

A large, dark teal abstract shape is located on the right side of the page, extending from the middle to the bottom. It has a complex, multi-sided polygonal form with some rounded corners.

LIITE 16: SAKATIN KAIVOSHANKE, KAIVOKSEN VESITASE



AA Sakatti Mining Oy
Sakatin kaivoshanke, Ympäristövaikutusten arviointi

Kaivoksen vesitase

8.10.2020

Laatija
Kirsi-Marja Haanpää
Puhelinnumero
+358 50 351 9641
Sähköposti
kirsi-marja.haanpaa@afry.com

Päivämäärä
08/10/2020
Projektinumero
101006074-001

Asiakas
AA Sakatti Mining Oy

Vesitaseraportti

Tässä raportissa esitetään Sakatin kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointia varten laaditun vesitasemallinnuksen periaatteet ja tulokset. Raportti esittää myös vedenlaatuarviot kaivoksen sisäisen kierron vesijakeille.

Raportti on laadittu AFRY Finland Oy:n toimesta ja se on laadittu yhteistyössä AA Sakatti Mining Oy:n kanssa.

AFRY Finland Oy

Kirsi-Marja Haanpää
Päivi Picken

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	4
2	YLEINEN VESIKIERTO	6
3	VESITASEEN LASKENTAPERUSTEET.....	9
3.1	Käytetyt vesitasemallit	9
3.2	Vesitaseen tarkastelutilanteet	9
3.3	Laskentaperusteet.....	10
3.3.1	Pinta-alat	10
3.3.2	Rikastamon vesitase	12
3.3.3	Kaivoksen kuivatusvesimäärät.....	16
3.4	Meteorologinen havaintoaineisto	18
3.5	Puhtaiden vesien hallinta	22
4	MALLINNUSTULOKSET.....	29
4.1	Vuositasen nettovesimäärät.....	29
4.2	Kuukausitasen purkuvesimäärät ja altaiden varastokapasiteetin käyttö	30
4.2.1	Sovelletut rajoitukset.....	30
4.2.2	Tarkastelutilanne 1	30
4.2.3	Tarkastelutilanne 2	31
4.2.4	Tarkastelutilanne 3	31
4.2.5	Tarkastelutilanne 4	33
4.2.6	Yhteenveto	33
4.3	GoldSim-mallin tulokset koko kaivoksen elinkaarelle	34
4.4	Mallinnustulosten soveltuvuus hankevaihtoehdoille VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b	35
4.5	Herkkyysanalyysi	36
5	VEDEN LAADUT JA VEDENKÄSITTELY	37
5.1	Vesijakeiden laatuarviot.....	37
5.2	Vesivarastoaltaan veden laatu- ja kuormitusarviot	38
5.3	Kemikaalijäämät	40
5.4	Soveltuvat vesienkäsittelymenetelmät	41
5.4.1	Saostusprosessit	42
5.4.2	Kalvoerotusmenetelmät.....	43
5.4.3	Adsorptio	44
5.4.4	Ioninvaihto.....	44
5.4.5	Typenpoisto biologisessa typenpoistoprosessissa.....	44
5.5	Vesienkäsittelykemikaalit	45
6	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	46
7	VIITTEET.....	48

Liitteet

Liite 1 Vesikiertokaavio ja vesitase – Rikastushiekan kuivaläjitys (30.5.2020)

Liite 2 Vesikiertokaavio ja vesitase – Rikastushiekan märkäläjitys (30.5.2020)

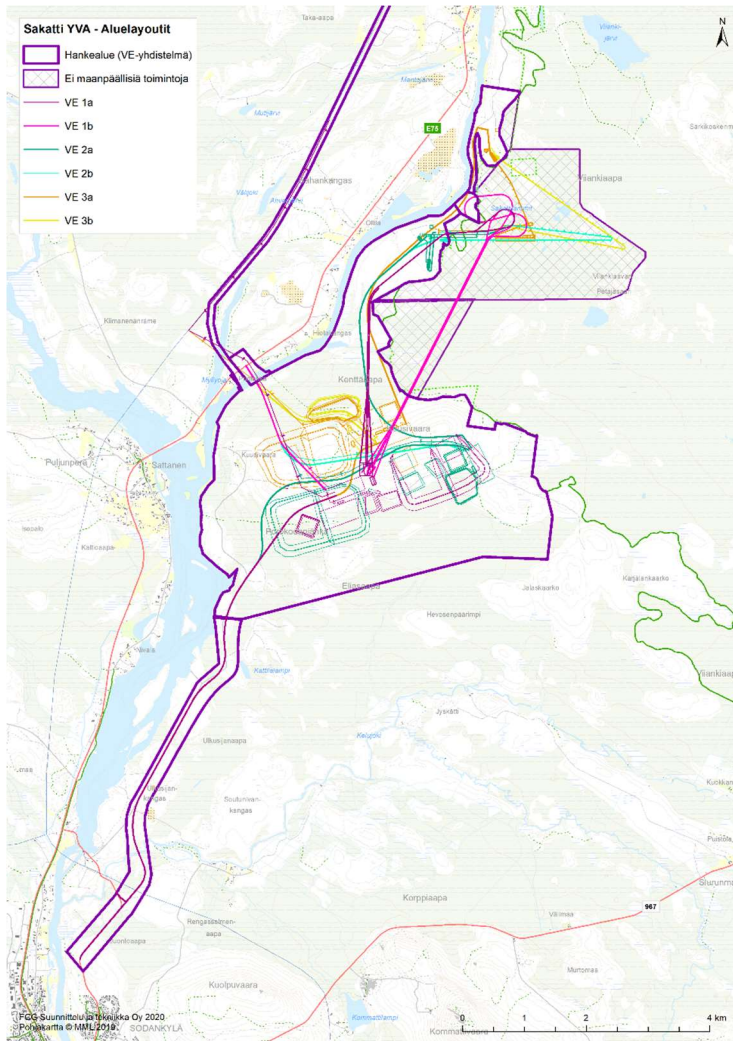
Revisiohistoria

Rev.		Laatinut	Tarkastanut	Hyväksynyt
[-]	2.6.2020 – Alkuperäinen (hyväksytty)	Kirsi Haanpää / Päivi Picken	Kaisa Kettunen	Antti Pesonen
[A]	10.6.2020	Kirsi Haanpää	Päivi Picken	Antti Pesonen
[B]	24.6.2020	Kirsi Haanpää	Päivi Picken	Antti Pesonen
[C]	25.9.2020	Kirsi Haanpää	Piia Juholin	Antti Pesonen
[D]	8.10.2020	Kirsi Haanpää	Piia Juholin	Antti Pesonen

1 JOHDANTO

Tässä raportissa esitetään Sakatin kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointia (YVA) ja tarkempaa suunnittelua varten laaditun vesitasemallinnuksen periaatteet ja tulokset. Hanke käsittää malmin louhinnan maanalaisesta kaivoksesta, rikastamotoiminnan sekä kaivannaisjätteiden sijoituksen. Sivukivet, samoin kuin korkearikkinen rikastushiekka kokonaisuudessaan, hyödynnetään kaivostäytössä. Maan päällisiä rakenteita ovat matalarikkisen rikastushiekan läjitysalue sekä muiden kaivannaisjätteiden ja vesienkäsittelysakkojen väliaikaiset läjitysalueet.

Kaivoshankkeessa YVA-menettelyn aikana ja sitä edeltäneissä esiselvityksissä on tutkittu useita vaihtoehtoja kaivoksen toteuttamiselle. Näistä on lopulliseen tarkasteluun valittu kolme eri päävaihtoehtoa (VE1, VE2 ja VE3). Merkittävimmät erot päävaihtoehtojen välillä ovat kaivoksen sisäänkäynnin sijainti, tehdasalueen sijoittelu Kuusivaarassa sekä läjitysalueiden ja rikastushiekka-alueiden sijainnit. Kullakin päävaihtoehdolla on alavaihtoehdot a ja b, jotka eroavat toisistaan kaivoksen yhdystien ja uuden sillan sijainnin osalta sekä rikastushiekan läjitystavan osalta. Yleiskuvan toimintojen sijoittelusta saa kuvasta 1-1, jossa on yhdistetty kaivosalueen sisäpuoliset sijoitusratkaisut, yhdystiet sekä kaivostunnelit eri vaihtoehtoihin.



Kuva 1-1. YVA-selostuksessa arvioitavat hankevaihtoehdot Sakatin maanpäällisten toimintojen sijoittumiselle, yhdysteille ja kaivostunnelin sijainnille.

Tässä raportissa esitetään sekä vuositason että kuukausitason vesitaseet Sakatin kaivoshankkeen vaihtoehtoisille vesitaseen tarkastelutilanteille. Vaihtoehtoisuus liittyy rikastushiekan läjitystapaan sekä kaivoksen kuivatuksen eri skenaarioihin. Lisäksi prosessivaihtoehdot ja niiden vaikutukset prosessin vesitaseeseen on kuvattu osana tätä raporttia.

Tässä raportoitavan Excel-pohjaisen vesitasemallin on laatinut kokonaisuudessaan AFRY Finland Oy (myöhemmin AFRY). GoldSim-vesitasemallin on alun perin laatinut SRK Consulting (UK) Ltd (myöhemmin SRK) osana hankkeen esikannattavuusarviota ja AFRY on työstänyt mallia eteenpäin osana ympäristövaikutusten arviointia.

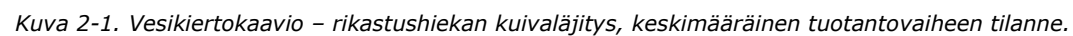
Taseet on laskettu hydrologisilta olosuhteiltaan keskimääräisille vuosille ja lisäksi on mallinnettu poikkeuksellisen sateinen vuosi. Lisäksi GoldSim -mallilla on tarkasteltu kaivoksen vesitaseen muutoksia koko elinkaaren ajalle.

Raportti sisältää myös alustavat vesijakeiden laatuarviot sekä kuvaukset mahdollisista eri hankevaihtoehdoille soveltuvista vesienkäsitelyprosesseista.

2 YLEINEN VESIKIERTO

Kuvassa 2-1 esitetään hankkeen yleinen vesikiertokaavio rikastushiekan kuivaläjitysvaihtoehdolle (YVA:n vaihtoehdot a) ja kuvassa 2-2 esitetään vesikiertokaavio rikastushiekan märkäläjitysvaihtoehdolle (YVA:n vaihtoehdot b). Kuvissa ruskea väri kuvaa kiintoaineen mukana liikkuvaa vettä ja sininen väri vesijakeita, joissa ei ole mukana merkittävää kiintoaine-epäpuhtautta.

Prosessin tarvitsema raakavesi otetaan Kitisestä. Raakavedenotto pyritään minimoimaan ja vettä kierrätetään kaivoksen vesikierroissa niin paljon kuin mahdollista. Kaikkien toimintojen alueilta tulevat valumavedet kerätään ja otetaan osaksi kaivoksen vesikiertoa. Toimintojen ulkopuoliset puhtaat vedet pidetään erillään toiminnan vaikuttamista vesistä. Korkearikkinen rikastushiekka ja osa matalarikkisestä rikastushiekasta hyödynnetään kaivoksen pastatäytössä. Sivukiviä varastoidaan vain väliaikaisesti maan pinnalla ja ne hyödynnetään kaivostäytössä. Kaivoksen kuivatusvedet kerätään maan pinnalle ja otetaan osaksi kaivoksen vesikiertoa. Vesikierron ylimäärävesi käsitellään, minkä jälkeen se johdetaan Kitiseen.





3 VESITASEEN LASKENTAPERUSTEET

3.1 Käytetyt vesitasemallit

Hankkeen vesitaseen mallinnuksessa on käytetty kahta vesitasemallia: analyttistä Excel-mallia sekä dynaamista GoldSim-mallia.

Excel-mallilla on mallinnettu tässä raportissa kohdassa 3.2 kuvatut eri tarkastelutilanteet. Excel-mallilla on tarkasteltu aina yhtä tuotannon ajankohtaa kerrallaan. Malli on laadittu keskimääräisen sadannan mukaisille hydrologisille olosuhteille ja lisäksi on mallinnettu poikkeuksellisen sateinen vuosi (ks. kohta 4.1). Malliin on syötetty tiedot toimintojen pinta-aloista, prosessin vedenkulutuksesta ja rikastushiekkamäärästä, kaivoksen kuivatusvesimäärästä sekä sadanta- ja valuntatiedot. Laaditun mallin tarkoituksena on määrittää eri tarkasteluvaihtoehtojen purkuvesimäärät sekä arvioida vesivarastotilavuuden riittävyys. Excel-mallin on laatinut AFRY Finland Oy.

Lisäksi tarkastelutilanteen 2 vesitase on mallinnettu myös GoldSim-mallilla koko kaivoksen elinkaaren yli. GoldSim-mallilla on varmistettu Excel-mallin tulokset.

3.2 Vesitaseen tarkastelutilanteet

Tarkastelutilanteet on esitetty taulukossa 3-1. Laaditun hydrogeologisen mallin perusteet on kuvattu tarkemmin kappaleessa 3.3.3.

Pääasialliset vaihtoehdot liittyvät kaivoksen kuivatusvesimäärään ja rikastushiekan läjitystapaan (kuivaläjitys/märkäläjitys). Kuivatusvesimäärä on mallinnettu kahdella eri periaatteella: ensimmäisessä kuivatusvesimäärän lievennystoimenpiteinä ovat perinteiset isompien vettä johtavien ruhjeiden betonoiminen ja kaivostäytön käyttäminen kun taas toisessa käytetään lisäksi erityisiä lisälievennystoimenpiteitä kuten ruhjeiden laajempialainen injektioiminen (so. kivessä olevien ruhjeiden ja huokostilan täyttäminen kovettuvalla materiaalilla) ja avoimien tilojen laajamittainen eristäminen betonoimalla. Kaivoksen lievennystoimet selkeästi vähentävät vesitaseessa mukana olevan veden määrää.

