



UUTELAN LOUHOSALUE, SOTKAMO

Sulkemissuunnitelma

Raportin laatijat
22.11.2019
Päivi Picken
Hannu Lauri
Anneli Wichmann
Iida Kaikkonen
Kaisa Kettunen
Hanna Tirkkonen

SISÄLLYSLUETTELO

SISÄLLYSLUETTELO	3
1 JOHDANTO	5
1.1 YLEISTÄ	5
1.2 SULKEMISSUUNNITTELUN ETENEMINEN JA SULKEMISSUUNNITELMAN TARKISTAMISKÄYTÄNTÖ	5
2 UUTELAN KAIVOKSEN LYHYT KUVAUS	8
2.1 SIJAINTI	8
2.2 KAAVOITUSTILANNE	8
2.3 KAIVANNAISJÄTTEET	9
3 SULKEMISTA KOSKEVAT VAATIMUKSET	14
3.1 KAIVOKSEN SULKEMISTA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ	14
3.2 POIMINTOJA HYVISTÄ KÄYTÄNNÖISTÄ KAIVOKSEN SULKEMISESSÄ	14
3.3 PAIKKAKOHTAISET VAATIMUKSET	15
4 SULKEMISEN JÄLKEISEN TILAN KÄSITTEELLISTÄMINEN	16
4.1 KÄSITTEELLISTÄMISEN TARKOITUS	16
4.2 SULKEMISEN JÄLKEISEN TILAN TIIVISTETTY KÄSITTEELLINEN KUVAUS	16
5 RISKIEN JA MAHDOLLISUUKSIEN TUNNISTAMINEN	19
5.1 RISKIEN TUNNISTAMISEN KAKSI ERI METODIA	19
5.2 MAHDOLLISUUKSIEN JA RISKIEN TUNNISTAMINEN YLEISEN TAVOITEASETELUN TUEKSI	19
5.3 TOIMENPITEET MAHDOLLISUUKSIEN OPTIMOIMISEKSI JA RISKIEN MINIMOIMISEKSI	20
6 SULKEMISEN TAVOITTEET	22
7 TOIMENPIDESUUNNITTELUN JA VAIKUTUSARVIOINNIN TUEKSI LAADITUT SELVITYKSET 24	
7.1 SIVUKIVIALUEMALLI (MAAPERÄ-KASVILLISUUS-ILMASTOMALLI).....	24
7.2 SUOTOVESIMALLI	25
7.3 POHJAVESIMALLI	25
7.4 LOUHOSJÄRVIMALLI	26
7.5 EPÄVARMUUDET	27
8 TOIMENPIDESUUNNITTELU	28
8.1 AIKAISEMPI TOIMENPIDERATKAISU (TOIMENPIDERATKAISU 1.0)	28
8.2 ALUSTAVAT VAIHTOEHTOTARKASTELUT.....	28
8.3 TOIMENPIDERATKAISUSTA 1.0 RATKAISUUN 2.0	30
8.4 UUSI TOIMENPIDERATKAISU 2.1	31
8.4.1 <i>Pintamaiden läjitysalueet</i>	32
8.4.2 <i>Sivukiven läjitysalueet</i>	32
8.4.3 <i>Käytöstä poistettavat malmin käsittelyalueet ja varikkoalue</i>	34
8.4.4 <i>Louhokset</i>	35
8.4.5 <i>Suotoveden laatu ja louhosjärvien pintaveden laatu</i>	36
8.4.6 <i>Vesienkäsittelyyn tulevien vesijakeiden laatu</i>	38
8.4.7 <i>Vesien hallinta</i>	38
8.5 YLEISTÄ YMPÄRISTÖVAIKUTUKSISTA JA SOSIAALISISTA VAIKUTUKSISTA	41
8.6 VAIKUTUKSET ILMAN LAATUUN	42
8.7 VAIKUTUKSET MAISEMAAN JA MAANKÄYTTÖÖN.....	42
8.8 VESISTÖVAIKUTUKSET	42
8.8.1 <i>Kaivokselta lähtevän veden kuormitus</i>	42
8.8.2 <i>Vesistövaikutukset</i>	43
8.9 POHJAVESIVAIKUTUKSET	45
9 VIKA- JA VAIKUTUSANALYYSI	47

9.1	VIKA- JA VAIKUTUSANALYYSIN TAVOITTEET.....	47
9.2	LIITTYMINEN SULKEMISSUUNNITELMAPÄIVITYKSEN ALKUVAIHEEN RISKIEN TUNNISTAMISEEN.....	47
9.3	VIKA- JA VAIKUTUSANALYYSIN KESKEISIMMÄT HAVAINNOT	47
10	BAT-ARVIO.....	48
11	TARKKAILU.....	51
11.1	SULKEMISTYÖN AIKAINEN TARKKAILU.....	51
11.2	SULKEMISEN JÄLKEINEN TARKKAILU	51
12	LÄHDELUETTELO.....	52

Liitteet:

1. Sivukivialueiden mallintaminen, HYDRUS (maaperä-kasvillisuus-ilmastomalli)
2. Geokemiallinen mallintaminen
3. Louhosjärvimallinnus
4. Rakenteet ja kustannusarvio
5. Vika- ja vaikutusanalyysi FMEA

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä

Mondo Minerals Branch B.V. Finland suunnittelee Uutelan kaivoksen laajentamista siten, että nykyinen avolouhos laajenisi ja sen viereen avattaisiin uusi avolouhos: Viinakorven avolouhos. Yhtiöllä on voimassa oleva ympäristölupa Uutelan esiintymään.

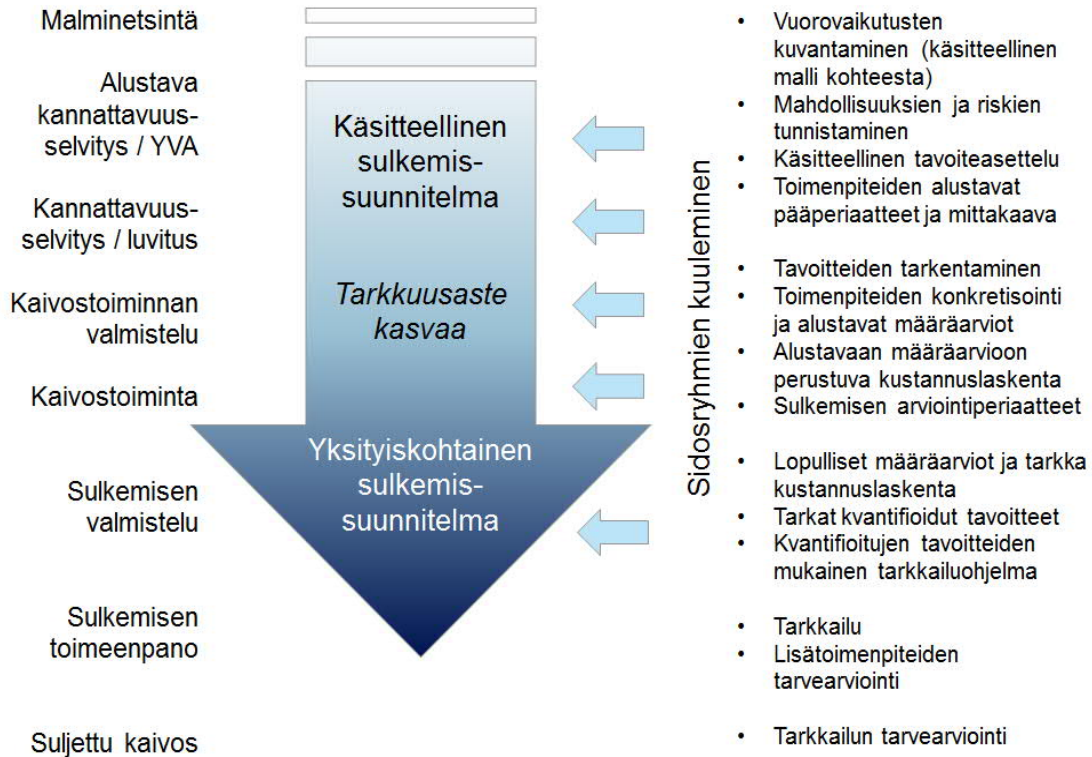
Uutelasta louhitaan talkkimalmia ja sen sivukivenä syntyy talkkimagnesiittia, mustaliusketta sekä kiilleliusketta. Viinakorven mineralogia on tehtyjen tutkimusten mukaan vastaava kuin Uutelassa.

Tämän sulkemissuunnitelman laadinnassa on huomioitu (ja sulkemissuunnittelun edessä tullaan edelleen huomioimaan) erityisesti seuraavat säädökset ja periaatteet: Ympäristönsuojelulaki (527/2014), Jätelaki (646/2), Kaivoslaki (621/2011) sekä EC BREF dokumentti "Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries" (EC,2018). Lisäksi hyödynnetään löyhästi työkalupakkia "Integrated Mine Closure – Good Practice Guide, 2nd Edition" (ICMM, 2019) ja huomioidaan suomalaisen kaivosvastuujärjestelmän toimintaperiaatteet (Vastuullisen kaivostoiminnan verkosto, 2017).

Tässä dokumentissa esitetään sulkemissuunnitelma Uutelan kaivokselle, johon sisältyy Uutelan ja Viinakorven avolouhokset, sivukivikatat, vesienkäsittely sekä muut alueet. Sulkemissuunnitelma on koottu ympäristölupavaiheessa saatavilla olevan lähtötiedon nojalla, hyödyntäen erityisesti ympäristövaikutusten arviointiraporttia (Pöyry Finland Oy 2019).

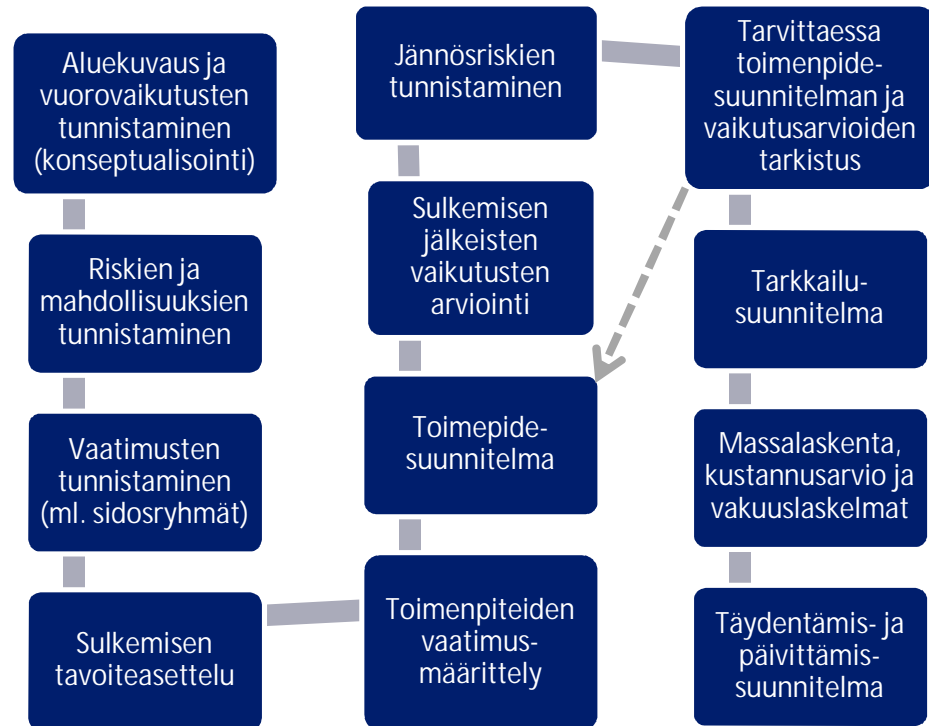
1.2 Sulkemissuunnittelun eteneminen ja sulkemissuunnitelman tarkistamiskäytäntö

Yleisten kansainvälisten suositusten mukaan sulkemissuunnittelu tarkentuu vaiheittain ja päivitysten kautta (esim. ICMM, 2019, Australian Government, Dept. of industry, Tourism and Resources, 2006, Vastuullisen kaivostoiminnan verkosto, 2017). Yleensä sulkemissuunnitelmaa kutsutaan käsitteelliseksi suunnitelmaksi ("conceptual plan") lähes kaivostoiminnan loppuun asti (Kuva 1-1). Yleensä vasta lopullisessa (yksityiskohteisessa) sulkemissuunnitelmassa numeeriset arviot ovat niin tarkkoja, että niiden perusteella voidaan suorittaa sulkemistyön urakkahankinnat ja määritellä toimeenpanon kone- ja työvoimatarpeet.



Kuva 1-1. Kaivoksen sulkemissuunnittelun eteneminen suhteessa hankkeen etenemisvaiheeseen.

Vaiheittain tarkentuvassa sulkemissuunnittelussa tarkistetaan myös sulkemistoimenpiteet, vaikutusarvioinnin ja riskinarvioinnin tarkentuessa. Ensimmäinen sulkemistoimenpiteitä koskeva suunnitelma perustuu kokemukseräiseen arviointiin ja esimerkiksi peitorakenteita koskeviin BAT-päätelmiin. Tämä toimenpideratkaisu (toimenpideratkaisu 1.0) toimii vaikutusarvioinnin ja riskinarvioinnin alustana: millaiset ympäristövaikutukset ja jäännösriskit liittyvät kohteeseen, jos se suljetaan toimenpideratkaisun 1.0 mukaisesti? Jos vaikutukset tai jäännösriskit eivät ole hyväksyttävissä, palataan toimenpidesuunnitteluun ja laaditaan paranneltu toimenpideratkaisu (toimenpideratkaisu 2.0) ja edetään uudelleen vaikutusten ja riskien arviointiin. Suunnittelukehän voi käynnistää uudelleen myös muutos kaivoksen toiminnassa tai tarkentuva tieto kaivannaisjätteestä tai haitta-aineiden kulkeutumisreiteistä. Vaikutusarvioinnin merkitystä sulkemissuunnittelussa on käsitelty myös BAT-päätelmässä 5 (EC, 2018) sekä ICMM:n (2019) hyvien sulkemiskäytäntöjen oppaassa.



Kuva 1-2. Kaivoksen sulkemissuunnittelun eteneminen tehtäväprosessina.

Uutelan louhosalueen sulkemissuunnitelman päivitystyö on käynnissä.

Ensimmäisessä päivitysvaiheessa (YVA) tunnistettiin yleisellä tasolla sulkemisen jälkeiseen aikaan liittyvät mahdollisuudet ja riskit. Kohteen ja ympäristön vuorovaikutuksista laadittiin yksinkertaistettuja käsitteellisiä mallikuvia, joita käytettiin myös tavoiteasettelun tukena. Mahdollisuuksien ja riskien lisäksi tavoiteasettelu perustui lainsäädäntöön, olemassa oleviin lupaehtoihin sekä suosituksiin hyvistä käytännöistä. Kohteelle asetettiin alustavat tavoitteet. Sulkemistoimenpiteiden osalta nojattiin alkuperäiseen toimenpideratkaisuun 1.0 (Ramboll Finland Oy 2015), johon liittyvät jäännösriskit tunnistettiin.

YVA:n yhteydessä suoritettussa sulkemissuunnitelmapäivityksessä nostettiin esille (jännösriskien valossa) eräitä vaihtoehtoisia ratkaisuja. Näitä on tämän ympäristölupavaiheessa tehdyn sulkemissuunnitelmapäivityksen yhteydessä vertailtu käsitteellisellä tasolla. Eräänä vaihtoehtona on ollut Uutelan nykyisen sulkemissuunnitelman (toimenpideratkaisu 1.0 (Ramboll Finland Oy 2015) mukaiset toimenpiteet. Vertailun pohjalta toimenpideratkaisusta 1.0 on muokattu uusi toimenpideratkaisu 2.0, jolle on laadittu kattavampi (pääosin numeerinen) vaikutusten ja jäännösriskien tarkastelu sekä edelleen paranneltu versio 2.1.

2 UUTELAN KAIVOKSEN LYHYT KUVAUS

2.1 Sijainti

Uutelan hankealue sijaitsee Sotkamon kunnan Jormaskylässä, noin 23 km Sotkamon keskustasta lounaaseen. Ympäröivä maisema koostuu vaaramaisemasta, jotka kulkevat samansuuntaisina selänteinä luoteesta kaakkoon, puustoisista soista ja sekametsistä.

Uutelan hankealue sijaitsee Oulujoen vesistöalueella (59) tarkemmin Jormasjärveen laskevan Mustinjoen valuma-alueen (59.883) ja Talvijoen valuma-alueen (59.884) rajavyöhykkeellä. Hankealueelta vedet laskevat metsäoimia pitkin Kohisevanpuroon ja sieltä edelleen Mustinjokea pitkin Jormasjärveen.

Hankealueella lähialueella (<2 km) sijaitsee 9 asuinrakennusta ja 13 muuta rakennusta, joista lähimmät ovat noin 100–600 m etäisyydellä nykyisestä kaivoksesta. Kaksi lähintä rakennusta on tyhjiään. Tulevan kaivospiirin vaikutusalueella tulee olemaan 4 rakennusta, jotka on asuinrakennuksiksi merkitty, mutta joista kaksi on tyhjiään. Rakennukset on rakennettu vuosina 1944, 1960, 1965. Vuonna 1944 rakennettuun on tehty laajennus vuonna 2007.

Lähimpänä hankealuetta sijaitsevat Natura-alueet ovat Talvivaara (FI1201010, SAC) noin 900 m etäisyydellä lounaassa ja Korsunrinne (FI1200621, SAC) noin 3 km lounaassa. Muita hankealueen lähimpiä luonnonsuojelualueita ovat Savonmäen yksityinen luonnonsuojelualue (YSA207793) noin 3,5 km etäisyydellä länteen, Metsäniemen luonnonsuojelualue (YSA207770) noin 4 km kaakkoon ja Pitkämäen rauhoitusalue (MRA230812) noin 5 km luoteeseen.

Pohjoisessa 10 km etäisyydellä sijaitsee valtakunnallisesti merkittävä rakennetun kulttuuriympäristön kohde Huovilan turbiinimylly, joka edustaa Kainuun puromyllyjä (RKY 2009). Lähin maakunnallisesti arvokas kulttuurihistoriallinen kohde sijaitsee 11 km päässä koillisessa. Kymmenen kilometrin säteellä hankealueesta on yksi valtakunnallisesti ja kaksi maakunnallisesti arvokasta perinnemaisemakohdetta. (SYKE 2018 ja Kainuun maakuntayhtymä 2007 ja Tervo 2008). Hankealueella ja sen lähiympäristössä ei nykyisen inventointitiedon mukaan sijaitse muinaisjäännöksiä (Museovirasto 2018). Hankealueelle tehtiin toukokuussa 2018 arkeologisen inventointi, jossa ei löytynyt arkeologisia kohteita. Hankealueelle on 1800-luvulla perustettu kaksi torppaa, joista Talvivaaran torpan paikka on tuhoutunut ja Timolan torpan paikka on edelleen rakennettua, mutta entiset pellot on metsitetty. (Itäpalo ja Schulz 2018)

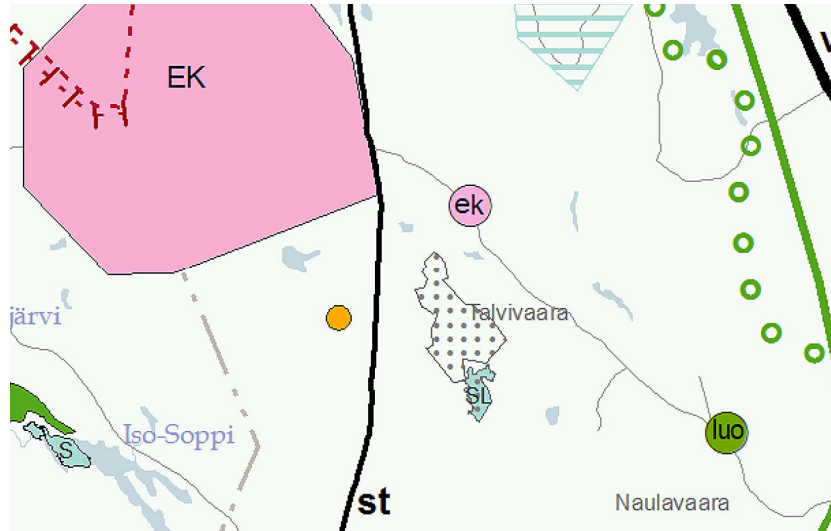
Hankealueella tai sen läheisyydessä ei ole luokiteltuja pohjavesialueita. Alueella on yksi irtomaan kuilukaivo (Lanteen talo), joka ei ole ollut jatkuvassa käytössä enää kahdeksan vuoteen. Kaivo sijaitsee hankealueen keskellä.

2.2 Kaavoitustilanne

Alueella on voimassa Kainuun maakuntakaava 2020. Maakuntakaava on laadittu osallistavan suunnittelun periaatteiden mukaisesti ja laatimisen eri vaiheissa kaava on ollut kolme kertaa julkisesti nähtävillä. Maakuntakaava on vahvistettu 29.4.2009. Sen jälkeen on tehty mm. tuulivoimamaakuntakaava, joka täydentää vuonna 2009 vahvistettua Kainuun maakuntakaavaa. Se käsittää seudullisesti merkittävät tuulivoimatuotantoon soveltuvat alueet. (Kainuun liitto 2016) Kainuun maakuntavaltuusto on päättänyt käynnistää maakuntakaavan (maakuntakaava 2030) laatimisen Kainuun kokonaisuusmaakuntakaavan tarkistamiseksi 1.6.2015 ja kaavaluonnos ollut nähtävillä 27.6.–31.8.2018. Kainuun maakuntakaavassa 2030 käsitellään alue- ja yhdyskuntarakennetta, virkistys-

tä, liikennejärjestelmää, luonnon- ja kulttuuriympäristöä sekä luonnonvarojen käyttöä ja elinkeinojen toimintaedellytyksiä (mm. ampumaradat, ulkoilureitit, biotalous ja turvetuotanto). (Kainuun liitto 2018) (Kuva 2-1).

Maakuntakaavassa kaivosalue on varattu merkinnällä ek kaivostoimintaan tarkoitettu alue.



