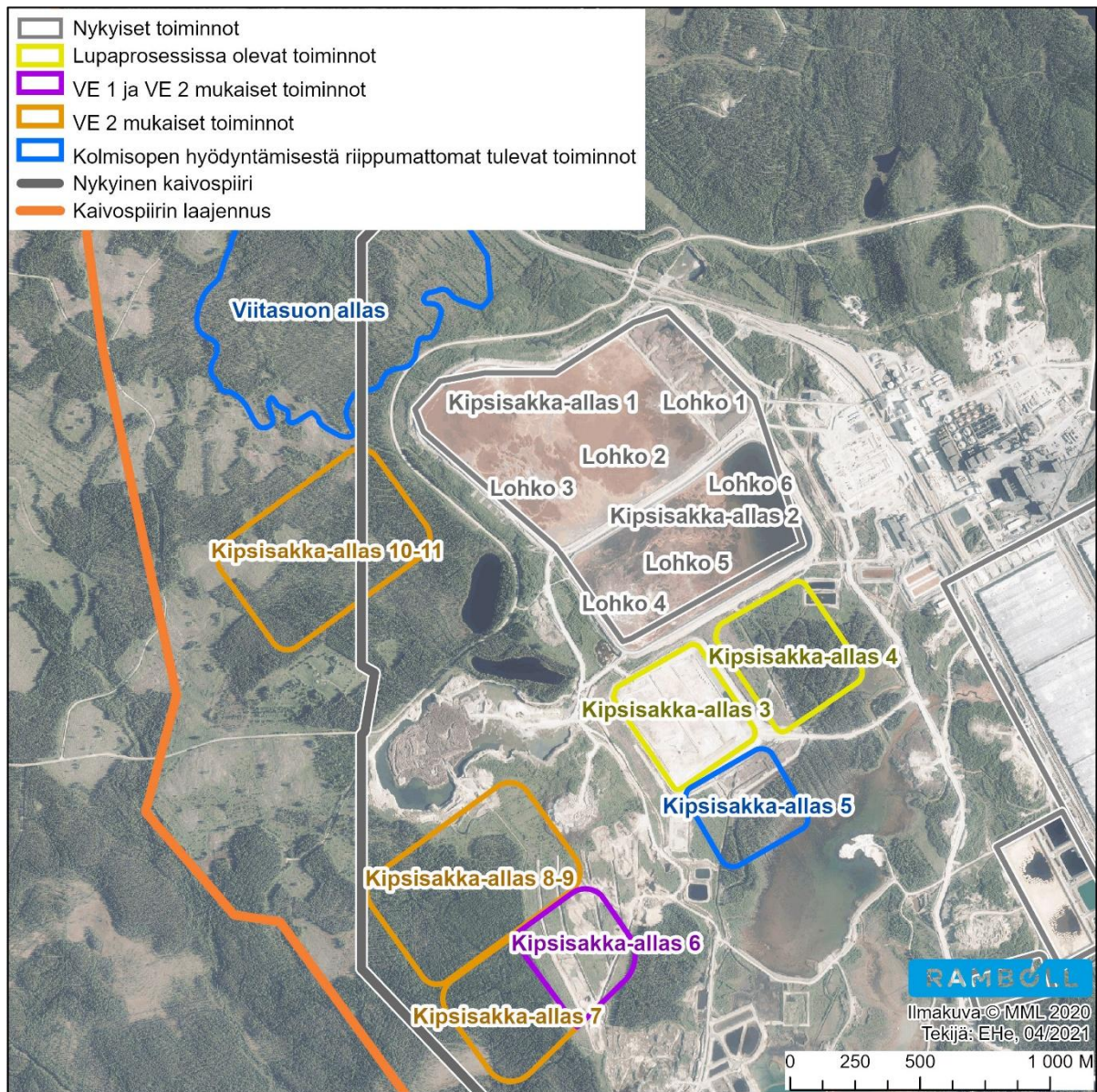
*Sakka-allas 4* rakennetaan myöhemmin. Altaan rakenne vastaa tämän suunnitteluvaiheen käsityksen perusteella kipsisakka-allasta 3, mutta allasta käytetään ainoastaan kaivoksen ympäristövesien laskeutukseen.

Taulukko 12. Käytössä olevat ja rakennetut altaat; korkeudet (N60) ja täyttötilavuudet, kun allas on valmis.

Kipsisakka-allas	Lohkot	Pinta-ala (ha)	Tilavuus (Mm <sup>3</sup> )	Reunapato (N60)
1	1	10,3	0,8	+228
	2 -3 (yhdistetty)	53,7	4,43	+228 (lupahakemus +232)
2	4	44,0	0,71	+228 (lupahakemus +235)
	5-6 (yhdistetty)		4,43	+228 (lupahakemus +235)
3	-	17,1 (+221) 27,5 (+235)	1,01 (+221) 4,0 (+235)	+221 (lupahakemus +235)
yht		152,6	15,38	

Taulukko 13. Suunnitellut altaat.

Sakka-allas	lohkot	pinta-ala (ha)	tilavuus (Mm <sup>3</sup> )
4	-	20,5	3,3



Kuva 27. Nykyisin käytössä olevat kipsisakka-altaat 1 - 3, suunnitellut altaat 4 ja 5 sekä Kolmisopen laajennuksen kipsisakka-altaat 6-11.

Kipsisakka-altaalla 1 tapahtuneiden vuotojen (v. 2008, 2010, 2012 ja 2013) seurauksena korotusten ja uusien altaiden rakenteita on parannettu. Vauriot on korjattu lohkon 2 osalta läjitetyn kipsin yläpuolisilta osin. Altaan 1 lohkojen 1-2 välipadosta on sen korotuksen yhteydessä löytynyt kraateri, joka on rakentamisen yhteydessä korjattu moreenilla.

Rakennettujen kipsisakka-altaiden patojen rakennuspohjana on ollut suota ja moreenimäkiä. Altain 1-2 kohdalla luonnollinen maanpinta on ollut tasolla +217...+226 (N60) ja altaan 3 alueella tasolla +210...+221 (N60).

Turve ja löyhät maakerrokset on kaivettu pois tiiviiseen moreeniin saakka ja korvattu louheella ja moreenilla. Altaan 1 välipadon korotus lohkojen 1-2 välillä on perustettu tiiviin kipsisakan päälle

kaivamalla ensin alta pois löyhä ja vetinen kipsisakan pintakerros. Alusrakenne on kuivatettu salaojilla ja kuivatusvedet johdettu padon ali rummuilla ympärysojiin. (Infrarakentajat, altaiden 1-2 rakentamisen laadunvalvontaraportit vuosilta 2008-2017, Ramboll, altaan 3 laadunvalvontaraportti vuodelta 2019).

Altaiden reunapadot on luokiteltu Patoturvallisuuslain 11 §:n mukaisesti luokan 1 padoiksi. Patojen kuivan puolen luiskat ovat kaltevuudessa 1:1,5-1:2 ja märän puolen luiskat kaltevuudessa 1:2. Altaan eri lohkojen välipenkereiden luiskat ovat kaltevuudessa 1:2. Patojen tukipenger on rakennettu louheesta (0/500 mm) ja kiilattu pienlouheella ja murskeella. Välipatojen korotuksissa on käytetty hienomursketta ja pienlouhetta. Altaissa 1-2 louhepenkereen kuivan ja märän puolen luiskakaltevuudet vaihtelevat 1:1...1:2 rakennusvaiheesta riippuen. Altaan 3 kuivan puolen luiskan kaltevuus on 1:2 ja märän puolen 1:3. Vuodesta 2010 alkaen märän puolen luiskan alaosa on loivennettu kalvon rasiusten pienentämiseksi.

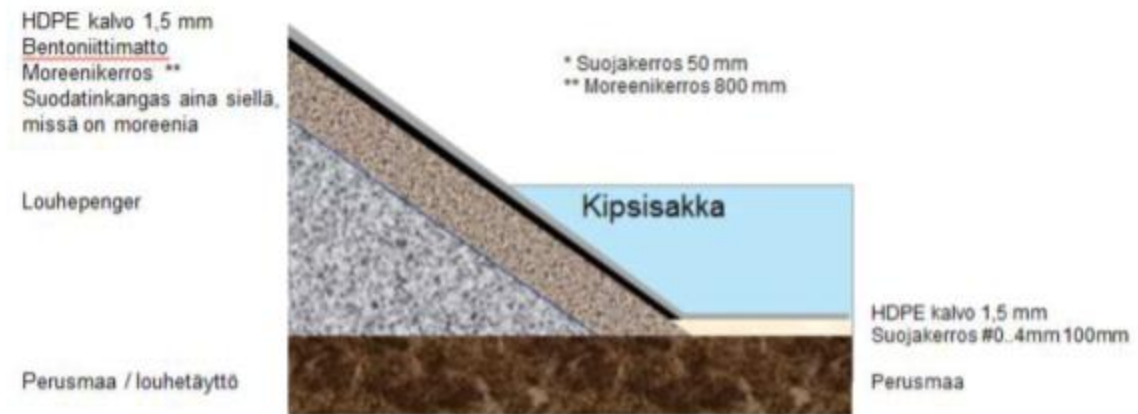
Padon märän luiskan puolelle on rakennettu moreenista tiivistyskerros, jonka kaltevuus ja paksuus vaihtelevat rakennusvaiheesta ja louhepenkereen kaltevuudesta riippuen. Jyrkkien louhepenkereiden märän luiskan kaltevuutta on loivennettu alaspäin paksunevalla moreenitiivistekerroksella ja loivemmissa louhepenkereissä moreenitiivistekerros on rakennettu tasavahvuisena kerroksena (0,2...1,0 m). Altaassa 3 märän luiskan kaltevuus on 1:3 ja tiivistyskerroksen paksuus 1,0 m. (Infrarakentajat, altaiden 1-2 rakentamisen laadunvalvontaraportit vuosilta 2008-2017, Ramboll, altaan 3 laadunvalvontaraportti vuodelta 2019).

Altaan pohjalla tiivistyskalvon alapuolinen suojakerros on lohkoilla 1-2 tehty murskeesta (100 mm, 0/4 mm hHk). Lohkoilla 3-6 ja altaassa 2 suojakerros on rakennettu moreenista (0/63 mm, 300 mm). Altaassa 3 suojakerros on rakennettu moreenista 1 m paksuisena kerroksena. (Infrarakentajat, altaiden 1-2 rakentamisen laadunvalvontaraportit vuosilta 2008-2017).

Kalvon alla on lisätiivisteinä käytetty bentoniittimattoa lohkoista 3 alkaen yhtenäisenä eristeenä kalvon alapuolella. Lohkolla 1 bentoniittimatto on asennettu ainoastaan padon yläosaan tulevan patokorotuksen liitoskohdalle ja lohkolla 2 ainoastaan padon märkään luiskaan. Bentoniittimaton painoluokka on altaan 1 ja 2 rakenteissa 3500 g/m<sup>2</sup> paitsi altaan 2 viimeisimmässä korotuksessa (tasolle +228, N60) 4000 g/m<sup>2</sup>. Altaassa 3 kalvon alla on käytetty kahta bentoniittimattoa, joiden painoluokat ovat 6300 g/m<sup>2</sup> (9 mm) ja 4300 g/m<sup>2</sup> (6,5 mm).

Kaikissa altaissa keinoitekoisena eristeenä on 1,5 mm HDPE-kalvo, jonka saumat on hitsattu. Läpivientikappaleet on kiinnitetty hitsaamalla kalvoon.





Kuva 28. Kipsisakka-allas 1 (lohkot 1-2). (Pöyry Finland Oy 2018).



Kuva 29. Kipsisakka-allas 2 (lohkot 3-6) korotusosat sekä uuden kipsisakka-altaan 3 ympäristöluvassa esitetty rakenne lohkoille 7 ja 8 (Pöyry Finland Oy 2018).

### 3.8.4.2 Uudet kipsisakka-altaat KS 5-11

Kaivospiirin laajentamisen ja Kolmisopen malmion hyödyntämistä varten varataan uusia alueita altaille; kipsisakka-allas 5 sijoittuu alustavan suunnitelman mukaan nykyisten kipsisakka-altaiden eteläpuolelle ja altaat 6-11 nykyisten altaiden lounaispuolelle. Terrafame selvittää kipsisakan kuivausta ja kuivatun sakan läjitystä, millä on vaikutusta sekä laajennusalueiden tarpeeseen että niiden rakenteisiin.

Taulukko 14. Kolmisopen YVA:n VE2 hankevaihtoehdon kipsisakka-altaat. Altaiden suunnittelu on vaiheessa, joten taulukossa esitetyt pinta-alat ovat alustavia arvioita.

Allas	pinta-ala (ha)
5	noin 13
6	noin 18
7	noin 18
8 - 9	noin 31
10 - 11	noin 36
yhteensä	116

Terrafame on hakenut kipsisakkojen luokittelua tarkkailutulosten perusteella tavanomaiseksi jätteeksi. Kipsisakan läjitysalueen rakenteet tehdään voimassa olevan luvan mukaisilla rakenteilla. Reunapadot suunnitellaan yhdessä allasrakenteiden kanssa. Jos kipsisakka läjitetään jatkossakin lietteenä HDPE-kalvolla tiivistettyyn altaaseen, on pintarakenne varustettava tiivistyskalvolla sisäisen vesipinnan hallitsemiseksi.

### 3.8.5 Kipsisakka-altaiden sulkeminen

Kipsisakka-altaiden sulkemista ei ole aloitettu, mutta lohkoa 1 on muotoiltu sulkemista varten geotuubeissa kuivatulla sakalla. Aluehallintovirasto on hylännyt geotuubisakkojen ja SEM2-altaan sakkojen käytön lohkon 1 muotoilussa (PSAVI 78/2017/1) ja sijoittamisesta on käynnistetty YVA-prosessi maaliskuussa 2019.

Altaalle 1 on laadittu sulkemisen yleissuunnitelma (Pöyry, 25.7.2018). Terrafamella on meneillään myös kipsisakka-altaiden pintarakenteiden koekentät (koetoimintailmoitus, päätös 16.9.2016), joissa selvitetään rakenteiden toimivuutta todellisissa olosuhteissa.

Terrafame on hakenut lupaa nykyisten altaiden (allas 1/lohkot 2-3 ja allas 2) korotukselle ja altaan 3 käyttönotolle allaskapasiteetin ja kaivoksen toiminnan varmistamiseksi siinä tilanteessa, kun laajennusalueiden lupaprosessit ovat kesken (Pöyry, 2018d).

#### 3.8.5.1 Sulkemisen pintarakenne

Kipsisakka-altaiden pintarakenteen tulee täyttää (ympäristölupa 36/2014/1) vaarallisen jätteen pintarakenteen vaatimukset (VNA 331/213). Pintarakenne on vettä läpäisemätön (BAT 38 e).

Kipsisakka-altaiden pohjarakenne on suunniteltu vettä läpäisemättömäksi. Vettä läpäisemätön pintarakenne estää altaan sisäisen vesipinnan nousua yhdessä suotovesien johtamisrakenteiden kanssa. Sulkemistavassa huomioidaan reunapatojen patoluokitus (1-luokka).