Märkä- ja kuivaläjitäyksen merkittävin ero on siinä, miten vedet rikastamon ja rikastushiekkavaraston toiminnoissa kierrätetään (ks. kuvat 3-3 ja 3-4 sekä tarkempi kuvaus kappaleesta 3.3.2.2). Sen sijaan Kitisen raakavedenotto ja jokeen palautettavan puhdistetun veden määrä ovat kummassakin vaihtoehdossa lähes saman suuruiset. Kuivaläjitäyksessä vesi kiertää rikastamon sisällä ja suodatuslaitokselta takaisin rikastamolle, kun taas märkäläjitäyksestä veden kierrätys tapahtuu rikastushiekka-alueelta.

Lisäksi hankkeessa on kaksi pääasiallista prosessivaihtoehtoa, jotka eroavat toisistaan pääasiassa käytettävien kemikaalien ja prosessiveden laatuarvioiden suhteen. Nämä vaihtoehdot on kuvattu kohdassa 3.3.2.1.

Taulukko 3-1. Vesitasemallinnuksen tarkastelutilanteet.

Tarkastelutilanne	Kuvaus
Tarkastelutilanne 1	Rikastushiekan kuivaläjitys, kaivoksen kuivatuksen vesimäärät mallinnettu lievennystoimenpiteet huomioiden
Tarkastelutilanne 2	Rikastushiekan kuivaläjitys, kaivoksen kuivatuksen vesimäärät mallinnettu ilman erityisiä lievennystoimenpiteitä
Tarkastelutilanne 3	Rikastushiekan märkäläjitys, kaivoksen kuivatuksen vesimäärät mallinnettu lievennystoimenpiteet huomioiden
Tarkastelutilanne 4	Rikastushiekan märkäläjitys, kaivoksen kuivatuksen vesimäärät mallinnettu ilman erityisiä lievennystoimenpiteitä

3.3 Laskentaperusteet

3.3.1 Pinta-alat

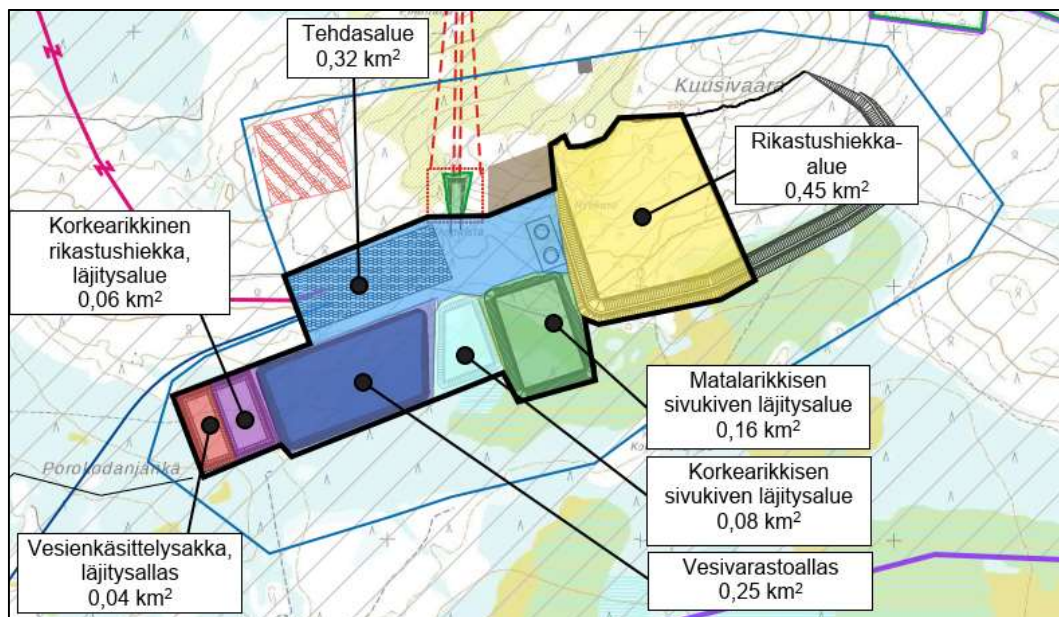
Vesitaselaskennassa käytetyt eri toimintojen valuma-alueiden pinta-alat on esitetty taulukossa 3-2. Pinta-alat perustuvat YVA-vaihtoehtoihin 1a ja 1b. Havainnollistavat kuvat pinta-aloista on esitetty kuvissa 3-1 ja 3-2.

Rikastushiekan kuivaläjitystä koskevissa tarkastelutilanteissa 1 ja 2 on huomioitu, että rikastushiekka-alueesta on vain yksi lohko läjityskäytössä kerrallaan.

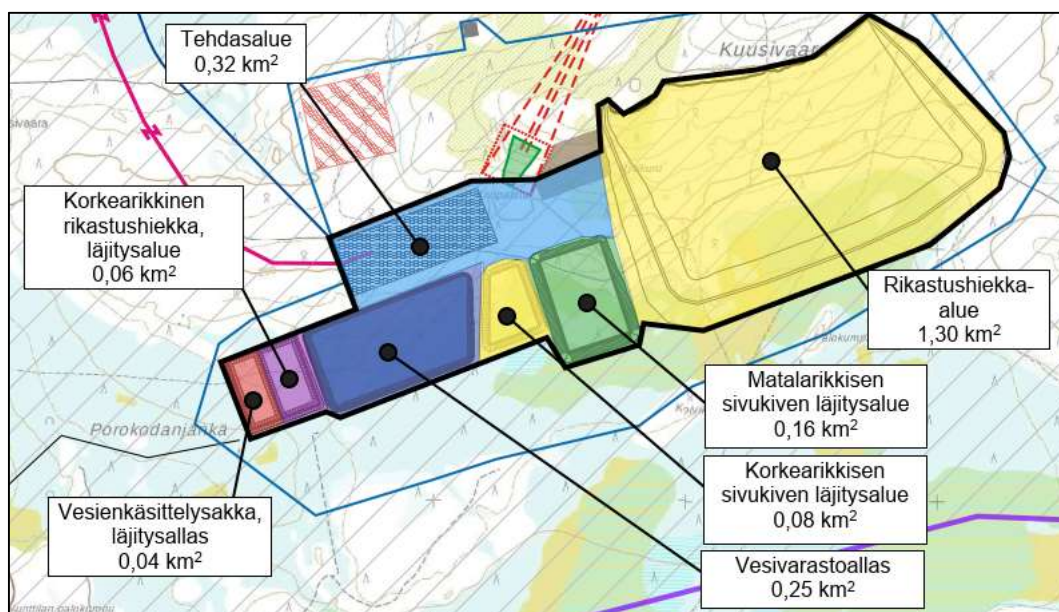
Valuma-alueille tulee vettä sadantana ja sitä poistuu haihtumalla. Lisäksi osa vedestä suotautuu rakennekerroksiin. Toiminta-alueiden suotovedet pyritään keräämään ja palauttamaan takaisin vesikiertoon. Tässä vesitasemallissa suotovesien on arvioitu sisältyvän nettovesimääriin. Tehdasalueen pintavalumana kulkevat hulevedet keräillään ja hallitaan erikseen.

 Taulukko 3-2. Vesitaselaskennassa käytetyt valuma-alueiden pinta-alat – yksikkö km².

TARKASTELU-TILANNE	Tehdas-alue	Rikastushiekka-alue	Korkearikkinen rikastushiekka, läjitysalue	Matalarikkisen sivukiven läjitysalue	Korkearikkisen sivukiven läjitysalue	Vesivarastoallas	Vesienkäsittelysakka, läjitysallas
Tarkastelutilanne 1	0,32	0,45	0,06	0,16	0,08	0,25	0,04
Tarkastelutilanne 2	0,32	0,45	0,06	0,16	0,08	0,25	0,04
Tarkastelutilanne 3	0,32	1,30	0,06	0,16	0,08	0,25	0,04
Tarkastelutilanne 4	0,32	1,30	0,06	0,16	0,08	0,25	0,04



Kuva 3-1. Vesitaselaskennassa käytetyt valuma-alueet ja niiden pinta-alat kartalla – Tarkastelutilanteet 1 ja 2.



Kuva 3-2. Vesitaselaskennassa käytetyt valuma-alueet ja niiden pinta-alat kartalla – Tarkastelutilanteet 3 ja 4.

3.3.2 Rikastamon vesitase

3.3.2.1 Rikastamon prosessivaihtoehdot

Sakatin rikastusprosessissa käytettävät menetelmät ovat murskaus, jauhatus, vaahdotus ja magneettierotus, sekä tuotteiden vedenpoisto (sakeutus ja suodatus). Murskatusta ja jauhetusta malmista tuotetaan vaahdotuksen ja magneettierotuksen avulla kuparirikaste (Cu-rikaste) ja nikkelirikaste (Ni-rikaste), jotka sisältävät myös kobolttia ja jalometalleja. Rikasteet toimitetaan edelleen jatkojalostettavaksi asianomaisille jatkojalostuslaitoksille.

Rikastusprosessin osalta hankkeessa on kaksi päävaihtoehtoa: Prosessivaihtoehto 1 ja Prosessivaihtoehto 2.

Prosessivaihtoehdossa 1 Cu/Ni-esivaahdotusta seuraavan riperikastuksen ensimmäisenä vaiheena on Cu/Ni-ripevaahdotus. Tämän vaiheen rikaste ohjautuu märkämagneettierotukseen. Magneettierotuksessa prosessivirrasta erotetaan sulfidinen magneettikiisu (magneettinen jae), joka muodostaa osan korkearikkisestä rikastushiekasta. Ei-magneettinen osa palautetaan Cu/Ni-esivaahdotukseen. Cu/Ni-ripevaahdotuksen jätteelle suoritetaan vielä lopullinen rikkivaahdotus, jonka ylite (rikaste) muodostaa kaivostäyteenä käytettävän korkearikkisen rikastushiekkajakeen yhdessä magneettisen jakeen kanssa. Rikkivaahdotusvaiheen rikastushiekka muodostaa matalarikkisen rikastushiekan, joka ohjataan joko kuiva- tai märkäläjäytykseen.

Prosessivaihtoehdossa 2 Cu/Ni-esivaahdotusta seuraavan ripepiirin ensimmäinen vaihe on suoraan märkämagneettierotus, jossa prosessivirrasta erotetaan magneettinen jae, joka on valtaosin sulfidista magneettikiisua¹. Tämä, niin kutsuttu LIMS-rikaste, muodostaa osan Sakatin rikastamon korkearikkisestä jätteestä, josta toisen osan muodostaa viimeisenä riperikastusvaiheena vaahdotettava sulfidipitoinen riperikaste. Yhdistetty LIMS-rikaste-riperikaste sakeutetaan niin, että kiintoainepitoisuudeksi muodostuu 60-70 %. Tämä sakeutettu tuote, jonka vuosittainen määrä on noin 0,3-0,4 milj.t, ohjataan kaivostäytteeksi.

Prosessivaihtoehdot eroavat keskenään käytettävien kemikaalimäärien suhteen. Yleisesti prosessivaihtoehdon 1 kemikaalikulutukset ovat suuremmat ja lisäksi prosessissa käytetään pH:n säädössä rikkihappoa, mikä näkyy myös prosessiveden laadussa korkeampana sulfaattipitoisuutena. Kemikaalien käytön erot näkyvät arvioiduissa prosessiveden laaduissa. Veden laatuarviot on esitetty kappaleessa 5.1.

Vaahdotuksessa käytetyt kemikaalit voidaan jakaa seuraavasti: 1) kokoojat, joiden tehtävänä on kiinnittäminen rikastettavien mineraalien pintoihin, 2) vaahdotteet, jotka alentavat rikastuslietteen pintajännitystä ja edesauttavat ilman avulla luotavan vaahdotuskuplaston muodostumista, 3) säännöstelijät, aktivoijat ja painajat, joita käytetään toisaalta arvomineraalien aktivointiin, ja toisaalta, epätoivottujen mineraalien passivointiin ulos arvomineraalien rikastusvaahdosta, ja 4) erilaiset vaahdotuslietteen alkalisuuteen ja happamuuteen vaikuttavat kemikaalit. Näiden lisäksi käytetään lietteiden vedenpoistovaiheessa ns. flokkulantteja, jotka edesauttavat lietteiden sakeutusta. Prosessivaihtoehtojen arvioidut kemikaalinkulutukset on esitetty taulukossa 3-3.

¹ Esiintymän magneettikiisu on valtaosin monokliinistä, joka on magneettinen ja saadaan erotettua magneettierotuksella LIMS-rikasteeseen. Osa magneettikiisusta on kidemuodoltaan heksagonista, joka ei ole magneettinen ja päättyy magneettierotuksessa jätteeseen.

Taulukko 3-3. Prosessivaihtoehtojen rikastuskemikaalien kulutusmäärät (annostus grammoina syötettyä malmitonnia kohden).