Kuva 2-1. Ote Kainuun maakuntakaavakartasta. (Kainuun liitto 2016)

Voimassa olevia yleis- tai asemakaavoja hankealueilla ei ole.

Jormasjärven alueella on voimassa oleva Jormasjärven rantaosayleiskaava. Yleiskaavan lisäksi sekä Jormasjärven ja Nuasjärven rannoilla on voimassa pieniä asemakaavoitettuja alueita.

2.3 Kaivannaisjätteet

Kaivannaisjätteen osalta tässä kappaleessa käsitellään ensisijaisesti sivukivi, pintamaat sekä vesienkäsittelyssä muodostuvat lietteet.

Kaivannaisjäteasetuksen (Vna 190/2013) liitteessä 3 edellytetään myös, että jätteasetuksen (179/2012) mukainen jäteluokka määritellään. Valtioneuvoston jätteistä antaman asetuksen (179/2012) mukaisesti alueella muodostuvat pintamaat ja sivukivet luokitellaan luokkaan 01 01 02 sekä selkeytysaltaiden pohjalieteluokkaan 19 08 13*.

Rakentamisessa muodostuvien maamassojen osalta mahdollisia jätenumeroita ovat 17 05 03*, maa- ja kiviainekset, jotka sisältävät vaarallisia aineita sekä tarvittaessa 17 05 03, muut kuin nimekkeessä 17 05 03* mainitut maa- ja kiviainekset.

Pintamaat ja lietteet

Pintamaat ovat pääosin moreenia ja turvetta. Moreenin keskimääräinen arseenipitoisuus on 106 mg/kg ja keskimääräinen rikkipitoisuus 0,24 %.

Alueella muodostuu myös veden käsittelyn sakkoja. Lietteen keskimääräinen nikkelpitoisuus on 849 mg/kg tuorepainoksi laskettuna, kun lietteen keskimääräinen kosteus on 94 %.

Sivukivi

Sivukiveä muodostuu maksimissaan yhteensä 18,7 Mt. Varattu läjitystilavuus on suurimmillaan noin 12,7 miljoonaa kuutiometriä. Uutelan sivukivi koostuu talkkimagnesiitista, mustaliuskeesta ja kiilleliuskeesta.

Uutelan sivukivistä ja pintamaasta tehtiin ABA- ja NAG-testit syksyllä 2018. ABA-testien tulosten perusteella lukuun ottamatta talkkimagnesiittia sivukivet ja pintamaat eivät luokituta varsinaiseksi pysyväksi kaivannaisjätteeksi (Vna 190/2013, Liite 1), sillä niiden sulfidirikin pitoisuus ylittää 0,1 % ja neutralointipotentiaalisuhde (NPR) on < 3. (Taulukko 2-1)

Vaikka talkkimagnesiitti luokituu pysyväksi kaivannaisjätteeksi, se sisältää pienen määrän sulfidimineraaleja. Sen neutralointipotentiaali on suhteellisen korkea ja pystynee pitämään suotoveden pH:n lähellä neutraalia. (Taulukko 2-1) On kuitenkin mahdollista, että osa vapautuvista metalleista pysyy liukoisena neutraalin pH:n tuntumassa.

Mustaliuske ja kiilleliuske luokituvat potentiaalisesti happoa tuottavaksi myös NAG-testin perustella. NAG-testillä ei ole asemaa jätteiden lakisäätöisessä luokittelussa, mutta sitä käytetään muihin menetelmiin perustuvien johtopäätösten vahvistamiseksi. Lisäksi NAG-testin loppulioksen analyysistä saadaan tietoa alkuaineiden kokonaispitoisuuden hapettuvissa olevasta prosentiosuudesta. Toisin sanoen, kuinka suuri osuus aineen kokonaisuudesta voisi vapautua hapettumisreaktioiden seurauksena hyvin pitkällä aikavälillä yhteensä (olettaen että kaivannaisjäte myös päätyy riittävän hienoon raekokoon rapautumisien edetessä).

Taulukko 2-1. ABA-testin tulokset

Määrittäjä	S kok	S sulfidi	sulfidi S/ kok	C	C carb	C non	AP	NP	NPR
	0.01	0.01		0.05	0.05	0.05	0.3		
	%	%		%	%	%	kg CaCO3/t	kg CaCO3/t	
Moreeni	0,24	0,11	0,46	1,85	0,87	0,98	7,6	6,3	0,83
Moreeni (2)	0,24	0,07	0,29	1,88	0,87	1,01	7,4	6	0,81
Mustaliuske	6,04	5,8	0,96	3,58	0,05	3,53	189	9,1	0,05
Kiilleliuske	1,44	1,42	0,99	0,68	0,11	0,58	44,9	8,7	0,19
Talkkimagnesiitti	0,53	0,11	0,21	5,35	5,22	0,13	16,6	71,8	4,32
Turve	0,39								

Kaivannaisjätteen kokonaispitoisuuksia verrataan kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) liitteen 1 mukaisesti PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) mukaisiin raja-arvoihin. Kynnysarvojen ylittyminen tarkoittaa pysyvän kaivannaisjätteen rajan ylittymistä (elleivät alueelliset taustapitoisuudet ole selkeästi korkeampia). PIMA-asetuksen kynnys- ja ohjearvojen ylityksiä esiintyy seuraavasti:

- Kynnysarvon ylityksiä esiintyy eri kivilajeissa kaikissa asetuksessa mainituissa metalleissa lukuun ottamatta lyijyä ja kuparia. Antimonin osalta tilanne on epäselvä, sillä kiilleliuskeessa käytetyn määrittämenetelmän määrittäjäraja on suurempi kuin antimonille asettu kynnysarvo ja alempi ohjearvo.
- Kadmiumin alemman ohjearvon (10 mg/kg) ylityksiä on mitattu mustaliuskeessa.

- Antimoni alemman ohjearvon (10 mg/kg) ylityksiä esiintyy mustaliuskeessa ja talkkimagnesiitissa.
- Arseenin ylemmän ohjearvon 100 mg/kg ylityksiä esiintyy talkkimagnesiitissa. Kromin ylemmän ohjearvon (300 mg/kg) ylittäviä pitoisuuksia on mitattu talkkimagnesiitissa.
- Kuparin ylemmän ohjearvon (150 mg/kg) ylityksiä on tavattu mustaliuskeessa.
- Nikkelin ylemmän ohjearvon (150 mg/kg) ylittäviä pitoisuuksia on mitattu kaikissa kivilajeissa lukuun ottamatta kiilleliusketta.
- Mustaliuskeessa on tavattu sekä vandiinin että sinkin ylemmät ohjearvot ylittäviä pitoisuuksia (V 250 mg/kg ja Zn 400 mg/kg).

Taulukko 2-2. Kivilajien alkuainepitoisuuksia (keskiarvo). Taulukossa on esitetty myös valtioneuvoston asetuksen 214/2007 (Pima-asetus) mukaiset viitearvot.

Parametri	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	V	Zn	S	S (poltto)	C (poltto)	Ca	Mg
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	mg/kg	mg/kg
Kivilajityyppi															
Luontainen pitoisuus*	1	0.03	8	31	22	17	5	0.02	38	31					
Kynnysarvo*	5	1	20	100	100	50	60	2	100	200					
Alempi ohjearvo*	50	10	100	200	150	100	200	10	150	250					
Ylempi ohjearvo*	100	20	250	300	200	150	750	50	250	400					
Kiilleliuske	6	9	16	99	73	104	16	<20	133	249	8949	1.0	0.6	8081	20738
Mustaliuske	32	13	51	100	486	754	46	29	324	2115	60678	6.8	5.0	10433	19254
Epäpuhdas talkkimagnesiitti	209	4	60	404	27	1362	6	42	12	38	14700	1.5	2.3	21103	40106
Kloriittiliuske	20	2	38	140	14	355	10	<20	149	140	11010	1.2	0.2	4934	74875

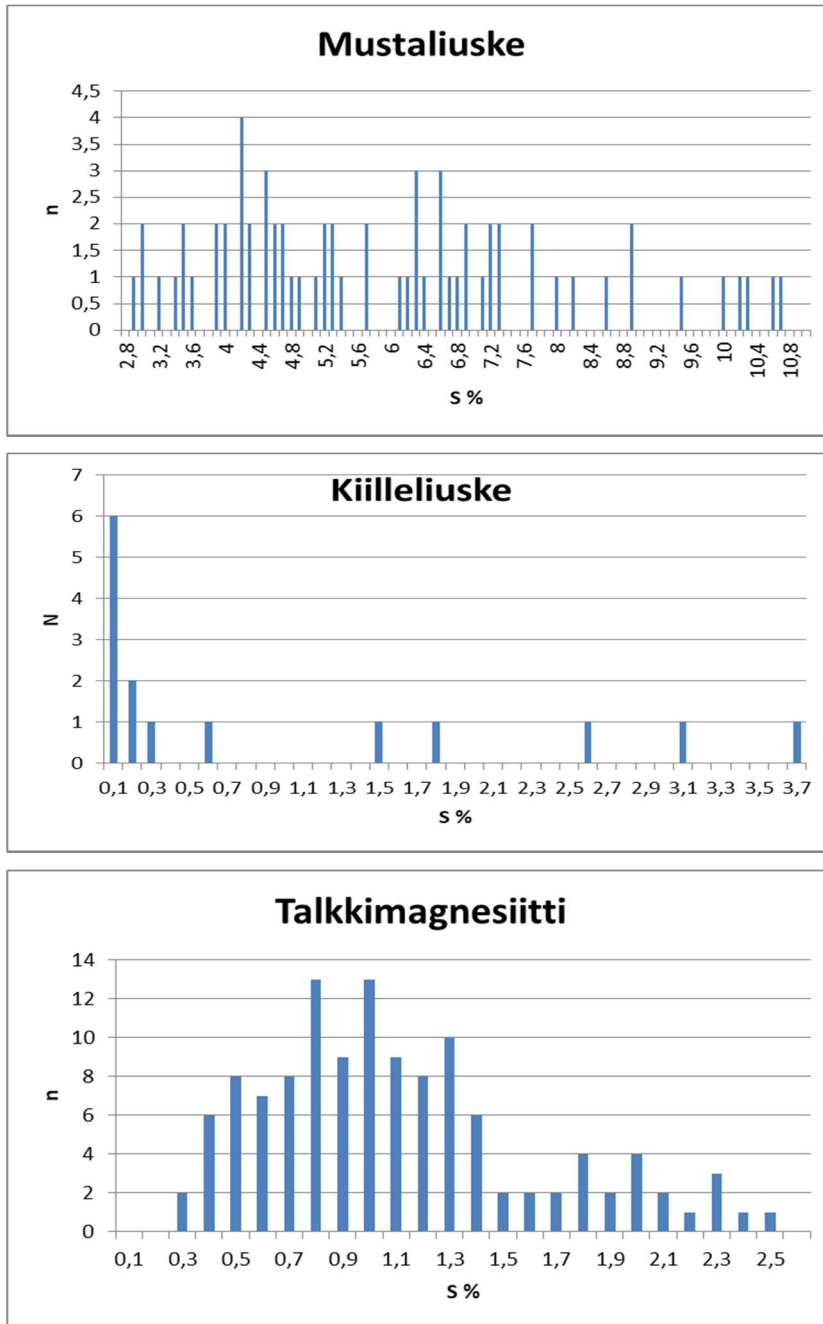
* Vna 214/2007

Metallien kokonaispitoisuudet sekä liukoiset osuudet ja NAG-liukoiset osuudet (Taulukko 2-3) ja rikkipitoisuuden vaihtelu (Kuva 2-2) esitetään alla. Rikkipitoisuuden vaihtelua on tarkasteltu laajemmasta näytemäärästä. Eri analyysituloksista yhdessä on johdettu alempana esitettävät sukemissuunnittelussa huomioitavat asiat.

Taulukko 2-3. Metallien kokonaispitoisuudet sekä liukoisuudet 2-vaiheisessa ravistelutestissä ja NAG-uutteessa prosentiosuuksina

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Zn	V
Luontainen taustapitoisuus mg/kg	1	0.03	8	31	22			17	5	0.02		38	31
Kynnysarvo mg/kg	5	1	20	100	100			50	60	2		100	200
Mustaliuske													
kok.pitoisuus mg/kg	75	7.37	52.7	91.2	193	0.15	48.8	278	40.5	11	13.7	809	329
liukoisuustesti %	-	0.27	-	-	-	-	-	0.25	-	-	-	-	-
NAG-liemi %	0.63	99	52	2.2	70	-	-	89	52	-	53	96	0.38
Kiilleliuske													
kok.pitoisuus mg/kg	37.4	1.65	19.7	85.3	62.1	0.05	5.23	76.5	9.14	1.86	2.97	254	120
liukoisuustesti %	-	1.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NAG-liemi %	0.67	107	60	1.2	74	-	-	80	24	-	71	85	0.17
Talkkimagnesiitti													
kok.pitoisuus mg/kg	205	0.11	57.3	381	3.8	0.01	0.33	1320	1.4	44.3	0.35	17	8.8
liukoisuustesti %	3.8537	-	-	-	-	-	-	-	-	5.8691	-	-	-
NAG-liemi %	0.44	-	-	1.8	289	-	0.21	-	-	16.546	69	-	2.61

- = liukoisuus alle määrittäjärajan



Kuva 2-2. Rikkipitoisuuden vaihtelu kivilajeissa (rikkinäytteet 2015).

Sulkemissuunnittelussa erityisesti huomioitavat asiat:

- Mustaliuske ja kiilleliuske ovat kaivannaisjättekarakterisoinnissa tutkittujen näytteiden perusteella potentiaalisesti happoa tuottavia materiaaleja. Molemmissa neutralointipotentiaali on varsin alhainen. Talkkimagnesiitti ei karakterisoinnin perusteella määriy happoa tuottavaksi, erityisesti korkean neutralointipotentiaalin takia.
 - Mustaliuskeen rikkipitoisuudet ovat pääosin välillä 4-8 % ja kokonaiskarakterisointi perustuu näytteeseen, jonka rikkipitoisuus oli 6 %. Näyte siis edustaa rikkipitoisuudeltaan mustaliuskeita hyvin.

- Kiilleliuskeessa rikki- ja kupripitoisuudet ovat pääsääntöisesti suhteellisen pieniä, alle 0,3 %, mutta yksittäisiä poikkeuksia esiintyy. Karakterisoinnissa on ollut kuitenkin selvästi kohonneita rikki- ja kupripitoisuuksia edustava kiilleliuske (1,4 % S), joten kiilleliuskeen suotovesiarvioistakin tulee todennäköisesti yliarvioita.
- Talkkimagnesiitissa valtaosa rikki- ja kupripitoisuuksista on alle 1 %, mutta ylityksiäkin esiintyy. Karakterisoinnissa on ollut rikki- ja kupripitoisuus 0,5 %, joka jää kuitenkin todennäköisesti keskimääräisen tason alapuolelle. Tämä voi heijastua suotovesitarkastelujen lievänä aliarvioina, vaikka neutralointi- ja kapasiteetti onkin huomattava.
- Nikkeli on keskeisimpiä haitta-aineita ja ainakin mustaliuskeessa ja kiilleliuskeessa se on pääosin sitoutuneena sulfideihin. Näin ollen nikkeli on myös vapautuvissa hapettumisen kautta. Nikkelin osalta erityisesti huomioitavaa on se, että nikkeli pysyy tyypillisesti hyvin liukoisena myös neutraalilla pH-alueella.
 - Talkkimagnesiitissa on myös kohonneita nikkelpitoisuuksia, mutta esiintymismuotoon ja pitkäaikaiskäyttämiseen liittyy epävarmuuksia. NAG-testi ja -uutteesta mitattu pitoisuus saattaa olla aliarvio nikkelin liukoisuudesta. Mineralogian perusteella talkkimagnesiitissa oleva nikkeli on pääosin sitoutuneena silikaatteihin, lähinnä talkkiin (0,03–0,06 m-%). Pienempi osuus on sitoutuneena sulfideihin ja arsenideihin. Sulfidimineralogiaa hallitsee magneettikiisu-pentlandiitti-rikkikiisu. Talkkimagnesiitin pääasiallinen nikkelimineraali on pentlandiitti ja magneettikiisuryhmä taas muodostaa valtaosan sulfidisista mineraaleista. NAG-uutteen perusteella nikkeli ei olisi lainkaan sulfidista/hapettuvissa olevaa. Ei voida kuitenkaan sulkea pois, ettei testiolosuhteissa olisi voinut tapahtua esimerkiksi saostumisreaktioita, joskaan havaitussa NAG-pH:ssa niin täydellinen saostuminen kuin testitulokset osoittaa, ei ole todennäköistä.
- Mustaliuskeissa on kohonneita vanadiinipitoisuuksia. Myös vanadiinipitoisuuksien hallinnassa tulee huomioida, että vanadiinin määrä vedessä tyypillisesti kasvaa pH:n kasvaessa - olosuhteiden ollessa hapekkaat.
- Sivukiven ja pintamaan arseenipitoisuudet ovat kohonneita. Kohde sijaitsee kuitenkin arseeniprovinssin alueella, missä kohonneita arseenipitoisuuksia tavataan yleisesti. Myös arseenin liukoisuus on merkittävimmillään hieman korkeammassa pH:ssa.
- Sivukiven pääryhmät ovat erotettavissa ja niiden hyötykäyttömahdollisuudet poikkeavat toisistaan. Erityisesti arseenipitoisuuksien valossa hyötykäyttömahdollisuuksia on syytä arvioida erityisen huolellisesti.
- Mahdolliset pölyvaikutukset ja pölyyn mahdollisesti liittyvät metalli/metallidipitoisuudet tulee huomioida.

3 SULKEMISTA KOSKEVAT VAATIMUKSET

3.1 Kaivoksen sulkemista koskeva lainsäädäntö

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

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

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

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

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

3.2 Poimintoja hyvistä käytännöistä kaivoksen sulkemisessa

Lainsäädännön ja lupaehtojen ohessa sulkemissuunnittelussa huomioidaan hyvät käytännöt. Toisaalta tämä voidaan nähdä myös lainsäädännön asettamana vaatimuksena, sillä ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaan luvanvaraisessa ja rekisteröitävässä toiminnassa tulee soveltaa parasta käyttökelpoista tekniikkaa. Parhaan käyttökelpoisen tekniikan arvioinnissa sovelletaan kaivannaisjätteen BREF dokumentti "Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries" (EC, 2018). Hyvää sulkemissuunnitteluprosessia kuitenkin kuvaa erityisesti "Integrated Mine Closure – Good Practice Guide, 2nd Edition" (ICMM, 2019)

3.3 Paikkakohtaiset vaatimukset

Yhteisön ja ympäristöolosuhteiden asettamat vaatimukset on koottu alle (Taulukko 3-1).

Taulukko 3-1. Ympäristöolosuhteiden ja yhteisön asettamat vaatimukset louhosalueiden sulkemiselle.

Vaikutus-kategoria	Keskeistä	Eriytynen huomiointi vaatimuksissa
Vastaanottava vesistö	Purkuvesistö on pieni, eivätkä ylimmät osat ole ekologisesti luokiteltuja. Vedet päätyvät Kohisevanpuron kautta Mustinjokeen ja sitä kautta Jormasjärven Mustinlahteen. Jormasjärvi on luokiteltu ekologisesti hyvään tilaan. Vesistöön johdettavat vedet eivät saa merkittävästi heikentää veden luontaista laatua tai alapuolisen vesistön ekologista tilaa.	x
Pohjavesi	Pohjavesialueita ei ole louhosalueen välittömässä läheisyydessä. Lähin pohjavesialue sijaitsee 10 km päässä idässä. Huomioiden suhteellisen tiiviit pintamaat ja alueen ruhjeisuuden luoteis-kaakko-suuntauksen, merkittävä pohjavesiyhteys kaivosalueen itäpuolella sijaitsevaan pohjavesialueeseen on epätodennäköinen. Yleisenä vaatimuksena on pohjaveden pilaamiskielto sekä pyrkimys mahdollisimman vähäiseen pohjaveden määrälliseen ja laadulliseen muutokseen.	
Suojelukohteet, lajisto	Lähimmälle suojelualueelle on 3,5 km, jonne jälkihoitovaiheen mahdolliset pölyvaikutukset eivät yllä. Lähimmälle Natura-alueelle on n. 900 m. Huomioiden suhteellisen tiiviit pintamaat ja alueen ruhjeisuuden luoteis-kaakko-suuntauksen, merkittävä pohjavesiyhteys kaivosalueen eteläpuolella sijaitsevaan Natura-alueeseen on epätodennäköinen. Natura-alue sijaitsee myös pintavesien suhteen eri osa-valuma-alueella. Jälkihoitovaiheen mahdolliset pölyvaikutukset eivät todennäköisesti yllä Natura-alueelle, mutta Natura-alueen läheisyys huomioidaan sulkemissuunnittelussa. Uhanalaiselle törmäpääskyllä voidaan jättää avoimia sora- tai moreenileikkauksia, joihin ne voivat kaivaa pesäkolonsa.	(x)
Yhteisö ja maankäyttötarpeet	Läheiset metsät ovat talouskäytössä, joissa käydään marjastamassa, sienestämässä ja metsästävässä. Kaivosalueen läheisyydessä on muutama mökki/talo. Louhostoiminnan jälkeen alueen tulisi joko soveltua virkistyskäyttöön tai vähintään rajautua luontevasti virkistyskäyttöalueisiin. Ennen kaikkea alueen tulee olla turvallinen.	x

4 SULKEMISEN JÄLKEISEN TILAN KÄSITTEELLISTÄMINEN

4.1 Käsitteellistämisen tarkoitus

Toiminta-alueen käsitteellistämällä pyritään havainnollistamaan jälkihoidettavan kohteen suhde ympäristöönsä. Tämä käsittää mahdollisten haitta-aineiden ja haittatekijöiden kulkeutumisreittien alustavan tunnistamisen. Käsitteellinen malli toimii yhtenä sulkemisen tavoiteasettelun työkaluna. Sen avulla tunnistetaan paikkakohtaisesti kohteen sulkemisen jälkeiseen tilaan liittyvät potentiaaliset haittavaikutukset, jotka sulkemissuunnittelun keinoin on pyrittävä ehkäisemään. Käsitteellistämisen avulla kuvataan myös mallinnettavat osakohteet ja käsitteellistäminen auttaa varmistamaan, että malissa huomioidaan tarvittavat syötteet ja tekijät.