Kipsisakka-altailla ei ole vielä toteutettu sulkemISRakenteita. Kipsisakka-altaalle 1 on laadittu sulkemisen yleissuunnitelma (Pöyry, 2018b), jossa on arvioitu mm. sakan geoteknisiä ominaisuuksia ja esitetty ensimmäisen lohkon osalta sulkemISRakenteet. Lohkon 1 sulkemisesta saatuja kokemuksia hyödynnetään myöhemmin muiden altaiden sulkemisen suunnittelussa.

Lietteenä läjitetty kipsisakka painuu kuormituksen myötä aluksi nopeasti, mikä tasaantuu myöhemmin, mutta voi kestää jopa sata vuotta. Sakan tiivistyessä siitä erottuu huokosvettä, joka on kerättävä kuivatusrakenteilla käsittelyyn. Kipsisakan rakeisuus vaihtelee ja siksi painuminen voi olla myös epätasaista. (Pöyry, 2018b)

Pintarakenteiden rakentamisen voi aloittaa vasta, kun suurimmat painumat ovat tapahtuneet. Sulkeminen edellyttää siten esirakentamista ja pintarakenteen rakennuspohjan lujitusta. Painumista ja huokosveden korkeutta seurataan työn aikana mittauksilla ja pintarakenteiden teko aloitetaan vasta, kun painuminen on tasaantunut, arviolta aikaisintaan vuosi esirakentamisen jälkeen. Sakasta erottuva huokosvesi kerätään tiivistysrakenteiden alapuolelta esirakentamisen aikana tehtäviin kerroksiin tai erilliseen kuivatuskerrokseen. (Pöyry, 2018b)

Terrafamella on käynnistynyt vuonna 2018 sulkemISRakenteiden koerakenne, jonka tulosten perusteella arvioidaan rakenteiden toimivuutta ja läpäiseviä vesimääriä. Lisäksi Terrafame on teettänyt esiselvityksen kipsisakan kuivatustekniikoista (Pöyry, 2020). Kuivattua sakkaa olisi mahdollista käyttää suljettavien altaiden pinnan muotoilussa.

Sulkemisessa hyödynnetään kaivosalueelle rakentamisen yhteydessä läjitettyjä pintamaita ja kaivoksen sivutuotteita. Tiivistysrakenteen alle sijoitetaan altaiden jäteluokituksen mukaisia kaivoksen sivutuotteita, jotka eivät reagoi kipsisakan kanssa. Tiivistysrakenteen päälle sijoitetaan puhtaita tai jäteluokitukseltaan pysyviä sivutuotteita.

Tiivistysmateriaaleiksi valitaan painumista kestäviä materiaaleja (LLDPE, bentoniittimatto) ja kankaiden limitykset tehdään riittäviksi ja läpivientejä rakennetaan mahdollisimman vähän.

Kipsisakan huonon kantavuuden ja odotettavissa olevien painumien takia alueet muotoillaan viettämään alueen keskelle, jonne sijoitetaan myös kuivatusrakenteet. Kipsisakan pinnan kaltevuus jää pieneksi, ja mahdolliset painumat voivat aiheuttaa vesien padottumista ja pysyvää vesipainetta rakenteisiin. Tämä huomioidaan kuivatusrakenteiden mitoituksessa ja valittavien materiaalien vedenläpäisevyydessä. Huoltotiet ja pumpaamot sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan välipenkereiden kohdalle, jolloin kipsisakan häiriintyminen on vähäisintä ja rakenteisiin ei kohdistu epätasaisesta painumisesta aiheutuvia rasituksia.

Mikäli kipsisakka-altaisiin läjitetään kuivattua sakkaa, voidaan täyttö muotoilla siten, että sulkemisen jälkeen tiivisrakenteen yläpuoliset valumavedet kerätään altaan reuna-alueelta. Tällöin kiintoainepitoisen sakan läjittämisen voidaan katsoa olevan osa sulkemisvalmistelua.

Kuivatettavat alueet ovat laajoja ja hetkittäiset hulevesivirtaamat pintarakenteen päältä ovat suuria, mikä huomioidaan vesien johtamisrakenteiden mitoituksessa ja eroosiosuojauksessa.

Kipsisakka-altaalle 1 laaditun yleissuunnitelman (Pöyry, 2018) mukaan lohko 1 suljetaan vaarallisen jätteen vaatimukset täyttävällä pintarakenteella, jossa mineraalinen tiiviste rakennetaan bentoniittimatosta ja keinotekoinen eriste LLDPE-kalvosta. Pintakerroksen alle rakennetaan talvityönä työalusta murskeesta ja suodattavasta lujitekankaasta tai suodatinkankaasta. Työalusta toimii samalla pintarakenteen alapuolisena kuivatusrakenteena. (Pöyry 2018).

Kipsisakka-altaan 1 keskelle on suunniteltu sekä tiivisrakenteen alapuolisten että yläpuolisten vesien keruujärjestelmät ja huoltotie näiden kaivojen huoltamiseksi. Työalustan kuivatuskerroksen vedet kerätään salaajilla ja johdetaan kokoojalinjalla altaan itäreunaan ja jätevedenpuhdistamolle. (Pöyry 2018). Tiivistyskerroksen yläpuoliset hulevedet johdetaan keskiojan painanteesta vesien purkupisteelle altaan itäreunalle (Pöyry 2018).

Pintakerroksen kuivatuskerroksen tarve arvioidaan ja kerros mitoitetaan rakennussuunnitelmavaiheessa. Kuivatuskerros tasaa purkautuvia vesimääriä, mutta se kuivatusrakenteena voi olla myös salaajamatto, jolloin purkautumiskohdan materiaaleissa huomioidaan eroosiokestävyys.

Kipsisakka-altaan 1 lohkojen 2-3 ja kipsisakka-altaiden 2-3 pintarakenteet rakennetaan vaarallisen jätteen pintarakenteen vaatimukset (VNA 331/213) täyttävällä rakenteella (Pöyry, 2018). Lohkojen 2-3 rakennetta päivitetään 1-alueen sulkemisesta saatujen kokemusten, koerakenteiden, jäteluokituksen, sakan kuivatustavan ja lupamääräysten mukaisesti.

Sakka-altaan 4 pintarakenne suunnitellaan altaaseen laskeutuneen sakan ominaisuuksien, jäteluokituksen, määrän ja sulkemistavan perusteella.

Kipsisakka-altaiden 5-11 sulkemisen pintarakenteet tarkentuvat myöhemmin kipsisakan jäteluokituksen, läjitystavan ja kuivatuksen perusteella.



### Pintarakenteen koekenttäselvitys

Terrafame on selvittänyt sulkemisen pintarakennevaihtoehtoja koekentällä, jossa rakennemateriaaleina hyödynnetään lähialueelta saatavaa turvetta ja moreenia ja tiivistyskerroksessa on käytetty erilaisia keinotekoisia ja mineraalisen eristeen yhdistelmiä. Tämän ns. pintarakennepilotin suotovesiä seurattiin puolen vuoden ajan vuonna 2019 (Pöyry, 2019b). Kokeita jatketaan ja vuonna 2020 rakenteisiin tehtiin pieniä muutoksia, muun muassa pintarakenne nurmetettiin (Pöyry, 2019b). Pilotin tuloksia hyödynnetään myöhemmin pintarakenteiden suunnittelussa.

#### 3.8.5.2 Hule- ja suotovesien johtaminen

Kipsisakan tiivistyessä erottuva huokosvesi ja suotovesi (sisäinen vesi) kerätään tiivistyskerroksen alapuolelta ja johdetaan laadusta riippuen joko käsittelyyn tai Latosuolle. Suotovesien keräysrakenteiden mitoitus tarkistetaan huokosvesimäärän mukaan. (BAT 37 b)

Puhtaat hulevedet pintarakenteen päältä ja tiivistyskerroksen yläpuolelta johdetaan ympärysviesien kanssa samaan ojaan ja maastoon.

Altaiden ulkopuolella on niskaojat ja ympärysojat ulkopuolisten vesien johtamiseksi. Kalvon alapuolisen pohjamaan kuivattamiseksi on asennettu salaojat, jotka johdetaan padon ali rumpuputkillä ympärysojiin. (BAT 37 b)

#### 3.8.5.3 Sulkemisen vaiheistus ja materiaalityö

Kipsisakka-altaat suljetaan vaiheittain ja mahdollisimman pian sen jälkeen, kun altaat ovat täyttyneet (BAT 38 a). Tällä vähennetään neutraloitavien vesien määrää.

Samalla jo toiminnan aikana vähennetään pölyämishaittoja ja maisemoidaan aluetta. Viimeinen lohko voidaan sulkea vasta aktiivisen vesienkäsittelyn päätyttyä arviolta 16...17 vuoden kuluttua louhinnan ja noin 10 vuoden kuluttua metallitehtaan toiminnan loppumisesta (Pöyry, 2018c).

Tarvittava materiaalityö riippuu valittavasta sulkemusrakenteesta ja altaan lopputäytön laadusta. Karkea massa-arvio on tehty kaatopaikka-asetuksen (VNA 331/2013) mukaisella rakenteella, jossa mineraalisena tiivistyskerroksena käytetään bentoniittimattoa. Rakennepaksuus on tällöin 2,0 m, jossa työalustan osuus on 0,5 m. Sulkemisen yleissuunnitelmassa 1-altaalle suunniteltu rakennepaksuus on noin 1,65...2,35 m (Pöyry, 2018).

Samalla pintarakennepäätöksillä karkeasti arvioiden nykyisen kaivosalueen käytössä olevien ja suunniteltujen kipsisakka-altaiden (1-4) pintarakenteisiin tarvitaan tiivistyskerroksen alapuolelle noin 0,9 Mm<sup>3</sup> jäteluokituksen mukaisia massoja ja tiivistyskerroksen yläpuolelle noin 2,6 Mm<sup>3</sup> puhtaita maa-aineksia.

Kolmisopen kaivospiirin hyödyntämiseksi rakennettavien kipsisakka-altaiden (5-11) pintarakenteisiin tarvitaan 1-altaan rakennepäätöksillä arvioituna tiivistyskerroksen alapuolelle noin 0,6 Mm<sup>3</sup> jäteluokituksen mukaisia massoja ja tiivistyskerroksen yläpuolelle noin 1,7 Mm<sup>3</sup> puhtaita maa-aineksia.

### Ennenaikainen sulkeminen

Vesienkäsittelysakoille täytyy olla sijoituspaikka niin kauan kuin vesien käsittely on toiminnassa, joten kaikkia sakka-altaita ei ole mahdollista sulkea ennenaikaisen sulkemisen tapauksessa. Käytöstä poistettavien kipsisakka-altaiden sulkeminen on mahdollista aloittaa, kun suurin

painuminen on tapahtunut ja sakka on riittävän kantavaa. Sakka-allas 4 suljetaan vasta vuoden 2080 jälkeen, kun kaivostoiminta loppuu.

#### 3.8.5.4 Kipsisakka-altaiden sulkemisen riskit ja lisäselvitystarpeet

Kipsisakan painuminen ja häiriintymisherkkyys aiheuttaa riskin rakentamiselle sekä rakenteiden toimivuudelle rakentamisaikana ja rakentamisen jälkeen. Esirakentamiselle ja täytön muotoilulle on varattava riittävästi aikaa, jotta huokosvesipaine ei pääse nousemaan liian suureksi ja aiheuta stabiliteettiongelmia. Rakentamisen aikaiseen tärinään, työmaaliikenteeseen ja viereisten alueiden rakentamiseen ja esimerkiksi räjäytyksiin joudutaan kiinnittämään huomioita. Pintarakenteiden, täytön muotoilun ja rakentamiskuormien yhteisvaikutus sakan käyttäytymiseen on arvioitava ennen rakentamista.

Vesien johtaminen painuvan pintarakenteen ylä- ja alapuolelta on riski. Tiivistysrakenteiden alapuolisten kuivatusrakenteiden tulee olla huuhdeltavissa tukkeutuminen takia ja materiaalivalinnoissa (esim. suodatinkangas) pitää huomioida niiden tukkeutuminen pitkällä aikavälillä. Rakenteiden läpiviennit (kaivot) ja putkiliitokset painuvalla alustalla ovat riskirakenteita, jotka voivat vaurioituessaan lisätä vuotoja. Pintarakenteen päälle kertyvien hulevesien virtaamat ja virtausnopeudet ovat suuria ja rakennemateriaalien tulee olla eroosion kestäviä. Virtaava vesi syövyttää padon harjaa ja kuivan puolen luiskaa ja voi aiheuttaa luiskasortuman. Virtaamat joudutaan tarkastelemaan myös ilmastonmuutoksen kannalta.

Sulkemisen rakennusaikainen vesien hallinta ja rakennuspohjan kuivatus voi huonontaa sakasta erottuvan veden laatua ja lisätä käsittelyyn johdettavien vesien määrää.

Kipsisakka-altaan 1 pohjarakenteet ovat osin riskirakenteita, mistä toteutuneet vuodot todistavat. Altaisiin jää pysyvä hydrostaattinen paine. Osa pohjarakenteesta on pelkän kalvon varassa ja kalvon rikkoutuessa vuotokohta voi kehittyä putkieroosioksi, mikä vaarantaa reunapadon stabiliteetin. Vuodon todennäköisyyttä lisää muotoilutäytön ja pintarakenteiden lisäpaine ja vähentää täytön tiivistyminen pohjalla. Pohjarakenteita ei ole mahdollista korjata jälkikäteen, joten pintarakenneratkaisun pitää olla vesien hallinnan kannalta kestävä.

Kipsisakka-altaiden sulkeminen ei saa vaarantaa patoturvallisuutta. Patojen turvallisuutta ja rakenteita valvoo patoviranomainen eikä tässä selostuksessa ole otettu kantaa sulkemirakenteiden vaikutuksesta patoturvallisuuteen.

Taulukko 20. Kipsisakka-altaiden sulkemisen riskit ja lisäselvitystarpeet.

Mahdollinen riski / tarkennettava tieto	Lisäselvitys
Sakan kemiallinen pysyvyys ja jäteluokituksen muuttuminen	Tarkennukset vesien käsittelyn ja sakan kuivausmenetelmien muuttuessa sekä ympärysvesistä laskeutuneen sakan osalta (BAT 2 ja 3).
Patojen ja altaiden fysikaalinen vakavuus	Allaskohtainen arvio geoteknisistä analyyseistä sulkemisvaiheessa. Arviossa huomioidaan mm sakan ominaisuudet, patotyyppi ja pohjarakenne, vesitase, sulkemis- ja vesienjohtamisratkaisu, sakan kuivuminen ja painuminen (BAT 22 a)
Pintarakenteen suojausvaatimukset	Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi suunnitelman mukaisella pintarakenteella ja mahdolliset vaihtoehdot (BAT 5)
	Arvio muodostuvien suotovesien laadusta ja määrästä pitkällä aikavälillä suljetulta alueelta (BAT 31i, BAT 38e)
Pintarakenteen pitkäaikaiskestävyys	Arvio rakenneosien yhteensopivuudesta ja toimivuudesta; rakennekerrokset ja niiden paksuudet jälkikäytön ja maisemoinnin, routivuuden ja rakenteen tiiviyyden kannalta, suotovesirakenteiden tukkeutumisen ja pintamateriaalien eroosiokestävyyden kannalta, painumisen huomiointi (materiaalivalinnat ja liitokset), kalvon suojarakenteet (37b, BAT 38e, BAT 42d)
Pintarakenteen rakennettavuus	Koerakenteet kipsisakka-altailla (BAT 38 e)
Hulevesien hallinta	Suljetun alueen vesitase ja vesienhallintasuunnitelma; hulevesien virtaamien ja määrien hallinta (BAT 18)

### 3.9 MUUT TOIMINNOT JA RAKENTEET

Tehdasalueen sulkemiselle ja laitosten alasajolle tehdään erillinen sulkemissuunnitelma ja aikataulu. Suunnitelmassa kartoitetaan tehdasalueen ja erityisesti sen jakeluasemien, kemikaali- ja polttonestesäiliöiden sijaintialueiden pilaantuneisuus ja, jos pilaantuneisuutta havaitaan, laaditaan kunnostussuunnitelma riskinarvioineen.