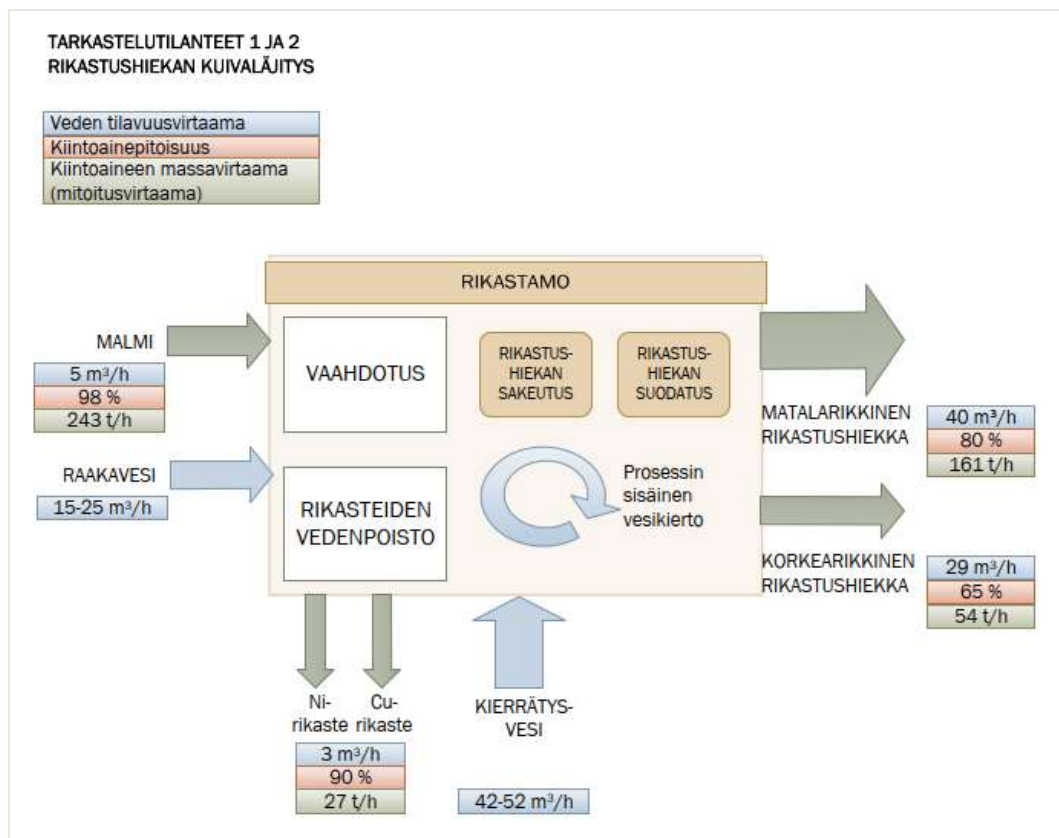
Kemikaali	Annostus	Prosessivaihtoehto 1	Prosessivaihtoehto 2
Na ₂ CO ₃	g/t	4 533	3 558
H ₂ SO ₄	g/t	5 378	-
CuSO ₄	g/t	250	-
CMC	g/t	175	165
Ca(OH) ₂	g/t	1 394	1 092
Dextrine	g/t	475	273
AERO 407	g/t	275	199
AERO 3894A	g/t	70	79
SEX	g/t	10	33
PAX	g/t	300	66
Dowfroth 250	g/t	110	94
Flotanol C7	g/t	50	-
MIBC	g/t	80	80

3.3.2.2 Prosessin vedenkierrätys

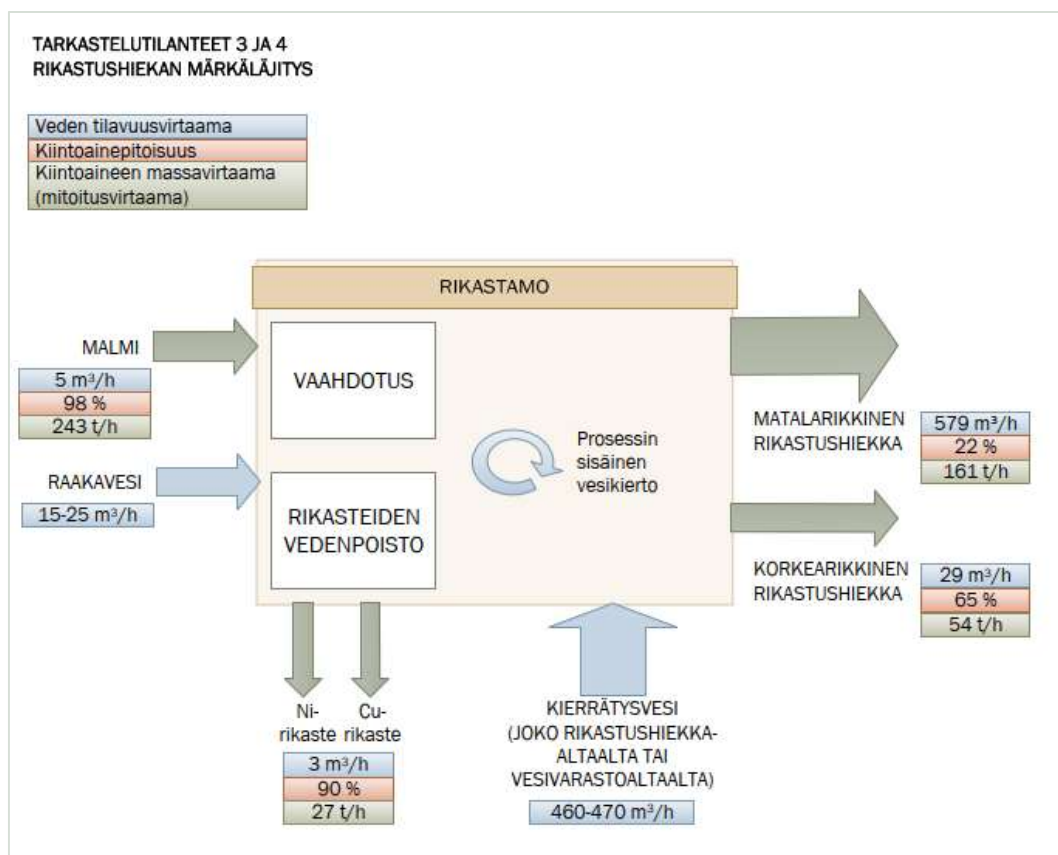
Pääosa prosessivedestä kierrätetään. Veden tehokkaalla kierrätyksellä pystytään minimoimaan raakavedenottotarve Kitisestä. Raakavettä otetaan Kitisestä vain tarpeen mukaan. On huomiotava, että prosessin ylösajovaiheessa – jolloin prosessin vesivarastoja täytetään – raakavedenottotarve Kitisestä on moninkertainen tuotantovaiheeseen verrattuna. Ylösajovaiheen raakavedenottotarve voi olla hetkellisesti jopa 800 m³/h.

Yleisesti tuotantovaiheessa raakavettä käytetään pääasiassa vain reagenssien valmistukseen, pumppujen tiivistevetenä, huuhtelu- ja pesuvesinä sekä palovetenä. Tuotantovaiheessa prosessiveden laadun tasaantuessa tullaan selvittämään, mitkä raakaveden käyttökohteet voidaan korvata kierrätetyllä prosessivedellä. Kierrätyksen maksimoiminen huomioiden jatkuvan raakavedenottotarpeen arvioidaan olevan 15–25 m³/h, mikä vastaa reagenssien valmistuksen vedentarvetta. Hetkellisesti vedenotto voi olla tuotantovaiheessakin kuitenkin jopa 200 m³/h.

Rikastamon sisäisen kierron lisäksi vettä kierrätetään nk. ”isossa kierrossa” eli rikastushiekka-alueen ja rikastamon välillä. Tässä isossa kierrossa kiertävän veden määrä eroaa suuresti rikastushiekan kuiva- ja märkäläjitysvaihtoehtojen välillä. Kuivaläjitysvaihtoehdossa rikastamolle palautettavan kierrätysveden määrä on vain noin 40–50 m³/h (Kuva 3-3), kun taas märkäläjitysvaihtoehdossa vastaava kierrätys on luokkaa 500 m³/h (Kuva 3-4). Erotuksena oleva vesimäärä kulkee kuivaläjitysvaihtoehdossa rikastamolla sisäisenä kiertona johtuen tehokkaammasta vedenpoistosta. Kuivaläjitysvaihtoehdossa kaikki kierrätysvesi otetaan vesivarastoaltaalta, jonne johdetaan myös kaivoksen kuivatusvedet. Märkäläjitysvaihtoehdossa kierrätysvettä otetaan sekä rikastushiekka-altaalta että vesivarastoaltaalta.



Kuva 3-3. Periaatteellinen tasekuva prosessin vedenkierrätyksestä – rikastushiekan kuivaläjitys.



Kuva 3-4. Periaatteellinen tasekuva prosessin vedenkierrätyksestä – rikastushiekan märkäläjäytys.

3.3.2.3 Rikastusprosessin lähtötiedot vesitasemallissa

Rikastusprosessin osalta aluevesitaseessa käytetyt lähtötiedot on esitetty taulukossa 3-4. Rikastusprosessin lähtötiedot perustuvat Outotecin laatimaan rikastamon massataseeseen (Outotec, 2020).

Tarkastelutilanteissa 1 ja 2 (rikastushiekan kuivaläjäytys) periaatteena on, että malarikkisen rikastushiekan suodatuksen suodosvesi palautetaan prosessivedeksi. Kuivaläjäytyksessä rikastushiekan siirto läjitykseen tapahtuu joko kuljettimilla tai koneellisena siirtona. Tarkastelutilanteissa 3 ja 4 (rikastushiekan märkäläjäytys) vesitasemallinnuksen lähtökohtana on, että rikastushiekkaa ei sakeuteta ennen läjitystä. Käytännössä prosessi voidaan kuitenkin järjestää sakeutuksen kanssa ja osa vedestä voidaan kierrättää takaisin prosessiin rikastushiekka-alueen sijaan jo sakeuttimelta. Märkäläjäytyksessä rikastushiekan siirto rikastushiekka-alueelle toteutetaan pumppaamalla.

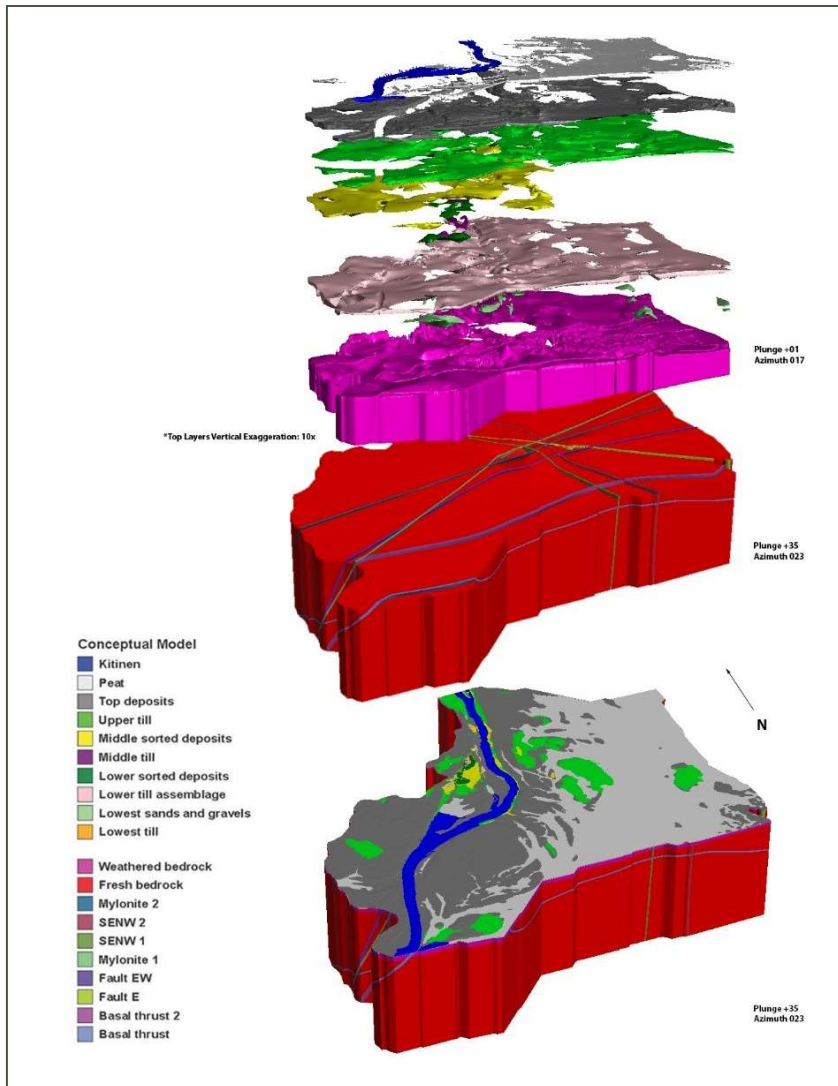
Taulukko 3-4. Vesitaseessa käytetyt rikastusprosessin lähtötiedot.