4.2 Sulkemisen jälkeisen tilan tiivistetty käsitteellinen kuvaus

Uutelan kaivosalueella oletetaan toiminnan päättymisen jälkeen olevan seuraavat osakohteet:

- Uutelan ja Viinakorven louhosjärvet
- Sivukivialueet 1 (nykyinen) ja 2 (uusi)
- Käytöstä poistetut tai poistuvat malmin käsittelyalueet ja varikot
- Nykyiset vesienkäsittelyalueet ja uudet vesienkäsittelyalueet (käytössä vielä ensimmäisinä sulkemisen jälkeisinä vuosina).

Alla esitetään louhosalueiden hydrologien suhde (vuorovaikutus) ympäristönsä kanssa heti kaivostoiminnan päätyttyä (Kuva 4-1) sekä pidemmän aikajakson kuluttua louhosten täytyttyä vedellä (Kuva 4-2). Alkuvaiheessa pinta- ja pohjavesivirtaukset alueella kohdistuvat pääasiassa louhosten suuntaan. Louhosten täytyttyä virtausalueella suunnat muuttuvat osittain.

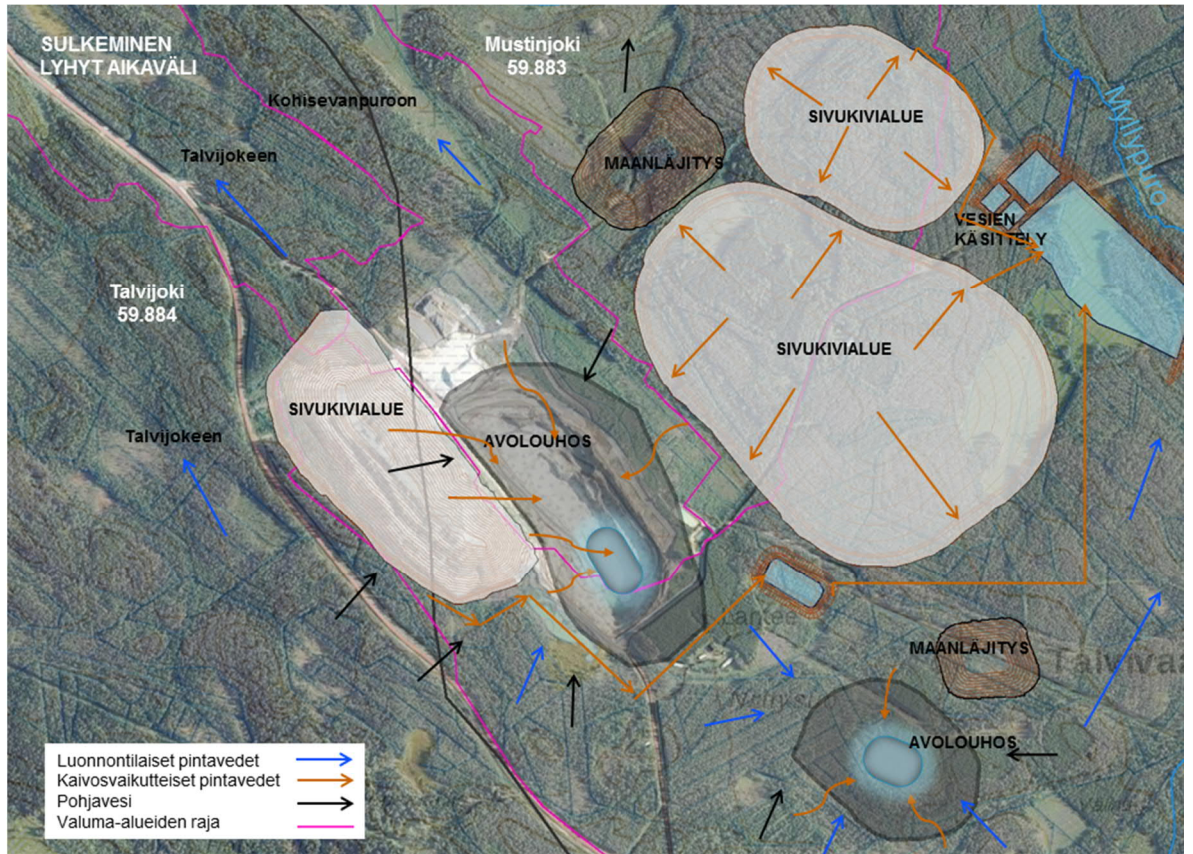
Sivukivialueen 1 suotovedet kulkeutuvat Uutelan louhokseen louhoksen täyttymisvaiheessa ja pääosin myös täyttymisen jälkeen. Sivukivialue 2 sijaitsee topografisesti ja hydrologisesti Uutelan louhoksen alapuolella ja Uutelan louhoksen täytyessä virtaus kääntyy enenevästi pohjoiseen/koilliseen. Karkeasti voidaan siis kuvata aluetta niin, että Uutelan louhos toimii osana sivukivialueen 1 suotovesien käsittelyä, mutta ei osallistu merkittävässä mittakaavassa sivukivialueen 2 vesien käsittelyyn. Viinakorven louhokseen ei tule sivukivialueiden vesiä täyttymisvaiheessa tai sen jälkeen.

Louhosjärivistä arvioidaan niiden täyttymisen jälkeen poistuvan vesiä sekä pintavaluntana että pohjavesivaluntana.

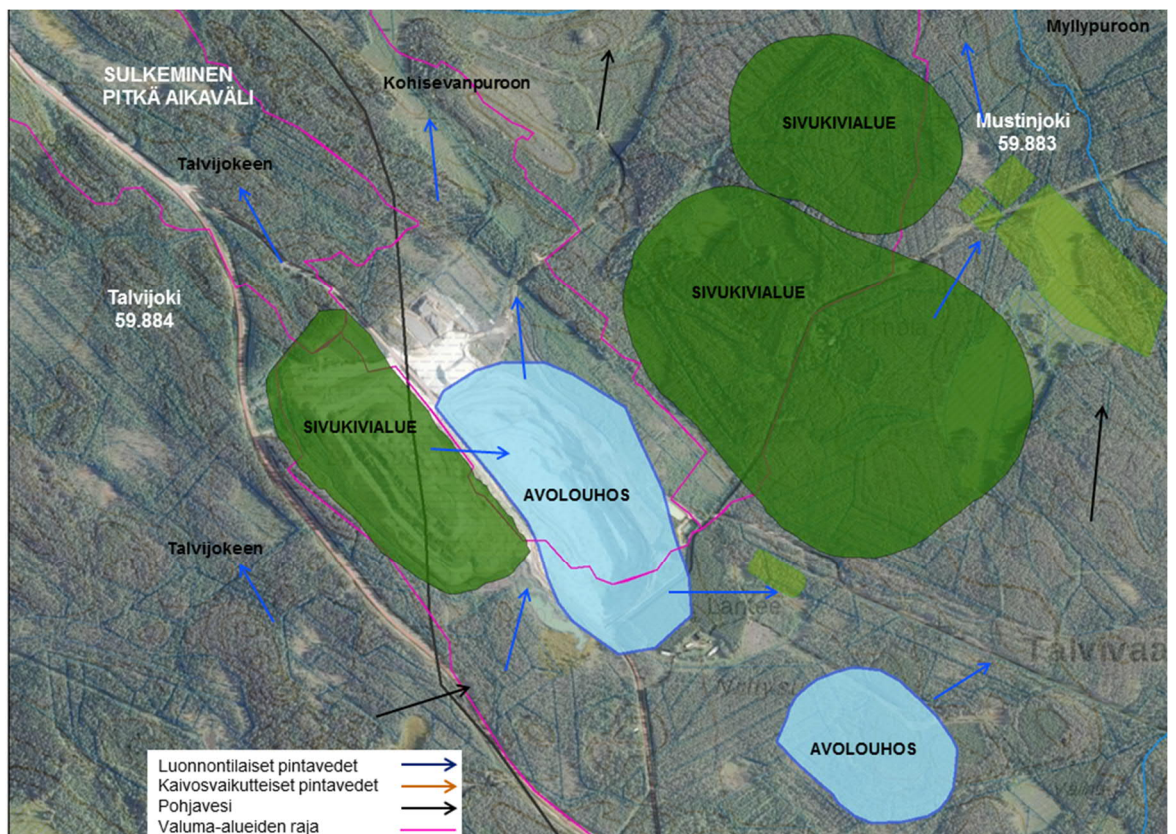
Kuten yllä jo todettiin, sivukivialueelta 1 vedet poistuvat pääosin pohjavesiteitse ja kulkeutuvat ensisijaisesti Uutelan louhokseen/louhosjärveen. Sivukivialueelta 2 suotovesiä otetaan talteen alapuolisen ojan avulla, mutta osa jää ottamatta talteen ja poistuu pohjavesiteitse.

Vesienkäsittely jatkuu tilapäisesti kaivoksen sulkemisen jälkeen ja sen roolia kuvataan erikseen kappaleessa 8.4.6.

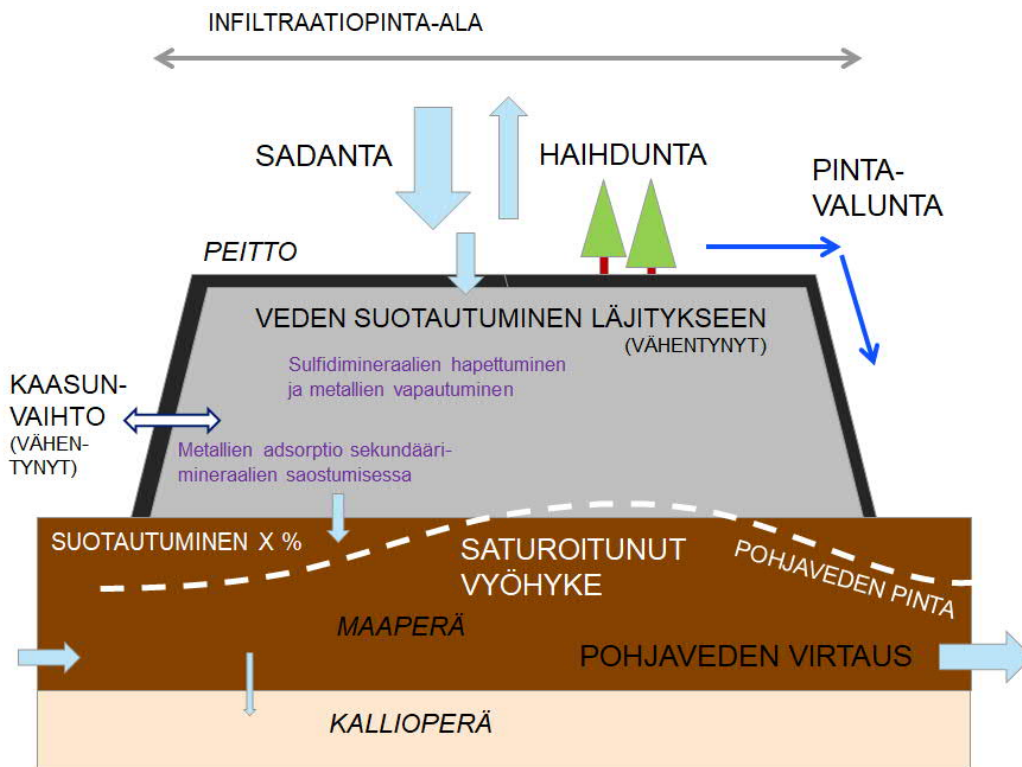
Ensimmäisessä poikkileikkauspiirroksessa kuvataan sivukivialueiden sisäiset prosessit kaivoksen sulkemisen jälkeen (Kuva 4-3). Toisessa piirroksessa esitetään louhosjärven toiminta sekä suhde sivukivialueeseen ja ympäristöön (Kuva 4-4).



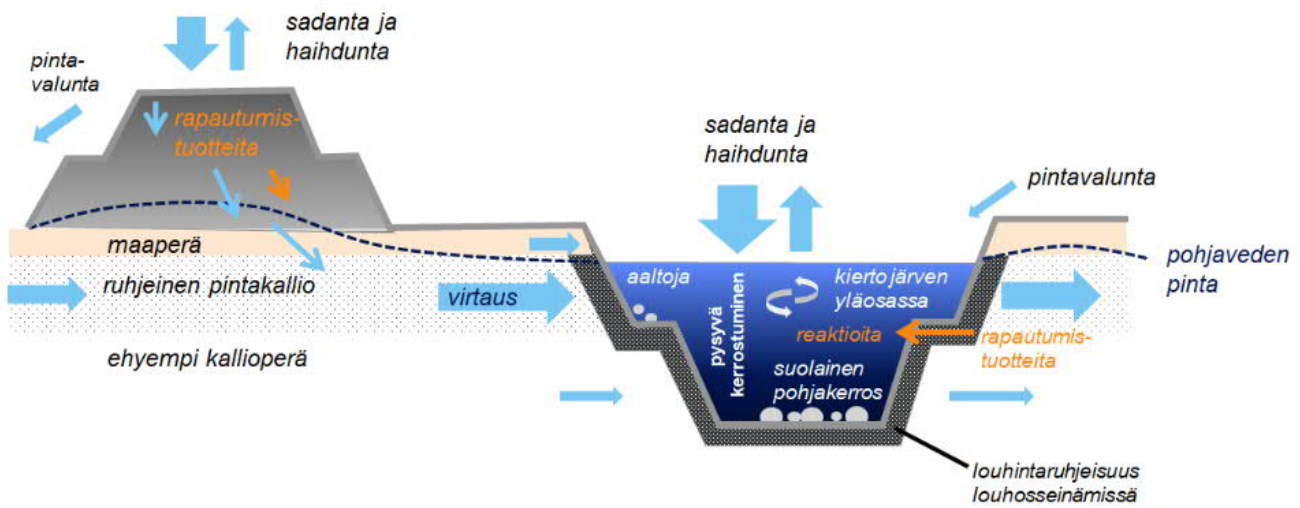
Kuva 4-1. Käsitteellinen luonnos alueen toiminnasta heti sulkemisen jälkeen, kun louhoksen pohjaveden tason kohdistuva vaikutus on suurimmillaan.



Kuva 4-2. Käsitteellinen luonnos alueen toiminnasta avolouhosten täytyttyä vedellä.



Kuva 4-3. Sivukiviläjitys sulkemisen jälkeen, käsitteellinen malli.



Kuva 4-4. Louhosjärven käsitteellinen malli sulkemisen jälkeen.

5 RISKIEN JA MAHDOLLISUUKSIEN TUNNISTAMINEN

5.1 Riskien tunnistamisen kaksi eri metodia

Uutelan louhosalueen jälkihoitosuunnittelussa on hyödynnetty kahta erilaista riskien tunnistamisen ja hallinnan lähestymistapaa. Sulkemisen yleisen tavoiteasettelun tueksi on tunnistettu mahdollisuuksia ja riskejä. Tämä riskien tunnistaminen on tehty sulke-
missuunnitelmapäivityksen alussa yleisellä tasolla, erittelemättä esimerkiksi aikajaksoja joihin riskit erityisesti kohdistuvat.

Sulkemissuunnitelmapäivityksen loppuvaiheessa toimenpideratkaisulle 2.1 on laadittu suppea (alustava) versio vika- ja vaikutusanalyysistä ("*FMEA*", "*failure mode and effect analysis*"). Tässä epävarmuuksia ja mahdollisia vaikutuksia lähestytään mahdollisten vikamekanismien kautta ja pyritään kohdentamaan ne eri aikajaksoille. Tarkastelun tuloksena on muodostunut käsitys toimenpideratkaisuun 2.1 liittyvistä keskeisistä epävarmuuksista. Näitä epävarmuuksia voidaan pienentää mm. toiminnan aikaisella tiedon kokoamisella, esimerkiksi tarkkailujen yhteydessä.

5.2 Mahdollisuuksien ja riskien tunnistaminen yleisen tavoiteasettelun tueksi

Sulkemissuunnitelmapäivityksen alussa tunnistettiin seuraavat yleiset ja paikkakohtaiset riskit:

- a) Avolouhosten jyrkät seinämät aiheuttavat turvallisuusriskin alueella liikkuville louhosjärvien vedenpinnan ollessa vielä alhaalla (pian sulkemisen jälkeen).
- b) Louhosjärvien veden pinnan yläpuolelle jäävät luiskat aiheuttavat riskin alueella liikkuville jyrkkyyden tai sortumavaaran takia tai veden pinnan alapuolella ei ole riittävästi luiskaa, jotta veteen joutunut ihminen tai eläin pääsisi sieltä poistumaan.
- c) Läjitysalueiden luiskat jäävät epästabiiliksi ja sortumavaara aiheuttaa turvallisuusriskin alueella liikkuville.
- d) Läjitysalueiden suotovedet muodostuvat arvioitua huonompilaatuisiksi, lähinnä metallipitoisuuden osalta. (Huonompilaatuinen vesi voi johtua esimerkiksi arvioidusta poikkeavasta sivukivilaadusta tai esimerkiksi laskettua suuremmasta happivuosta. Happivuon syynä voisi olla esimerkiksi peittomateriaalin epätasainen laatu tai oletettua voimakkaampi kuivuminen.)
 - o Seurausvaikutukset kuten kohdassa f.
- e) Läjitysalueiden suotovesiä muodostuu odotettua suurempia määriä. (Suurempi suotovesimäärä voisi aiheutua ennustettua suuremmasta imeytymisestä, mikä taas liittyy peittorakenteen materiaaleihin ja fysikaaliseen tilaan.)
 - o Seurausvaikutukset kuten kohdassa f.
- f) Läjitysalueiden suotovedet ovat heikkolaatuisia ja niitä suotautuu pohjaveteen arvioitua enemmän.
 - o Heikkolaatuinen suotovesi voi heikentää pohjaveden laatua kaivosalueen pohjois- ja koillispuolella.
 - o Heikkolaatuinen pohjavesi voi mahdollisesti purkautua pintavesiin, esimerkiksi suoalueilla.

- g) Louhosjärven tai louhosjärvien vedenlaatu muodostuu osoitettua huonompilaa-
tuisiksi tai erityisesti huonolaatuista vettä esiintyy louhosjärven pintaosissa,
missä haitta-aineiden kulkeutumisriski ympäristöön on tyypillisesti suurimmil-
laan.
 - o Heikkolaatuinen suotovesi voi heikentää pohjaveden laatua kaivosalu-
een pohjois- ja koillispuolella.
 - o Heikkolaatuinen pohjavesi voi mahdollisesti purkautua pintavesiin, esi-
merkiksi suoalueilla.
 - h) Louhosjärvien vuorovaikutus ympäröivän alueen pohjavesien kanssa osoittau-
tuu arvioitua suuremmaksi.
 - o Heikkolaatuinen suotovesi voi heikentää pohjaveden laatua kaivosalu-
een pohjois- ja koillispuolella.
 - o Heikkolaatuinen pohjavesi voi mahdollisesti purkautua pintavesiin, esi-
merkiksi suoalueilla.
 - i) Alueelta poistuvat pintavedet kokonaisuudessaan ovat arvioitua heikkolaatui-
sempia.
 - o Veden laatuun ja vesiekologiaan kohdistuu vaikutuksia Kohisevanpuros-
sa, Mustinjoessa tai jopa Jormasjärven Mustinlahdessa.
 - j) Valittava vesienhallintastrategia osoittautuu riittämättömäksi.
 - o Veden laatuun ja vesiekologiaan kohdistuu vaikutuksia Kohisevanpuros-
sa, Mustinjoessa tai jopa Jormasjärven Mustinlahdessa.
- Alustavasti on tunnistettu seuraavat paikkakohtaiset mahdollisuudet:
- k) Maaston muotojen muokkauksella voidaan edistää biodiversitettia.
 - l) Maaston muotojen muokkauksella voidaan luoda soveltuvia elinolosuhteita
uhanalaisille lajeille.
 - m) Alue palaa soveltuvilta osin metsätalouden käyttöön.
 - n) Alueen tiestöä ja varikoita pystytään hyödyntämään metsätalouden tai muun
toiminnan piirissä.

5.3 Toimenpiteet mahdollisuuksien optimoimiseksi ja riskien minimoimiseksi

Tässä kuvataan jo suunnitellut tai toteutetut toimenpiteet riskien minimoimiseksi:

- a) Avolouhosten seinämät luiskataan turvalliseen kulmaan veden pinnan yläpuo-
lella ja muutamien metrien matkalla myös veden pinnan alapuolella.
- b) Kuten a-kohta.
- c) Läjitysalueiden reunat luiskataan turvalliseen kulmaan ja luiskaukset ovat va-
kaat.
- d) Sivukiville ja suotovesien pitkäaikaiskäyttämiseksi on suoritettu karakterisoin-
ti. Edustavuutta tarkistetaan jätejakeiden tarkkailun yhteydessä. Peittorakenne
on sulkemissuunnittelun laskelmissa ja malleissa käsitetty tiivistämättömänä, jo-
ten lisäriskiä ei voi aiheutua esimerkiksi tiivistetyn peittorakenteen ominaisuuksien
heikkenemisestä vaikkapa routavaikutuksen seurauksena.
- e) Peittomateriaalit karakterisoidaan ja edustavuuteen kiinnitetään huomiota. Peit-
torakenne on sulkemissuunnittelun laskelmissa ja malleissa käsitetty tiivistämät-

tömänä, joten tiivistetyn peittorakenteen ominaisuuksien heikkenemisestä vaikkapa routavaikutuksen seurauksena ei tarvitse ottaa huomioon.