Uraanin talteenottolaitoksen ja siihen liittyvät rakenteet suljetaan erikseen laadittavan sulkemissuunnitelman mukaisesti. Metallien talteenotto jatkuu useita vuosia kaivostoiminnan päättymisen jälkeen, kunnes bioliuotus on loppuunsaatettu.

Kaivostoiminnan ja malmin liuotuksen päätyttyä tehdasalueella sijaitseville tuotantolaitoksille, kuten metallien talteenottolaitos, akkukemikaalilaitos, uraanin talteenottolaitos sekä lämmöntuotantolaitokset ja tukitoiminnoille, kuten korjaamo- ja kunnossapitohallit, laboratorio- ja tutkimustilat sekä huolto- ja sosiaalitytöt, pyritään ensisijaisesti etsimään jatkokäyttäjää.

Vaarallisten kemikaalien ja räjähdysaineiden varastojen sekä uraanin talteenottolaitoksen käytön lopettamisessa, ja mahdollisessa purkamisessa ja purkujätteiden käsittelyssä noudatetaan ko. viranomaisten ohjeita ja määräyksiä.

Puretut ja tarvittaessa kunnostetut teollisuus- ja varastoalueet peitetään puhtaalla maakerroksella. Tähän käytetään alueelle varastoitua pintamaata. Kerroksesta tehdään riittävän paksu perustusten

peittämiseksi ja kasvillisuuden palautumiseksi. Alueelle istutetaan puita ja aloitetaan siten siirtymä metsätaloukseen. (Pöyry, 2018c)

### 3.9.1 Sulkemiseen liittyvät lupamääräykset

PSAVI, Nro 36/2014/1: 115. *Toiminnan loputtua on alueelta poistettava kaikki ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavat koneet ja laitteet, kemikaalit, polttoaineet ja jätteet, lukuun ottamatta alueelle loppusijoitettuja jätteitä. Louhokset ja jätteiden läjitysalueet on saatettava yleisen turvallisuuden edellyttämään kuntoon.*

## 3.10 PILAANTUNEET ALUEET

### 3.10.1 Pilaantuneisuuden selvittäminen

Pilaantuneiden maiden kunnostustarvetta arvioidaan alueittain jo kaivoksen toiminta-aikana, kun epäillään pilaantuneisuutta. Tehtyjä selvityksiä hyödynnetään uusien alueiden suunnittelussa ja nykyisten kehittämisessä. Kunnostustoimet suunnitellaan ja toteutetaan mahdollisuuksien mukaan jo toiminta-aikana. Purettavien rakenteiden osalta kunnostus voidaan toteuttaa vasta sulkemisivaiheessa, jolloin kunnostuksen laajuus tarkentuu purkutöiden yhteydessä (primäärialtaat, liuosaltaat).

Alueiden pilaantuneisuus rajataan tarkemmilla tutkimuksilla ja kunnostamisesta laaditaan riskinarvio, joiden perusteella alueiden kunnostustaso määritellään. Riskinarvion perusteella voidaan suunnitella kunnostustoimet, työjärjestys ja aikataulu siten, että kunnostustoimet kohdentuvat vaikuttavimpiin kohteisiin eikä lisäpilaantumista aiheudu pohja- tai pintavesien kautta.

#### Likaantuneet pohjavedet

Pohjavesivaikutuksia estetään tiiviillä pohjarakenteilla ja mahdollisten vuotojen ja ylivuotojen sekä luonnollisen maaperän metallipitoisuudesta aiheutuvaa pohjaveden kontaminaatiota rajataan suojapumppauksilla (BAT 43). Likaantunut pohjavesi ohjataan toiminnan aikana mahdollisimman kattavasti prosessikäyttöön tai vesien käsittelyyn. Suojapumppauksia jatketaan sulkemistoimenpiteiden jälkeen ja likaantuneet vedet ohjataan käsiteltäväksi, jos niiden laatu ei täytä purkuvesille asetettuja rajoja.

Likaantuneiden pohjavesien määrää ja laatua arvioidaan toiminnan aikana asteittain tarkentuvilla selvityksillä, tarkkailutiedoista, kairauksilla ja mallintamalla (BAT 40). Avolouhosten täyttyminen ja jätealueiden sulkeminen pintarakenteilla voi vaikuttaa esimerkiksi pohjavesien muodostumiseen, pinnantasoon ja virtaussuuntiin sekä haitta-aineiden leviämiseen kalliopohjavedessä. Suljettavien jätealueiden osalla maastoon johdettavien puhtaiden hulevesien määrä ja valuma-alueet palautuvat lähemmäksi alkuperäistä tilannetta, millä on vaikutuksensa näiden purku-uomiin ja purkuvesistöihin.

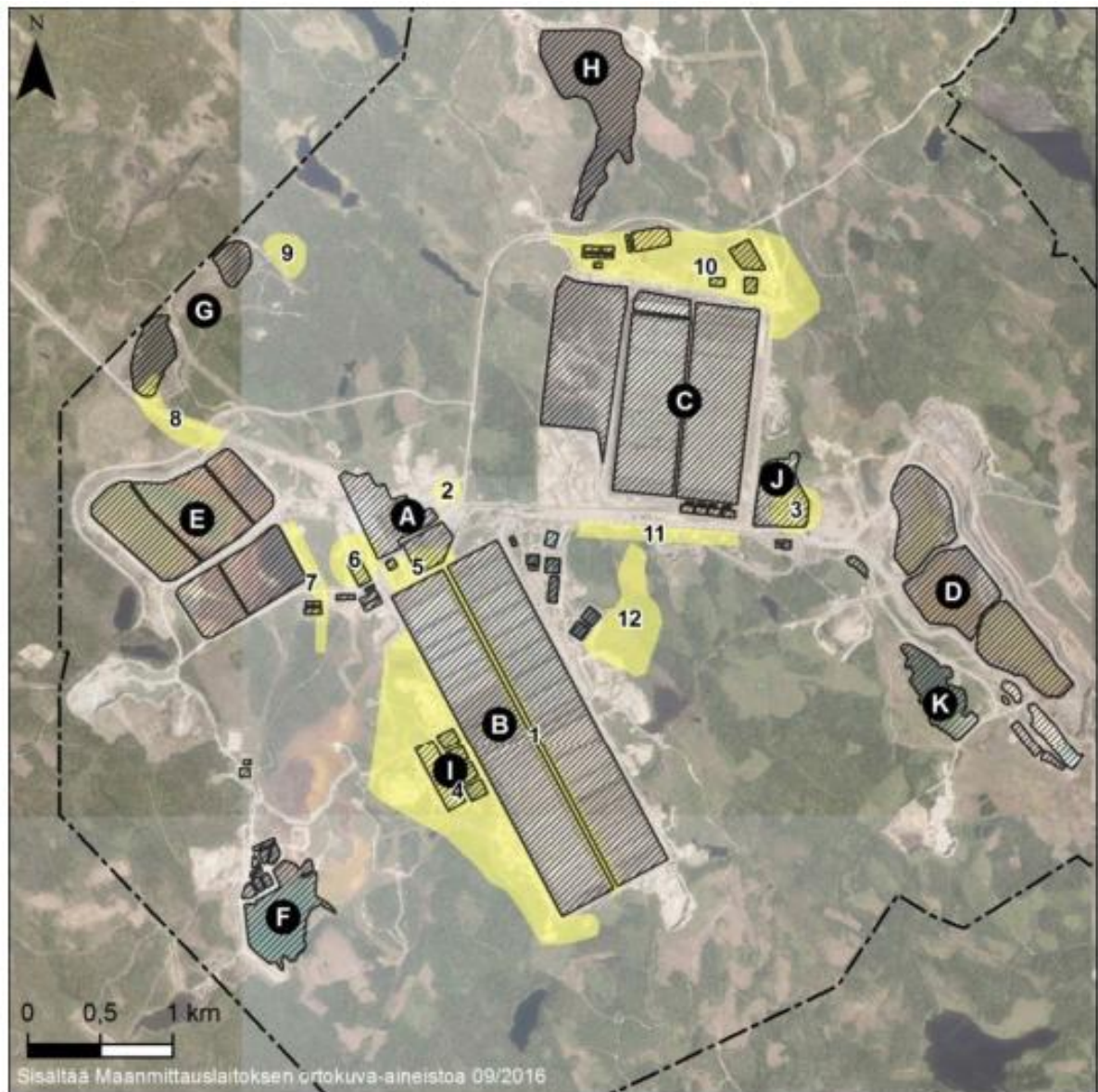
#### Pilaantuneiden maiden puhdistamiseen liittyvät lupamääräykset

PSAVI Nro 36/2014/1: ---Luvan saajan on lisäksi viipymättä ryhdyttävä tarpeellisiin toimenpiteisiin pilaantumisen ehkäisemiseksi tai jos pilaantumista on jo aiheutunut, sen rajoittamiseksi mahdollisimman vähäiseksi (pilaantumisen torjuntavollisuus).

### 3.10.2 Tehdyt selvitykset

#### 3.10.2.1 Nykyinen kaivosalue

Golder Associatesin vuonna 2015 laatiman selvityksen mukaan Terrafamen kaivosalueella sijaitsee useita alueita, joilla pintamaat voivat potentiaalisesti olla pilaantuneita. Kyseisten alueiden sijainnit on esitetty sijaintipiirustuksessa, Kuva 30. Golderin arvio perustuu tietoon, että kyseisillä alueilla on käsitelty ympäristölle haitallisiksi arvioituja kaivannaisjätteitä tai polttoaineita sekä tietoihin vuonna 2012 sattuneesta kipsisakka-altaan vuodosta. (Golder Associates, 2015)



#### Mahdollisesti kunnostusta vaativat alueet

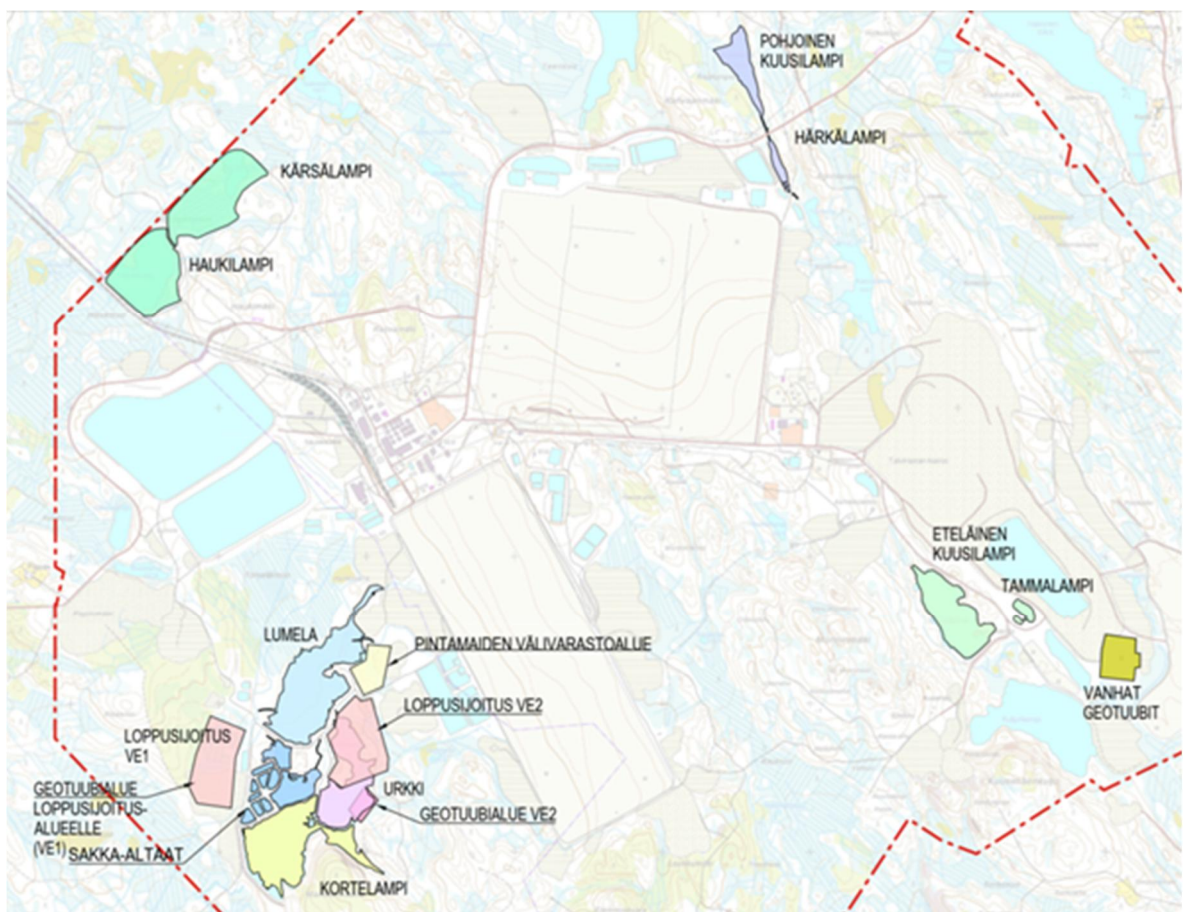
- |                                       |                                                               |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| A Tehdasalue                          | 1 Primäärikasojen välinen alue                                |
| B Primääriliuotuskasa                 | 2 Tankkauspiste lämpökeskus                                   |
| C Sekundääriliuotuskasa               | 3 Tankkauspiste varikko                                       |
| D Avolouhos                           | 4 Primäärikasojen länsipuolinen alue                          |
| E Kipsisakka-altaat                   | 5 Tehdasalue                                                  |
| F Eteläinen vesien jälkikäsittelyalue | 6 Rautatien lastausalue                                       |
| G Pohjoinen vesien jälkikäsittelyalue | 7 Kipsisakka-altaan v.2012 onnettomuuden eteläpuolinen alue   |
| H Latosuon allas                      | 8 Kipsisakka-altaan v.2012 onnettomuuden pohjoispuolinen alue |
| I Primääriliuoksen (PLS) keräysaltaat | 9 Entinen pohjoinen vesienkäsittelyalue                       |
| J Varikkoalue                         | 10 Sekundäärikasojen pohjoispuolinen alue                     |
| K Kuusilampi / Kuljunlampi -allas     | 11 Sekundäärikasojen eteläpuolinen alue                       |
|                                       | 12 Primäärikasan kasteluvesialtaiden eteläpuolinen alue       |

Kuva 30. Mahdollisesti pilaantuneet ja kunnostusta vaativat alueet (1 – 12) sekä kaivostoimintojen sijainnit (A – K). Kuva: Pöyry Finland Oy, Terrafame Oy, Kaivoksen sulkeminen: päivitetty kooste sulkemissuunnitelmasta, 2018. Alkuperäinen kuva; Golder Associates, 2015)