PROSESSIKOHDE	LASKENTAPERUSTEET
Rikastamolle tuleva kosteus malmissa	2 m-% malmin syöttömäärästä ² (malmin kiintoainepitoisuus 98 %)
Rikasteisiin jäävä vesi	10 m-% rikasteen määrästä (rikasteiden kiintoainepitoisuus 90 %)
Matalarikkinen rikastushiekka	Rikastushiekan kiintoainepitoisuus ennen sakeutusta 22 m-%, sakeutuksen jälkeen 60 m-% ja suodatuksen jälkeen 80 m-%
	Märkäläjäytys: Rikastushiekan kiintoainepitoisuus veden erottumisen jälkeen läjityksessä 77 m-% (osa vedestä pidätty rikastushiekkaan)
	Märkäläjäytys: Rikastushiekasta eroavasta vedestä 80 % palautetaan rikastamolle
	Kuiva-aineen ominaispaino 2,654 g/cm ³
Korkearikkinen rikastushiekan vesimäärä	Rikastushiekan kiintoainepitoisuus sakeutuksen jälkeen 65 m-%
	Kuiva-aineen ominaispaino 3,190 g/cm ³
Raakaveden otto Kitisestä	Tuotantovaiheessa keskimäärin 15-25 m ³ /h Hetkellisesti tuotantovaiheessa 200 m ³ /h Mallinnuksessa käytetty arvoa 25 m ³ /h

3.3.3 Kaivoksen kuivatusvesimäärät

Vesitaseen mallinnuksessa käytetyt kaivoksen kuivatusvesimäärät perustuvat Stantec Consulting Ltd:n (myöhemmin Stantec) laatimaan hydrogeologiseen virtausmalliin (Stantec Consulting Ltd, 2020), joka on laadittu elementtimenetelmään perustuvalla FEFLOW-ohjelmistolla (DHI). Laadittu hydrogeologinen virtausmalli perustuu Leapfrog GEO-ohjelmistolla (Seequent) laadittuun geologiseen 3D-yhdistelmämalliin, missä on yhdistetty SRK:n laatima geologinen kallioperämalli sekä Helsingin yliopiston laatima maaperämalli (Kuva 3-5). Geologinen yhdistelmämalli sisältää maaperän, kallioperän sekä kallioperän merkittävimmät rakenteet. Tämän geologisen 3D-yhdistelmämallin ja hydrogeologisen konseptuaalisen mallin pohjalta Stantec on laatinut hydrogeologisen virtausmallin, johon on sisällytetty suunniteltu maanalainen kaivos (SRK, 2019).

² Merkintä m-% tarkoittaa painoprosenttia

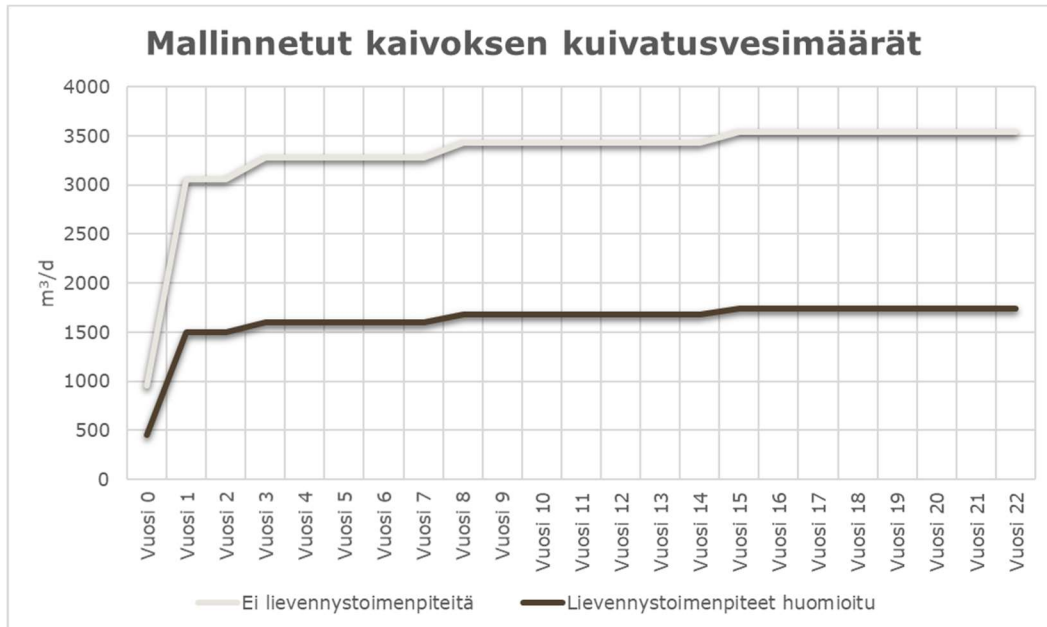


Kuva 3-5. Hydrogeologisen 3D-yhdistelmämallin periaatteellinen kerrosrakennekuva (Stantec, 2020).

Hydrogeologisessa mallinnuksessa on ensin laadittu *steady state* -tasapainomalli kuvaamaan nykyistä pohjaveden virtausta ilman kaivostoimintaa. Tämän jälkeen on laadittu kaivostoiminnan sisältävä muuttuvaa tilannetta kuvaava *transient* -malli kuvaamaan kaivostoiminnan vaikutusta ja toiminnan aikaisia pohjaveden virtausoloja. Hydrogeologisen mallin maanpintaleikkauksen pinta-ala on 17 km² ja malli ulottuu suon pinnalta 200 metriä kaivoksen alapuolelle. Mallissa on aktiivisia soluja 1 115 478 kappaletta. Solukoko vaihtelee ollen pienin ja malli täten tarkin kaivoksessa ja sen läheisyydessä.

Transient -malli on laadittu kahdella eri periaatteella: ensimmäisessä kuivatusvesimäärän lievennystoimenpiteinä ovat perinteiset isompien vettä johtavien ruhjeiden betonoiminen ja kaivostäytön käyttäminen kun taas toisessa käytetään lisäksi erityisiä lisälievennystoimenpiteitä kuten ruhjeiden ja huokostilan laajempialaista sulkemista injektioimalla ja avoimien tilojen laajamittaista eristämistä betonoimalla. Vesitaseen tarkastelutilanteissa 1 ja 3 käytetyt kuivatusvesimäärät sisältävät edellä mainittujen erityisten lievennystoimenpiteiden vaikutuksen kuivatusvesimääriin.

Kaivokseen tulevan veden määrä kasvaa kaivoksen eliniän aikana. Keskimääräinen kuivatusvesimäärä ilman erityisiä lievennystoimenpiteitä on Stantecin mallin mukaan 3 327 m³/d ja lievennystoimenpiteiden kanssa 1 634 m³/d (Kuva 3-6). Kaivoksen kuivatusvesi pumpataan kaivoksesta maanpinnalle ja johdetaan vesivarastoaltaaseen.



Kuva 3-6. Kaivoksen kuivatusvesimäärät (Stantec Consulting Ltd, 2020).

3.4 Meteorologinen havaintoaineisto

Saatavilla oleva havaintoaineisto

Meteorologinen havaintoaineisto on haettu Ilmatieteen laitoksen tietokannoista Sodankylän Tähtelän sääasemalta. Säähavaintojen vuorokausi- ja kuukausiarvot -aineistot sisältävät Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemilla tehtyjä mittauksia ja niistä laskettuja arvoja vuodesta 1891 tähän päivään. Kuukauden sadesumma on saatavilla vuodesta 1891 alkaen. Vuodesta 1908 alkaen vuorokausi- ja kuukausiarvoja on saatavilla seuraaville suureille: vuorokauden keskilämpötila sekä vuorokauden ylin ja alin lämpötila, vuorokauden sadesumma. Lisäksi vuodesta 1900 alkaen on saatavilla kuukauden keskilämpötilatiedot. Vuorokauden lumensyvyys on saatavilla vuodesta 1911 alkaen.

Tässä raportissa on esitetty haettu aineisto vuodesta 1959 alkaen. Haettu aineisto sisältää vuorokausisadannan sekä vuorokauden keskilämpötilan aikavälille 1959-2019 (Ilmatieteen laitos, 2020).

Haihdunnan osalta on hyödynnetty Suomen ympäristökeskuksen simuloituja haihdunta-arvoja.

Aineiston käsittely

Aineistoa on käsitelty määrittämällä haetusta aineistosta kuukauden keskilämpötila (°C) ja sadekertymä (mm) aikaväleille 1959-2019 (60 vuotta) ja 1999-2019 (20 vuotta). Kuukauden keskilämpötila (°C) ja sadekertymä (mm) lasketaan kyseisen kuukauden

vuorokausiarvoista. Kuukauden keskilämpötila on keskiarvo vuorokausien keskilämpötiloista ja sadesumma on vuorokausimäärien summa.

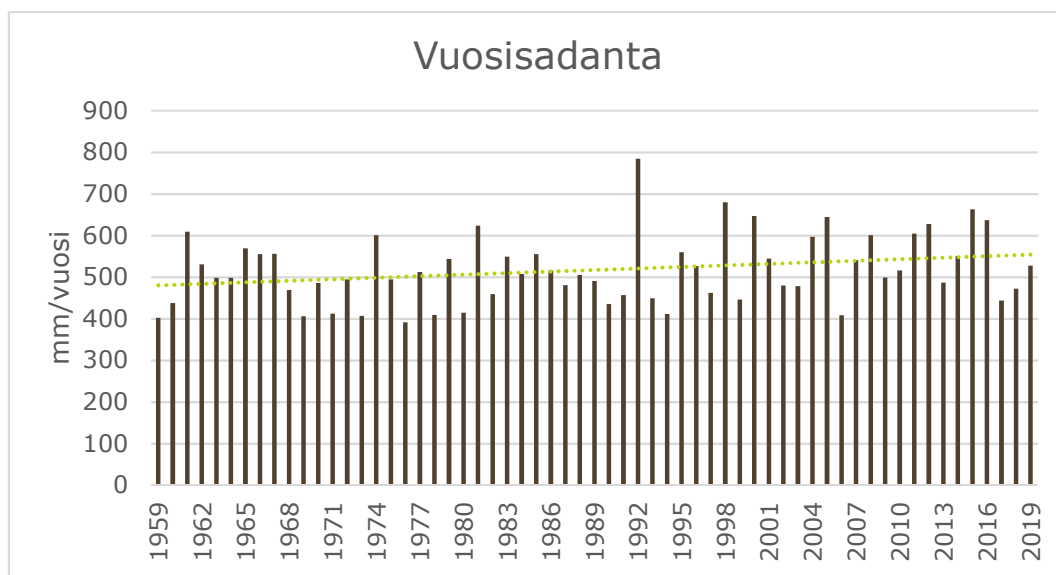
Kuukausikeskiarvoista on laskettu edelleen vuosisadanta kuukausisadantien sadesummana ja lämpötilan vuosikeskiarvo kuukauden keskilämpötilojen keskiarvoina.

Vuosisadantojen sadesummien keskiarvo on aikavälillä 1959–2019 ollut 516 mm/vuosi. Viimeisen kahdenkymmenen vuoden (1999–2019) vuosisadantojen sadesummien keskiarvo on ollut 544 mm/vuosi. Vuoden keskilämpötila on aikavälillä 1959–2019 ollut $-0,4^{\circ}\text{C}$ ja vuosina 1999–2019 vastaavasti $+0,6^{\circ}\text{C}$. Vuoden keskilämpötila on laskettu keskiarvona vuorokauden mitatuista keskilämpötiloista. (Ilmatieteen laitos, 2020)

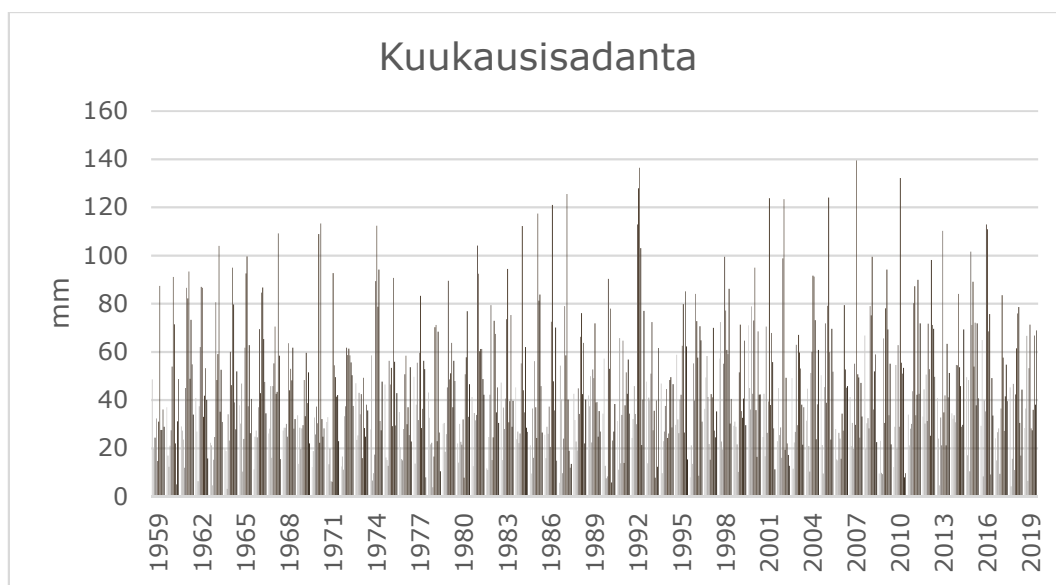
Lasketut kuukauden sadesummat sekä kuukauden keskilämpötila-arvot on esitetty taulukossa 3-5. Lisäksi kuvissa 3-7, 3-8, 3-9 on esitetty lasketut vuosisadannan, kuukausisadannan ja kuukauden keskilämpötilan arvot vuosille 1959–2019 kuvaajina. Kuvaajista, samoin kuin lasketuista keskiarvoista, näkee alueen lämpötilan ja vuosisadannan nousevan trendin.