- f) Sivukivialueen 1 suotovesien osalta Uutelan louhosjärvi toimii osana vesienkäsittelyä. Sivukivialueen 2 suotovesiä kootaan mahdollisuuksien mukaan suotovesiojiin ja ohjataan vesienkäsittelyyn myös ensimmäisinä sulkemisen jälkeisinä vuosina. Lisäksi louhosjärvistä varaudutaan ohjaamaan ylivuotovesiä käsitteilyyn.
- g) Louhosjärvien kerrostumiskäyttäytyminen on mallinnettu ja parempilaatuisten pintavesikerrosten paksuudet tunnetaan alustavasti. Louhosjärvien veden laatua pyritään optimoimaan myös nopeuttamalla louhosjärvien täyttymistä ohjalla kaivosalueen aluevesiä louhoksiin. Tällöin louhosseinämien hapettumisvaikutus jää jonkin verran vähäisemmäksi.
- h) Louhosjärvien on jo lähtökohtaisesti oletettu olevan kontaktissa ympäristönsä kanssa. Kontaktin suuruus perustuu pohjavesimallinnukseen. Louhosjärvien vesiä tullaan tarkkailemaan täyttymisen aikana ja jonkin aikaa täyttymisen jälkeen. Mikäli tarkkailutulosten perusteella voidaan päätellä riskin kasvaneen, ollaan varautuneita tarkistamaan toimenpidetarpeet. Tarvittaessa voidaan esimerkiksi suorittaa *in situ* –vesienkäsittelyjä louhosjärvessä.
- i) Alueelta lähteviä vesiä on kaavailtu tarkkailtavan kohtuullisen pitkän aikajakson ajan, jolloin toimenpidetarpeet voidaan havaita hyvissä ajoin. Myös vesienkäsittely jatkuu jonkin aikaa kaivoksen sulkemisen jälkeen.
- j) Sulkemissuunnitelmaa tullaan tarkistamaan ja päivittämään toiminnan aikana lisätiedon karttuessa. Lisäksi tarkkailun avulla toiminnan jälkeen voidaan havaita mahdolliset kasvavat riskit ja muutostarpeet hyvissä ajoin.

6 SULKEMISEN TAVOITTEET

Kaivoksen sulkemisen tavoitteet muodostuvat lainsäädännön määräyksistä, tunnetuista hyvistä käytännöistä, paikallisen ympäristön erityisvaatimuksista sekä tunnistetuista riskeistä ja mahdollisuuksista.

Jälkihoidon yleiset tavoitteet ovat:

- Alue tulee saada fyysisesti ja kemiallisesti mahdollisimman stabiiliin tilaan.
- Alueesta ja siellä olevista rakenteista ei saa aiheutua haittaa tai vaaraa ympäristölle, eläimille tai ihmisille, lyhyellä tai pitkällä aikavälillä.
- Minimoidaan tarve suljetun alueen aktiiviseen ylläpitoon ja hoitoon pitkällä aikavälillä.
- Jälkihoito on toteutettava siten, että varsinainen implementointityö voidaan toteuttaa alue- ja ympäristöturvallisuutta vaarantamatta ja hyvää työturvallisuutta noudattaen.
- Liikkuminen alueella ja sen ympäristössä on pitkällä aikavälillä mahdollisimman vähän rajoitettua.
- Alue palautetaan biologisesti monimuotoiseksi elinympäristöksi. Vaihtoehtoisesti alue ohjataan paikalliset tarpeet huomioivaan ja ympäristön kannalta kestävään uuteen maankäyttöön.
- Alue sopeutuu maisemaan.
- Jälkihoito on kustannusten osalta realistista ja kohtuullista.

Jälkihoidon paikkakohtaiset tunnistetuista riskeistä ja mahdollisuuksista johdetut sulkemistavoitteet esitetään alla.

- a) Avolouhosten alueille pääsyä on rajoitettu turvallisuuden kannalta riittävästi louhosjärvien vedenpinnan ollessa vielä alhaalla.
- b) Louhosjärvien veden pinnan yläpuolelle jäävät luiskat on muotoiltu siten, että alueella liikkuminen on turvallista. (Vaihtoehtoisesti alueella liikkumista on rajoitettava myös pitkällä aikavälillä.)
- c) Läjitysalueiden luiskaukset ovat vakaat myös pitkällä aikavälillä ja muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa.
- d) Haitta-aineiden määrät läjitysalueiden suotovesissä on minimoitu rakenteiden avulla *ja/tai*
- e) Läjitysalueilla muodostuvien suotovesien määrää on rajoitettu riittävästi *ja/tai*
- f) Läjitysalueiden suotovesien imeytymistä pohjaveteen on rajoitettu riittävästi, siten että pohjavesille asetetut ympäristön laatumormit eivät ylitä kaivosalueen alapuolisella alueella pohjaveden virtaussuunnassa (pohjois- ja koillispuolella)
- g) Louhosjärviin muodostuu keskipitkällä aikavälillä selkeä kerrostuneisuus. Pintaosista (missä kontakti ympäristön kanssa on todennäköisesti suurin) ympäristöön kulkeutuva vesi ei aiheuta kaivoksen (virtaussuunnassa) alapuolisen alueen pohjavesissä tai pintavesissä ympäristön laatumormien ylityksiä. Pitkällä aikavälillä kerrostuneisuuden merkitys vähenee ja veden laatu paranee.
- h) -
- i) Alueelta poistuvat pintavedet eivät aiheuta ympäristön laatumormin ylityksiä Kohisevanpurossa, Mustinjoessa eikä Jormasjärven Mustinlahdessa. Lisäksi näiden vesistöjen ekologinen tilaluokitus ei heikkene kaivoksen sulkemisen seurauksena.
- j) -

- k) Alueella luodaan soveltuvilta osin luonnollisen kaltaisia maastonmuotoja, joiden avulla myös edistetään alueelle palaavan luonnon monimuotoisuutta.

7 TOIMENPIDESUUNNITTELUN JA VAIKUTUSARVIOINNIN TUEKSI LAADITUT SELVITYKSET

7.1 Sivukivialuemalli (maaperä-kasvillisuus-ilmastomalli)

Sivukivialuetarkastelu ja alustava peittorakennearviointi tehtiin maaperä-kasvillisuus-ilmastomallin avulla. Sivukivialueen osavesitasetta tarkasteltiin erityisesti peitetyn sivukiviläjityksen läpi suotautuvan veden määrän selvittämiseksi. Lisäksi haluttiin tietoa vedellä kyllästyneen massan pinnan asemasta ja läjityksen kosteusolosuhteista yleensä. Tämä tehtiin mallintamalla sivukivialueen vertikaalista maaprofiilia alustavalla tarkkuudella HYDRUS 1D-mallilla (Hydrus-1D).

Mallinnuksessa hyödynnettiin sivukivialue 1:n (nykyinen alue) tietoja. Rakenne ylhäältä alaspäin käsitti peittorakenteen (0,75 m siltistä hiekkamoreenia), enintään 40 m (sisältäen peittorakenteen) sivukiveä ja alapuolella olevan 0-3 m kerroksen soramoreenia tai siltistä hiekkamoreenia. Paikoin moreenin päällä on turvekerros. Laskennan ollessa toistaiseksi vielä alustava, moreenin ja sivukiven ominaisuudet syötettiin malliin kirjallisuustiedon pohjalta. Syötteet kuvataan tarkemmin mallinnusraportissa (Liite 1).

Laskentaan tarvittavat sääolosuhteet arvioitiin SYKE:n WSFS-mallin kolmannen vaiheen valuma-alueille lasketuista sadanta- ja lämpötilatiedoista. (SYKE 2019a) Käytetyn valuma-alueen numero oli 59.883. Keskimääräinen sadanta alueella laskettuja jaksolle 2010–2017 oli 800 mm/a, ja vastaavan jakson keskilämpötila oli 2,93 °C.

Mallinnustulokset osoittivat huomattavaa kosteuden vuodenaikaisvaihtelua peittorakenteessa, mutta jossain määrin vuodenaikaisvaihtelu ulottui myös sivukiven pintaosiin. Syvemmillä olosuhteet muodostuivat melko vakaiksi. Ulosvirtaaman keskiarvoksi saatiin 0,68 mm/vrk, mutta tässäkin oli huomattavaa vuodenaikaisvaihtelua (0,2–1,7 mm/vrk). Kyllästymisasteen vaihtelua esiintyi koko profiilissa, mutta erityisen voimakkaasti peitossa. Kyllästymisaste oli kuitenkin korkeampi sivukiven alapuolisessa maassa kuin sivukivessä. Pohjaveden pinnan taso jäi läjityksen alapuolelle.

Keskeisiä suunnitteluun vaikuttaneita havaintoja olivat:

- Läjityksen sisä- tai pohjaosiin ei muodostu niin vedellä kyllästyneitä olosuhteita, että tämä yksinään riittäisi estämään sulfidimineraalien hapettumista merkittävässä määrin.
- Peitossa tulee esiintymään kosteusvaihteluita, jotka vaikuttavat myös kaasunvaihtoon (siis hapen kulkeutumiseen) peiton läpi sivukiveen. Kaasunvaihdon kannalta optimaalista kosteustilaa on haasteellista saavuttaa. Turvallisinta on siis käyttää suunnitteluparametrina alhaisempaa ja realistisempaa kyllästyneisyystilaa.
- Ulosvirtaaman keskiarvo, 0,68 mm/vrk ja peiton kyllästyneisyysaste 0,65 otettiin käyttöön seuraaviin työvaiheisiin eli geokemian mallintamiseen ja suotoveden määrä- ja laatuennusteiden laadintaan.

Peittorakennetta ei mallinnuksessa käsitelty erityisesti tiivistettynä. Mahdollinen tiivistäminen toteutusvaiheessa vaikuttaisi suotovesien määrään vähentävästi. Kun peitto tarkastellaan tiivistämättömänä, ei ole tarpeellista huomioida tiiviskerroksen ominaisuuksien heikkenemistä ajan funktiona.

7.2 Suotovesimalli

Sivukivialueiden ja louhosseinämien suotovesiennusteiden laadinnat käsittivät keskeisimpinä osatoina seuraavat:

- Vesi-kiintoainekontakti skaalattiin hyödyntäen sivukivialueiden dimensioita ja massamääriä, ilmastotietoja. Vetyperoksidihapetuksissa vapautuneiden aineiden määrät suhteutettiin kirjallisuusperusteisesti ns. teoreettiseen viikkoliuokseen. (Kosteuskammiokokeen viikkoliuoksen skaalaamisesta on enemmän tutkittua ja todellisuuteen kalibroitua tietoa.) Skaalauksessa huomioitiin todellisuuden ja laboratorionäytteen raekokoero (hapettuvien pintojen pinta-alaero) sekä lämpötilaero. Lisäksi huomioitiin keskeisten kivilajien määräsuhteet sekä läjityksessä että louhosseinämissä.
- Happivuo eli hapen kulkeutuminen ilmakehästä peittorakenteen läpi sivukiveen laskettiin matemaattisen kaavan avulla. Laskenta perustuu veden ja ilman väliseen diffuusiokertoimen eroon, peittomateriaalin vedellä kyllästymisasteeseen, Henryn vakioon hapelle, tortuositeettiin ja neste- ja kaasufaasien väliseen eroon tortuositeetissa^[1].
- Happivuon avulla rajattiin maksimaalinen mahdollinen vuotuinen sulfidien hapettuminen hapettumistuotteiden muodostuminen. Yksinkertaistuksen vuoksi laskenta tehtiin käsitellen sulfidit rikkikiisuna, vaikka kohteessa on erilaisia kiisuja käsittäen sekä mono- että di-sulfideja. Vetyperoksidihapetuksessa muodostuneen sulfaatin ja happivuon perusteella muodostuvan laskennallisen sulfaatin määräsuhteella skaalattiin myös muiden sulfidien hapettumiseen liittyvien alkuaineiden vuotuinen vapautuminen.
- Geokemiallinen tasapainomallintaminen suoritettiin tasapainottamalla edellä kuvattujen skaalauksien avulla muodostettu liuos ferrihydraatin muodostumisen suhteen, minkä arvioitiin todennäköisimmäksi yleisimmäksi muodostuvaksi sekundäärimineraaliksi. Mallinnustyökaluna oli Geochemist Workbench 12.0 ja termodynaamisena referenssinä käytettiin Minteq kirjastoa. Mallinnuksen tuloksena saatiin lopulliset suotoveden laadut.

Happivuoksi tarkastellulle moreenipeitolle (kyllästysasteessa 0,65) saatiin 50 mol/m²/vuosi. Sivukivialueiden suotoveden laadut kuvataan kappaleessa 8.4.5.

Tasapainomallissa huomattavaa on, että suotovedestä poistuu sorption kautta luontaisesti mm. arseenia, kuparia ja nikkeliä. Mallinnus osoittaa myös, että suotovesi itsessään muodostuu ylikylläiseksi mm. sekundäärisistä raudan oksidimineraleista ja jaro-siitista. Mallinnusten ja laskentojen tarkemmat oletukset kuvataan liitteessä 2.

7.3 Pohjavesimalli

Louhosjärvien ja pohjaveden välisiä virtauksia simuloitiin samalla numeerisella MODFLOW-mallilla, joka laadittiin louhoksen laajennuksen pohjavesivaikutusten arvioimista varten. Mallin reunaehdot muutettiin asettamalla painekorkeudet louhosten seinämillä ja pohjilla oletetulle louhosjärven pinnankorkeudelle. Koska malli kuvaa stationääristä tilannetta eikä transienttia, sillä oli mielekäästä simuloida vain louhosjärvien täyttymisen loppuvaihetta, jossa pohjavesisysteemin muutos ei enää ole yhtä nopeaa kuin varhaisessa vaiheessa.

Taulukossa 7-1 on esitetty lasketut pohjaveden virtaukset louhosjärviin, niistä takaisin kallioon ja näiden erotus eli nettovirtaus järveen. Alin mallinnettu pinnankorkeus oli 216 m, joka on mallissa käytetyn laskentahilan toiseksi ylimmässä kerroksessa, Uutelan louhoksen kohdalla 1 m ja Viinakorven louhoksen kohdalla 6 m kerroksen alapintaa korkeammalla. Näin kaikki kalliota kuvaavat mallin kerrokset olivat kaikissa laskentata-

^[1] Tortuositeetti kuvaa sitä, kuinka ääni joutuu mutkittelemaan materiaalinhuokosissa ja se riippuu huokosten muodosta.

pauksissa suorassa kontaktissa louhosjärvien veteen. Simulaatio toistettiin useilla eri pinnankorkeuksilla, jotka oletettiin louhosjärvissä samoiksi. Pinnankorkeutta korotettiin vaiheittain siihen asti, että mallin mukainen pohjaveden virtaus järvistä kallioon kasvoi suuremmaksi kuin virtaus kallioista järviin. Eli taso, jolla järvet olisivat tasapainossa kallio-pohjaveden kanssa, oli ohitettu. Tasapainopinnankorkeus on tulosten perusteella noin 226,5 m, jossa vuoden 2018 topografian mukaan kumpikin järvi jo tulvisi koillisreunansa yli. Silloin pohjaveden läpivirtaus olisi mallinnuksen mukaan Uutelassa n. 40 m³/d ja Viinakorvessa n. 20 m³/d. Alueen pinnanmuodosta johtuvan pohjaveden yleisen virtaussuunnan mukaisesti louhosjärvien läpi virtaava pohjavesi tulisi etupäässä lounaan suunnasta ja se poistuisi koilliseen.

Mallinnuksessa ei otettu huomioon suoraa sadantaa louhosjärviin eikä mahdollista pintavaluntaa. Jos oletetaan haihdunnan olevan 50 % sadannasta, sadevedettä kertyy keskimäärin 110 m³/d Uutelan ja 50 m³/d Viinakorven louhosjärveen. Nämä luvut ovat samaa luokkaa kuin nettovirtaus pohjavedestä sillä pinnankorkeuden tasolla, johon louhosjärvet todennäköisesti luonnostaan asettuisivat.

Taulukko 7-1. Pohjavesimallilla lasketut virtaukset louhosjärvien ja pohjaveden välillä eri pinnankorkeuksilla.

Pinnankorkeus (mmpy)	Uutelan louhosjärvi			Viinakorven louhosjärvi		
	Virtaus kallioon (m ³ /d)	Virtaus järveen (m ³ /d)	Nettovirtaus järveen (m ³ /d)	Virtaus kallioon (m ³ /d)	Virtaus järveen (m ³ /d)	Nettovirtaus järveen (m ³ /d)
216	0	299	299	0	204	204
217	0	258	258	0	176	176
220	0	209	209	0	125	125
223	1	129	128	3	72	69
225	17	71	54	11	40	28
226	32	50	18	17	26	9
226,5	42	39	-4	21	20	-2
227	50	33	-17	24	15	-9

7.4 Louhosjärvimalli

Louhosjärvien käyttäytymisen arvioinnissa keskeinen asia on järven täyttymisen jälkeen järvestä pinta- tai pohjavesiteitse poistuvan veden määrän ja laadun arviointi. Veden laatuun vaikuttavat oleellisesti louhokseen täyttymisen aikana ja sen jälkeen valuvien vesien määrä ja laatu, järven täyttymisaika ja mahdollinen suolaisuuskerrostumisen muodostuminen järveen.

Järvien täyttymistä ja kerrostumista tarkasteltiin syvyysuuntaisella 1D-järvimallilla. Tarkempi selostus käytetystä mallista ja saaduista tuloksista löytyy liitteestä 3.

Mallitarkastelussa testattiin järven täyttymistä, suolapitoisuutta eri kerroksissa, ja lopputilanteen vedenlaatua seuraavilla skenaarioilla:

- Uutela A: Louhokseen ohjataan mahdollisimman vähän vesiä, ts. tulevat vedet ovat sadevesi, reuna-alueilta louhokseen päätyvä vesi ja pohjavesi.
- Uutela B: Louhokseen ohjataan skenaarion A vesien lisäksi myös nykyisen sivukivikasan suotovedet.
- Uutela C: Louhokseen ohjataan skenaarion B vesien lisäksi pintavesiä yläpuoliselta valuma-alueelta louhoksen täyttymiseen asti, minkä jälkeen pintavesien ohjaus käännetään pois louhosjärvestä.

- Viinakorpi A: Louhokseen ohjataan mahdollisimman vähän vesiä, ts. tulevat vedet ovat sadevesi, reuna-alueilta louhokseen päätyvä vesi ja pohjavesi.
- Viinakorpi B: Louhokseen ohjataan edellisen skenaarion lisäksi yläpuolisen valuma-alueen pintavesiä louhoksen täyttymiseen asti, minkä jälkeen pintavesien ohjaus käännetään pois louhosjärvestä.

Mallinnuksen tavoitteena oli löytää skenario, jossa täyttyneen järven pintakerroksen suolapitoisuus ja siten myös metallipitoisuudet, olisivat pieniä. Tyypillisesti louhosjärven suolakerrostuminen vaikuttaa positiivisesti poistuvan veden laatuun, joten tässä tarkasteltiin erityisesti myös suolakerrostumisen muodostumista.

Edellisten skenaarioiden tulosten pohjalta parhaiten tavoitteita noudattava tulos saatiin skenaariolla Uutela C ja Viinakorpi B, joissa yläpuolisen valuma-alueen vesiä ohjataan louhokseen niiden täyttymisen aikana. Näissä skenaariossa suolakerrostuminen oli selvä, jolloin pintakerroksen suola- ja metallipitoisuus jäi lopputilanteessa pieneksi. Louhoksen täyttymisajaksi Uutelan louhokselle saatiin noin 35–45 vuotta, ja Viinakorven louhokselle noin 10–20 vuotta.

Pidemmällä aikajaksolla tarkasteltuna (>100 vuotta) suolakerrostumisen raja siirtyy louhoksessa hitaasti syvemmälle tuulen aiheuttaman pintaveden ja syvemmän suolaisen veden sekoittumisen johdosta, mikäli louhokseen valuvien vesien suolapitoisuus pidemmällä jaksolla vähenee.

Mallitarkastelu on alustava, ja riippuu paljon esim. pohjavesivirtaaman määrästä ja laadusta, joita ei kaivoksen toimintavaiheessa tiedetä tarkasti. Mallia voidaan jatkossa tarkentaa toiminnanaikaisten mittausten perustella.

7.5 Epävarmuudet

Selvitystyön aikana on kirjattu seuraavia keskeisiä epävarmuuksia:

- Sivukiven paikkakohtaiset fysikaaliset tiedot puuttuvat. Työssä on käytetty kirjallisuusperusteisia syötteitä.
- Moreenin fysikaaliset tiedot ovat alueellisia ja osin kirjallisuusperusteisia. Paikkakohtaisia mittauksia tarvitaan, mikäli arvioita halutaan tarkentaa.
- Geokemian tasapainomallit on laadittu sivukivien tasaiselle seokselle. Todellisuudessa sivukivialueilla on kuitenkin eri kivilajien dominoimia vyöhykkeitä, joissa suotovesien muodostuminen ja saostumisolosuhteet poikkeavat toisistaan. Vastaava epävarmuus liittyy myös louhosseinämien käsittelyyn geokemiallisessa mallinnuksessa.
- Kiilleliuskeesta ei ollut tarkastelussa käytettävissä rikkipitoisuuden osalta edustavaa näytettä tai näytteitä (siis näytettä, josta olisi saatavilla riittävä analyysivalikoima). Mallinnus perustuu keskimääräistä korkeampiin näytteeseen ja tuottaa siksi todennäköisesti yliarvion haittavaikutuksista.
- Talkkimagnesiitissa on keskimäärin eniten nikkeliä sivukivilajeista ja sen pitkäaikaiskäyttämiseen liittyy huomattavaa epävarmuutta käytetyn analyysimenetelmän takia. Käytetty pitoisuus saattaa olla huomattava aliarvio.
- Toiminnan aikana läjitykseen kerääntyvä vapautuneiden haitta-aineiden varasto aiheuttaa epävarmuutta alkuvuosien suotoveden laatuun.
- Pohjaveden laadun syvyysuuntainen vaihtelu alueella on heikosti tunnettu ja tämä aiheuttaa epävarmuutta louhosjärven mallinnustyössä.

8 TOIMENPIDESUUNNITTELU

8.1 Aikaisempi toimenpideratkaisu (toimenpideratkaisu 1.0)

Aikaisempi toimenpideratkaisu on esitetty kaivoksen kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmassa joka on päivätty 22.12.2015 (Ramboll Finland Oy 2015). Ratkaisu osakohdeittain esitetään alla:

Maa-ainesten läjitysalue

- Osa maa-ainesten läjitysalueelle läjitetyistä maamassoista hyödynnetään maarakentamisessa sekä maisemoinnissa
- Osa läjitetyistä maamassoista maisemoidaan paikalleen.