Vesienkäsittelysakkoja on varastoitu tilapäisiin altaisiin ja geotuubeihin odottamaan loppusijoitusta (kohta 3.8.3.2). Hankkeen YVA on valmistumassa ja sen liitteenä olevassa kunnostuksen yleissuunnitelmassa on arvioitu, että kunnostettavilla alueilla on noin 269 000 m<sup>3</sup> ktr pilaantuneita maita (Pöyry, 2020 b). Maat on suunniteltu sijoitettavaksi sakkojen sijoitusalueiden kunnostuksen yhteydessä rakennettavalle loppusijoitusalueelle (Kuva 31, kaksi sijaintivaihtoehtoa), jossa on erilliset alueet tavanomaiselle ja vaaralliselle jätteelle (Afy, 2020b). (BAT 35b, BAT40)

Vesienkäsittelysakka-alueiden kunnostukseen liittyy olennaisena osana allasvesien, kunnostettavien alueiden valunnan ja kuivatettavien massojen vesien hallinta siten, etteivät ympäröivät alueet kontaminoidu haitta-aineista ja kiintoaine saadaan laskeutettua. Tämä edellyttää pumppausjärjestelyitä ja väliaikaisten ns kontaminaatioaltaiden rakentamista (5,5 ha / 170 000 m<sup>3</sup>). Lisäksi kunnostettujen alueiden uudelleen kontaminoitumista tehdasalueen, primääriliuotusalueen, varikkoalueen ja pilaantuneiden maiden läjitysalueen vesistä estetään mm ojitus- ja pumppausjärjestelyin. (Pöyry, 2020 b). (BAT 43)

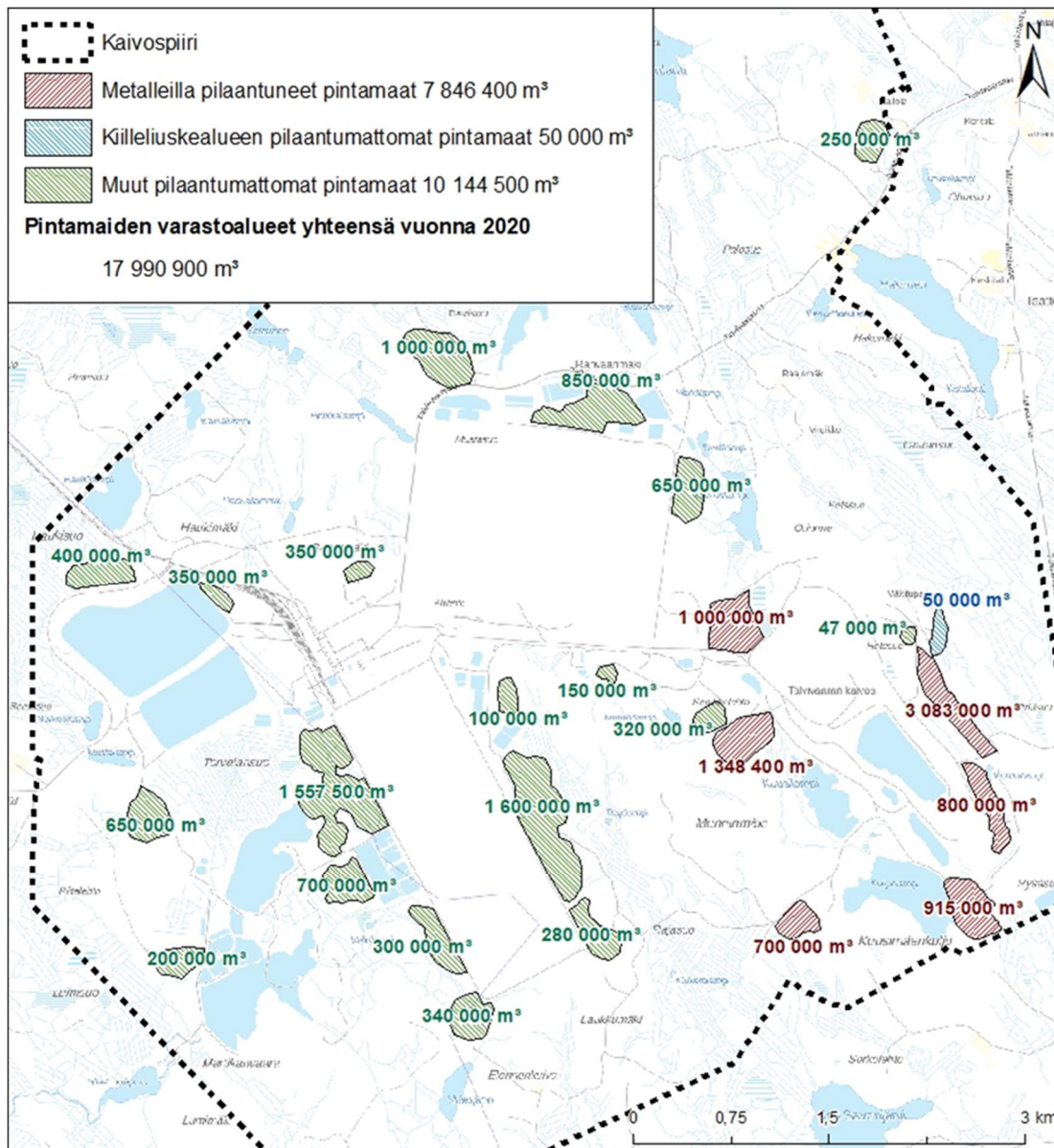


Kuva 31. Vesienkäsittelysakka-alueiden kunnostussuunnitelma (alkuperäinen kuva, Pöyry 7.2.2020/ 101012104).

Pohjavesien pilaantuneisuutta ja puhdistustarvetta sekä primääriliuotusalueiden maaperään kohdistuvia päästöjä on selvitetty vuonna 2017 (Pöyry, 2017). Selvityksessä arvioidaan Korttelammen painauman alueen pohjaveden laadun heikentyneen johtuen pääosin kipsisakka-altaan vuodosta. Toimenpiteeksi esitetään likaantuneiden vesien käsittelyä ja altaan tyhjentämistä, sekä sedimentin pilaantuneisuuden tarkempaa selvitystä ja tarvittaessa puhdistamista (Pöyry,

2017). Pilaantuneita maita on sittemmin poistettu Mourunpuron kohdalta ja välivarastoitu Lumelan alueelle.

Eri puolille kaivosaluetta on läjitetty yhteensä noin 7,8 Mm<sup>3</sup> pilaantuneita pintamaita, jotka on poistettu louhoksen avaamisen tai laajentamisen yhteydessä malmion päältä ja jotka ovat kontaminoituneet mustaliuskekontaktissa (Kuva 32). Rambollin tutkimusten perusteella kyseisillä alueilla voi potentiaalisesti muodostua happamia suotovesiä ja alueille läjitetyt pintamaat sisältävät ympäristölle haitallisia aineita (käytännössä metalleja, erityisesti nikkeliä ja sinkkiä). (Ramboll 2021b)



Kuva 32. Pintamaiden läjityksen tilanne vuonna 2020 (Ramboll, 2021a).

### 3.10.2.2 Kolmisopen kontaminoituneet sedimentit

Kolmisoppi-järven sedimentit joudutaan poistamaan Kolmisopen esiintymän louhinnan tieltä. Sedimentit tullaan nykyisten suunnitelmien mukaan läjittämään omalle alueelleen nykyisen Kolmisoppi-järven lounaisrannalle.

Afry Oy tutki sedimenttien laatua keväällä 2020. Selvityksessä sedimenttien metallipitoisuuksia verrattiin valtioneuvoston asetuksen 214/2007 (ns. pima-asetus) mukaisiin kynnys- ja ohjearvoihin. Pintasedimentissä havaittiin koko järven alueella pima-asetuksen alemman ohjearvon ylittäviä sinkkipitoisuuksia, minkä lisäksi sedimentissä esiintyi kynnysarvotason ylittäviä pitoisuuksia nikkeliä, kadmiumia ja paikoin arseenia. Muilta osin analysoitujen haitta-aineiden pitoisuudet olivat pieniä. (Afry, 2020a)

### 3.10.3 Pilaantuneiden alueiden kunnostus tai sulkeminen

Pilaantuneille alueille tai pohjavesille tehtävät kunnostustoimenpiteet määritetään tapauskohtaisesti pilaantuneisuusselvityksien ja riskinarviotarkastelujen perusteella. Vaihtoehtoina voivat olla esimerkiksi haitta-aineiden poisto ja siirto kaatopaikalle tai leviämisen rajoittaminen esimerkiksi suojapumpppauksilla, katkaisuseinillä tai peittorakenteilla.

Vesienkäsittelysakka-alueiden kunnostuksen yleissuunnitelmassa (2020) näiden alueiden kunnostukselle on esitetty tavoitetasot, joissa on huomioitu riskinarvion tulokset haitta-aineiden kulkeutumisesta sekä haitta-aineiden viitearvot, alueelta purettavan pintaveden tavoitetasot sekä taustapitoisuudet (Pöyry, 2020b).

### 3.10.4 Pilaantuneiden maiden ja pohjavesien lisäselvitystarpeet

Kaivospiirin alueella on useita tunnistettuja pilaantuneita alueita, joita seurataan tarkkailulla ja joiden pilaantuneisuutta arvioidaan riskinarvioilla ja selvityksillä (BAT 40). Näiden lisäksi alueella on tunnistettuja riskirakenteita kuten pohjarakenteet ilman mineraalista tiivistyskerrosta tai altaiden ja pohjarakenteiden tiivisrakenteiden läpiviennit, joista on mahdollista aiheutua ympäristön pilaantumista (BAT 5).

Pilaantumista on todettu laajoilla alueilla, mikä voi rajata soveltuvia kunnostustoimenpiteitä. Kunnostustoimenpiteiden valinta ja kohdentaminen tulisi perustua pilaantuneiden alueiden kokonaisriskinarvioon (BAT 5). Kunnostustoimenpiteiden suunnittelu ja työnaikainen riskinhallinta esitetään kunnostussuunnitelmissa.

Pilaantuneiden alueiden kunnostuksen viivästyminen voi mahdollisesti lisätä pilaantuneisuudesta ympäristöön ja ihmisiin kohdistuvaa riskiä. Osa alueista on mahdollista kunnostaa vasta toiminnan loputtua, kuten primääriliuotusalueella todetut pilaantuneet alueet tai vesienkäsittelyn altaat. Ympäristöriskiä voi lisätä, jos pilaantuneisuuden leviämistä ei rajoiteta jo toiminnan aikana esimerkiksi katkaisuseinillä tai pohjavesien puhdistamisella (BAT 39).

Taulukko 15. Kunnostustoimenpiteiden aiheuttamat riskit pilaantuneiden maiden kaivussa.

Mahdollinen riski	Lisäselvitys
Pilaantuneiden kohteiden tunnistaminen	Potentiaalisesti pilaantuneiden kohteiden pilaantuneisuusselvitykset (BAT 5)
Pilaantuneiden alueiden laajuus	Kokonaisriskinarvio pilaantuneista alueista (BAT 5)
Pilaantuneiden alueiden kunnostuksen viivästyminen	Riskinarvio ja toimenpideselvitykset pilaantuneisuuden rajoittamiseksi toiminnan aikana (BAT 5, BAT 39)

## 4. VESIEN HALLINTA

### 4.1.1 Vesien käsittely ja eri laatuisten vesien erottelu

Kaivosalueella muodostuu kolmen laatuista vesiä; happamia ja metallipitoisia vesiä, jotka puhdistetaan ja/tai kierrätetään prosessissa, lievästi kontaminoituneita kaivosalueen hulevesiä ja suojapumppausvesiä sekä kaivostoiminnan ulkopuolisia puhtaita hule- ja valumavesiä (Terrafame, 2020).

Ympäristön puhtaat vedet ohjataan luontoon ojituksin ja pumppauksin ohi varsinaisen kaivosalueen. Lievästi kontaminoituneet hulevedet ja suojapumppausvedet käsitellään ja johdetaan liuoskiertoon tai purkuun. Prosessivedet kierrätetään pääosin suljetussa kierrossa, jonka lisäksi prosessivesiä puhdistetaan tuotantolaitoksen käyttövesiksi. Vesienkäsittelyn lisäkapasiteettina ja poikkeustilanteiden hallinnassa ovat käytettävissä vuonna 2013 rakennetut vedenkäsittelyn kenttäyksiköt (Kortelampi, SEM-2 allas, Torvelansuo ja Tammalampi). (Terrafame, 2020).

Sulkemistoimenpiteiden jälkeen luontoon johdettavien puhtaiden hulevesien määrä kasvaa huomattavasti, kun tiiviillä pintarakenteilla suljettujen jätealueiden (sivukivialueet, sekundääriliuotusalueet ja kipsisakka-altaat) ja purettavien sekä puhdistettujen alueiden (primääriliuotusalueet, käytöstä poistettavat altaat) hulevedet voidaan johtaa luontoon.

Sulkemistoimenpiteiden myötä jätealueilta käsittelyyn johdettavien suotovesien määrä vähenee murto-osaan toiminnan aikaisesta. Suojapumppauskaivoista pumpataan sulkemisenkin jälkeen likaantuneita pohjavesiä käsittelyyn niin pitkään, kun vesien laatu sitä edellyttää.

Aktiivista vesien käsittelyä varaudutaan jatkamaan joitakin vuosikymmeniä sulkemistoimenpiteiden jälkeen, minkä jälkeen siirrytään passiiviseen vesien käsittelyyn.