Taulukko 3-5. Sodankylän sääasema, lasketut kuukauden sadesummat ja kuukauden keskilämpötilat aikaväleille 1959–2019 ja 1999–2019. (Ilmatieteen laitos, 2020)

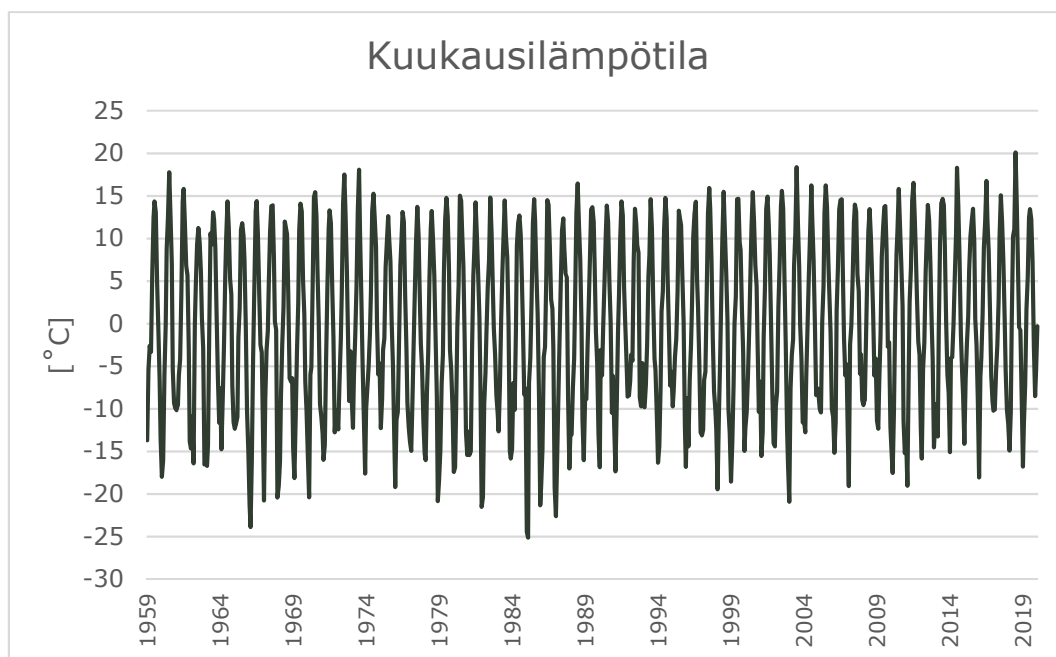
	Sadanta [mm] 1959–2019	Sadanta [mm] 1999–2019	Lämpötila [$^{\circ}\text{C}$] 1959–2019	Lämpötila [$^{\circ}\text{C}$] 1999–2019
Tammi	33	36	-14,0	-13,1
Helmi	27	29	-12,8	-12,0
Maalis	27	27	-7,8	-7,3
Huhti	27	32	-1,5	-0,1
Touko	37	42	5,4	6,2
Kesä	57	58	11,7	12,0
Heinä	70	83	14,6	15,4
Elo	60	56	11,8	12,5
Syys	53	54	6,4	7,5
Loka	48	44	-0,3	0,5
Marras	41	43	-6,7	-5,3
Joulu	36	40	-11,4	-9,6
Summa	516	544	-	-
Keskiarvo	-	-	- 0,4	0,6



Kuva 3-7. Sodankylä, Tähtelän sääasema – vuosisadanta 1959–2019. Vuosisadanta laskettu sadesummina havaituista vuorokauden sadekertymistä.



Kuva 3-8. Sodankylä, Tähtelän sääasema – kuukausisadanta 1959–2019. Kuukausisadanta laskettu sadesummina havaituista vuorokauden sadekertymistä.



Kuva 3-9. Sodankylä, Tähtelän sääasema – kuukausilämpötila 1959–2019. Kuukauden keskilämpötila laskettu keskiarvoina vuorokauden keskilämpötiloista.

Vesitasemallinnuksessa käytetyt arvot

Vesitasemallinnuksessa on käytetty sadannan lähtötietona vuosien 1999–2019 kuukausisadantojen keskiarvoja. Lisäksi haihdunnan (evapotranspiraatio) on arvioitu olevan 229 mm/vuosi. Haihdunta perustuu Suomen ympäristökeskuksen vesistöalueen 65.897 Rovajoki simuloituihin arvoihin. Vuosisadannan ja haihdunnan erotuksena on määritetty alueelle nettosadannan arvo, joka on 315 mm / vuosi. Tämä vastaa 9,9 l/s/km² valunta-arvoa. Valunnan jakautuminen eri kuukausille on arvioitu alueelle tyypillisten valumaproosenttien mukaan.

Talviaikainen nettosademäärä vapautuu lumen sulaessa. Vesivarastoaltaan pinnalle on arvioitu muodostuvan talvella jääkerros, mikä on huomioitu altaan vapaan veden määrässä. Jäänpaksuustietoina on käytetty Sodankylän Unarin mitta-aseman vuosien 1999–2019 keskimääräisiä jäänpaksuuden arvoja.

Vesitasemallinnuksessa käytetyt hydrologiset arvot on esitetty taulukossa 3-6.

Taulukko 3-6. Vesitasemallinnuksessa käytetyt hydrologiset arvot.

	KK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	YHT.
Keskilämpötila	° C	-13	-12	-7	0	6	12	15	13	7	1	-5	-10	0,6
Sadanta	mm	36	29	27	32	42	58	83	56	54	44	43	40	544
Haihdunta	mm	0	0	0	0	43	61	61	40	18	5	0	0	229
Nettosadanta	mm	36	29	27	32	-1	-3	22	16	36	39	43	40	315
Pintavalunta	mm	9	7	7	30	117	26	24	20	25	22	17	11	315
Jäänpaksuus	cm	42	52	60	56	5	0	0	0	0	2	14	29	N/A

3.5 Puhtaiden vesien hallinta

Rikastamoalueen toimintojen sijoittuminen eri valuma-alueille on esitetty taulukossa 3-7. Taulukossa esitetyt valuma-alueiden osuudet ovat mukana kaivoksen vesikierrossa ja niille tuleva sadanta ja siitä muodostuva valunta johdetaan purkuvetenä pois kaivostoimintojen alueelta. Taulukossa mainittujen pinta-alojen lisäksi YVA-vaihtoehtoissa VE2 ja VE3 Pahanlaaksonmaan alueella sijaitsevien toimintojen sadannasta muodostuva valunta kerätään kaivoksen vesikiertoon. Pahanlaaksonmaan alueella sijaitsevien toimintojen pinta-ala on noin 15 000 m².

Taulukko 3-7. Rikastamoalueen toimintojen sijoittuminen eri valuma-alueille.

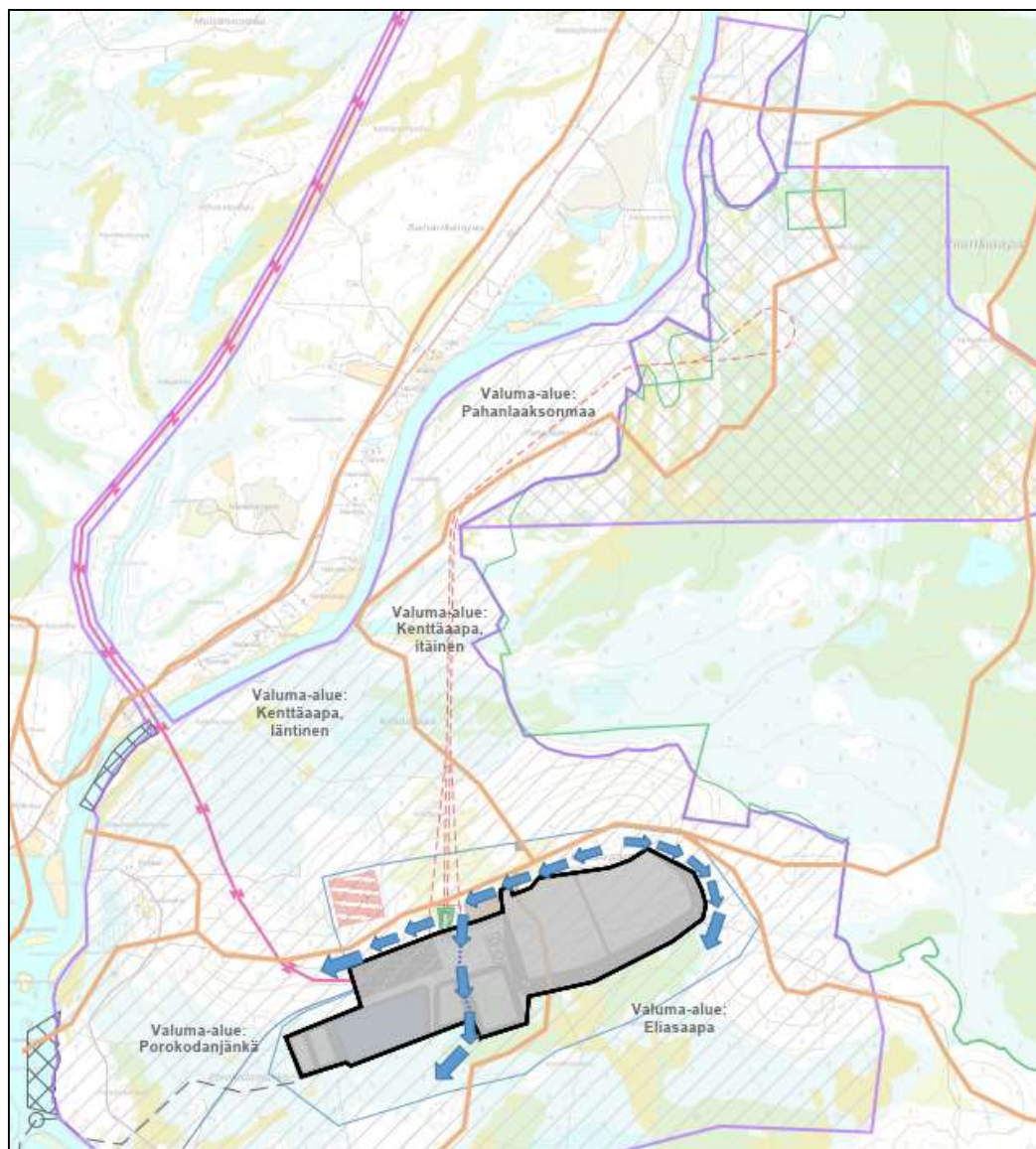
YVA-vaihtoehto	Vesikierrossa mukana oleva pinta-ala [km ²]	Eliasaapa [km ²]	Porokodanjänkä [km ²]	Kenttäaapa, läntinen [km ²]	Kenttäaapa, itäinen [km ²]
VE1a	1,4	0,3*	1,1	-	-
VE1b	2,2	1,1	1,1	-	-
VE2a	1,9	0,7	1,2	-	-
VE2b	2,3	0,7	1,6	-	-
VE3a	1,9	-	-	1,7	0,2
VE3b	2,3	-	0,1	2,0	0,2
* enimmillään 0,45 km ²					

Kaivostoimintojen ulkopuoliset puhtaat aluevedet pidetään erillään kaivoksen vesikierrossa olevista vesijakeista. Käytännössä tämä järjestetään niskaojilla. Puhtaiden aluevesien hallinta ja niskaojilla johdettavien ulkopuolisten aluevesien virtaussuunnat on esitetty kullekin YVA-vaihtoehtolle erikseen alla olevissa kuvissa (kuva 3-10...3-15). Kuvissa oranssit viivat kuvaavat pienvaluma-alueiden rajoja.

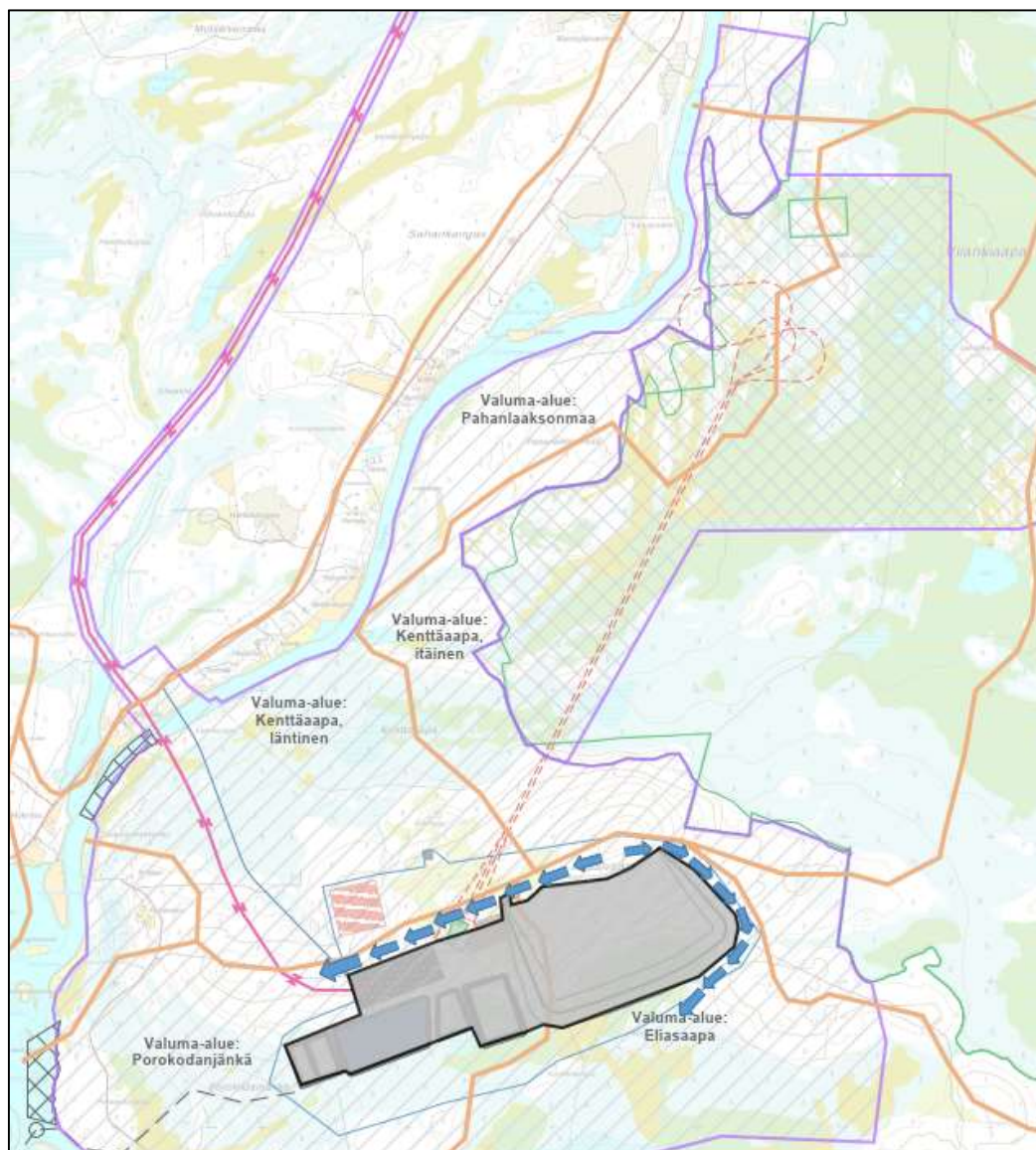
YVA-vaihtoehtoissa VE1 ja VE2 rikastamoalueen toiminnot sijoittuvat Eliasaavan ja Porokodanjängän valuma-alueille. Kussakin YVA-vaihtoehtojen VE1 ja VE2 alavaihtoehtossa osa Kuusivaaran laen valuma-alueen vesistä, jotka luontaisesti kuuluvat Eliasaavan valuma-alueeseen, johdetaan niskaojilla Porokodanjängän valuma-alueelle. YVA-vaihtoehtoissa VE1a ja VE1b vedet johdetaan Porokodanjängän valuma-alueelle noin 0,1 km² alueelta kun taas YVA-vaihtoehtoissa VE2a ja VE2b valuma-alue on noin 0,3 km².