Sivukiven läjitysalue

- Sivukiven läjitysalueen ylimmäksi sallituksi täyttötasoksi on asetettu $N_{60}+270$ metriä.
- Läjitysalueen muotoilua ja maisemointia tehdään, kun läjitysalue tai sen osa on saavuttanut lopullisen muotonsa ja korkeutensa.
- Luiskatun ja kiilatun läjitysalueen päälle levitetään 0,3 metriä paksu kasvukerros, joka tehdään moreenista ja turpeesta.
- Kasvukerroksessa hyödynnetään kaivosalueen poistettuja maita.

Muut alueet

- Nykyisen toiminnan loputtua alueella sijaitsevat rakenteet puretaan tarvittavilta osin.
- Käytöstä poistettavat laitteet, koneet ja rakenteet hyödynnetään ja/tai toimitetaan asianmukaiseen jätteenkäsittelyyn. Polttoaineet, kemikaalit ja muut prosesseihin liittyvät apuaineet hyödynnetään toiminnan loppuvaiheessa mahdollisimman tehokkaasti. Toiminnan loputtua alueelle voi jäädä käyttämättömiä materiaaleja, jotka toimitetaan asianmukaiseen käsittelyyn. Myös kyseisten aineiden säiliö- ja varastointirakenteet puretaan ja toimitetaan asianmukaiseen käsittelyyn.

8.2 Alustavat vaihtoehtotarkastelut

Sulkemissuunnitelmapäivityksen alkuvaiheessa (YVA-vaihe) valittiin alustavasti tarkasteltavaksi alla esitettäviä vaihtoehtoja. Kaksi ensimmäistä vaihtoehtoa perustui nykyiseen läjityssuunnitelmaan ja peittorakenteisiin (~toimenpideratkaisu 1.0), mutta kolmannessa ja neljännessä harkittiin myös läjitystavan modifioimista:

- 1) Toteutetaan aikaisemman sulkemissuunnitelman mukainen ratkaisu: moreenipeitto, korkean neutralointikapasiteetin kivien sijoittaminen läjitysalueiden pohjaan sekä korkeampiin osiin ja sulfidipitoisten kivien sijoittaminen läjitysten sisäosiin. Toteutetaan sekä nykyisellä että uudella sivukiven läjitysalueella.
- 2) Selvitetään, onko mahdollista luoda läjitykseen sellaisia olosuhteita, että läjityksen sisäosissa korkeimman sulfidipitoisuuden kivi saadaan vedellä kyllästettyyn (vähähappiseen) tilaan, mutta läpivirtaama on kuitenkin suhteellisen pieni. Tämä vaatii numeerista mallintamista, jonka luonnostelussa alustana on sivukivi-alueen toiminnan käsitteellinen malli.

- 3) Jatkossa muodostuvat korkeamman sulfidipitoisuuden sivukivet läjitetään erikseen siten, että niiden läjityksessä voidaan soveltaa tiiviimpiä pohja- ja peittorakenteita kaasunvaihdon, läpivirtaaman ja ympäristökontaktin minimoimiseksi.
- o 3a) Erilaatuisten sivukivien läjittäminen erikseen nykyisen sivukivialueen laajennuksen alueella.
 - o 3b) Erilaatuisten sivukivien läjittäminen erikseen uudella sivukivialueella.
- 4) Jatkossa muodostuvat korkeimman sulfidipitoisuuden sivukivet läjitetään ensimmäisenä päättyvän louhoksen pohjalle kaasunvaihdon minimoimiseksi.

Vaihtoehtotarkastelu suoritettiin karkealla tasolla. Tämän tuloksena valittiin yksi vaihtoehto, joka esitetään tarkemmin uutena toimenpideratkaisuna 2.0. Työläämmän laskelmat, mallinnukset ja vaikutusarviot on laadittu toimenpideratkaisu 2.0:lle. Mallinuksista kuitenkin maaperä-kasvillisuus-ilmastomallinnus laadittiin kuitenkin jo varhaisessa vaiheessa ja se oli tukemassa myös vaihtoehtotarkastelua ennen toimenpideratkaisua 2.0.

Taulukko 8-1. Vaihtoehtojen karkea tarkastelu

Vaihtoehto	Positiivista	Negatiivista tai epävarmaa
1. Vanha sulkemissuunnitelma	<ul style="list-style-type: none"> • Peittomateriaalia on paikallisesti saatavilla. • Paikallinen moreeni on suhteellisen hienoainespi-toista ja alueen moreeneja voitaneen pitää pääsääntöisesti suhteellisen alhaisen hydraulisen johtavuuden omaavina materiaaleina. • Alimmaiseksi läjitettävän kiven neutralointikapasiteetti pystyy jossain määrin rajoittamaan joidenkin metallien liikkuvuutta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maaperä-kasvillisuus-ilmastomallinnuksella pystyttiin varmentamaan, että johtuen erityisesti sivukiven karkeudesta, peittomateriaalia ei saada asettumaan optimikosteuteen pidempiaikaisesti. Optimikosteudella tarkoitetaan tässä kosteutta, jossa happivuo minimoituu. • Kokemusperäisesti on syytä olettaa, että karkeassa sivukivessä hapen saatavuus on hyvä varsin syvälläkin. Näin ollen ilman tiivispeittoa korkearikkisen kiven sijoittaminen läjityksen sisäosiin ei todennäköisesti merkittävästi vähennä sen hapettumista (ellei läjitykseen muodostu merkittäviä jääkerroksia, mikä on toki mahdollista esimerkiksi pitkään ajokäytössä olevilla pinnoilla, joille kertyy hienoainesta ja talvikaudella lunta). • Alimmaiseksi läjitettävän kiven neutralointikapasiteetti ei pysty riittävästi rajoittamaan esimerkiksi nikkelin liikkuvuutta, koska nikkeli pysyy hyvin liukoisena myös neutraaleissa olosuhteissa.
2. Vedenkyllyystämien olosuhteiden luominen läjityksen sisäosiin.	<ul style="list-style-type: none"> • Mikäli onnistuttaisiin luomaan vedenkyllystämiä olosuhteita, myös pysyvi-en/pitkäaikaisten jääkerrosten muodostuminen olisi varsin todennäköistä ja mitattavaa. Jää on vettä pysyvämpi eriste ja minimoi happivuon tehokkaasti. 	<ul style="list-style-type: none"> • Maaperä-kasvillisuus-ilmastomallinnuksella pystyttiin varmentamaan, että käytettävissä olevilla toimenpiteillä (esimerkiksi peittorakennetta säätämällä) ei pystytä luomaan läjityksen sisäosiin vedenkyllystämiä olosuhteita. Vedenkyllystämät olosuhteet läjityksen sisäosissa (korkearikkisessä kivessä) vähentäisivät sulfidien hapettumista ilman tiivispeittoakin. • On myös varmistettu, että virhearvion sivukiven karkeusasteesta tulisi olla äärimmäisen suuri, jotta yllä esitetyt maa-

		perä-kasvillisuus-ilmastomalliin perustuvat päätelmät osoittautuisivat vääriksi.
3a. Eri kivilaatujen erikseenläjitys nykyisellä sivukivialueilla (pois lukien jo läjitetty massa)	<ul style="list-style-type: none"> Pystytään todennäköisesti vähentämään sulfidien hapettumista merkittävästi, ilman että kaikkea sivukiveä tarvitsee peittää erittäin tiiviisti. 	<ul style="list-style-type: none"> Nykyisellä sivukivialueella on jo läjitettyä kiviä siten, että myös korkearikkistä on kasan sisäosissa. Tämä voidaan joutua peittämään erityisen tiiviisti, mikäli suotovesistä tuleva kuorma ja ympäristövaikutukset laskentatuloksissa osoittautuvat liian suuriksi. Nykyisellä sivukivialueella jouduttaisiin tekemään viisto tiivisseinämä nykyisen ja laajennusosan väliin. Toteuttaminen ja eheänä säilyttäminen läjityksen edistytessä voivat olla haasteellisia.
3b. Eri kivilaatujen erikseenläjitys uudella sivukivialueella	<ul style="list-style-type: none"> Pystytään todennäköisesti vähentämään sulfidien hapettumista merkittävästi, ilman että kaikkea sivukiveä tarvitsee peittää erittäin tiiviisti. 	<ul style="list-style-type: none"> Nykyisellä sivukivialueella on jo läjitettyä kiviä siten, että myös korkearikkistä on kasan sisäosissa. Tämä voidaan joutua peittämään erityisen tiiviisti, mikäli suotovesistä tuleva kuorma ja ympäristövaikutukset laskentatuloksissa osoittautuvat liian suuriksi.
4. Sivukiven läjitys louhoksen pohjalta.	<ul style="list-style-type: none"> Kallioperän rikkonaisuuden määrä syvemmällä louhoksessa on arvioitu suhteellisen alhaiseksi eikä rikkonaisen pintakallion paksuus ole tiettävästi erityisen suuri. Näissä olosuhteissa kulkeutumiskerrokset ovat vähäisempiä (olettaen, että haitta-aineiden siirtymistä mahdolliseen yläpuoliseen vesipatjaan voidaan rajoittaa). Sivukiven läjittäminen louhokseen jättää pienemmän pinta-alajalanjaljen. 	<ul style="list-style-type: none"> Samaa sivukiveä voidaan joutua kuljetamaan kahteen otteeseen. Tuotanto-suunnitelma/ louhintasuunnitelma voidaan laatia siten että louhinta toisessa louhoksessa loppuu ennemmin ja siten mahdollistaa täytön ilman ylimääräistä kuljetusta. Näin tarkkoja louhintasuunnitelmia ei ole kuitenkaan vielä tehty.. Mikäli sivukivialueella muodostuu toiminnan aikana merkittäviä jääkerroksia, voidaan joutua suorittamaan myös ylimääräisiä räjäytystöitä kiven siirtämiseksi. Louhoskuivatusta joudutaan jatkamaan tuotannon jälkeenkin, kunnes läjitykset ovat valmiita. Menettelyssä muodostuu läjitysvaiheessa todennäköisesti huonolaatuisia kontaktivesiä suurempi määrä kuin erillisellä sivukivialueella muodostuisi. Pohjavesivuotoja ja sadantaa louhokseen ei voida estää.

8.3 Toimenpideratkaisusta 1.0 ratkaisuun 2.0

Alkuperäisestä toimenpideratkaisusta 1.0 siirryttiin toimenpideratkaisuun 2.0 ja edelleen toimenpideratkaisuun 2.1, joka esitetään seuraavassa kappaleessa. Keskeisiä perusteluja siirryttäessä toimenpideratkaisusta 1.0 ratkaisuun 2.0 olivat:

- Vain 30 cm:n moreenikerrosta on vaikea saada pysymään sellaisessa kosteudessa, että se aidosti hidastaa kaasunvaihtoa. Lisäksi sitä on vaikea käyttää kaasunvaihtoa hidastavana jo siitäkin syystä, että moreenikerroksen levittämisen laadunvarmistuksen virhemarginaali on jo suuri prosentti näin ohuesta kerroksesta. Lisäksi ohuessa kerroksessa moreenimateriaalin luonnolliset laadunvaihtelut vaikuttavat suuresti.

- Ohut moreenikerros olisi ollut perusteltavissa vain, jos korkearikkinen jäte jäisi sivukivialueen sisäosissa vedenkyllästämään tilaan. Jo varhaisessa maaperäkasvillisuus-ilmastomallinnuksessa kuitenkin todettiin, että (epävarmuudetkin huomioiden) vedenkyllästämien olosuhteiden muodostuminen läjityksen sisäosiin on epätodennäköistä.
- Sulkemistoimenpiteiden ajaksi ja sulkemisen jälkeisille alkuvuosille katsottiin tarvittavan vesienkäsittelyä. Tällä aikavälillä myös arvioiden riskit ovat suurimmillaan, sillä toiminnan aikana läjitykseen kerääntyvä vapautuneiden haitta-aineiden varasto aiheuttaa epävarmuutta alkuvuosien suotoveden laatuun.
- Uutelan louhosjärveä hyödynnetään suotovesien käsittelyn osana sivukivialueella 1.
- Louhosjärvien veden laatua parannetaan johtamalla aluevesiä louhoksiin täyttymisen aikana. Tämä perustuu jäännöslouheen ja seinämien hapettumisen vähentämiseen kyllästämällä nämä vedellä.

8.4 Uusi toimenpideratkaisu 2.1

Toimenpideratkaisua on hiottu vielä 2.0-versioon perustuvien mallinnusten jälkeen. Tässä kappaleessa esitetään paranneltu ratkaisu 2.1. On kuitenkin huomattava että sivukivialueiden suotovesiarvio ja louhosjärvimallit perustuvat toimenpideratkaisuun 2.0. Tämä siis tarkoittaa että vaikutusten pitäisi jäädä arvioitua vähäisemmiksi. Alla esitetään toimenpideratkaisu 2.1 osakohteittain.

Muutos siirryttäessä toimenpideratkaisusta 2.0 ratkaisuun 2.1

- Korkearikkisen sivukiven läjittäminen erikseen sivukivialueella 2.
 - Perustelu 1: sivukivialueella 2 louhosjärveä ei voida hyödyntää suotovesien laadun parantamisessa pitkällä aikavälillä, kuten sivukivialueella 1.
 - Perustelu 2: BAT 5, riskien ja vaikutusten arvioinnin kautta on todettu varmemmaksi läjittää korkearikkinen sivukivi erikseen, vaikka BAT 7:n mukaisia eri luokkia Uutelan ja Viinakorven sivukivissä ei esiinnykään.
- Sivukivialueiden peittorakenteen alimman kerroksen n. 30 cm tiivistäminen.
 - Perustelu 1: Erityisesti sivukivialueella 1 lisätiivistämistä voidaan suositella riskiperusteisesti, vaikka vaikutusarvioinnissa tiivistämätön hienoinen moreeni näyttäytyy riittävänä. (Riskiperuste liittyy mm. epävarmuuksiin koskien louhosjärven toimintaa suotovesien hallinnassa sekä epävarmuuteen koskien läjitykseen jo varastoitunutta haitta-ainekapasiteettia.)

Rakenteet ja kustannusarvio esitetään liitteessä 4.

8.4.1 Pintamaiden läjitysalueet

Huomioidut vaatimukset:

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

louhosalueen peittorakenne- ja maisemointityössä. Mahdollinen pintamaa-aines, jota ei käytetä peittorakenteessa hyödynnetään siis alueen morfologisessa muotoilussa. Sivukivialueiden peittorakenteen mallintaminen on suoritettu alueen pintamaita vastaavan moreenin kirjallisuuperäisillä parametreillä. Sulkemissuunnitelma oletuksineen siis perustuu paikallisen moreeniaineksen käyttöön.

Myös turvepitoinen moreeni käsitellään käyttökelpoisena materiaalina tiivistämättömässä ylemmässä moreenikerroksessa. On kuitenkin huomioitava vedellä kyllästymättömän turpeen maatumisen kokonaisuudessa vähentävänä tekijänä ja lisättävä kerroksen vahvuutta tarvittavilta osin. Turve kuitenkin tyypillisesti parantaa peittorakenteen ominaisuuksia: se lisää kerroksen vesipitoisuutta ja pienentää siten happivuota. Lisäksi turpeen maatumisen kuluttaa happea ja vähentää hapen tunkeutumista alapuoliseen läjitykseen sitä kautta.

Taulukko 8-2. Sulkemissuunnittelun tarkentuessa huomioitavat asiat.

Suosituksia seuraaviin sulkemissuunnitelmapäivityksiin	Toimenpiteet
<p>Moreenien geotekniset tiedot</p> <p>Pintamaat on kuvattu hienoainesta suhteellisen paljon sisältäviksi hiekkamoreeneiksi ja suunnitteluoletuksena on, että pintamaat edustavat melko alhaisen vedenjohtavuuden moreeneja. Mallinuksissa on käytetty kirjallisuusperäisiä tietoja. Paikallista mitattua tietoa pintamaiden geoteknisistä ominaisuuksista on kuitenkin tärkeää hankkia.</p>	<p>Pintamaiden lisätutkimukset on jo aloitettu.</p>
<p>Moreenien geokemialliset tiedot</p> <p>Moreenien geokemialliset tiedot ovat tällä hetkellä aluemittakaavan laatutietoja. Tiedon edustavuuteen paikallisella tasolla liittyy epävarmuuksia.</p>	<p>Pintamaiden lisätutkimukset on jo aloitettu.</p>

8.4.2 Sivukiven läjitysalueet

Huomioidut vaatimukset:

- Kaivoslaki (621/2011), 15. luku, koskien alueen yleisen turvallisuuden vaatimaa kuntoa toiminnan lopettamisen yhteydessä.
- Ympäristönsuojelulaki (527/2014), 94 §, koskien ympäristön pilaantumisen estämistä.
- Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013), koskien vastuuta jätealueista toiminnan jälkeen ja pilaantumisen tai sen vaaran ehkäisemistä.
- Kaivannaisjätteen hallinnan BREF-asiakirja koskien jäteaineksen fysikaalista ja kemiallista stabiiliteettia.
- Huomioidaan suotovesien mahdollinen välillinen vaikutus alapuolisen vesistön tilaan (lähin luokiteltu alapuolinen vesistö on Jormasjärvi). Suotovesiä voidaan tarvittaessa käsitellä erityisesti ns. huuhtoutumisvaiheen aikana, jolloin vaatimukset kohdistuvat käsitellyn veden laatuun.

Suotoveden ennusteellinen laatu on eräs keskeisistä kaivannaisjätteen sulkemiskäytäntöihin ohjaavista tekijöistä. Sulfidien hapettumista kuvaavina ennusteina käytettävissä on kaivannaisjätteitä kuvaavassa kappaleessa esitetyt NAG-uutteen analyysitulokset sekä kaivosalueen nykyiset vedenlaatutiedot.

NAG-uutteen analyysituloksista todettakoon, että ainakin mustaliuskeessa ja kiilleliuskeessa raskasmetallit ovat merkittävässä määrin sitoutuneet juuri sulfidimineraaleihin. Näin ollen hapettumisreaktiot säätelevät raskasmetallien vapautumista. Toisaalta alueen läjityksen eri-ikäisten osien vertailussa on havaittu suhteellisen vähäisiä eroja veden laadussa ja tällä perusteella on arvioitu, että tässä kohteessa suotovesien laatua saattavat kontrolloida erityisen merkittävästi sekundäärimineraalien muodostus ja keraasaostuminen. Suotovedet on arvioitu neutraaleiksi, mutta esimerkiksi nikkeli pysyy liukoisena kohtalaisen hyvin myös neutraalissa pH:ssa, mikä näkyy myös Uutelan nykyisissä kaivosvesissä.

Tätä taustaa vasten parhaat tulokset on saavutettavissa, kun pyritään ehkäisemään sulfidipitoisten kivien hapettumista ja rajoittamaan suotovesien kulkeutumista ympäristöön.

Sivukiven läjitysalueet suljetaan seuraavien reunaehtojen puitteissa, jotka ovat toimineet myös tässä dokumentissa esitettyjen mallinnusten ja laskelmien syöteparametreina:

Nykyinen sivukivialue eli sivukivialue 1

- Kaikki kivilaadut läjitetään samalle alueelle louhosalueen alkuperäisten suunnitelmien mukaisesti. Suunnitelmiin sisältyy myös talkkimagnesiitin läjitys alimmaiseksi ja korkearikkisen kiven sijoittaminen läjityksen sisään
 - Tässä on keskeisenä perusteluna se, että läjitystavan muuttaminen keskellä sivukivialuetta on haasteellista. Lisäksi sivukivialueella 1 sulkemisen jälkeen Uutelan louhosjärvi toimii sivukivialueen suotovesien vastaanottajana ja louhosjärven prosessit vähentävät haitta-aineiden kulkeutumisriskiä.
- Luiskille muotoillaan vähintään loppukaltevuus 1:3 (keskiarvokaltevuus). Laki-alue muotoillaan lievästi kuperaksi (2,5 %) siten, että merkittävien painaumien muodostuminen estyy ja pintavalunta rankkasateella mahdollistuu.
- Peitteeksi asennetaan 0,75 m moreenia, jossa hienoainesta (<0,06 mm) on yhteensä vähintään 30 %. Tässä oletetaan, että peitto saavuttaa sulan maan aikana vähintään vedenkylästyssasteen 0,65. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää muuta peittoa, jossa happivuo on korkeintaan 50 mol/m²/vuosi.

Uusi sivukivialue eli sivukivialue 2

- Mustaliuske ja korkearikkinen kiilleliuske ($S > 1$ %) läjitetään erikseen muusta kiviaineksesta tiivispohjaiselle osalle sivukivialuetta. Muilta osin sovelletaan aikaisempaa sivukivialueiden rakentamisperiaatetta. *(Tätä erikseen läjitystä ei ole huomioitu malleissa ja vaikutusarvioinneissa, jotka esitetään tässä dokumentissa)*
- Luiskille muotoillaan vähintään loppukaltevuus 1:3 (keskiarvokaltevuus). Laki-alue muotoillaan lievästi kuperaksi (2,5 %) siten, että merkittävien painaumien muodostuminen estyy ja pintavalunta rankkasateella mahdollistuu.
- Normaalikiven ($S \leq 1$ %) peitteeksi asennetaan 0,75 m moreenia, jossa hienoainesta (<0,06 mm) on yhteensä vähintään 30 %. Tässä oletetaan, että peitto

saavuttaa sulan maan aikana vähintään vedenkyllystysasteen 0,65. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää muuta peittoa, jossa happivuo on korkeintaan 50 mol/m²/vuosi.

- Alin n. 30 cm kerros moreenista tiivistetään (*tätä ei ole huomioitu tässä dokumentissa esitettävissä malleissa ja vaikutusarvioinneissa*).
- Mustaliuskeen ja korkearikkisen kiilleliuskeen (S > 1 %) alueella käytetään tiivistä peittorakennetta (kalvopeitto tai vastaavat ominaisuudet).