Sulkemisen vesienhallintatoimenpiteet käsittävät yleisellä tasolla seuraavat vaiheet (Terrafame, 2021):

- 1) Kaivosalueelle varastoitujen käsittelemättömien vesien puhdistus
- 2) Puhdistettujen vesien osittainen purku louhokseen
- 3) Vesienkäsittelylaitosten tyhjennys ja vesien purku pois kaivosalueelta
- 4) Allasalueiden maaperän puhdistus

### 4.1.2 Vesienkäsittelyä koskevat lupamääräykset sulkemisvaiheessa

PSAVI, Nro 36/2014/1: 60. *Kaivannaisjätteen jätealueille ja kaatopaikoille sijoitetun jätteen tai varastoaltaissa olevien kemikaalien joutuminen kosketuksiin pohjaveden kanssa sekä tilanne, jossa pohjan eristerakenteen alle voi syntyä rakenteen toimivuutta vaarantava pohjaveden aiheuttama noste on estettävä pohjaveden pintaa alentamalla tai muilla teknisillä ratkaisuilla.*

PSAVI, Nro 36/2014/1: 61. *Kaivannaisjätteen jätealueilta muodostuvat likaantuneet vedet ja kaatopaikoilta muodostuvat kaatopaikkavedet on kerättävä ja johdettava kunkin jätealueen yhteyteen rakennettavaan tasausaltaaseen, suoraan prosessivedeksi tai puhdistettavaksi. Rakennettavien uusien tasausaltaiden on pohjarakenteeltaan täytettävä vastaavat vaatimukset, kuin on asetettu kaatopaikalle tai jätealueelle, josta sinne johdetaan jätevesiä.*



PSAVI, Nro 36/2014/1: 101. *Kaikki putkilinjat, joissa siirretään säännöllisesti osana kaivoksen prosessia liuoskierron nesteitä, on sijoitettava kulkemaan avokanaaleihin, jonka vesitiiveys on varmistettu yhtenäisellä 1,0 mm:n HDPE-kalvolla.*

PSAVI, Nro 36/2014/1: 112. --- *Jätealueiden ja kaatopaikkojen suotovesialtaat on pidettävä vesien käsittelyaltaina toiminnan loppumisen jälkeen.*

PSAVI, Nro 36/2014/1: 112. *ensimmäisen vaiheen liuotusalue ja liuosaltaat rakenteineen on poistettava ja mahdollinen pilaantunut maa-aines sijoitettava luvan saaneelle kaatopaikalle tai muutoin kunnostettava.*

PSAVI/702/2016/1: 77a. --- *Kipsisakka-altaan käytön loputtua keskuspuhdistamolta muodostuva sakka voidaan sijoittaa yhdessä loppuneutraloinnin sakan kanssa päätöksen 36/2014/1 lupamääräyksen 85 tarkoittamalle uudelle kaatopaikalle.*

#### 4.1.3 Nykyisen kaivosalueen vesienkäsittelyalueet ja altaat

Vesienkäsittely perustuu kalkkisaostukseen ja on keskitetty keskuspuhdistamolalle, josta puhdistetut vedet pumpataan kipsisakka-altaille kiintoaineen laskeutusta varten. Selkeytynyt vesi pumpataan varastoaltaan kautta purkuun. Nykyisin varastoaltaana käytössä oleva Latosuon allas jää osittain sekundääri 5-8 alle ja kaivospiirin länsilaidalle rakennetaan uusi Viitasuon allas, josta vesiä puretaan jatkossa kahdella eri putkella. Toinen on purkuputki suoraan Nuasjärveen ja toinen kulkee Latosuon altaan "jäänteisiin" ja sen kautta Oulujoen vesistöalueelle samalla tavalla kuin nykytilassa Latosuolta.

Vesienhallintaa kehitetään jatkuvasti. Suunnitteilla on mm. kahden ajomallin soveltaminen puhdistamoprosessissa, jolla vähennettäisiin juoksettavan veden sulfaattikuormitusta. Muutos edellyttää kahden kipsisakka-altaan käyttöä eli muutoksia nykyisen ympäristöluvan ehtoihin.

Käsiteltäviä, lievästi kontaminoituneita ja puhtaita vesiä johdetaan luontoon kolmea eri reittiä; pääasiallinen reitti on Oulujoen vesistöön Nuasjärven purkuputken kautta, lisäksi vesiä johdetaan Vuoksen vesistöön Eteläisen jälkikäsittelyalueen kautta ja juoksetaan Oulujoen suuntaan Pohjoisen jälkikäsittelyalueen kautta.

Tehdasalueen lievästi kontaminoituneita hulevesiä tasataan tehdasalueella kahdessa hulevesialtaassa ennen niiden johtamista käsittelyyn.

Lievästi kontaminoituneita hulevesiä tasataan nykyisin eteläisessä vedenkäsittely-yksikössä (Lumelan, Kortelammen ja Urkin altaat) ennen niiden johtamista laadun perusteella joko purkuun tai käsittelyyn. Eteläisen jälkikäsittely alueen koko on 340 ha. Kortelammen altaassa on 1-luokan pato. Lumelan altaan tilavuus on noin 0,4 Mm<sup>3</sup> ja Kortelammen tilavuus on 1,9 Mm<sup>3</sup>. Kortelammen patoalueella on kaksi neutralointiyksikköä. (Terrafame, 2020).

Kaivosalueen vedenkäsittelyalueella (Tammalammen, Kuusilammen ja Kuljun altaat sekä Latosuon allas, joka korvataan myöhemmin Viitasuon altaalla) vesiä voidaan tasata ennen niiden johtamista purkuun. Tammalammella on ollut neutralointiyksikkö, mutta sen käyttö on lopetettu kesällä 2020. Muut altaat ovat nykyisin vesivarastoaltaina, mutta kipsisakka-altaissa selkeytynyt vesi ohjataan nykyisin Latosuon kautta (1,2 Mm<sup>3</sup>) ja myöhemmin, kun Latosuon jää pois käytöstä, rakennettavan Viitasuon kautta purkuun. SEM 2 altaassa neutraloitu vesi johdetaan samaa reittiä (Torrakkopuron jälkikäsittely-yksikön kautta). Härkäpurossa on myös kalkkineutralointimahdollisuus, josta vedet voidaan ohjata Härkälammen kautta Kuusilampeen.

Pohjoinen jälkikäsitteilyalue käsittää Haukilammen ja Kärsälammen, joiden kautta neutraloituja ylitevesiä sekä alueen hule- ja valumavesiä on johdettu purkuun. Lampien yhteenlaskettu tilavuus on noin 0,25 Mm<sup>3</sup>.

Puhtaita valumavesiä ohjataan kaivostoimintojen ohi padottamalla primäärikentän etelä- ja länsipuolella (Martikanvaaran padot ja Kuohunahon pato), sekundäärikentän eteläpuolella (Hautahon pato) ja ojituksella Korttelammen länsipuolella (puhdasvesioja).



Kuva 33. Kaivosalueella olevien vesienkäsittelyalueiden ja altaiden sijainnit sekä vesien pumppausreitit. Alkuperäinen kuva: Terrafame Oy, vesienhallintasuunnitelma 30.1.2020.

#### 4.1.4 Uusien tuotantoalueiden vesienkäsittelyalueet ja altaat

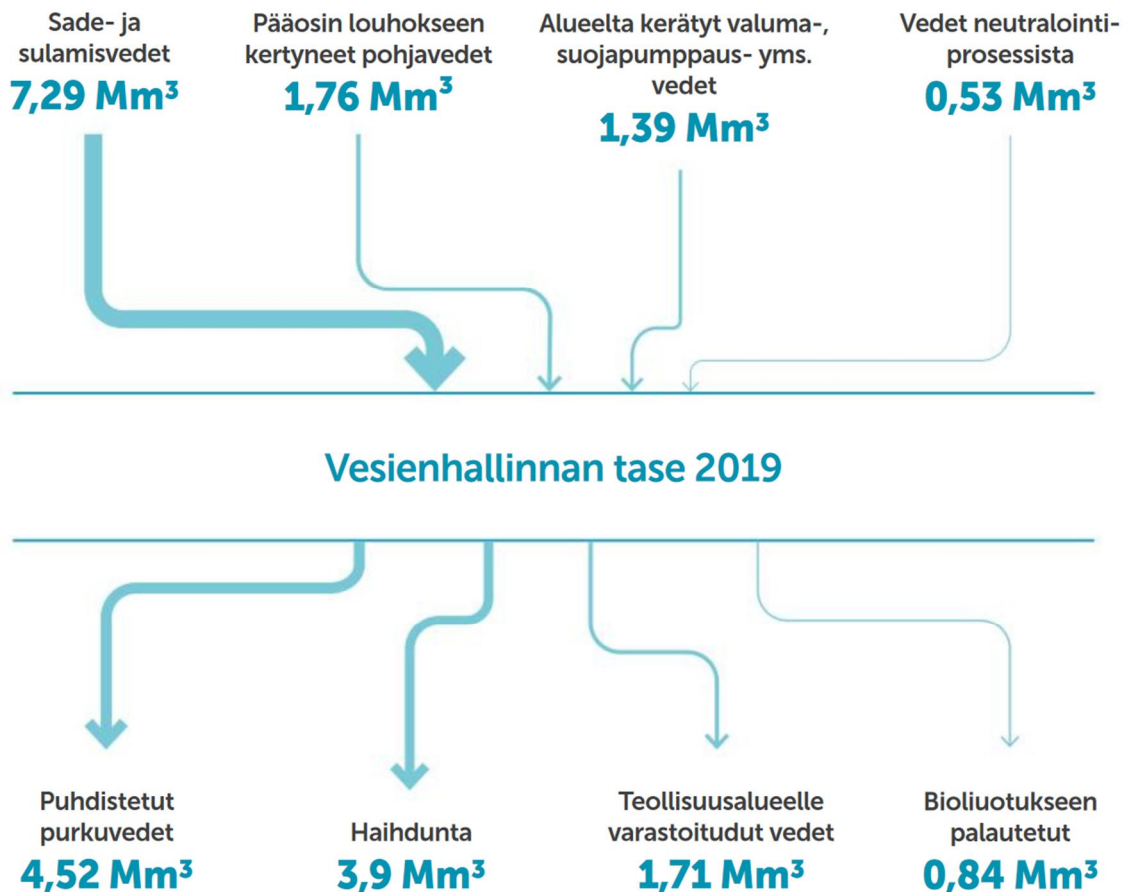
Uusien tuotantoalueiden vesienkäsittelyalueita ja -altaita suunnitellaan parhaillaan eikä valmiita suunnitelmia ollut tätä selvitystä kirjoitettaessa saatavilla.



#### 4.1.5 Sulkemistoimenpiteiden vaikutus vesien hallintaan

Terrafamen vesienhallintasuunnitelman (30.1.2020) mukaan Latosuolta purkuun johdettavien vesien määrä oli vuonna 2019 4,52 Mm<sup>3</sup> ja altaille varastoituneiden vesien määrä oli 1,71 Mm<sup>3</sup>. Purkuputken kautta on juoksettu purkuvesiä vuonna 2019 4,05 Mm<sup>3</sup> ja vanhoja reittejä pitkin Oulujoen vesistöön 0,47 Mm<sup>3</sup>. Vuonna 2019 ei juoksettu puhdistettuja purkuvesiä Vuoksen vesistöön. Puhtaat hulevedet ohjataan ojituksilla ja pumppauksin ohi kaivosalueen joko pohjoisen tai etelän vesistöihin (Kuva 34). Terrafamen tavoitteena on vähentää alueelle varastoitujen vesien määrää. Puhdistettavien vesien määrän vähentämiseksi metallipitoiset vedet pyritään ohjaamaan liuoskiertoon. (Terrafame, 2020a). Käsitelty vesimäärä oli vuonna 2019 yhteensä 3,76 Mm<sup>3</sup> (Terrafame, 2020e).

Kaivoksen vesitaseessa on käytetty keskimääräistä vuosisadantaa 650-700 mm/a ja haihduntaa 325 m/a. Lyhyiden sateiden rankkuutena on käytetty 70 mm / 2h. Lisäksi tasetta on tarkasteltu 5 vrk sadannan ja 200 mm kevätulannan perusteella. (Terrafame, 2020).



Kuva 34. Kaivoksen vesitase vuonna 2019, Terrafame 2020.

Terrafamen on arvioinut sulkemisen aikaisia vesimääriä kaivoksen elinkaaren vesitaseessa vuoteen 2080 (Terrafame, 2020e).

Uusien tuotantoalueiden rakentamisen ja Kolmisopen malmion hyödyntämisen seurauksena kaivosalue laajenee ja vesimäärät kasvavat. Samanaikaisesti suljetaan nykyisiä alueita, mikä puolestaan vähentää käsiteltävien vesien määriä. Ilmastonmuutoksen seurauksen sadannan arvioidaan myös kasvavan.

Laskentaparametreinä on käytetty muuten samoja arvoja kuin kaivoksen vesitaseessa, mutta ilmastonmuutos on huomioitu vuodesta 2031 alkaen nostamalla vuosisadannan arvoja; vuosisadanta max 1100 mm/a, normaali 750 mm/a ja kuiva 550 mm/a. Jokaiselle vuodelle on laskettu kolme eri skenaariota puhdistettavien vesien määrästä: maksimisadannalla, normaalisadannalla sekä ns kuivasadannalla.

Rakenteiden sulkeminen on huomioitu sulkemisen aikataulun mukaisesti (kohta 2.3.1), sulkemusrakenteiden läpäisyksi on taseessa arvioitu 5 %.

Vesitaselaskelman mukaan käsiteltävien vesien määrä kasvaa lähes kaksinkertaiseksi vuoteen 2080 mennessä ja purkuun ohjautuvien vesien määrä on nykyiseen verrattuna puolitoistakertainen.

#### Pintarakenteiden vaikutus muodostuviin suotovesimääriin

Suljettavilta kaivannaisjätealueilta ja kaatopaikoilta imeytyviä hulevesimääriä vähennetään ohjaamalla vedet pintarakenteen päältä riittävillä pinnan kallistuksilla. Hulevesien ohjaus täyttöalueilta purkuun, rakenteiden eroosiosuojaus ja purku-uomat suunnitellaan sulkemisen yleis- ja toteutus suunnittelun vaiheissa.

Terrafame Oy:llä on meneillään sekä kipsisakka-altaalla, sivukivialueella että sekundääriliuotusalueella pintarakenteiden koekentät, joissa selvitetään sulkemiseen soveltuvia pintarakenteita ja arvioidaan näiden läpi täyttöön imeytyviä vesimääriä.

Pintarakenne on kokonaisuus, jonka vedenläpäisevyyteen vaikuttaa tiivistyskerroksen lisäksi mm kuivatuskerros, pintakerros ja alueen muotoilu. Tiivistyskalvorakenne on periaatteessa vettä läpäisemätön, mutta voi läpäistä vettä vauriokohtien (läpiviennit, painumat, kalvon repeämät, kasvien juuret jne) kautta. Kalvon alapuolisella mineraalisella tiivisteellä voidaan varmistaa rakenteen tiiviyyttä etenkin riskialttiissa kohdissa. Pintarakenteessa mineraalisen tiivisteiden materiaalin k-arvolla  $10^{-9}$  m/s läpäisy on alle 5 % ja k-arvolla  $10^{-8}$  noin 20 % sadannasta (SYKE\_OH\_1\_2008).

#### Sulkemisen vaikutus suotoveden laatuun

Suotovesien purku tapahtuu nykyisten vesien keräilylaitteiden kautta joko käsittelyyn tai purkuun. Suotovesien laatu voi väkevoityä väliaikaisesti tai pitemmäksi aikaa pintarakenteiden rakentamisen jälkeen happoa tuottavien kaivannaisjätteiden jätealueilla suotovesipinnan laskiessa, kun hulevesien laimentava vaikutus jää pois. Suotovedet johdetaan käsittelyyn niin kauan kuin vesien laatu sitä edellyttää.