YVA-vaihtoehtoissa VE3a ja VE3b rikastamoalueen toiminnot sijoittuvat pääasiassa Kenttäaavan valuma-alueelle. YVA-vaihtoehtossa VE3a niskaojat voidaan järjestää niin, että puhtaita aluevesiä ei tarvitse johtaa valuma-alueiden rajojen yli. YVA-vaihtoehtossa VE3b puolestaan noin 0,1 km² osuus Kenttäaavan valuma-alueesta johdetaan Porokodanjängän valuma-alueelle.

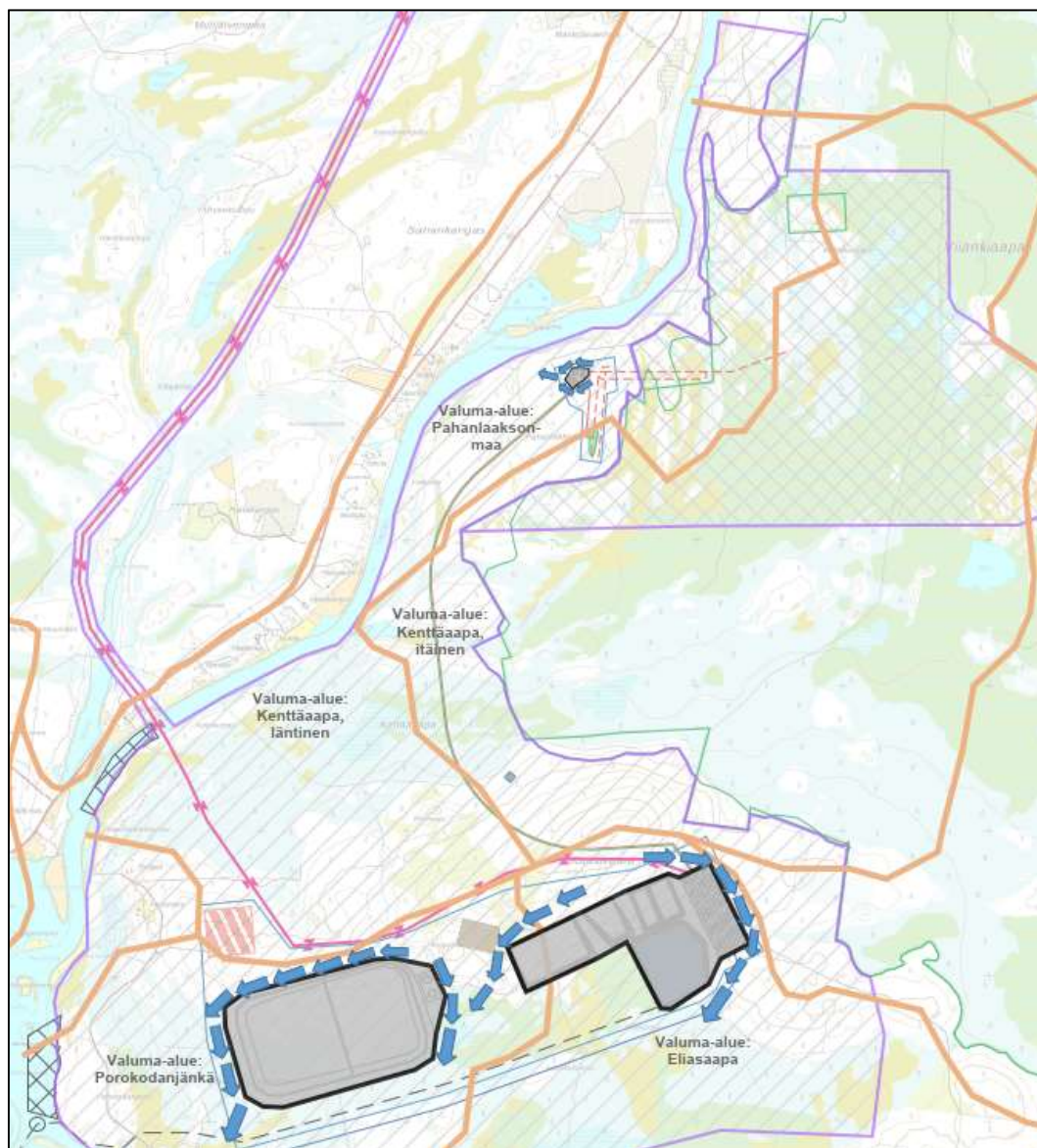
Missään vaihtoehtossa kaivostoimintojen vaikuttamia vesiä ei johdeta Natura-alueelle.



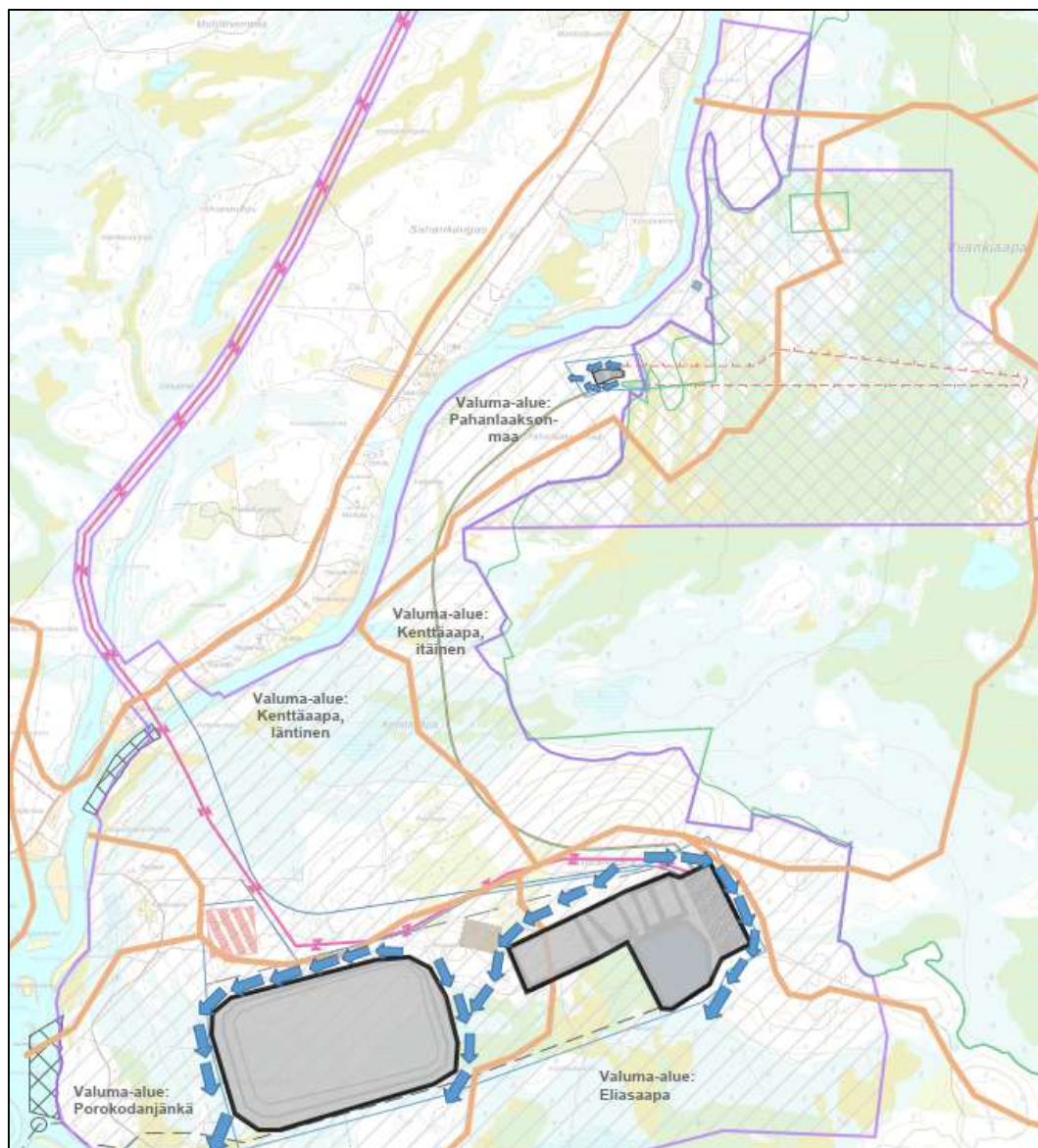
Kuva 3-10. YVA-vaihtoehto VE1a: Puhtaiden aluevesien hallinta, pääasialliset virtaussuunnat.



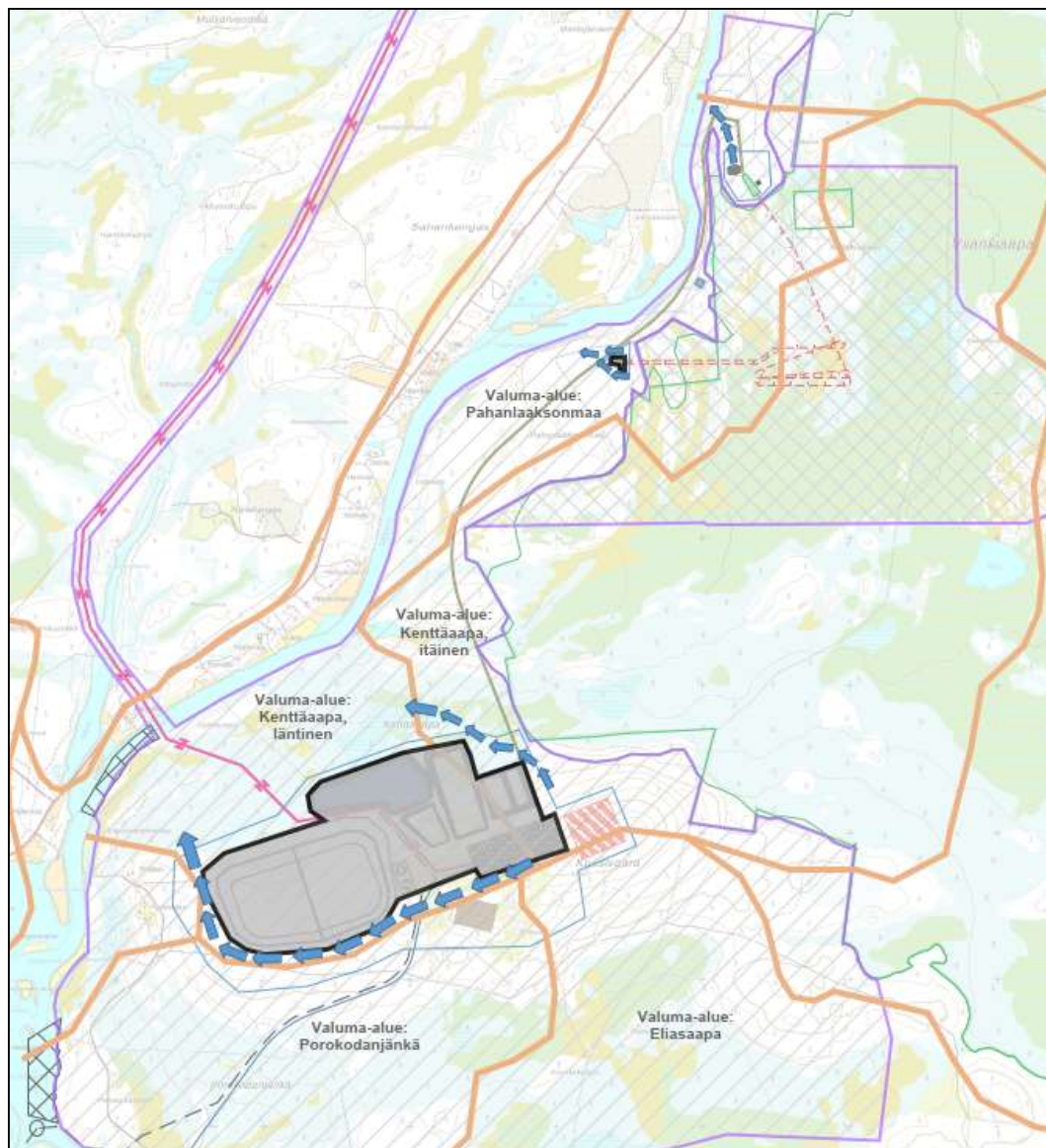
Kuva 3-11. YVA-vaihtoehto VE1b: Puhtaiden aluevesien hallinta, pääasialliset virtaussuunnat.