Sukessiivinen sulkeminen

Sivukivialueita suljetaan sukessiivisesti soveltuvilta osin. Tämä pienentää toiminnan aikana sivukivialueelle kertyvää hapettumistuotevarastoa (haitta-ainevarastoa) ja heijastuu parempana suotoveden laatuuna myös sivukivialueiden peittämisen jälkeen.

Taulukko 8-3. Sulkemissuunnittelun tarkentuessa huomioitavat asiat.

Suosituksia seuraaviin sulkemissuunnitelmapäivityksiin	Toimenpiteet
<p>Sulkemisen jälkeisen suotoveden laatuarvioiden tarkistaminen. Toistaiseksi suotoveden laadun ennustaminen pidemmälle aikavälille perustuu vähäiseen näytemäärään ja edustavuutta on syytä parantaa. Erityisesti kiilleliuskeen tiedetään kuitenkin olevan keskimäärin vähäsulfidisempaa kuin arvioinneissa käytetty näyte. Talkkimagnesiitissa olevan nikkelin pitkäaikaiskäyttämisen arviointi on nykytiedoilla puutteellista. Eri mineraaleihin (silikaatit, sulfidit ja arsenidit) sitoutuneen nikkelin osuuksia ja siten myös liukenemistaipumusta on tarkennettava. Täydellinen nikkelin saostuminen analyysissä ei ole saavutetuissa olosuhteissa todennäköistä.</p>	<p>Jätejakeiden tarkkailun yhteydessä laajennetaan sivukivien karakterisoinnin tietopohjaa. Kiinnitetään erityistä huomioita talkkimagnesiitin täydentäviin analyyseihin ja pitkäaikaiskäyttämisen kuvaamiseen.</p>
<p>Sivukiven geotekniset ominaisuudet Toistaiseksi suunnitteluoletuksena on käytetty kirjallisuudesta löytyviä tietoja sivukiven teknisistä ominaisuuksista, kuten vedenjohtavuudesta.</p>	<p>Sivukiven fysikaalisista ominaisuuksista hankitaan paikallista tietoa seuraaviin päivitysvaiheisiin, jotta voidaan tarkistaa käytettyjen oletusten ja mallinnusparametrien oikeellisuus.</p>
<p>Moreenien geotekniset tiedot Pintamaat on kuvattu hienoainesta suhteellisen paljon sisältäviksi hiekkamoreeneiksi ja suunnitteluoletuksena on, että pintamaat edustavat melko alhaisen vedenjohtavuuden moreeneja. Mallinnuksissa on käytetty kirjallisuusperäisiä tietoja. Paikallista mitattua tietoa pintamaiden geoteknisistä ominaisuuksista on kuitenkin tärkeää hankkia</p>	<p>Pintamaiden lisätutkimukset on jo aloitettu.</p>

8.4.3

Käytöstä poistettavat malmin käsittelyalueet ja varikkoalue

Huomioitavat vaatimukset:

- Kaivoslaki (621/2011), 15. luku, koskien alueen yleisen turvallisuuden vaatimaa kuntoa toiminnan lopettamisen yhteydessä.
- Kemikaaliturvallisuuslaki (390/2005), 133 §, koskien alueen puhdistamista vaarallisista kemikaaleista.
- Ympäristönsuojelulaki (527/2014), 94 §, koskien ympäristön pilaantumisen estämistä.

Alueelta poistetaan koneet, laitteet, jätteet ja kemikaalit. Nämä toimitetaan tarvittavilta osin luvanvaraiseen vastaanottoaikaan. Ennen lopullista (toteuttamisvaiheen) sulkemissuunnitelmaa maaperän ja pohjaveden tila tarkastetaan asianmukaisin menetelmin ja tarvittaessa tehdään kunnostustoimenpiteitä. Tarvittaessa pilaantuneita maa-aineksia voidaan esittää sijoitettavaksi kaivannaisjätteen varastoalueille, mikäli niiden laatu ei ole ristiriidassa kaivannaisjätteen laadun kanssa. Ristiriidalla tarkoitetaan esimerkiksi sellaisten yhdisteiden ja alkuaineiden esiintymistä, jotka voivat edistää toistensa liukoisuutta

Taulukko 8-4. Sulkemissuunnittelun tarkentuessa huomioitavat asiat.

Suosituksia seuraaviin sulkemissuunnitelmapäivityksiin	Toimenpiteet
<p>Maaperän ja pohjaveden laadun tarkistaminen toiminnan aikana ja/tai lopussa</p> <p>Sulkemissuunnittelun viimeisissä vaiheissa (lopullisen toteuttamistasoisen sulkemissuunnitelman laadinnassa), kaivostoiminnan lähestyessä loppuaan, tulee ajankohtaiseksi varmentaa maaperän ja pohjaveden hyvä tila, jotta voidaan liittää mahdolliset puhdistustarpeet lopulliseen yksityiskohtaiseen sulkemissuunnitelmaan.</p> <p>Mikäli alueella on syytä epäillä pilaantumista, vastaavat selvitykset voivat tulla ajankohtaiseksi jo aikaisemmissakin vaiheissa.</p>	<p>Maaperän ja pohjaveden laadun varmentaminen suoritetaan riskiarvioinnin pohjalta ja näytteenotto kohdistetaan tunnistettuihin riskikohtiin.</p>

8.4.4

Louhokset

Huomioitavat vaatimukset:

- Kaivoslaki (621/2011), 15. luku, koskien alueen yleisen turvallisuuden vaatimaa kuntoa toiminnan lopettamisen yhteydessä.
- Ympäristönsuojelulaki (527/2014), 94 §, koskien ympäristön pilaantumisen estämistä.
- Huomioidaan suotovesien mahdollinen välillinen vaikutus alapuolisen vesistön tilaan (lähin luokiteltu alapuolinen vesistö on Jormasjärvi). Ylitevesiä voidaan tarvittaessa käsitellä erityisesti ns. huuhtoutumisvaiheen aikana, jolloin vaatimukset kohdistuvat käsitellyn veden laatuun.

Louhosten veden pinnan yläpuolelle ja veden pinnan tuntumaan pinnan alapuolella jäävät rinteet/luiskat muotoillaan turvalliseksi. Pinnan alapuolelle ulottuvan muotoilun tarkoituksena on mahdollistaa poispääsy veteen joutuneelle ihmiselle tai eläimelle.

Tätä sulkemissuunnitelmaa varten tehdyissä tarkasteluissa louhosjärvien ylivuodot on oletettu jokseenkin nettosadannan suuruiseksi (110 ja 50 m³/vrk), sillä pohjavesimallin sulkemisskenaarioissa läpivirtaama on laskettu ilman sadannan vaikutusta. Arvio on jokseenkin keinotekoinen, mutta mikäli louhosjärviä ei ole syytä pitää pohjaveden purkautumispaikkoina, kyseessä ei todennäköisesti ole ainakaan aliarvio.

Uutelan louhosjärvimallissa testattiin kolmea eri skenaariota ja Viinakorven mallissa kahta eri skenaariota. Skenaarioiden vertailussa päädyttiin siihen, että louhosjärviin johdetaan täyttymisvaiheen aikana kaivosalueen aluevesiä, täyttymisen nopeuttamiseksi. Tämä vähentää jonkin verran louhosseinämien ja jäännöslouheen kontaktiaikaa ilman kanssa ja vähentää siten sulfidien hapettumisessa vapautuvien haitta-aineiden kokonaismäärää. Uutelan louhosjärveen johdetaan lisäksi sivukivialueen 1 suotovedet.

Louhosten syvimpien osien (70 m alapuolella) on pohjavesimallinnuksessa arvioitu olevan suhteellisen ehytkallioisia (tiivittä). Kallion ruheisuus sijoittuu siis pääsääntöisesti pintaosaan. Louhosjärvissä suolaisempi eli painavampi vesi pyrki painumaan syvän-

teeseen ja puhtaampaa vettä pyrkii eriytymään pintaosiin. Louhosjärvimallit osoittavat molempien louhosjärvien kerrostuvan, mutta Viinakorven louhosjärvessä puhtaamman pintakerroksen paksuus muodostuu Uutelan louhosta syvemmäksi. Puhtaampi pinta-kerros ei kuitenkaan kummassakaan ulotu rikkonaisen kallion alapuolelle asti. Toisaalta louhoksen ja seinämien pinta-ala on suurimmillaan aivan pinnan läheisyydessä. Vesien johtaminen louhosjärivistä kuvataan vesienhallinnan yhteydessä.

Syvänteeseen muodostuu varsin todennäköisesti myös pelkistävät olosuhteet, joissa metalleja alkaa keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä palautua sulfidimuotoon. Metallien ja rikin poistumista tätä kautta ei ole toistaiseksi kuitenkaan mallinnettu Uutelan ja Viinakorven louhoksille.

Taulukko 8-5. Sulkemissuunnittelun tarkentuessa huomioitavat asiat.

Suosituksia seuraaviin sulkemissuunnitelmapäivityksiin	Toimenpiteet
<p>Louhosseinämävaikutusten tarkentaminen</p> <p>Louhosseinämät vaikuttavat louhosten vesien laatuun. Louhosseinämät ovat muita kalliopintoja rikkonaisempia tietyllä etäisyydellä louhoksesta ja rikkonainen kalliopinta reagoi ilman, veden ja vedessä olevien aineiden kanssa. Tähän mennessä louhosseinämien kivilajijakaumille on käytetty todellisia pinta-alaosuksia ja sivukivitarkastelun yhteydessä tuotettuja pieneen näytemäärään perustuvia tietoja kivien pitkäaikaiskäyttäytymisestä.</p> <p>On myös huomattava että vaikka louhosseinämien happikontaktia on tarkasteltu numeerisesti, laskennassa on käytetty voimakkaita yleistäyksiä, mikä vaikuttaa myös louhosjärven veden laatuennusteen ja kerrostumisennusteen tarkkuuteen.</p>	<p>Laskelmia voidaan ja kannattaa päivittää esimerkiksi jätejakeiden tarkkailun myötä käyttöön tulevien laajempien aineistojen valossa. Ja tarkkailun yhteydessä voidaan suorittaa aika-ajoin ylimääräisiä analyysyjä (esim. NAG-uutteen pitoisuustarkastelu), jotka palvelevat louhosseinämiin liittyvien arvioiden tarkistamista.</p>
<p>Louhosjärviin tulevien veden laatuojen tarkentaminen</p> <p>Louhosvesien laatuun keskeisesti vaikuttavia tekijöitä ovat louhokseen tulevien vesien laadut. Toistaiseksi käytettävissä ei ole ollut syväpohjaveden laatuja. Toisaalta pääosa pohjavesistä tulee louhokseen todennäköisimmin ylemmistä pohjavesikerroksista. Louhos ei myöskään ole niin syvä, että olisi syytä olettaa pohjaosissa olevan esimerkiksi suolaisempaa vettä.</p> <p>Eriyisen tärkeän vesijakeen muodostavat sivukiviläjitusten suotovedet. Näitä tarkastellaan sivukiviä koskevassa toimenpidekappaleessa.</p>	<p>Hankitaan lisätietoa pohjaveden laadunvaihtelusta syvyysuunnassa. Selvitetään esimerkiksi malminetsinnän tai geoteknisen kairauksen kairanreikien käytömahdollisuudet näytteenotossa.</p>

8.4.5 Suotoveden laatu ja louhosjärvien pintaveden laatu

Sivukivialueiden veden laatumallinnus (Taulukko 8-6) suoritettiin tilanteelle, jossa kaikki sivukivijakeet on läjitetty yhteen ja peitetty 0,75 m:n vahvuisella moreenikerroksella. Tämä periaatteessa kuvaa sivukivialueen 1 tilaa sekä toimenpideratkaisussa 2.0 ja 2.1, mutta sivukivialueen 2 tilaa vain toimenpideratkaisussa 2.0. Kun sivukivialueella 2 läjitetään korkearikkiset kivet erikseen ja peitetään rakenteella, joka mahdollistaa vain minimalistisen happivuon ja kiveen imeytymisen, korkearikkisen kiven päästö jää hyvin vähäiseksi. Hapettumisen kautta vapautuvissa olevasta nikkeliolosuudesta laskettuna si-

vukivialueen 2 nikkeliuormasta poistuu 57 %. Sulfaattikuormaa erilleen läjittäminen ja korkearikkisen tehokkaampi peittäminen voi vähentää jopa yli 90 %.

Louhosjärvien veden laadun tasapainomallinnus on suoritettu ennen kerrostumismallinnusta ja kerrostuminen on mallinnettu suolaisuuden perusteella. Alkuperäisen (kerrostumattoman) vesimassan ja pintakerroksen suolaisuussuhteesta on yksinkertaistettua johdettu pintakerrokselle erillinen veden laatu, joka esitetään alla (Taulukko 8-7). Skenaariot edustavat toimenpideratkaisun 2.0 mukaista tilannetta, missä aluevesiä johdetaan louhosjärviin täyttymisen edistämiseksi (ja seinämien hapettumisen rajoittamiseksi). Louhosjärvien pitoisuuserot johtuvat siitä, että Uutelan louhos vastaanottaa nykyisen sivukivialueen (sivukivialue 1) suotovesiä. Uutelan louhosjärven pintakerros muotoutuu noin 10 m paksuiseksi, mutta Viinakorvessa kerrospaksuudeksi muodostuu noin 20 m.

Ensimmäisinä vuosina sulkemisen jälkeen alueelta poistuvat vedet johdetaan vesienkäsittelyn kautta (kappale 8.4.6). Tässä vedenlaadut on käsitelty ilman/ennen puhdistusta.

Veden kulkeutumisen yhteydessä tapahtuva adsorptio ja kationivaihto (jotka pidättävät haitta-aineita) on jätetty huomioimatta. Lisäksi huomioimatta on jätetty louhossyvänteessä käynnistyvä reduktio.

Taulukko 8-6. Sivukivialueiden veden laatu pian peittämisen jälkeen. Tässä laskennassa kaikki sivukivilaadut läjitetään yhdessä (toimenpideratkaisu 2.0).

Parametri	Pitoisuus	yksikkö
As *	4,2	µg/l
Ca	14	mg/l
Cd *	25	µg/l
Co *	133	µg/l
Cr	23	µg/l
Cu	586	µg/l
Fe	40	mg/l
Mg	17	mg/l
Ni	866	µg/l
Pb *	0,5	µg/l
Sb *	13	µg/l
V *	3,2	µg/l
Zn	2 891	µg/l
Cl	310	µg/l
SO4	439	mg/l

Taulukko 8-7. Uutelan ja Viinakorven louhosten pintakerrosten veden laatu. Skenaariot edustavat toimenpideratkaisun 2.1 mukaista skenaariota, jossa aluevesiä ohjataan louhoksiin täyttymisen nopeuttamiseksi.

Parametri	Uutela sken C	Viinakorpi sken B	yksikkö
As *	0,9	0,03	µg/l
Ca	0,9	0,03	mg/l
Cd *	12,4	0,4	µg/l
Co *	18,0	0,6	µg/l
Cr	2,4	0,1	µg/l
Cu	91,9	3,2	µg/l
Fe	4,9	0,2	mg/l
Mg	400,7	13,8	mg/l
Ni	116,9	4,0	µg/l
Pb *	0,9	0,03	µg/l
Sb *	7,4	0,3	µg/l
V *	0,3	0,01	µg/l
Zn	480,0	16,6	µg/l
Cl	15,1	0,5	µg/l
SO ₄	245,7	8,5	mg/l

8.4.6 Vesienkäsittelyyn tulevien vesijakeiden laatu

Louhosvesien ja sivukivialueiden suotoveden pitoisuuksia ja veden aiheuttamia kuormituksia on selvitetty mallinnuksen avulla. Sivukivialueen 2 veden laatu (Taulukko 8-6) kuvaa vesijakeiden laatua louhosten täyttymishetkillä ja louhosalueiden veden laatu ylivuototilanteessa (Taulukko 8-7). Mallinnuksessa tarkastellut skenaariot on esitetty kappaleessa 7.4 ja tarkemmin liitteessä 3. Sivukivialueelta 2 käsittelyyn tulevan suotoveden pitoisuudet ovat todennäköisesti sulkemisen alkuvuosina korkeammat, mutta pitoisuudet laskevat sivukivialueen peittämisen jälkeen taulukoissa esitetylle tasolle.

8.4.7 Vesien hallinta

Huomioitavat vaatimukset:

- Ympäristönsuojelulaki (527/2014), 94 §, koskien ympäristön pilaantumisen estämistä.
- Vesilaki (2011/587), koskien mahdollisia vaikutuksia pohjavedenpinnan tasoon ja veden käyttöön ympäristössä.
- Vesistöön johdettavat louhos-, suoto- ja aluevedet eivät saa merkittävästi heikentää veden luontaista laatua, ylävesistöjen pienen koon huomioiden.

1-vaihe - louhosten täyttymisvaihe

Kaivoksen täyttymisvaiheen aikana tehdään kaivoksen sulkemistoimia, joiden aikana vesiin voi tulla mm. kiintoainekuormitusta ja sulfidien hapettuminen voi lisääntyä hetkelisesti, mikä voi lisätä vesien happamuutta ja metallipitoisuutta. Sulkemisvaiheen kuormituksen nousun ei ole arvioitu kuitenkaan olevan merkittävä verrattuna toiminnanaikaiseen kuormitukseen.

Louhokset

Louhosten täyttymisvaihe alkaa kun louhosten kuivatus lopetetaan. Louhokset täyttyvät pohjaveden, reunavalunnan, louhoksiin tulevan sadannan ja yläpuolisilta valuma-alueilta tulevan veden vaikutuksesta.

Uutelan louhoksen täyttymisvaiheen on arvioitu kestävän noin 35–45 vuotta. Vastaa- vasti Viinakorven louhoksen on arvioitu täyttyvän noin 10–20 vuodessa. Nopea täytty- minen vähentää vesiin liukenevien haitta-aineiden määrää.

Louhosjärven valumavedet tulevat lähinnä alkuvaiheessa sisältämään myös typpeä, jäänteinä louhinnassa käytetyistä räjähdysaineista. Typpeä poistuu louhosvedestä an- aerobisen denitrifikaatioprosessin kautta erityisesti kesäkaudella. Talvikaudella mikrobi- toiminta on heikompaa.

Tarvittaessa haluttua veden laadun kehitystä voidaan tukea mikrobiologisesti.

Läjitysalueet

Aktiivisen sulkemisvaiheen aikana läjitysalueet peitetään. Peitettyjen läjitysalueiden suotautuman on arvioitu vähenevän noin 25–50 % verrattuna peittämättömiin läjitys- alueisiin. Vastaaavasti peitetyiltä läjitysalueilta muodostuu pintavaluntana puhtaita pinta- vesiä, jotka ohjautuvat pääosin valuma-alueen mukaisesti purkuvesistöön.

Kaikki sivukivialueen 1 suotovedet on arvioitu saatavan talteen. Sivukivialueen 2 suo- tovesistä noin 70 % saadaan otettua talteen ja ohjattua sulkemisvaiheen vesikiertoon. Loput 30 % suotovesistä suotautuu maahan pohjavedeksi. Sivukivialueen 1 suotovedet johdetaan Uutelan louhokseen ja sivukivialueen 2 vedet johdetaan aktiiviseen vesien- käsittelyyn.

Vesienkäsittely

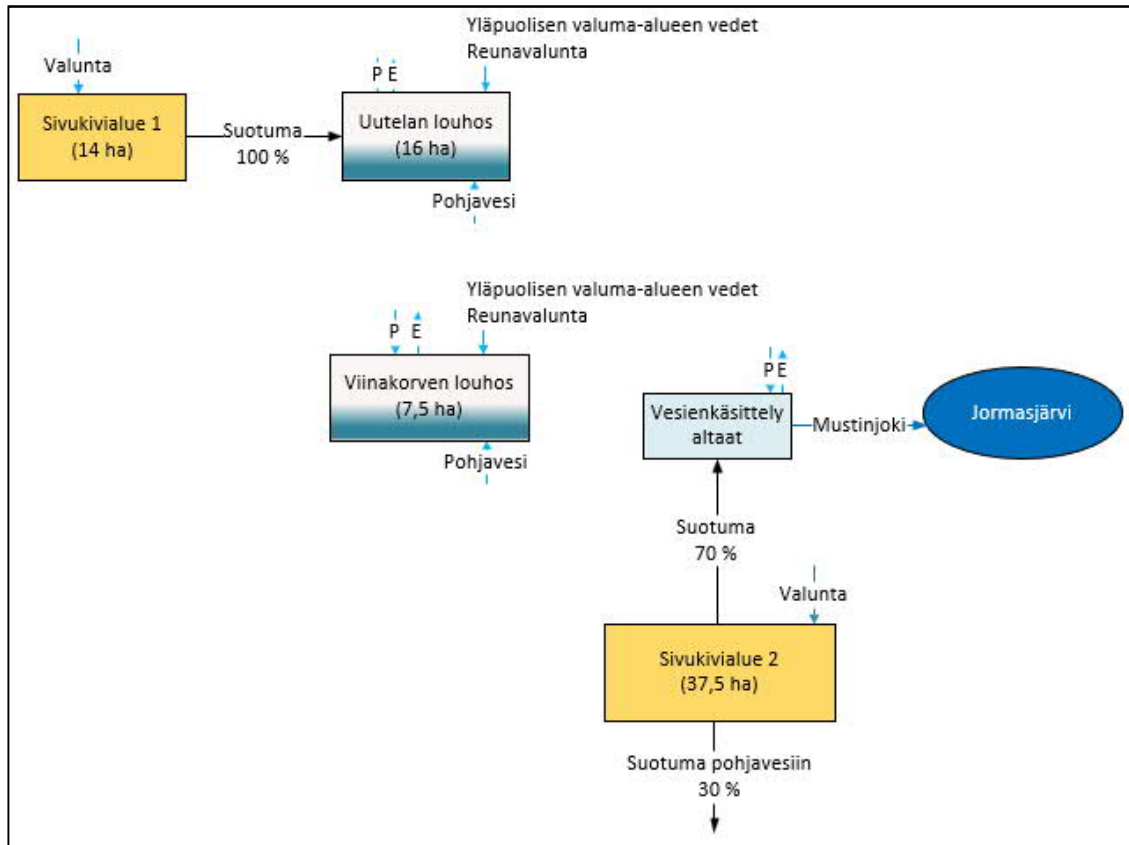
Sulkemisvaiheen aikaista vesistökuormitusta voidaan vähentää merkittävästi aktiivisel- la vesienkäsittelyllä. Tämän vuoksi toiminnanaikaista aktiivista vesienkäsittelyä (esisel- keytys, kemiallinen saostus ja laskeutus) käytetään myös sulkemisvaiheen aikana noin 10–20 vuoden ajan, tai kunnes huuhtoutuminen ja sulfidien hapettuminen ovat hidastu- neet riittävästi.