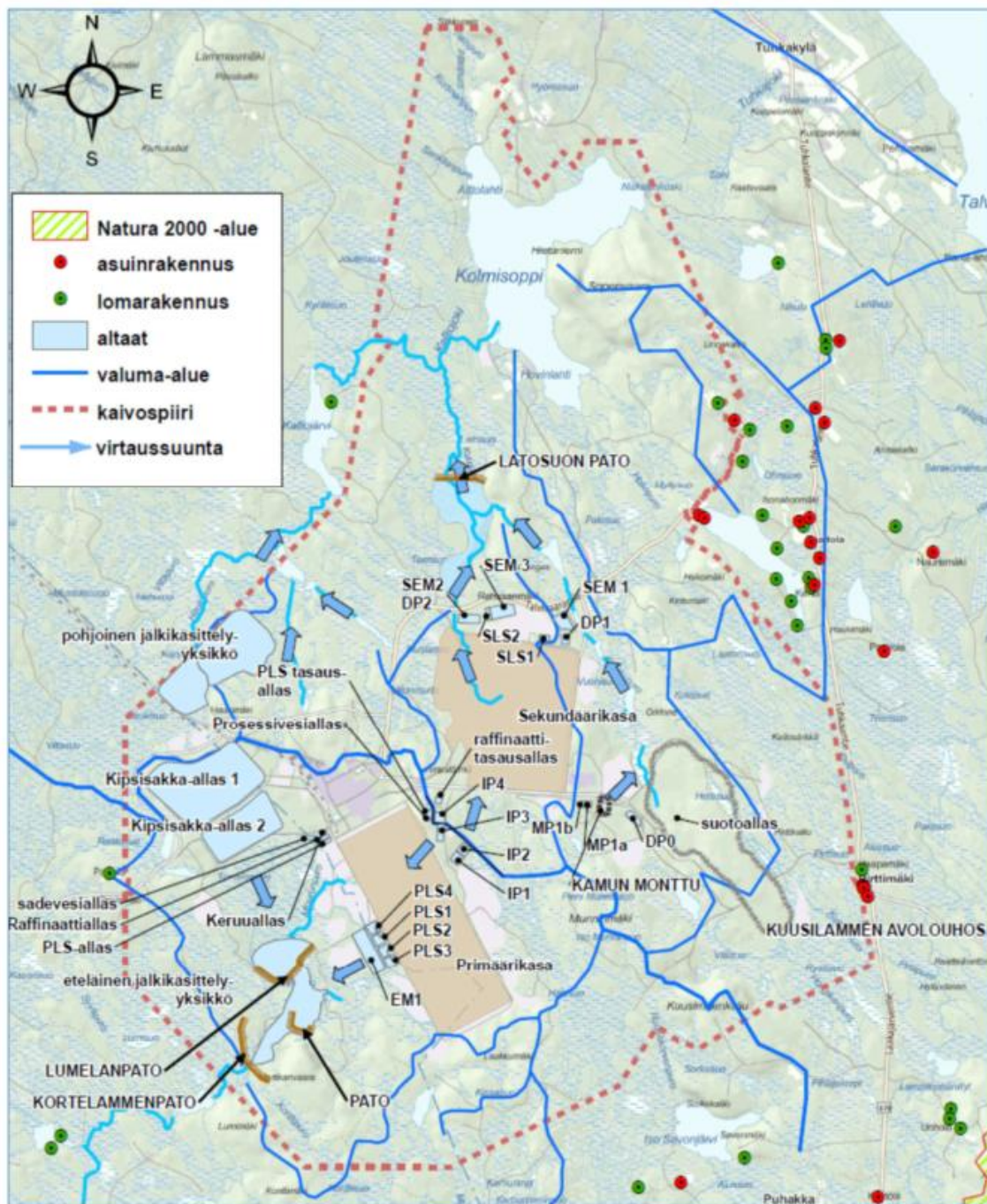
#### 4.1.5.2 Keskusvedenpuhdistamon sulkeminen

Vesienkäsittely pidetään sulkemisen aikana toiminnassa muutaman vuosikymmenen ajan, kunnes käsiteltävät vesimäärät pienenevät ja vesien laatu tasaantuu. Sulkemisen aikana pidetään myös vesienkäsittelyn kenttäyksiköt käyttökunnossa niin, että ne voidaan poikkeustilanteissa ottaa käyttöön muutaman viikon varoajalla. Tavoitteena on pitkällä aikavälillä passiiviseen vesienkäsittelyyn siirtyminen.

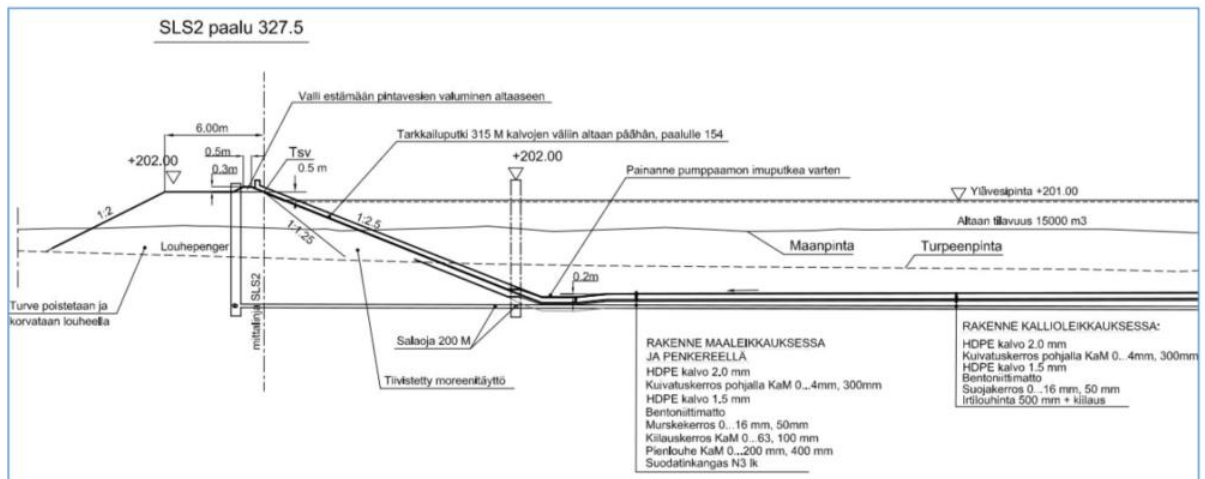
Suunnitelmia käytöstä poistuneiden altaiden ja vesienkäsittely-yksiköiden kunnostamisesta ja sulkemisesta tarkennetaan kaivoksen toiminnan aikana. (Pöyry, 2018c).

#### 4.1.5.3 Liuoskierron altaiden sulkeminen

Liuosaltaat siirtyvät sulkemisen yhteydessä osin suotovesikäyttöön ja osa puretaan tarpeettomina. Liuosaltaiden (IP1-4-altaat, SLS1-allas, SEM3- ja SLS2-allas, SEM1-allas, PLS-tasausallas ja raffinaattialtaat) padot ovat 1-luokan patoja. Altaiden käyttötarkoituksen ja vahingonvaaran muuttuessa patoviranomaista voidaan pyytää tarkastamaan patoluokitusta. Altaan käytöstä poistamisesta ilmoitetaan etukäteen patoviranomaiselle, joka voi lakkauttaa padon. Käyttöön jää sekundääriliuotusaltaiden SEM 2, jonne pumpataan suoja-pumppausvesiä ja joka voidaan ottaa vesien kenttäkäsittelykäyttöön poikkeustilanteissa.



Kuva 35. Kartta nykyisen kaivosalueen eri altaista ja virtaussuunnat patomurtumatilanteessa. Kuva: Terrafame Oy, 1-luokan patojen turvallisuus suunnitelma, 2019.



Kuva 36. Sekundääriliuotusalueen SLS-altaan tyypipoikkileikkaus. Kuva: Terrafame, liuosaltaiden turvallisuussuunnitelma kuva 3 (piirustusno MRU83/R3-7).

Liuosaltaiden tiivisterakenteet on toteutettu 2,0 mm ja 1,5 mm vahvaisilla päällekkäisillä HDPE-kalvoilla (ns. kaksoiskalvorakenne), joiden väliin on asennettu tarkkailuputket mahdollisten vuotojen toteamiseksi, Kuva 36. Osalla altaista on bentoniittimatto kalvojen lisäksi. HDPE-muovi on valittu rakenteisiin hyvän kemiallisen kestävyytensä sekä pitkän käyttöiän perusteella. Liuosaltaat on rakennettu pääosin maan päälle louhepenkereillä (luiskat 1:1). Louhepenkereen altaan puolella luiska on loivennettu (1:2,5) ja tiivistetty moreenitäytöllä, jonka päällä on kaksoiskalvorakenne (HDPE). Louhepenkereen kuivan puolen luiska on loivennettu luiskatäytöllä (1:2). Patojen harjat ovat pääosin liikennöitävissä (leveys 5 m) ja altailla on tieyhteydet useammasta suunnasta. Osa liuosaltaista on rakennettu osittain kaivamalla ja osa rakennettu maanpäälle patoamalla.

Nykyisen kaivostoiminnan 1-luokan padoiksi luokitellut liuosaltaat on lueteltu taulukossa Taulukko 16. Muut padotut altaat on luokiteltu 2 tai 3 luokan padoiksi. Patojen rakentamista ja tarkkailua valvoo patoviranomainen eikä tässä suunnitelmassa ole otettu niihin kantaa.

Taulukko 16. Nykyisen kaivostoiminnan liuosaltaat, joiden padot on luokiteltu 1-luokan padoiksi.

Alue	Allas	Pinta-ala m <sup>2</sup>	Tilavuus m <sup>3</sup>	Sakan määrä
Primääriliuotusalue	IP 1	11 000	50 000	ei kerry
	IP 2	11 000	47 000	ei kerry
	IP 3	12 300	49 800	ei kerry
	IP 4	12 300	48 600	ei kerry
Sekundääri- liuotusalue 1	SLS 1	6 300	23 500	jonkin verran
	SLS 2	4 500	15 000	ei kerry
	SEM 1 (lisäallas)	34 500	179 000	ei kerry
	SEM 3 (varoallas)	32 700	162 500	ei kerry
Metallien talteenottolaitos	PLS-tasausallas	2 360	6 400	ei kerry
	Raffinaattitasausallas	7 100	26 200	merkittävä



#### 4.1.6 Sulkemisen riskit ja lisäselvitystarpeet

Vesien hallintaan liittyvät suurimmat riskit aiheutuvat sulkemisen jälkeen käsiteltävien vesien suuresta määrästä ja pitkään jatkuvasta vesienkäsittelyn tarpeesta, suotovesien mahdollisista ennakoimattomista laatumuutoksista sekä hulevesivirtaamien hallinnasta (BAT 5, BAT 18). Avolouhosten sulkemisvaiheeseen ja vesien laatuun liittyvät riskit on kuvattu kappaleessa 3.4.

Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta sadantamääriä on Terrafamen vesitaseessa nostettu noin 10%. Muutos voi olla suurempi etenkin rankkasateiden virtaamisissa (Suomen kuntaliitto, hulevesiopus, 2012).

Taulukko 17. Sulkemistoimenpiteiden aiheuttamat riskit vesien hallintaan.

Mahdollinen riski	Lisäselvitys
Sulkemisvaiheen käsiteltävien vesien suuri määrä	Selvitys vesien käsittelymenetelmistä sulkemisvaiheessa ja sen jälkeen (BAT 18)
Sulkemisen jälkeinen vesienkäsittelytarve	Arvio vesienkäsittelyn tarpeesta sulkemisen jälkeen ja siitä aiheutuvista kustannuksista (BAT 5)
Käsiteltävien vesien laatu	Selvitys suljettujen alueiden suotovesien laadusta ja varautumisesta mahdollisiin laatumuutoksiin (BAT 5)
Suuret hulevesivirtaamat	Sulkemisvaiheen hulevesisuunnitelma ja viivästyksen tarve. Purkureittien ja rakenteiden eroosiokestävyyden tarkastelu (BAT 18)

## 5. MATERIAALIEN HALLINTA

### 5.1 SULKEMISRAKENTEISIIN SOVELTUVAT MATERIAALIT

Terrafame pyrkii hyödyntämään sulkemisrakenteissa mahdollisimman paljon alueelle varastoituja ja soveltuvia ylijäämämaita, tarvekiviä ja sivukiviä (BAT 6, BAT10). Näiden materiaalien käyttökohde määräytyy materiaalien metallipitoisuuksien ja haponmuodostuspotentiaalin sekä teknisten ominaisuuksien perusteella.

Pintarakenteen tiiviskerroksen yläpuolella hyödynnetään vain ns puhtaita materiaaleja, jotka eivät ole happoa muodostavia. Tiivistyskerroksen alapuolisiin pintarakenteisiin voidaan käyttää sivukiviä, joiden jonka sulfidisen rikin pitoisuus on alle 0,3 %.

#### 5.1.1 Hyödynnettäviin materiaaleihin liittyvät lupamääräykset

PSAVI, Nro 36/2014/1: 48. *Louhittava sivukivi ei ole jätettä, jos se välittömästi tai lyhyen varastointiajan jälkeen toimitetaan rakennus- tai muussa toiminnassa käytettäväksi, sen sulfidisen rikin pitoisuus on alle 0,3 %, se ei omaa haponmuodostuspotentiaalia ja jos se täyttää muutoinkin rakennuskivelle asetettavat vaatimukset.*

PSAVI, Nro 36/2014/1: 49. *Poistettavat maa-ainekset eivät ole jätettä, jos ne toimitetaan välittömästi tai lyhyen varastointiajan jälkeen yksinomaan kaivospiirin sisällä tapahtuvassa rakennus- tai muussa toiminnassa käytettäväksi ja niiden metallipitoisuudet eivät ylitä valtioneuvoston asetuksessa nro 214/2007 maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annettua alemmaa ohjearvoa.*

*Maa-ainekset, joiden metallipitoisuudet ylittävät alemman ohjearvon, mutta eivät ylempää ohjearvoa, voidaan hyödyntää jätealueiden ja kaatopaikkojen pohjarakenteissa tiivistyskerroksen yläpuolisissa kerroksissa, jätealueiden ja kaatopaikkojen pintarakenteiden tiivistyskerroksen alapuolisissa kerroksissa tai rakenteissa, joissa materiaali jää pysyvästi maavesi- tai pohjavesipinnan alapuolelle.*

PSAVI, Nro 36/2014/1: 50. *Sivukivi, jonka rikkipitoisuus on enintään 0,8 %, voidaan hyödyntää kaivoksen rakentamiseen liittyvissä, pysyvästi maavesi- ja/tai pohjavesipinnan alapuolelle jäävissä täytöissä. Tällaista sivukiveä saa hyödyntää vain kaivospiirin sisällä tapahtuvassa rakentamisessa.*

#### 5.1.2 Ylijäämämaat

Terrafame on varastoinut eri puolille kaivosaluetta ylijäämämaita; rakentamisen yhteydessä poistettuja pintamaita, kaivumaita, ruoppausmassoja ja raivausjätettä. Maat ovat pääosin orgaanista ainesta (humusta, kasvinjätteitä, kantoja jne.) sisältäviä kaivumaita, pääasiassa hienoainesmoreenia. Ylijäämämaita oli vuonna 2020 yhteensä noin 18 Mm<sup>3</sup>, joista pilaantumattomia maita oli noin 10 Mm<sup>3</sup> ja kiilleliuskealueiden pintamaita 0,05 Mm<sup>3</sup> (Ramboll, 2021a).

Sivukivialueen KL1 ylijäämämaille on suunniteltu Rajasuon läjitysalue, jonka täyttötilavuus on 3,9 Mm<sup>3</sup> ja pinta-ala 61,4 ha.

Pilaantumattomat ylijäämämaat soveltuvat, tarvittaessa lajiteltuina tai seulottuna, käytettäväksi esimerkiksi sulkemisrakenteiden pinta- ja kasvukerroksiin. Lähialueilta voidaan pinta- ja kasvukerroksiin hankkia lisäksi turvetta, pintamaita ja kivennäismaita.