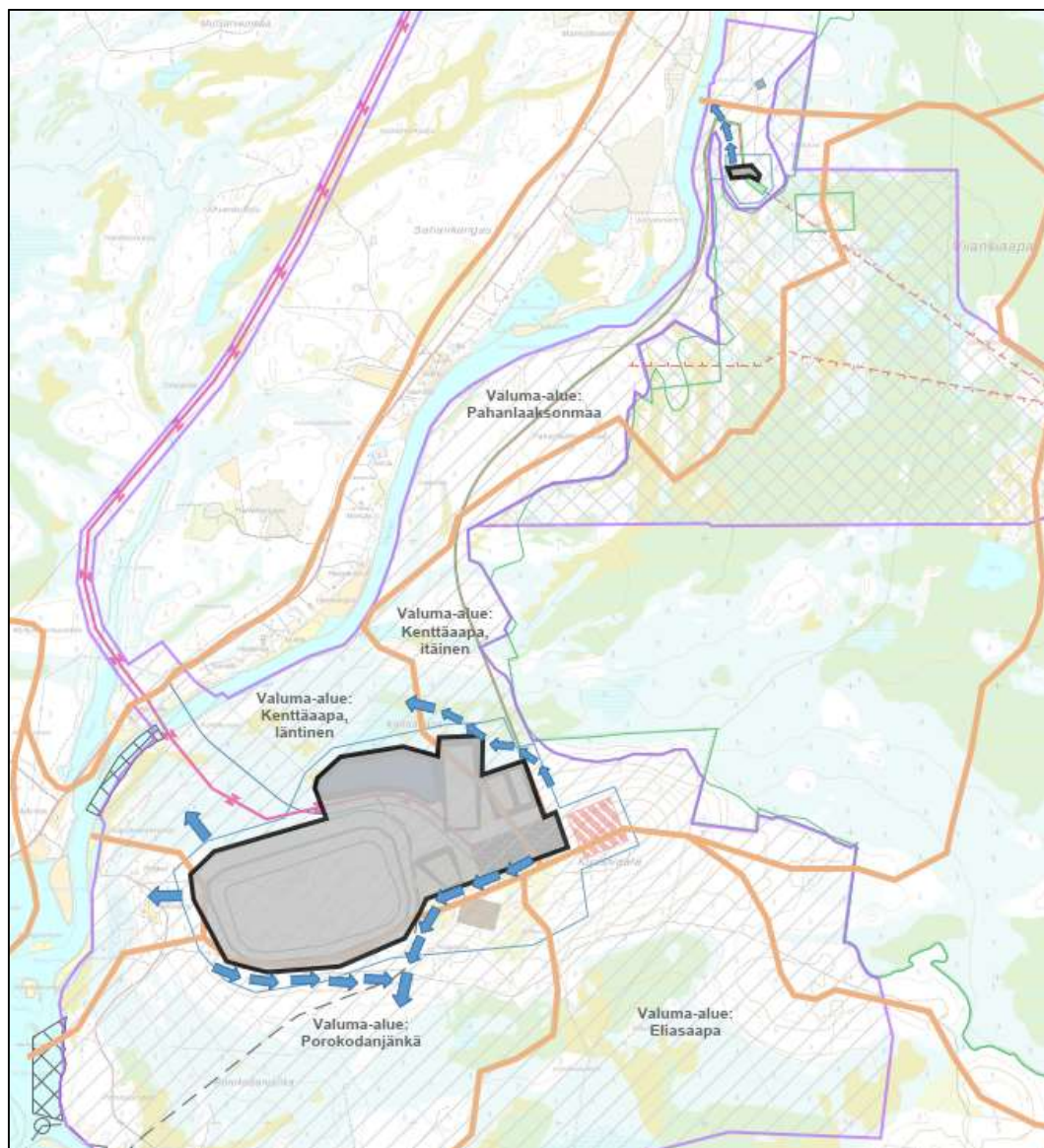
Kuva 3-12. YVA-vaihtoehto VE2a: Puhtaiden aluevesien hallinta, pääasialliset virtaussuunnat.



Kuva 3-13. YVA-vaihtoehto VE2b: Puhtaiden aluevesien hallinta, pääasialliset virtaussuunnat.



Kuva 3-14. YVA-vaihtoehto VE3a: Puhtaiden aluevesien hallinta, pääasialliset virtaussuunnat.



Kuva 3-15. YVA-vaihtoehto VE3b: Puhtaiden aluevesien hallinta, pääasialliset virtaussuunnat.

4 MALLINNUSTULOKSET

4.1 Vuositason nettovesimäärät

Taselaskennan perustana on, että tarkasteltavaan vesikiertoon tulevien ja lähtevien virtojen nettosumman tulee olla sama. Kun tarkastellaan kaivoksen vuotuisia vesitaseita, tarkoittaa nettopositiivinen tilanne sitä, että vettä tulee joko purkaa ympäristöön tai varastoida kaivosalueelle. Nettonegatiivisina vuosina joko kulutetaan olemassa olevia vesivarastoja tai otetaan lisäraakavettä toimintojen ulkopuolelta – tässä tapauksessa Kitisestä.

Vuositason nettotasetarkastelu on jokaiselle mallinnustilanteelle sekä keskimääräisen sadannan mukaan, että poikkeuksellisen sateisen yksittäisen vuoden mukaan. Poikkeuksellisenä vuotena on käytetty vuoden 1992 tietoja. Tuolloin vuosisadesumma oli Sodankylän sääasemalla 785 mm, mikä vastaa jopa kerran 500 vuodessa toistuvaa vuosisadesummaa harvinaisempaa tilannetta, kun vuosisadannan ajatellaan olevan normaalisti jakautunut.

Ilmaston lämmetessä sademäärien arvioidaan Suomessa kasvavan ja rankkasateiden voimistuvan. Vuosisadan puolivälin vaiheilla vuotuinen sademäärä olisi keskimäärin noin 6–11 prosenttia suurempi kuin jaksolla 1981–2010. Maantieteellisesti sademäärät näyttävät kasvavan hieman nopeammin Pohjois-Suomessa kuin etelässä. Pohjoisessa sademäärät kasvavat kaikkina vuodenaikoina, mutta huomattavimmin talvella. Myös sadepäivien määrä on arvioiden mukaan kesää lukuun ottamatta lisääntymässä. (Ilmatieteen laitos ja Suomen ympäristökeskus (SYKE), 2020).

Tässä vesitasemallinnuksessa käytetty poikkeuksellisen sateisen vuoden skenaario on vuotuisen sademäärän suhteen 44 % suurempi kuin keskimääräinen, viimeisen kahdenkymmenen vuoden havaintoaineistoon perustuva skenaario. Vuosisadesumman kasvun suhteen poikkeuksellisen sateisen vuoden skenaarion voidaan siis katsoa pitävän sisällään myös ilmastonmuutoksen vaikutuksen. On kuitenkin mainittava, että kaivoksen vesienhallintarakenteiden yksityiskohtainen mitoitus tullaan lopulta tekemään poikkeuksellisen rankkasateen, sateisen jakson tai kevään ylivalumakauden tilanteen mukaan. Ilmastonmuutoksen vaikutus valittavan mitoitustilanteen toistuvuuteen tulee huomioida ja tarkastella erikseen.

Kaivoksen vesitase on kaikissa tarkastelluissa tilanteissa nettopositiivinen (Taulukko 4-1).

Taulukko 4-1. Vuositason nettovesitase eri tarkastelutilanteissa.

Tarkastelutilanne	Vuosinettotase, keskimääräinen sadanta [Mm ³ /v]	Vuosinettotase, vuoden 1992 sadanta [Mm ³ /v]
Tarkastelutilanne 1	0,65	0,82
Tarkastelutilanne 2	1,27	1,43
Tarkastelutilanne 3	0,86	1,22
Tarkastelutilanne 4	1,47	1,84

Vesitasemallin tulokset keskimääräisen sadannan mukaisissa tilanteissa rikastushiekan kuivaläjäytysvaihtoehdoille (tarkastelutilanteet 1 ja 2) on esitetty kaaviona liitteessä 1. Vastaavasti taseet rikastushiekan märkäläjäytysvaihtoehdoille (tarkastelutilanteet 3 ja 4) on esitetty liitteessä 2. Kappaleessa 4.2 kuvataan eri tarkastelutilanteiden vesitaseet tarkemmin. Selkeyden vuoksi kappaleessa 4.2 on tarkasteltu ainoastaan keskimääräisen sadannan mukaisia vesitasetilanteita. Poikkeukselliset olosuhteet on kuvattu erikseen kappaleessa 4.5.

4.2 Kuukausitason purkuvesimäärät ja altaiden varastokapasiteetin käyttö

4.2.1 Sovelletut rajoitukset

Vesivarastoaltaan maksimitilavuudeksi on tarkastelussa asetettu 700 000 m³. Vesitaseen lopputuloksena tullaan arvioimaan, onko asetettu maksimitilavuus riittävä.

Minimitilavuus 300 000 m³ on määritetty prosessin kiertovesitarpeesta ja vastaa noin 4–6 kuukauden lisäveden tarvetta tarkastelutilanteesta riippuen.

Vesivarastoaltaan osalta säännöstely on mallinnettu siten, että purkuvesimäärä on rajoitettu maksimissaan arvoon 350 m³/h.

4.2.2 Tarkastelutilanne 1

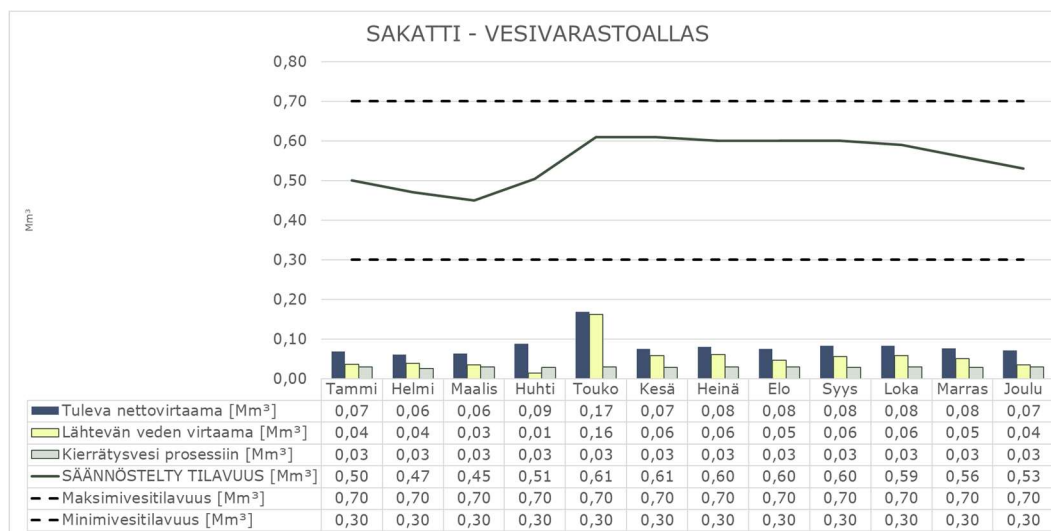
TARKASTELUTILANTEEN KUVAUS

Rikastushiekan läjitystapa: Kuivaläjitys

Kaivoksen kuivatusvesimäärät: Lievennystoimenpiteet huomioitu

Hydrologinen tilanne: Keskimääräinen

Tarkastelutilanteessa 1 vuositase on 0,65 Mm³ nettopositiivinen. Hallittavia vesiä muodostuu alueelle tulevista lumen sulamisvesistä ja sadannasta. Kaivoksen kuivatusvesimäärät ovat maltilliset. Purkuvesimäärä on suurimmillaan toukokuussa ollen 160 000 m³/kk. Talviaikana vesiä puretaan pois kaivosalueelta vain vähäisissä määrin (Kuva 4-1).



Kuva 4-1. Vesivarastoaltaan vesitase ja lähtevän veden virtaama – Tarkastelutilanne 1.

4.2.3 Tarkastelutilanne 2

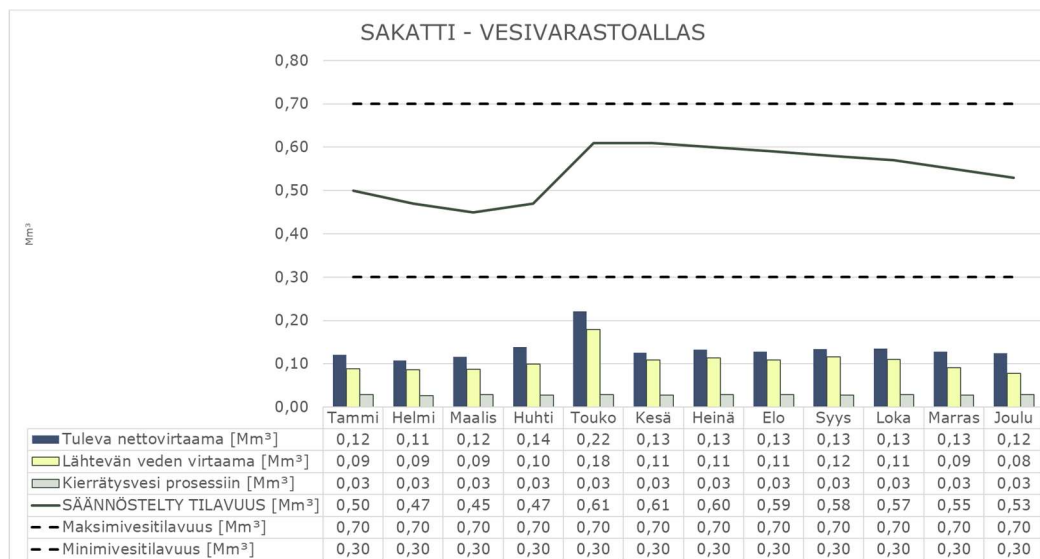
TARKASTELUTILANTEEN KUVAUS

Rikastushiekan läjitystapa: Kuivaläjitys

Kaivoksen kuivatusvesimäärät: Lievennystoimenpiteitä ei huomioitu

Hydrologinen tilanne: Keskimääräinen

Tarkastelutilanteessa 2 vuositase on 1,27 Mm³ nettopositiivinen. Hallittavia vesiä muodostuu alueelle tulevista lumen sulamisvesistä ja sadannasta. Kaivoksen kuivatusvesimäärät ovat tarkastelutilannetta 1 suuremmat. Purkuvesimäärä on suurimmillaan toukokuussa ollen 180 000 m³/kk. Tässä vaihtoehdossa vettä puretaan pois kaivostoimintojen alueella tasaisesti myös talviaikana (Kuva 4-2).