Sivukivialueelta 2 talteen otetun vesimäärän on alustavasti arvioitu olevan noin 93 000 m³/a. Tämä perustuu oletukseen 70 % talteenotosta, huomioiden alueen pohjan kaltevuuden, mutta oletusta ei ole toistaiseksi vahvistettu mallinnoilla.

Vesienkäsittely tehdään hydroksidisaostuksella pH:ssa n. 10,5, jossa mm. nikkelin ja kadmiumin liukoisuudet ovat pienimmillään. Saostuskemikaalina voidaan käyttää esi- merkiksi lipeää tai kalkkia. Saostuksessa muodostunut sakka laskeutetaan vesienkäsit- telyn laskeutusaltaassa. Merkittävimpien haitta-aineiden teoreettiset pitoisuudet saos- tuksen jälkeen on arvioitu taulukossa 8-8 (Metcalf & Eddy, 2002).

Taulukko 8-8. Merkittävimpien haitta-aineiden arvioitu pitoisuus hydroksidisaostuksen jälkeen.

	Pitoisuus (mg/l)
Cd	0,02
Cu	0,005
Ni	0,12
Zn	0,5



Kuva 8-1. Täyttymisvaiheen vesien hallinta

Vesienkäsittelyrakenteiden sulkeminen

Olemassa olevat vesienkäsittelyrakenteet suljetaan siinä vaiheessa, kun uudet käsittelyaltaat on saatu rakennettua. Altaat tyhjenetään, pohjalle muodostunut sakka poistetaan ja läjitetään Punasuon kaivoksen Soidinsuon altaalle. Altaiden pohjalla oleva pilaantunut maa-aines tutkitaan ja tehdään sopivat toimenpiteet tutkimusten perusteella. Samaan aikaan myös pintavalutuskenttä suljetaan vaiheittain, kun sen käyttö jää tarpeettomaksi. Pintamaat tutkitaan ja niille tehdään tutkimusten perusteella toimenpiteet.

Myös Likolampi suljetaan vaiheittain jo kaivostoiminnan aikana. Sen itäosa kuivuu kun avolouhosta laajennetaan. Likolammen rantamaat tutkitaan ennen kuin avolouhos laajenee ja tehdään sopivat toimenpiteet tutkimusten perusteella.

Uusi vesivarastoallas suljetaan vähitellen louhinnan päättymisen jälkeen. Allas tyhjenetään ja vesienkäsittelyaltaiden pohjalle muodostunut sakka läjitetään Punasuon kaivoksen Soidinsuon altaalle Lahnaslammelle. Altaiden pohjalla oleva pilaantunut maa-aines tutkitaan ja tehdään sopivat toimenpiteet tutkimusten perusteella.

Näiden kustannukset on esitetty liitteessä 4.

2-vaihe – täyttymisvaiheen jälkeen

Louhokset

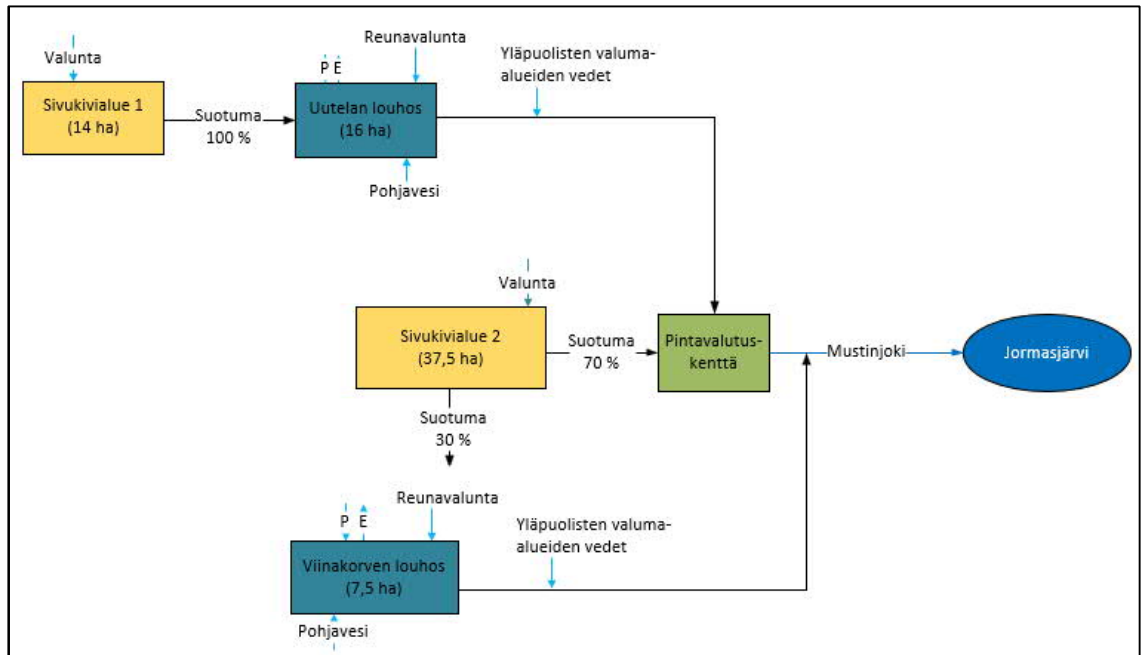
2-vaiheen vesienhallinta on esitetty kuvassa 8-2. Louhosten täytyttyä vesi purkautuu louhosjärivistä joko jatkuvasti tai kausittaisesti. Veden pinta säädetään haluttuun korkeuteen ylivuoto-ojan tason asettamisella. Yläpuolisten valuma-alueiden vesien ohjausta muutetaan täyttymisvaiheeseen verrattuna niin, että ne ohjataan suoraan ympäris-

töön. Uutelan louhoksen ylivirtaama on noin 110 m³/d. Uutelan louhoksen ylitevedet puretaan pintavalutuskentän kautta ympäristöön.

Viinakorven louhoksesta purkautuvan veden laatu on hyvä ja se voidaan ohjata suoraan ympäristöön (Taulukko 8-7). Viinakorven louhoksen ylite on noin 50 m³/d.

Sivukivialueet

Sivukivialueelta 1 tulevat suotovedet johdetaan edelleen täyttymisvaiheen jälkeen Uutelan louhokseen. Sivukivialueen 2 vedet ohjataan pintavalutuskentälle.



Kuva 8-2. Vesien hallinta louhosten täyttymisen jälkeen

3-vaihe – seurantavaihe

Seurantavaiheessa sulfidien hapettuminen on hidastunut louhosjärvissä louhosseinämien ja jäännöslouheen jäätyä pääosin vedenkylästä tilaan. Syvänteissä alkaa vähitellen tapahtua myös pelkistäviä reaktioita ja sulfidimineraalien uudelleenmuodostumista ilmenee. Vesien haitta-ainepitoisuudet ovat jo laskeneet ja ovat edelleen laskussa Louhoksen veden ja peitettyjen sivukivialueiden suotovesien pitoisuuksia tulee kuitenkin vielä tarkkailla.

8.5 Yleistä ympäristövaikutuksista ja sosiaalisista vaikutuksista

Tuotannon aikaisten päästöjen vesistövaikutuksista on laadittu ennusteet YVA:n yhteydessä. Sulkemisen jälkeiset vaikutusarvioinnit perustuvat alustavasti päivitettyyn toimenpideratkaisuun "2.0", jossa kaikkia harkittavia ja käytettävissä olevia pitoisuuksien hallintakeinoja ei ole vielä huomioitu. Tässä sulkemissuunnitelmassa esitetään jo täydentäviä toimenpiteitä ("toimenpideratkaisu 2.1").

Sulkemisen jälkeen pääsääntöisesti vesimäärät vähenevät kaivoskuivatuksen loppumisen myötä. Alueella muodostuu kuitenkin edelleen sekä ns. puhtaita vesiä että kontaktivesiä. Kontaktivesiä ovat mm. sivukivialueilta suotautuvat vedet sekä louhosjärvien vedet. Ensimmäisinä vuosina sulkemisen jälkeen merkittävä osa alueelta poistuvista kontaktivesistä otetaan talteen ja käsitellään. Pitkällä aikavälillä aktiivisesta käsittelystä

luovutaan ja sallitaan myös kasvava diffuusinen kontaktivesien poistuma alueelta. Kaivosalueelta tulee poistumaan vesiä kuitenkin myös pintavesinä.

Johtuen tarkastelutavasta (esimerkiksi geokemian mallintaminen tasapainomallinnuksena yksittäiselle ajankohdalle) muutosta ajan suhteen ei pystytä esittämään vielä tarkasti. Ainoastaan sivukivialueiden suotovesien määrän muodostumista ja louhosjärven kerrostumiskehitystä on arvioitu ajan funktiona ja näitäkin arvioita on suositeltavaa käsitellä suuntaa antavina lähtötietoihin liittyvät epävarmuudet huomioiden. Vaikka kemiallisista muutoksista ajan funktiona ei vielä esitetä tarkkaa tietoa, on syytä olettaa, että haitta-ainepitoisuuksissa tullaan näkemään pitkällä aikavälillä aleneva trendi. Esimerkiksi sivukivialueilla hapettuvissa oleva sulfidipinta-ala pienenee koko ajan ja läjitykseen muodostuu sekundäärimineraleja, jotka peittävät mineraalipintoja, jotka voisivat hapettua. Sekundäärimineraleihin pidättyy myös haitta-aineita mm. adsorptiona. Lisäksi sulkemistyön alkaessa läjityksessä on varastoituneena tuotannon aikana mineraalien hapettumisen takia vapautuneita haitta-aineita. Peittämisen myötä hapettuminen vähenee huomattavasti ja haitta-aineveraston huuhtoutuminen vähitellen muuttaa läjityksen huokosveden laatua. Syväpohjavesissä ja louhosjärven syvänteissä haitta-aineita poistuu liuksesta myös pelkistävien reaktioiden kautta: sulfidimineraalien muodostus käynnistyy uudelleen.

8.6 Vaikutukset ilman laatuun

Sulkemisen aikana maansiirtotyöt aiheuttavat pölyämistä. Pölyämistä estetään mm. kastelemalla kuljetusreittejä. Sulkemisen jälkeen pölyäviä töitä ei enää suoriteta.

Sivukivialue peitetään ja päällimmäiseksi jää alueelta aiemmin poistettu turvemoreeniseoskerros. Sivukivialueen peitto pyritään toteuttaa siten, että päällimmäinen kerros kasvittuisi mahdollisimman pian.

8.7 Vaikutukset maisemaan ja maankäyttöön

Sulkemisen aikana pintamaakasat hyödynnetään sivukivialueen peittorakenne- ja maisemointityössä niiltä osin, kun niitä ei ole käytetty aiemmissa rakennustöissä. Mahdolliset ylijäämämaat voidaan käyttää maaston muotoiluun. Sivukivikasat sulautuvat vähitellen maisemaan, kun ne kasvittuvat.

Liikkuminen alueella ja sen ympäristössä on pitkällä aikavälillä mahdollisimman vähän rajoitettua. Alue palaa soveltuvilta osin metsätalouden käyttöön. Alueen tiestöä ja varikoita pystytään hyödyntämään metsätalouden tai muun toiminnan piirissä.

8.8 Vesistövaikutukset

8.8.1 Kaivokselta lähtevän veden kuormitus

Kaivosalueelta lähtevät kuormitukset on laskettu taulukossa 8-9. 1-vaiheessa kuormitusta tulee sivukivialue 2:lta. Vedet on käsitelty hydroksidisaostuksella ja kiintoaineen selkeytyksellä. Vesienkäsittelyllä voidaan vähentää ainakin kuparin, raudan, nikkelin ja sinkin aiheuttamia kuormituksia.

2-vaiheessa peitetyn sivukivialueen 2 aiheuttamat kuormitukset ovat vähentyneet 1-vaiheen kuormitukseen verrattuna. Sivukivialueen 2 vedet ja Uutelan louhoksen vedet ohjataan pintavalutuskentälle. Pintavalutuskentän on arvioitu poistavan vain nikkeliä, arseenia ja sulfaattia, koska niille on olemassa tietoja kentän pidättämistehokkuudesta. Todellisuudessa kenttä pidättää muitakin metalleja. Viinakorven louhoksen vedet ohjataan suoraan ympäristöön.

Taulukko 8-9. Kaivosalueelta lähtevät kuormitukset 1- ja 2-vaiheissa.

Parametri	1- vaiheen kuormitus (kg/a)	2-vaiheen kuormitus (kg/a)
As *	0,27	0,31
Ca	920	284
Cd *	1,6	0,92
Co *	8,7	3,1
Cr	1,5	0,49
Cu	0,32	15
Fe	32	903
Mg	1 135	323
Ni	7,8	19
Pb *	0,03	0,04
Sb *	0,84	0,80
V *	0,21	0,22
Zn	32	70
Cl	20	6,1
SO4	28 505	10 339

8.8.2**Vesistövaikutukset**

Kaivoksen sulkemisen jälkeen merkittävimmät kaivosalueen purkuvedet muodostuvat sivukiven läjitysalueen suotovesistä sekä louhoksen kuivanapitovesistä.

Sulkemisen jälkeisen suotoveden ennusteellinen laatu on keskeisin kaivannaisjätteen sulkemistratkaisuja ohjaavaa tekijä. Mustaliuskeessa ja kiilleliuskeessa raskasmetallit ovat sitoutuneet sulfidimineraaleihin, eli hapettumisreaktiot säätelevät raskasmetallien vapautumista. Suotovesien laadun parhaat tulokset saadaankin, kun sulfidipitoisten kiven hapettuminen estetään ja rajoitetaan. Toiminnanaikaista aktiivista vesienkäsittelyä jatketaan sulkemisvaiheen aikana noin 10–20 vuoden ajan kunnes metallien huuhoutuminen ja sulfidien hapettuminen ovat hidastuneet riittävästi. Suotovedet on arvioitu neutraaleiksi, mutta esimerkiksi nikkeli pysyy liukoisena melko hyvin myös neutraalissa pH:ssa.

Louhoksissa oleva vesi todennäköisesti kerrostuu siten, että suolainen vesi jää louhoksen pohjalle. Louhosveden yliteveden laatu riippuukin siitä, kuinka hyvin kerrostumista tapahtuu. Louhosjärvistä purkautuu ylitevesiä ympäristöön jatkuvasti tai kausittaisesti. Veden pintaa säädetään haluttuun korkeuteen ylivuoto-ojan tason asettamisella. Ylitevedet puretaan pintavalutuskentän kautta ympäristöön.

Vesistövaikutusten arviointi on tehty kahdessa eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa kaikki vesi valuu avolouhoksiin lukuun ottamatta uuden sivukivialueen suotovesiä, jotka puhdistetaan ja johdetaan Myllypuroon. Toisessa vaiheessa avolouhoksista tulee ylitevesiä ja lisäksi sivukivialueelta tulee vielä jonkin verran suotovesiä. Sulkemisaikainen vesistökuormitus on kuvattu kappaleessa 8.8.1.

Sulkemisen molemmissa vaiheissa kaivokselta johdettu kuormitus pienenee pääosin etenkin lupahakemuksessa arvioituun laajimpaan toiminnan aikaiseen tilanteeseen nähden. Merkittävimpinä haitta-aineina sulkemisvaiheessa voidaan pitää sulfaattia ja muita veden suolaisuutta kasvattavia ioneja sekä metalleista mm. nikkeliä ja kadmiumia. Myös muiden metallien ja puolimetallien kohonneita pitoisuuksia voi esiintyä. Typpikuormitusta ei ole sulkemisvaiheessa arvioitu. Sulkemisen alkuvaiheessa räjähdysaineista peräisin olevia typpiyhdisteitä voi kuitenkin vielä liueta valumavesiin, mutta

vaikutuksen arvioidaan lievenevän nopeasti sekä ajallisesti että paikallisesti nitrifikaation ja denitrifikaation kautta.

Kaivoksen käsitellyt purkuvedet johdetaan Myllypuroon, jonka kautta vedet laskevat Kohisevanpuroon ja edelleen Mustinjoen kautta Jormasjärven Mustinlahteen. Pitoisuuslisäykset keskivirtaama- ja minimivirtaamatilanteessa Mustinjoen alaosalla ennen laskua Jormasjärven Mustinlahteen on esitetty taulukossa 8-10.

Mustinjoen alaosalla kaivosvesien osuus on vain 1 %:n luokkaa joten vaikutukset joen pitoisuustasoon jäävät pieniksi. Kaivoksen sulkemisen alkuvaiheessa sulfaatin pitoisuusnousu on Mustinjoessa keskimäärin noin 1 mg/l ja alivirtaamatilanteessa noin 2,5 mg/l (Taulukko 8-10). Sulkemisen myöhemmässä vaiheessa sulfaatin pitoisuuslisäyksen arvioidaan jäävän alle tason 1 mg/l. Mustinjoessa sulfaatin luonnontason arvioidaan olevan noin 6 mg/l eli pitoisuuslisäykset jäävät suhteessa siihen vähäisiksi. Sulfaatin lisäksi mm. kalsium, natrium ja magnesium lisäävät lievästi Mustinjoen veden suolaisuutta.

Kadmiumin kokonaispitoisuuden lisäys on sulkemisvaiheessa vielä Mustinjoen alaosassa kohtalainen, keskimäärin 0,03-0,05 µg/l ja enimmillään 0,08-0,14 µg/l, mutta ympäristölaatumormin ylityksiä ei arvioida tapahtuvan. Kadmiumin ympäristölaatumormi on liukoiselle pitoisuudelle vuositasolla 0,08 µg/l ja yksittäisenä pitoisuutena 0,45 µg/l. Liukoisen kadmiumin pitoisuuksia ei ole mahdollista arvioida tarkasti, mutta ne voidaan arvioida kokonaispitoisuutta pienemmiksi.

Kokonaisnikkelin arvioitu pitoisuusnousu on Mustinjoen alaosalla keskimäärin 0,3-0,7 µg/l ja enimmillään alivirtaamatilanteessa 0,7-1,6 µg/l. Nikkelin ympäristölaatumormin vuosikeskiarvo on biosaatavalle nikkelille. Liukoisen nikkelin vuosikeskiarvon ympäristölaatumormina voidaan pitää 22 µg/l ja yksittäisen tuloksen ympäristölaatumormi on 34 µg/l. Liukoisen nikkelin pitoisuudet voidaan kadmiumin tavoin arvioida kokonaispitoisuutta pienemmiksi siten sulkemisen aikaiset pitoisuusnousut jäävät selvästi alle normirajojen. Nikkelin taustapitoisuus on Mustinjoessa tavallista korkeampi, kokonaisnikkelille on käytetty arvoa 5 µg/l ja lisäykset jäävät myös taustatasoon nähden pieniksi.

Muista metalleista esimerkiksi sinkin kohdalla esiintyy Mustinjoessa sulkemisen aikana lieviä pitoisuusnoussuja (Taulukko 8-10). Arseenin pitoisuuslisäys jää hyvin pieneksi, tasolle: 0,01-0,03 µg/l. Em. aineille ei ole Suomessa olemassa ympäristölaatumormia. Niiden esiintymismuodolla on pitoisuutta suurempi merkitys biosaatavuuden ja toksisuuden kannalta. Yleisesti liukoisuus on pientä neutraalissa pH:ssa. Myös ravinnepäästöt Mustinjokeen jäävät sulkemisvaiheessa pieniksi eikä niillä arvioida olevan merkittäviä rehevöittäviä vaikutuksia.

Jormasjärven Mustinlahdessa suurimmat pitoisuusvaikutukset rajoittuvat pohjukkaan ja laimenevat nopeasti kohti Jormasjärven pääallasta siirryttäessä. Toimintavaihetta varten tehdyn vesistömallinnuksen mukaan Mustinjoen vesi on nykytilanteessa vähäsuolaisempaa kuin Jormasjärven vesi, jolloin jokivesi kulkeutuu jokisuun lähellä pääasiassa pintakerroksessa. Avovesiaikana vedet sekoittuvat avoimella järvalueella koko vesikerrokseen. Jääpeitteisenä aikana jokivesi kulkeutuu pääasiassa pintakerroksessa kohti Jormasjärven luusuaa. Vesien syvyysuuntaiseen kerrostumiseen Jormasjärven vaikuttaa sääolosuhteiden lisäksi Terrafamen kaivoksen kuormitus. Uutelan sulkemisvaiheessa aiheutuva suolapitoisuuden nousu ja siitä aiheutuva tiheysmuutos ovat Jormasjärven hyvin pieniä eikä niillä arvioida olevan merkittävää vaikutusta järven kerrostumiseen. Mustinlahden suulla ja Jormasjärven pääaltaassa kaivoksen sulkemisvaiheesta aiheutuvat ravinteiden tai metallien pitoisuuslisäykset eivät ole enää mittausin havaittavissa.

Taulukko 8-10. Mustinjoen alaosalle ja Jormasjärven Mustinlahteen aiheutuvat pitoisuusnousut louhosten täyttymisen aikana (1-vaihe) sekä täyttymisen jälkeen (2-vaihe). Pitoisuusnousut on arvioitu kokonaispitoisuuksina.