Kaivosalueen moreenien liukoisuus- ja haponmuodostusominaisuuksia on selvitetty vuosina 2006, 2017 ja 2020. Muut kuin mustaliuskeen pintamaat todettiin kokonaispitoisuuksien, liukoisuuksien ja haponmuodostuspotentiaalin perusteella pilaantumattomiksi. (Ramboll 2021a)

Vuonna 2020 Ramboll tutki kattavasti kaikki ne pintamaiden läjitysalueet (alueet 1A – 6A), jolle on läjitetty mustaliuskealueilta poistettuja maita. Mustaliuskealueilta poistetuissa pintamaissa todettiin kohonneita metallien kokonaispitoisuuksia ja liukoisuuksia. Kaikilla mustaliuskealueiden pintamaavarastoilla voi potentiaalisesti muodostua happamia suotovesiä, sillä sulfidisen rikin pitoisuus oli lähes kaikissa tutkituissa näytteissä yli 0,1 %. Osalla alueista sulfidisen rikin pitoisuus oli yli 1 %, jolloin happamien suotovesien muodostuminen on hyvin todennäköistä. (Ramboll 2021a ja Ramboll 2021b)

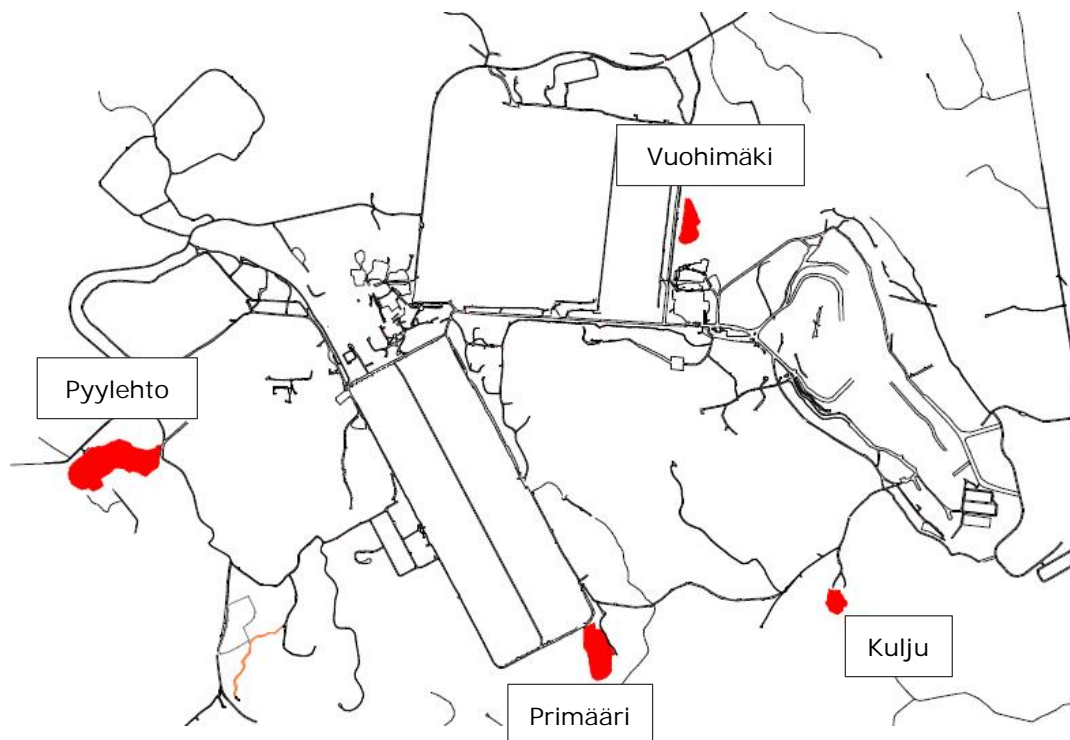
### 5.1.3 Hyödynnettävät sivukivet

Happoa tuottamatonta sivukiveä ja tarvekiveksi louhittavaa kiveä voidaan käyttää tiivisrakenteen yläpuolisiin sulkemISRakenteisiin kuten suoja-, kiilaus- ja kuivatuskerroksiin, jos sen metallipitoisuudet alittavat alemman ohjearvon ja materiaali ei ole happoa muodostavaa.

Happoa tuottamaton sivukivi (rikkipitoisuus < 0,3 %) läjitetään KL1 alueen valmistuttua sen lohkolle 7, josta sitä voidaan ottaa sulkemISRakenteisiin.

Tarvekiveä on louhittu Vuohimäen, Kuusimäenkuljun, Primäärin ja Pyysalon tarkevilouhoksilta, Kuva 37. Seuraavaksi otetaan käyttöön Latomäki-Rahvaanmäki. Kolmisopen alueelle on suunniteltu myös tarkeviven ottoa. Tarkeviven ottoalueet muotoillaan ja maisemoidaan niiden käytön loputtua ottoluvan mukaisesti.

Tiivistyskerroksen alapuolisiin sulkemISRakenteisiin on mahdollista hyödyntää sivukiveä, joka ei ole happoa muodostavaa. Tiivistyskerroksen alapuolisiin kerroksiin soveltuva sivukivi lajitellaan louhinnassa erikseen ja välivarastoidaan.



Kuva 37. Tarvekiivilouhokset. Terrafame Oy, 2020.

#### 5.1.4 Kolmisopen esiintymän hyödyntämisen ja kaivospiirin laajenuksen ylijäämämaat

Kolmisopen esiintymän hyödyntäminen ja kaivospiirin laajennus edellyttävät Kolmisoppijärven ja sen sulkupatojen pohjasedimenttien ruoppausta ja läjitystä. Vesistöjärjestelyjen toteutusvaihtoehdosta (A tai B) riippuen ruoppausmassojen arvioitu määrä on 5,45...7,5 Mm<sup>3</sup>, joista savea on suunniteltu hyödynnettäväksi patorakenteissa. Ruoppausmassat kuivatetaan penkereillä rajatuissa laskeutusaltaissa. Massojen kuivausta ja käyttöä rakentamiseen rajoittaa niiden metallipitoisuudet. Afryn tekemän selvityksen mukaan pintasedimentissä on kauttaaltaan alemman ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia sinkkiä ja kynnysarvon ylittäviä pitoisuuksia nikkeliä, kadmiumia ja paikoin arseenia. (Afy, 2020a).

Kolmisopen avolouhoksen hyödyntämiseen liittyvien alueiden rakentamisessa muodostuu huomattava määrä ylijäämämaita. Maat läjitetään rakennettavien tuotantoalueiden läheisyyteen, josta ne ovat hyödynnettävissä myöhemmin alueiden sulkemisessa. Lisäksi ylijäämämaille on varattu kaksi läjitysalueita; yksi Kolmisopen avolouhoksen eteläpuolelle ja yksi kaivospiirin laajennusalueelle, nykyisen sivukiven läjitysalueen KL2 eteläpuolelle. Ylijäämämaidien määrää ei ole arvioitu, määrät arvioidaan pohjatutkimusten perusteella myöhemmissä suunnitteluvaiheissa.

## 6. LAADUN HALLINTA

### 6.1.1 BAT ja BREF

Terrafamen kaivoksen sulkemisen aikajänne on pitkä. Kaivosten sulkemisen ohjeistus on muuttumassa ja voi muuttua sulkemisen aikana. Suunnitelmia päivitetään jatkuvasti lainsäädäntömuutosten, luvan tarkentamisten, uusien lupamääräysten ja viranomaisohjeiden mukaan sekä toteutettujen rakenteiden laadunvalvonnasta saatavien kokemusten ja ympäristötarkkailun perusteella.

Sulkemisen toimenpiteissä ja riskeissä on viitattu kaivannaisjätteiden hallinnan BAT-päätelmiin. Vertailua on tehty lähinnä sulkemis- ja vesienjohtamisrakenteiden osalta. Tämän tekstin liitteenä 1 on kooste kyseisistä kohdista.

Muiden toimenpiteiden ja laitosten sulkemisen osalta arviointi parhaiden tekniikoiden käytöstä tehdään näiden sulkemissuunnitelmien teon yhteydessä.

### 6.1.2 Työn aikainen laadun valvonta ja toteaminen

Sulkemisen toteutussuunnitelmissa esitetään työn aikaiset laadunvalvontatoimenpiteet ja niiden raportointi. Valvonta koostuu urakoitsijan, tilaajan ja ulkopuolisen valvojan suorittamasta rakennustyön valvonnasta, joka raportoidaan ympäristölupien mukaisesti valvovalle ympäristöviranomaiselle. (BAT 24)



## 7. JÄLKIHOITO JA TARKKAILU

Suljettujen jätealueiden painumista, rakenteiden kuntoa, sisäistä veden pintaa ja pohja-, pinta- ja suotovesien laatua ja määrää tarkkaillaan sulkemissuunnittelun edetessä tarkentuvien tarkkailuohjelmien mukaisesti. Puusto ja kasvillisuus poistetaan säännöllisin väliajoin riippuen pintarakennekerroksista ja pintarakenteen paksuudesta. (BAT 24)

## 8. SULKEMI SVAIHEEN RISKIEN HALLINTA

Sulkemissuunnitelman yhteydessä tunnistettuja sulkemisvaiheen suurimpia riskejä on koottu alle ja taulukkoon: Taulukko 18. Näiden lisäksi kappaleessa 3 on kuvattu kunkin toiminta-alueen sulkemisen riskejä ja kappaleissa 4-6 tarkemmin vesien, materiaalien ja laadun hallintaa.

Sulkemisen vaatimusten määrittely tulee perustua ajantasaiseen tietoon toteutetuista rakenteista, jätteiden karakterisoinnista, todetuista tarkkailutuloksista ja ympäristövaikutuksista sekä vastaanottavan vesistön ja ympäristön tilasta.

Vesien hallinta sulkemisvaiheessa ja sen jälkeen on riski käsiteltävien vesien suuren määrän takia. Sulkemisen aikatauluongelmat, pintarakenteen arvioitua suurempi läpäisy, avolouhoksen veden laatu tai suotovesien laadun mahdollinen heikentyminen ovat tunnistettuja riskejä, jotka voivat vaikuttaa vesienkäsittelyyn ja tulee huomioida etukäteen (BAT 5). Suuret hulevesimäärät ja -virtaamat joudutaan huomioimaan sulkemisen rakenteissa ja purkualueella.

Ympäristöriskejä ja -vaikutuksia on arvioitu alueiden suunnittelun ja ympäristövaikutusten arviointien yhteydessä (BAT 5b). Sulkemistoimenpiteiden ympäristöriskejä ja -vaikutuksia pitää tarkastella myös kokonaisuutena ja pitkällä aikavälillä. Tällöin sulkemisen rakenneratkaisuja on mahdollista arvioida niiden vaikuttavuuden mukaan sekä kohdentaa ja ajoittaa toimenpiteet siten, että ympäristövaikutukset minimoidaan.

Sulkemistoimenpiteiden suunnittelussa ja toteutuksessa sekä ennen aikaisen sulkemisen yhteydessä korostuvat tietojen hallinta ja ylläpito (BAT 1b) kuten rakennettujen toiminta-alueiden toteutusasiakirjojen sekä läjitettyjen kaivannaisjätteiden karakterisoinnin ja tarkkailutulosten hallinta. Tietojen säilymiseen henkilöstön vaihtuessa ja erityisesti sulkemisvaiheen aikana on kiinnitettävä huomiota.

Sulkemirakenteiden toteutettavuutta arvioidaan rakennemateriaalien saatavuuden ja näiden geoteknisten ominaisuuksien, työtavan ja tehtävien liitosten kannalta sekä läjitysalueiden geoteknisten ominaisuuksien kannalta (painuminen, stabiliteetti). Toteutetuista rakenteista saatuja kokemuksia hyödynnetään seuraavien alueiden suunnittelussa ja muotoilussa.

Toiminnasta aiheutuvat ongelmat kuten kasaliuotuksen ongelmat voivat vaikuttaa jätteen laatuun tai esimerkiksi sakkojen kiinteytymiseen ja sulkemisen suunniteltuun aikatauluun. Näistä kertyy toiminnan aikana lisätietoa ja sulkemissuunnitelmaa päivitetään tarpeen mukaan.

Sulkemisen kustannukset tulevat olemaan huomattavat. Kustannuksia tasataan ja kustannustason noususta aiheutuvaa riskiä vähennetään sulkemalla alueita ja kunnostamalla pilaantuneita alueita mahdollisimman paljon jo toiminnan aikana. Materiaalien suurta tarvetta ja niistä aiheutuvia kustannuksia vähennetään välivarastoimalla etukäteen sulkemiseen soveltuvia materiaaleja alueelle ja selvittämällä koerakenteilla vaihtoehtoisia materiaaleja ja pintarakenteita. Alueiden sulkemisella vaikutetaan merkittävästi käsiteltävien vesien määrään ja myös käsittelystä aiheutuviin kustannuksiin. Vesien käsittely jatkuu kuitenkin vuosikymmeniä sulkemisen jälkeen, joten vaihtoehtoisia käsittelymenetelmiä selvitetään toiminnan aikana.

Taulukko 18. Sulkemisen yleiset riskit ja lisäselvitystarpeet.

Mahdollinen riski	Lisäselvitys tai toimenpiteet
Sulkemistoimenpiteiden vaatimukset ali- tai ylimitoitettuja	Sulkemistoimenpiteiden yhteisvaikutusten riskinarviointi pitkällä aikavälillä (BAT 5)
Vesien hallinta sulkemisvaiheessa ja sen jälkeen	Selvitykset käsittelymenetelmistä, vesien laadusta ja varautumisesta muutoksiin (BAT 5, BAT 18)
Tiedon hallinta	Menettelytapojen jatkuva arviointi/kehittäminen (BAT 1b)
Suuret kustannukset ja kustannustason nousu	Sulkemisen aikataulut, materiaalien hallinta (BAT 11)

## LÄHTEET

- Afry, 2020. Terrafame Oy, Sivukivialue KL1, Ympäristölupahakemus. AFRY Finland Oy. 26.5.2020.
- Afry, 2020a. Terrafame Oy, Kolmisopen sedimenttitutkimus. projekti 101013901-001. 7.5.2020.
- Destia Oy. 2019. Sivukivikasa KL1. Yleissuunnitelma. 30.9.2019.
- Destia Oy. 2019b. Primary Heap, lohko 5, tyyppipoikkileikkaus. 3.12.2019.
- Destia Oy. 2020. Terrafame Oy. Ympäristö- ja vesilupahakemuksen täydennys, PSAVI/2461/2017. 17.1.2020.
- Golder Associates. 2015. Report on phase I environmental site assessment, Talvivaara Sotkamo Ltd, Bankruptcy Estate. 22.5.2015.
- Kaivosvastuu. 2017. Kaivosvastuujärjestelmä.  
[https://www.kaivosvastuu.fi/app/uploads/2017/02/Kaivosvastuujarjestelma\\_lopullinen\\_21-02-17.pdf](https://www.kaivosvastuu.fi/app/uploads/2017/02/Kaivosvastuujarjestelma_lopullinen_21-02-17.pdf). Luettu 17.1.2021.
- Kaitos, 2018. Lausunto. Terrafame kaivos suojageotekstiilien painot ja painojen määrittäminen. 26.6.2018.
- Pöyry. 2017. Selvitys pohjavesien pilaantuneisuudesta ja puhdistustarpeesta sekä primääriliuotusalueiden maaperään kohdistuvista päästöistä. 28.2.2017.
- Pöyry. 2017b. Kaivoksen kipsisakka-altaiden patojen turvallisuussuunnitelma. 28.4.2017.
- Pöyry, 2018a. Raportti. Kipsisakka-altaan 1 korottaminen, riskinarvio. 30.8.2018
- Pöyry, 2018b. Raportti. Kipsisakka-altaan 1 sulkemisen yleissuunnitelma, suunnitelmaselostus. 25.7.2018
- Pöyry, 2018c. Terrafame Oy. Sulkemissuunnitelman päivitys. 25.7.2018
- Pöyry. 2018d. Terrafame Oy. Ympäristölupahakemus 30.8.2017, täydennetty 27.7.2018.
- Pöyry. 2019. Terrafame Oy, Tuotanto YVA-selostus. 18.8.2017.
- Pöyry. 2019b. Peiterakennevaihtoehtojen suotovesien seuranta. 11.11.2019.
- Pöyry. 2020. Kipsisakan kuivatus, esiselvitys. 101012275-001. 20.1.2020.
- Pöyry. 2020a. Terrafame Oy, Sekundäärिकासan tutkimukset ja alustava arvio stabiiliteettiriskistä. 101011853. 17.3.2020.
- Pöyry. 2020b. Terrafame Oy. Kaivosalueella olevien vanhojen vesienkäsittelysakka-alueiden kunnostus. Yleissuunnitelma. 101012104. 10.2.2020.
- Ramboll, 2020. Selvitys LONE-sakan ja vesienkäsittelysakan ominaisuuksista. 20.1.2020.