	I-vaihe		II-vaihe	
	pitoisuuslisä (µg/l)		pitoisuuslisä (µg/l)	
	keskivirtaama	minimivirtaama	keskivirtaama	minimivirtaama
As	0,01	0,02	0,01	0,03
Ca	33,4	79,6	10,3	24,6
Cd	0,06	0,14	0,03	0,08
Co	0,31	0,75	0,11	0,27
Cr	0,05	0,13	0,02	0,04
Cu	0,01	0,03	0,55	1,31
Fe	1,2	2,8	32,81	78,14
Mg	41,2	98,2	11,72	27,92
Ni	0,28	0,7	0,68	1,61
Pb	0,00	0,0	0,00	0,00
Sb	0,03	0,1	8,55	20,37
V	0,01	0,0	0,01	0,02
Zn	1,18	2,8	2,55	6,08
Cl	0,73	1,7	0,22	0,52
SO4	1036	2467	376	895

Kaivoksen sulkemisesta ei aiheudu merkittävää suolapitoisuuden kasvua, toksisia metallipitoisuuksia tai rehevöittävää muutosta, joilla voisi olla haitallisia vaikutuksia Mustinjoen piilevä tai pohjaeläinyhteisöihin tai kalakantoihin. Mustinjoen kalakanta on sähkökoekalastusten perusteella ollut niukka ja kalataloudellinen merkitys vähäinen.

Uutelan kaivoksen sulkemisen aikaiset vaikutukset Jormasjärvessä ovat Mustinlahden pohjukkaa lukuun ottamatta hyvin vähäisiä. Siten myös Jormasjärven vesikasvillisuuteen kasviplanktoniin, pohjaeläimiin tai kalastoon kohdistuvat vaikutukset jäävät hyvin vähäisiksi.

Sulkemisella ei arvioida olevan vaikutusta Mustinjoen tai Jormasjärven ekologiseen tilaan kokonaisuutena. Sulkemisvaiheessa kaivoksen vesistövaikutukset pienenevät laajimpaan toiminnan aikaiseen tilanteeseen nähden.

8.9 Pohjavesivaikutukset

Pohjavesivaikutuksista ei ole toistaiseksi laadittu numeerista arviota. Pohjavesivaikutukset kohdistuvat erityisesti sivukivialue 2 pohjoispuoliselle alueelle lähelle sivukivialuetta, missä pitoisuuksien voidaan olettaa olevan jossain määrin koholla. Alueen pohjavesiä ei hyödynnetä. Tälle alueelle suuntautuu päästöjä sekä sivukivialue 2:lta että Uutelan louhosjärvestä (pääasiassa pintaosasta) louhosjärven täyttymisen jälkeen. Erityisesti lyhyellä aikavälillä suotovesien talteenotolla on tarkoitus kattaa pääosa suotovesistä ja suotovedet johdetaan käsittelyyn. Talteenottamatonta suotovettä kuitenkin imeytyy jossain määrin pohjaveteen.

Sivukivialueelta 1 suotautuma kulkee kohti Uutelan louhosta eli myöhempää louhosjärveä, missä louhosjärven sisäiset prosessit erottelevat haitta-ainepitoista vettä painovoimaisesti kohti louhoksen syvännettä. Uutelan louhosjärven pintavesi on kuitenkin haitta-ainepitoisuuksiltaan läjitysten suotovettä selvästi vähäisempää ja Viinakorven louhoksen pintaosissa louhosjärven pintavesi muodostunee jopa melko hyvälaatuiseksi.

Talteenottamaton suotovesi jakautuu maaperän pintaosiin ja osittain syvemmälle kohti kalliopohjavettä. Alueella on kohtalainen korkeusgradientti ja maanpinnanläheistä virtausta voidaan pitää kohtalaisen todennäköisenä. Näin ollen niukasti kallioperään ulottuvilla pohjavesiputkilla saadaan selkeää tietoa vaikutuksista ja mahdollisten lisätoimenpiteiden tarpeista.

Sivukivialueiden suotovesissä merkittävin haitta-aine on nikkeli. Mallinnustulosten mukaan suotovesissä on kuitenkin myös kohtalaisia määriä rautaa, jonka sekundäärimineraalien muodostus (lähellä maan pintaa) edistää nikkelin pidättymistä maaperän prosesseissa. Syvemmälle päätyvissä pohjavesissä haitta-aineita poistuu pelkistysreaktioiden (sulfidimineraalien uudelleenmuodostus) kautta.

Suotovesien keräysjärjestelminä toimivia ojastoja ja/tai vesienkäsittelyrakenteita voidaan aktiivisesta vesienkäsittelystä luopumisen jälkeen tarvittaessa kehittää passiivisiksi järjestelmiksi, esimerkiksi syviä keruuojia voidaan muuntaa reaktiivisiksi seinämiksi.

9 VIKA- JA VAIKUTUSANALYYSI

9.1 Vika- ja vaikutusanalyysin tavoitteet

FMEA (Failure mode and effect analysis) on suomennettuna vika- ja vaikutusanalyysi. FMEA:n tarkoituksena on ennaltaehkäistä sellaisia (odottamattomia) vaikutuksia, jotka ovat seurausta keskeisistä epävarmuuksista. FMEA:n avulla siis määritetään, mikä voi epäonnistua sulkemissuunnittelussa tai sulkemisen toimeenpanossa ja mitkä ovat epäonnistumisen todennäköisimmät syyt. Menetelmä myös ilmaisee, mihin vakavimmat riskit liittyvät.

Periaatteessa analyysin avulla hahmotetaan paremmin keskeisiä jäännösepävarmuuksia. Näin voidaan kohdentaa myös resursseja näiden epävarmuuksien pienentämiseen myöhempiä sulkemissuunnitelmapäivityksiä silmällä pitäen. Tulokset huomioidaan myös tarkkailuperiaatteiden laadinnassa.

9.2 Liittyminen sulkemissuunnitelmapäivityksen alkuvaiheen riskien tunnistamiseen

Sulkemissuunnitelmapäivityksen alkuvaiheessa tehtiin alustava riskien ja mahdollisuuksien tunnistaminen, yhdistäen yleisiä ja paikkakohtaisia riskejä. Tämä työvaihe tarvittiin sulkemissuunnitelman tavoiteasettelun tueksi.

Vika- ja vaikutusanalyysi kohdistuu sulkemissuunnitelmapäivityksen lopputuotteeseen eli valmiiseen toimenpideratkaisuun. Sen avulla arvioidaan jäännösepävarmuuksia ja niiden merkittävyyttä.

9.3 Vika- ja vaikutusanalyysin keskeisimmät havainnot

Vika- ja vaikutusanalyysissä keskeisimmiksi asioiksi nousivat veden laatuun liittyvät kysymykset (Liite 5). Riskit liittyvät epävarmuuksiin sivukiven kemiallisesta käyttäytymisestä, epävarmuuden suuruuden arvioinnissa nousi esiin arvioiden perustana oleva näytemäärä ja edustavuus. Vaikutukset ilmenisivät todennäköisimmin lyhyellä tai keskipitkällä aikavälillä. Näin ollen myös kaivannaisjätteiden laajemman parametrivalikoiden karakterisoinnin täydentäminen on keskiössä. Tätä voidaan täydentää myös jätejakeiden tarkkailun yhteydessä. Koska peittorakenteen kosteudella on suuri merkitys happivuon toteutumiseen, myös peittomateriaalin ominaisuuksia koskevaa tietoa on syytä täydentää.

Yllä kuvatut epävarmuudet voivat heijastua lisätyötarpeina tai kustannuksina. Voidaan tarvita täydentävää tai pidempikestoista vesienkäsittelyä tai täydentäviä toimenpiteitä peittorakenteen osalta.

Varsinaisessa sulkemistyön toteuttamisvaiheessa keskeistä on myös oikeanlaisen peittomateriaalin saatavuus. Soveltuvaa materiaalia on arvioitu olevan paikalla merkittävässä määrin, mutta mahdollisen täydentävän materiaalin hankintaetäisyyteen liittyy epävarmuutta. Tämä voi heijastua kustannusvaikutuksina tai viivästymisinä.

10 BAT-ARVIO

Euroopan komissio on julkaissut uuden BAT-vertailuasiakirjan kaivosten sivukivien sekä rikastushiekan käsittelyn parhaista käyttökelpoisista tekniikoista joulukuussa 2018 ”The Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from the Extractive Industries”. Tässä on verrattu Uutelan-Viinakorven louhosalueen kaavailtua toimintaa lukuun 5 (Best available techniques Conclusions). BREF-asiakirjan BAT-näkökohdat on jaettu yleisiin (luku 5.2) ja riskiperusteisiin (luvut 5.3-5.5) BAT-näkökohtiin.

BAT-näkökohta		Toiminnan vastaavuus kaivoksella
BAT1 (b)	Hallintajärjestelmät	Toiminnanharjoittajalla on myös kaivostoiminnan kattava ympäristöasioiden hallintajärjestelmä ISO 14001 sekä työterveys - ja turvallisuusjärjestelmä OHSAS 18001. Yritys hoitaa ympäristöasioiden hallinnan kirjattujen käytäntöjen mukaisesti. (Sovelletaan koko elinkaaren ajan suunnitteluvaiheesta sulkemisen jälkeiseen aikaan.)
BAT2	Jätteen karakterisointi	Kaivannaisjätteen karakterisointi on suoritettu soveltaen sekä pysyvän kaivannaisjätteen määrittelyn menetelmiä (Suomen implementaatio Vna 190/2013, Liite 1) sekä jätteen vaaraominaisuuksien arviointia. Lisäksi jätteen pitkäaikaiskäyttäytymisestä (Vna 190/2013, Liite 3) on pyritty muodostamaan kuva hapettuvissa olevien haitta-ainepitoisuuksien tarkastelun keinoin. Jätejakeiden tarkkailun tehtävänä on täydentää tietopohjaa. (Soveltaminen on aloitettu jo suunnitteluvaiheessa ja se jatkuu toimintavaiheessa. Tultaessa sulkemisvaiheeseen sulkemissuunnitelma tulee olemaan tarkistettu koko aikajaksolta kertyneen tiedon valossa ja sulkeminen voidaan suorittaa ympäristöturvallisesti.)
BAT4-5	Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi	Sulkemissuunnittelun lähtökohtana tarkasteltiin louhosalueen vuorovaiikutusta ympäristönsä kanssa. Tältä pohjalta tunnistettiin keskeiset riskit. Tästä edettiin toimenpideratkaisun muokkaamiseen. Muokatun toimenpideratkaisun ympäristövaikutukset arviointiin hyödyntäen useita erilaisia mallinnusmenetelmiä. Vaikutusarvioinnin jälkeen toimenpidesuunnitelmaa tarkistettiin ja täydennettiin vielä, minkä jälkeen tunnistettiin jäännösriskit. Jäännösriskien tarkastelussa on arvioitu että merkittävimmät kaivoksen sulkemiseen liittyvät ympäristöriskit liittyvät sivukivalueiden suotovesien laatuun ja määrään sekä louhosjärvien vesilähtöön. Jäännösriskit ja epävarmuudet on kirjattu sulkemissuunnitelmaan tukemaan myöhempiä päivitysvaiheita. (Riskien ja vaikutusten arvioinnin soveltaminen sulkemissuunnitteluun on aloitettu jo suunnitteluvaiheessa ja se jatkuu toimintavaiheessa sulkemissuunnitelman määräaikaistarkastusten puitteissa. Tultaessa sulkemisvaiheeseen sulkemissuunnitelma tulee olemaan tarkistettu koko aikajaksolta kertyneen tiedon valossa ja sulkeminen voidaan suorittaa ympäristöturvallisesti.)
BAT6,7,31	Kaivannaisjätteiden määrän ja haitallisuuden vähentäminen	Asia käsitellään ympäristöluvan BAT-arvioinnissa.

BAT11	Sulkemisen huomioiva kaivossuunnittelu	Louhosalueiden suunnittelu ja sulkemissuunnittelu ovat olleet vuoropuhelussa. Mm. sivukivialueen 2 läjityksen muutos (korkearikkisen kaivannaisjätteen läjittäminen erikseen) perustuu ensisijaisesti sulkemisvaiheen tarpeisiin. (Soveltaminen on aloitettu jo louhosalueen laajennuksen suunnitelvaiheessa.)
BAT12	Laadun valvonta	Sulkemistyön toimeenpanolle laaditaan laadunvalvontasuunnitelma viimeistään toteutusvaiheen suunnitelman (urakkatarjousasiakirja) laadinnan yhteydessä. Toteutus, laadunvarmistuhavainnot sekä mahdolliset muutokset dokumentoidaan asianmukaisesti (toimintavaihe, sulkemisvaihe). Muilta osin asia käsitellään ympäristöluvan BAT-arvioinnissa.
BAT13, 17	Jätealueen rakenteet	Käsitellään ympäristöluvan BAT-arvioinnissa.
BAT18, BAT43, BAT46	Vesienhallinta	Kaivokselle on laadittu vaiheittainen vesitase myös sulkemisen jälkeiselle ajalle, jonka perusteella on varmistettu vesienkäsittelyn mitoitus ensimmäisille sulkemisen jälkeisille vuosille. Vesitasetta on sovellettu myös kuormituksen ja vaikutusten arvioinnissa. Sulkemissuunnitelmaan sisältyy alustava vesienhallintasuunnitelma (BAT18). Kontaktivesien kokoaminen ja erillinen hallinta on osa myös sulkemisvaiheen vesienhallintaa (BAT43). Tarvittavilta osin sovelletaan aktiivista käsittelyä, hydroksidisaostusta (BAT46). Louhosten täyttymisen jälkeen sivukivialueiden vedet johdetaan pintavalutuskentälle. (Soveltaminen on aloitettu jo suunnitelvaiheessa. Tultaessa sulkemisvaiheeseen vesien hallinnan suunnitelma tulee olemaan tarkistettu ja sulkeminen voidaan suorittaa ympäristöturvallisesti.)
BAT24	Rakenteiden stabiiliteetin tarkkailu	Sulkemisen jälkeiseen tarkkailusuunnitelmaan määritellään käytäntö mm. luiskien stabiiliteetin seurannalle, viimeistään toteutusvaiheen suunnitelman (urakkatarjousasiakirja) laadinnan yhteydessä (toimintavaihe, sulkemisvaihe). Muilta osin asia käsitellään ympäristöluvan BAT-arvioinnissa.
BAT35, BAT40, BAT41, BAT48	Pohjaveden ja maaperän pilaantumisen estäminen ja tarkkailu	Pohjarakenteet (ja BAT35) käsitellään ympäristöluvan BAT-arvioinnissa, mutta asia huomioidaan sulkemisen jälkeisen tarkkailun myöhemmässä detajisuunnittelussa. Pohjavesien tarkkailu pilaantumisiriskien ehkäisemiseksi perustuu päästölähteiden tuntemukseen (BAT40) ja todennäköisimpien kulkeutumssireittien tunnistamiseen. Näin pystytään kohdentamaan tarkkailu oikein haitta-aineiden kulkeutumisien ehkäisemiseksi (BAT41). Pintavesien tarkkailu (BAT48) jatkuu sulkemisen jälkeenkin soveltuvilta osin. (Työ alkaa suunnitelvaiheessa, tarkentuu toimintavaiheessa ja implemtoidaan sulkemisvaiheessa).

<p>BAT38 (ja BAT31)</p>	<p>Peittorakenteet</p>	<p>Kuten BAT38:ssa edellytetään, toimenpideratkaisut perustuvat vaikutusarviointiin. Lisäksi on sovellettu yhdistelmänä BAT38:ssa esimerkkeinä mainittujen ratkaisujen osia ja muita vaikutuksia rajoittavia tekniikoita, kuten bufferointia. Vanhalle sivukivialueelle 1, missä läjityksen sisäosissa on myös happaman metallipitoisen valuman riksin omaavia materiaaleja, sovelletaan low- flux-rakennetta, paikallista moreenia käytetään kahdessa eri tiivistysasteessa. BREF-määritelmän mukaista "impermeable"- tiivistystasoa ei todennäköisesti saavuteta, mutta pyrkimys onkin rajoittaa kaasunvaihto riittävän alhaiseksi ja pyrkiä siksi varmistamaan riittävä kosteus peittomateriaalissa (low flux). Lisäksi korkean neutralointikapasiteetin materiaali (talkkimagnesiitti) läjitetään alimmaisiksi, mikä rajoittaa niiden metallien liikkuvuutta, jotka ovat neutraaleissa olosuhteissa heikkoliukoisia. Tässä järjestelyssä piirteitä sekä BAT 31:n bufferointiaineen käytöstä että BAT 39:n reaktiivisten seinämien funktioista - vaikka kysymyksessä ei olekaan seinämärakenne vaan horisontaalinen kerros. Sivukivialueelta 1 suotovesien oletetaan myös kulkeutuvan merkittävässä määrin Uutelan louhokseen ja myöhempään louhosjärveen, missä edelleen kerrostuminen ja myöhemmin reduktio poistavat haitta-aineita pintakerroksesta, joka on suurimmassa vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa. Vaikutukset on laskettu olettaen, että koko peittokerros on tiivistämätön. Laskelmien mukainen vaikutus ei siis ole erityisen herkkä esimekiksi routavaurioille. Matalarikkiselle sivukivelle sivukivialueella 2 esitetään samaa peittorakennetta peittorakennetta kuin sivukivialueelle 1. Low-flux (tai reduced flux) - ajattelua sovelletaan tässä tapauksessa matalarikkisellekin kivelle täysin läpäisevän rakenteen sijasta, koska korkearikkisen raja on asetettu täällä suhteellisen korkealle (1 % S) ja korkean neutralointikapasiteetin omaavalle talkkimagnesiitille rikkirjaa ei sovelleta ollenkaan. Uudella sivukivialueella 2 korkearikkinen kivi peitetään kalvorakenteen sisältävällä tiivispeitolla, mikä on yksiselitteisesti BAT38:n mukaista. (BAT38 on siis huomioitu jo suunnitteluvaiheessa, osana BAT11-soveltamista. Implementointi tapahtuu sulkemisvaiheessa.)</p>
-----------------------------	------------------------	---

11 TARKKAILU

11.1 Sulkemistyön aikainen tarkkailu

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

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

Vesistötarkkailu suoritetaan siten, että se muodostaa vertailukelpoisen jatkumon toiminnan aikaiselle tarkkailulle. Keskeiset vesistötarkkailupisteet valitaan tuotannon aikana tarkkailtavien pisteiden joukosta. Pohjavesitarkkailua kohdennetaan erityisesti sivukivalue 2:n alapuoliselle alueelle.

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

11.2 Sulkemisen jälkeinen tarkkailu

Myös sulkemisen jälkeinen tarkkailu sisältää elementtejä tuotannon aikaisesta ja jälkihoitovaiheen tarkkailusta. Päästöjen ja vesistön tarkkailu suoritetaan siten, että se muodostaa vertailukelpoisen jatkumon toiminnan aikaiselle tarkkailulle. Keskeiset vesistötarkkailupisteet valitaan siis tässäkin yhteydessä tuotannon aikana tarkkailtavien pisteiden joukosta ja pohjavesiä tarkkaillaan sivukivalueen 2 alapuoliselta alueelta sekä louhosjärvien alapuolelta. Tarkkailuväli on kuitenkin toiminnan aikaista tarkkailua harvempi. Myös purkupaikan tarkkailupisteen tulisi olla mahdollisimman lähellä tuotannon aikaista pistettä.

Keskeisenä osana sulkemisen jälkeistä tarkkailua on louhosjärvien tarkkailu. Tähän sisältyy myös määräaikainen koko syvyysprofiilin näytteenotto, joka suoritetaan joko keällä veneestä tai keskitalvella jäältä, välttämällä kuitenkin esimerkiksi keväistä lämpöerosten sekoittumiskautta.

Louhosjärven tarkkailuun sisällytetään myös kairaukseen perustuva arvio jään laadusta, ainakin jos louhosjärven pintaveden suolaisuus kohoaa merkittävästi. On huomattava että suuret suolapitoisuudet voivat vaikuttaa jään laatuun ja suolaisissa louhosjärvissä paksukin jääkerros voi olla hauras.

Sulkemisen jälkeinen tarkkailu päättyy, kun alueen ympäristövaikutusten ja turvallisuusriskien voidaan katsoa saavuttaneen tason, jolla merkitystä ei ole, tai vaikutus jää hyvin vähäiseksi.

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

12 LÄHDELUETTELO

Australian Government, Department of Industry Tourism and Resources 2006. Mine closure and completion. 63 s.

EC 2018. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries

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

Itäpalo, J. ja Schulz, H. 2018. Uutelan kaivoksen suunnittelualueen arkeologinen inventointi. Keski-Pohjanmaan ArkeologiaPalvelu. 29.6.2018.

Kainuun liitto 2016. Kainuun maakuntakaava 2020.
<https://www.kainuunliitto.fi/node/681/>

Kainuun liitto 2018. Kokonaismaakuntakaavan tarkistaminen, Kainuun maakuntakaava 2030. https://www.kainuunliitto.fi/maakuntakaavan_tarkistaminen

Kainuun maakuntayhtymä 2007. Kainuun maakunnallisesti merkittävät muinaisjäänökset

Metcalf & Eddy, 2003. Wastewater Engineering treatment and Reuse. McGraw-Hill Higher Education. 4th Edition. ISBN 0-07-041878-0.

Museovirasto 2018. Kulttuuriympäristöpalveluikkuna <https://kartta.museoverkko.fi/>

SYKE (Suomen ympäristökeskus) 2018. Ympäristöhallinnon avoimet ympäristötietojärjestelmät. <http://www.syke.fi/avointieto> [Luonnonsuojeluohjelma-alueet / SYKE 01/2018](#)

SYKE 2019. Ympäristöhallinnon avoimet ympäristötietojärjestelmät. <http://www.syke.fi/avointieto>

a) Vesistömallijärjestelmä (WSFS-VEMALA) / SYKE 06/2019

Pöyry Finland Oy 2019. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Mondo Minerals B.V. Branch Finland, Uutelan kaivoksen laajentaminen.

Ramboll Finland Oy 2015. Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma, Uutelan kaivos. Mondo Minerals B.V. Branch Finland.

Tervo 2008. Sotkamo – Kainuun etelä, Sotkamon kulttuuriympäristöohjelma. Kainuun ympäristökeskuksen raportteja 1/2008.

Vastuullisen kaivostoiminnan verkosto, 2017. Kaivosvastuujärjestelmän toiminta-periaatteet (osa ”Kaivoksen sulkeminen”)