Ramboll, 2020a. Terrafame Oy, Terrafamen kaivoksen tarkkailu vuonna 2019, Osa III: Vesipäästöjen tarkkailu. Ramboll Finland Oy. 13.3.2020.

Ramboll, 2020b. Terrafame Oy, Terrafamen kaivoksen tarkkailu 2019 – Jätejakeiden tarkkailu. Vuosiraportti. Ramboll Finland Oy. 7.4.2020.

Ramboll, 2021a. Terrafame Oy, Jätehuoltosuunnitelma. 1510059687. 5.2.2021.

Ramboll, 2021b. Terrafame Oy, Pintamaiden varastointialueiden tutkimukset, kokoomanäytteiden näyttekuvaukset. 23.12.2020. 1510053352.

Suomen ympäristökeskus. 2008. Ympäristöhallinnon ohjeita. Kaatopaikkojen jälkihoito ja käytöstä poistaminen.

Terrafame Oy. 2019. 1-luokan patojen turvallisuussuunnitelma. 5.12.2019.

Terrafame Oy. 2020a. Vesienhallintasuunnitelma 2020. 30.1.2020.

Terrafame Oy. 2020b. Sivukivipilotin loppuraportti. 27.5.2020.

Terrafame Oy. 2020c. Kuusilammen avolouhoksen takaisintäyttö. 4.6.2020.

Terrafame Oy. 2020d. Terrafamelta saatu tieto. 30.11.2020.

Terrafame Oy. 2020e. Terrafame. Kaivoksen elinkaaren tase. 3.7.2020.

Terrafame Oy 2020f. Hankeaikataulu 29-4-2020 sulkeminen\_draft. 11.5.2020.

Terrafame Oy 2021. Suullinen tieto selostukseen.



Kaivannaisjätealueiden sulkemisen BAT vertailu, kooste

BAT-päätelmät		Päätelmän vastaavuus sulkemissuunnitelmassa (sulkemissuunnitelman kohta)	Lisäselvitykset
Yritysjohdaminen			
BAT1	Yleisen ympäristönsuojelun tehokkuuden parantamiseen kaivannaisjätteiden jätehuollossa		
	1a. Organisaation ja yrityksen johtamisjärjestelmä (O&CMS)	EHSO -toimintamalli (ISO 9001, 14001, 45001, OHSAS 18001)	
	1b. Ympäristöasioiden hallintajärjestelmä (EMS)	Ympäristöasioiden tietojen hallinta	
Tiedon keruu ja hallinta			
BAT2	Kaivannaisjätteiden karakterisointi	Jätehuolto-suunnitelma	Kolmisopen sivukiven ominaisuuksien karakterisointi
BAT3	Kaivannaisjätteiden ominaisuuksien seuraaminen ja varmentaminen	Ympäristövaikutusten tarkkailu	Sivukiven ja liuotetun malmin ominaisuuksien karakterisointi, selvitys liuotetun malmin kaasunmuodotuksesta
BAT4	Kaivannaisjätealueet ja niiden hallinnan vaihtoehdot	Sivukiven sijoitus avolouhokseen, selvitykset kipsisakan kuivattamisesta	
BAT5	Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi		
	5a. Vaarojen ja riskien tunnistaminen	Terrafamen riskienhallintamalli	Käsiteltävän vesimäärän kasvu ja mahdolliset laatumuutokset
	5b. Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi	YVA:t	Eri sulkemisratkaisujen vertailu riskinarvion avulla
			Suljettavien alueiden sulkemistoimenpiteiden ympäristöriskien- ja vaikutusten arviointi kokonaisuutena
			Pilaantuneiden maiden ympäristöriskien- ja vaikutusten arviointi kokonaisuutena
BAT6	Kiinteän kaivannaisjätteen muodostumisen ehkäisy	Kaivumaiden varastointi sulkemista varten, puhtaiksi luokiteltujen sivukivien sijoittaminen erilliselle alueelle	
Jätehierarkia			
BAT7	Ei-pysyvän kaivannaisjätteen ja vaarallisen kaivannaisjätteen määrän vähentäminen	Sivukivien lajittelu louhinnassa. Happoa tuottamattoman sivukiven käyttö rakentamisessa ja läjitys omalle alueelle (KL1, lohko7)	
BAT10	Kaivannaisjätteen uudelleen käsittely	Sivukivien hyödyntäminen sulkemisrakenteissa	
Kaivannaisjätteen sijoitusalueen rakenteellinen vakavuus			
BAT11	Toiminnan suunnittelu sulkemisen huomioiden	Sulkemissuunnitelmien päivittäminen toiminnan aikana, sulkemisessa tarvittavien materiaalien välivarastointi, sulkemisen kustannuksiin varautuminen, pintarakennevaihtoehtojen tarkastelu ja koerakenteet	
		Alueiden vaiheittainen sulkeminen kaivostoiminnan aikana	Pelastussuunnitelman, tarkailusuunnitelman ja kipsisakan hallinnan (OSM) päivittäminen vaiheittaisen sulkemisen ajalle
BAT18	Vesitaseen tarkastelu	Sulkemisvaiheen vesitase ja vesienhallintasuunnitelmat	Käsiteltävien vesien määrän ja laadun sekä hulevesien määrien ja virtaamien tarkastelu, herkkystarkastelut hydrologisten suureiden osalta ilmastosta

BAT 19	Mitoitustulva	Patojen luokituksen mukaiset vahingonvaara-arviot	
BAT21	Kuivatusjärjestelmät		
	21a. Patojen ja altaiden kuivatusjärjestelmät	Liuoskierron ja suotovesien altaat, kipsisakka-altaiden erottuneiden vesien keräys	
	21b. Maan päälle rakennetun kiinteän jätteen sijoitusalueen kuivatusjärjestelmä	Sivukivialueiden, primääri- ja sekundääriiliuotusalueiden ja kaatopaikkojen suoto- ja liuosvesien keräys ja käsittely	
BAT22	Kaivannaisjätteen sijoitusalueen geotekniset analyysit		
	22a. Geotekniset analyysit altaalle ja padoille	Suunnittelun aikaiset geotekniset analyysit	Kipsisakka-alden sulkemissuunnitteluun liitettävä stabiiliteettitarkastelu
	22b. Geotekniset analyysit maan päälle rakennetuille kiinteän jätteen sijoitusalueille	Sivukivitäytön vakavuuslaskelmat	Tarkastelut sekundäärimalmin kemiallisesta ja fysikaalisesta pysyvyydestä pitkällä aikavälillä sekä alueen stabiiliteetista ja painumista
BAT23	Kaivannaisjätteen sijoitusalueen fysikaalisen vakavuuden seuranta ja tarkkailu	Patojen tarkkailuohjelmat	
BAT24	Kaivannaisjätteen sijoitusalueen fysikaalisen vakavuuden seuranta ja tarkkailu	Tarkkailuohjelmat	Sulkemisvaiheen laadunvalvonta, jälkitarkkailu
BAT29	Kaivannaisjätteen tiivistäminen, konsolidointi ja läjitys		
	29c. Kaivannaisjätteen sijoittaminen kaivostäytöksi	Kuusilammen avolouhoksen vakavuuden parantaminen sivukivitäytöllä	Selvitys sivukiven louhostäytön ja luiskauksen vaikutuksista vakavuuteen
Kaivannaisjätteiden fysikaalisen ja kemiallisen pysyvyyden hallinta			
BAT31	Happaman kaivosvaluman muodostumisen estäminen tai vähentäminen		
	31 b. Potentiaalisesti happoa tuottavan (PAG) ja tuottamattoman (NAG) kaivannaisjätteen erottelu lajittelun ja valikoivan käsittelyn/läjittämisen avulla.	Sivukivien lajittelu louhinnassa ja läjityksessä	
	31f. Pohjarakenteena tiivis keinotekoinen materiaali	ks BAT 35b	
	31g. Vaiheittainen kunnostus	ks BAT 38a	
	31i. Vettä läpäisemättömät ja alhaisen virtaaman kuivapeitot	ks BAT 38e	
	31k. Vesipeitot	Sivukiven sijoitus louhostäyttyön	Selvitys sivukiven louhostäytön vaikutuksista kaivosveden laatuun
Pohjaveden tilan huononemisen ja maaperän pilaantumisen ehkäiseminen ja vähentäminen			
BAT35	Pohjarakenteet ja (fysikaaliset) esteet		
	35a. Pohjarakenteena tiivis vettä läpäisemätön luonnonmaa	Pysyvän sivukiven sijoitusalue	
	35b. Pohjarakenteena tiivis keinotekoinen materiaali	Sivukivialueiden, primääri- ja sekundääriiliuotusalueiden, kipsisakka-altaiden ja suunniteltujen kaatopaikkojen pohjarakenne	Mineraalisen kerroksen ja suojauskerrosten tarkentaminen uusissa pohjarakenteissa, läpivientien detaljisuunnittelu
		Liuoskierron ja suotovesien altaat	Mineraalisen kerroksen ja suojauskerrosten tarkentaminen uusissa pohjarakenteissa, läpivientien detaljisuunnittelu
BAT37	Vesijakeiden hallinta		
	37b. Altaiden ja patojen kuivatusjärjestelmät	Kipsisakka-altaiden sisäisen veden keräysrakenteet ja pohjarakenteen alapuoliset kuivatusrakenteet	Altaiden ja sakka-altaiden patojen kuivatusjärjestelmien tarkastelut patoturvallisuuslain ja patoviranomaisen määräysten mukaan.
	37c. Maan päälle rakennetun kiinteän jätteen sijoitusalueen kuivatusjärjestelmät	Sivukivialueiden, primääri- ja sekundääriiliuotusalueiden, kipsisakka-altaiden ja suunniteltujen kaatopaikkojen suoto- ja liuoskierron vesien keräysrakenteet	

BAT38	Kaivannaisjätteen sijoitusalueiden peittäminen		
	38a. Vaiheittainen kunnostus	Sulkemistoimenpiteiden aloitus toiminnan aikana	
	38e. Lämpisemättömät alhaisen virtaaman kuivapeitot	Sivukivialueiden, sekundäärialueiden, kipsisakka-altaiden ja kaatopaikkojen pintarakenteen tiivisrakenne	Lisäselvitykset tarvittavista kerroksista ja kerrospaksuuksista, pintarakennemateriaaleista ja niiden yhteensopivuudesta, rakenteen pitkäaikaiskestävyydestä sekä koerakenteet rakennettavuudesta
	38g. Vesipeitot	Sivukiven sijoittaminen avolouhokseen	Lisäselvitykset sijoittamisen vaikutuksista
BAT39	Pohjavesien ja pilaantuneen maaperän puhdistaminen	Pilaantuneiden alueiden kartoitukset	Potentiaalisten pilaantuneiden alueiden tutkimukset
BAT40	Maaperä- ja pohjavesipäästöjen seuranta ja tarkkailu	Tarkkailuohjelmat, pilaantuneen maan selvitykset primääriliuotusalueen sulkemisen yhteydessä	
BAT41	Maaperä- ja pohjavesipäästöjen seuranta ja tarkkailu		
	41a. Lämpisemättömän pohjarakenteen vuodon tarkkailujärjestelmä	Liuoskierron ja suotovesien altaat	
	41c. Tarkkailukaivot	Tarkkailuohjelma	
Pintavesien tilan huononemisen ehkäiseminen ja vähentäminen			
BAT42	Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien muodostumisen ehkäiseminen tai vähentäminen		
	42c. Kaivannaisjätteiden peittäminen	Kaivannaisjätteiden vaikutuksesta pilaantuneiden vesien muodostumisen ehkäisy tai vähentäminen kaivannaisjätteiden peittoratkaisujen avulla, ks. BAT 38	
	42d. Maisemointi ja maastonmuotojen uudelleen rakentaminen		Kasvillisuuden ja puuston huomioiminen sulkemissuunnitelmien pintarakennepaksuuksissa ja materiaaleissa
BAT43	Kaivannaisjätteiden vaikutuksen alaisten vesien kerääminen ja käsittely	Ympäristövaikutusten vähentäminen suojapumppauksilla, pumppauksilla ja oituksilla	
BAT45	Suspensiossa olevan kiintoaineksen tai (orgaanisten) nesteiden poistaminen		
	45a. Painovoimainen erotus laskeutusaltaissa	Pintavesien laskeutus, vanhojen vesienkäsittelysakkujen kunnostuksen kontaminaatioaltaat, kipsisakka-altaat	
BAT47	Kaivannaisjätteiden vaikutusten alaisten vesien neutralointi ennen purkua		Avolouhosten ylivuodon veden laadun, käsittelytarpeen ja käsittelymenetelmien selvitykset sulkemisvaiheessa
BAT48	Pintavesiin kohdistuvien päästöjen seuranta ja tarkkailu	Tarkkailuohjelmat	
Ilmapäästöjen ehkäiseminen ja vähentäminen			
BAT49	Kaivannaisjätteiden paljailta pinoilta peräisin olevan pölyämisen ehkäiseminen tai vähentäminen	Sulkemistoimenpiteet vaiheittain toiminnan aikana	
BAT52	Ilmaan kohdistuvien päästöjen seuranta ja tarkkailu	Tarkkailuohjelmat	
Muiden ihmisen terveyteen ja ympäristöön kohdistuvien vaikutusten ehkäiseminen ja vähentäminen			
BAT55	Kaivannaisjätteiden hallinnan maisemavaikutusten ja maankäytön jalanjäljen ehkäiseminen tai minimoiminen	ks BAT 42d.	Maisemointisuunnitelman huomiointi pintarakenteiden materiaaleissa ja kerrospaksuuksissa
BAT57	Luonnon radioaktiivisia aineita (NORM) sisältävien kaivannaisjätteiden hallinnan vaikutusten ehkäiseminen tai minimoiminen	Tarkkailuohjelmat, jätteiden karakteriasointi	