Kuva 4-2. Vesivarastoaltaan vesitase ja lähtevän veden virtaama – Tarkastelutilanne 2.

4.2.4 Tarkastelutilanne 3

TARKASTELUTILANTEEN KUVAUS

Rikastushiekan läjitystapa: Märkäläjitys

Kaivoksen kuivatusvesimäärät: Lievennystoimenpiteet huomioitu

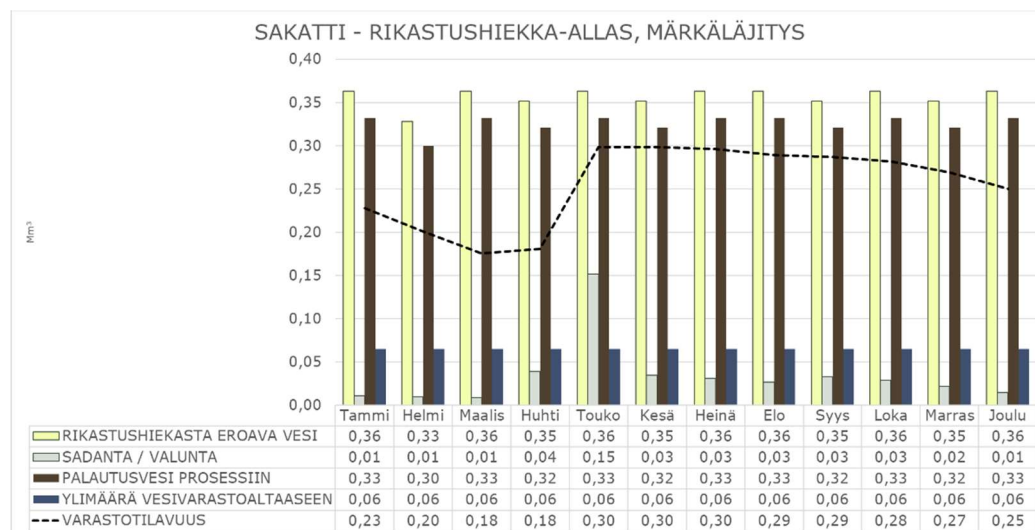
Hydrologinen tilanne: Keskimääräinen

Tarkastelutilanteessa 3 vuositase on 0,86 Mm³ nettopositiivinen. Hallittavia vesiä muodostuu alueelle tulevista lumen sulamisvesistä ja sadannasta. Kaivoksen kuivatusvesimäärä on maltillinen.

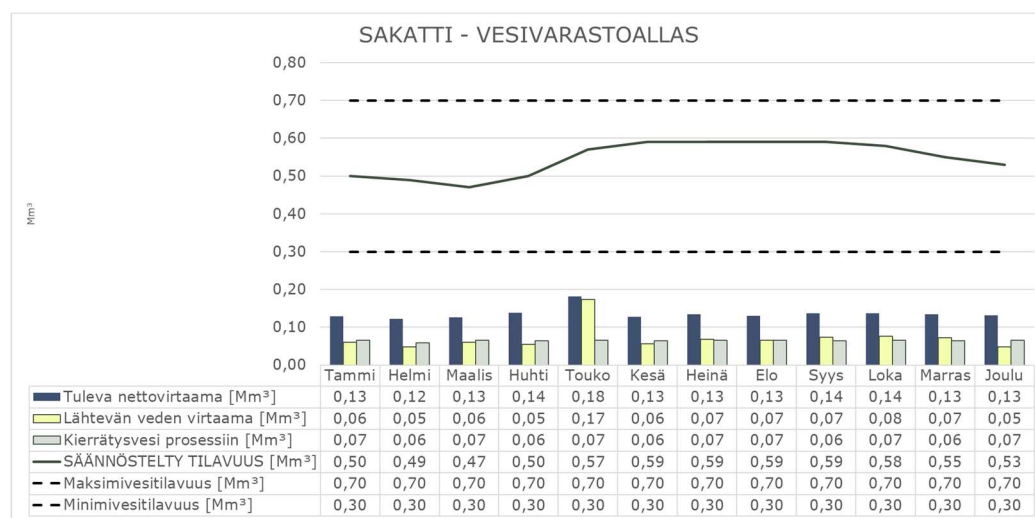
Rikastushiekan märkäläjitys edellyttää merkittävästi suurempaa veden kierrätystä rikastushiekka-alueelta takaisin prosessiin. Altaaseen jäävä ylimäärävesi on tässä

tarkastelussa mallinnettu hallittavan siten, että se puretaan vesivarastoaltaaseen tasaisesti koko vuoden aikana (Kuva 4-3). Käytännössä ajotavat voivat vaihdella. Vesivarastoaltaalle purettava vesimäärä on 65 000 m³/kk mikäli veden purku toteutetaan tässä esitetyn mallin mukaisesti.

Vesivarastoaltaan purkuvesimäärä on suurimmillaan toukokuussa ollen 170 000 m³/kk. Tässä vaihtoehdossa vettä puretaan pois kaivostoimintojen alueelta tasaisesti myös talviaikana (Kuva 4-4).



Kuva 4-3. Rikastushiekka-altaan vesitase ja altaaseen varastoitu vesimäärä – Tarkastelutilanteet 3 ja 4.



Kuva 4-4. Vesivarastoaltaan vesitase ja lähtevän veden virtaama – Tarkastelutilanne 3.

4.2.5 Tarkastelutilanne 4

TARKASTELUTILANTEEN KUVAUS

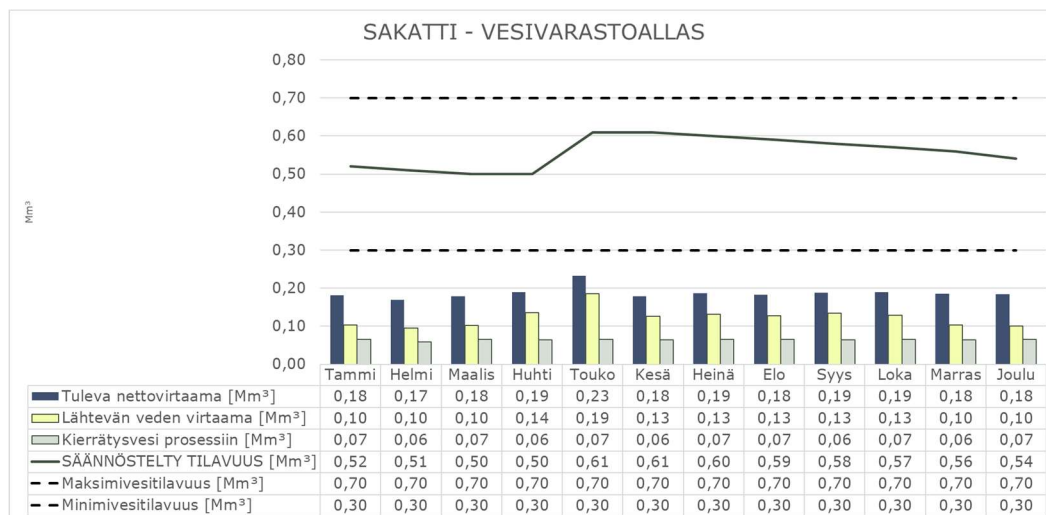
Rikastushiekan läjitystapa: Märkäläjäytys

Kaivoksen kuivatusvesimäärät: Lievennystoimenpiteitä ei huomioitu

Hydrologinen tilanne: Keskimääräinen

Tarkastelutilanteessa 4 vuositase on 1,47 Mm³ nettopositiivinen. Hallittavia vesiä muodostuu alueelle tulevista lumen sulamisvesistä ja sadannasta. Kaivoksen kuivatusvesimäärä on tarkastelutilannetta 3 suurempi. Rikastushiekan märkäläjäytyksen osalta vesienhallintaratkaisu on vastaava kuin tarkastelutilanteessa 3.

Vesivarastoaltaan purkuvesimäärä on suurimmillaan toukokuussa ollen 185 000 m³/kk. Talviaikana vesiä johdetaan pois kaivostoimintojen alueelta kohtuullisen tasaisesti (Kuva 4-5).



Kuva 4-5. Vesivarastoaltaan vesitase ja lähtevän veden virtaama – Tarkastelutilanne 4.

4.2.6 Yhteenveto

Kullekin tarkastelutilanteelle on laadittu kuukausitason vesitasemalli, jonka perusteella on määritetty eri vaihtoehtojen purkuvesimäärät sekä arvioitu vesivarastotilavuuden riittävyttä. Tarkastelluissa vaihtoehtoissa 2 ja 4 purkuvesimäärät ovat luonnollisesti ympäri vuoden vaihtoehtoja 1 ja 3 korkeammat johtuen kaivoksen kuivatusveden eroavista malleista. Rikastushiekan märkäläjäytys muuttaa koko alueen vesienhallinnan konseptia ja vettä palautetaan prosessiin suuret määrät rikastushiekka-altaalta.

Eri vaihtoehtojen kuukausitason purkuvesimäärät on esitetty aiempien kuvien lisäksi alla olevassa taulukossa (Taulukko 4-2). Taulukon luvut kuvaavat sadannan suhteen keskimääräistä tilannetta.

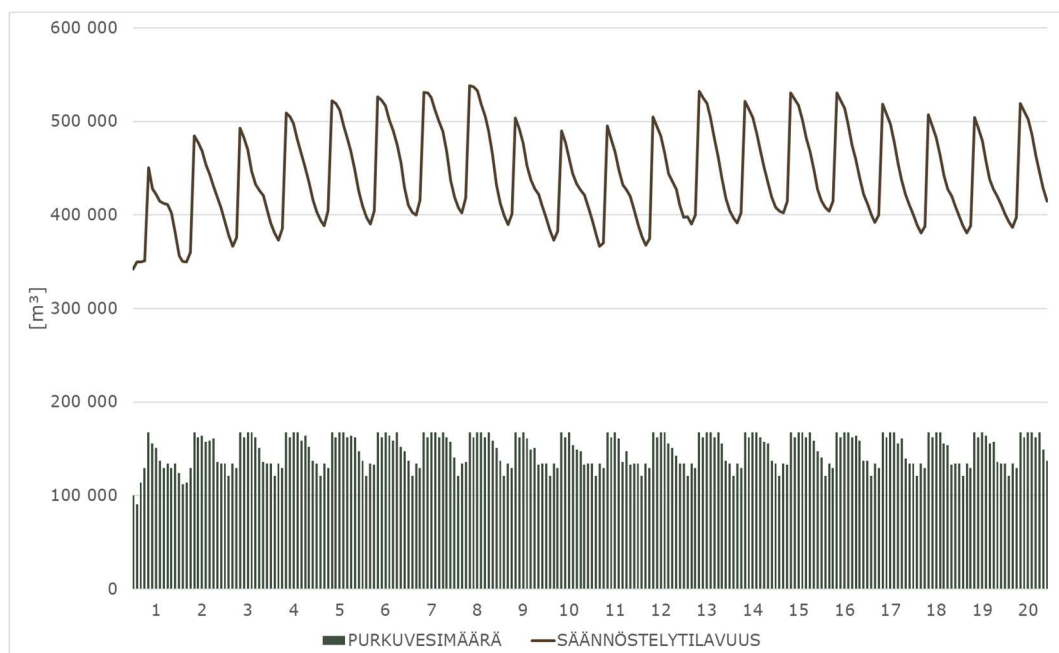
Taulukko 4-2. Tarkasteltujen vaihtoehtojen purkuvesimäärät yksikössä m³/kk.

	Tarkastelu- tilanne 1	Tarkastelu- tilanne 2	Tarkastelu- tilanne 3	Tarkastelu- tilanne 4
Tammi	36 152	88 635	60 446	102 929
Helmi	39 275	86 679	47 637	95 041
Maalis	34 811	87 294	60 025	102 508
Huhti	14 019	99 809	54 777	135 567
Touko	162 211	179 694	142 839	185 322
Kesä	58 582	109 372	86 065	126 855
Heinä	61 332	113 815	68 684	131 167
Elo	46 128	108 611	65 110	127 593
Syys	55 195	115 985	73 261	134 051
Loka	58 061	110 544	76 363	128 846
Marras	50 128	90 918	71 889	102 679
Joulu	35 042	77 525	48 322	100 805
YHTEENSÄ	650 937	1 268 882	855 418	1 473 363

4.3 GoldSim-mallin tulokset koko kaivoksen elinkaarelle

Hankkeessa on otettu jo varhaisessa vaiheessa käyttöön dynaaminen vesitasemalli, joka on laadittu GoldSim-ohjelmalla. Dynaaminen malli on laadittu hankkeen esikannattavuusarvion yhteydessä (SRK, 2019) ja AFRY on työstänyt mallia eteenpäin osana ympäristövaikutusten arviointia.

Ympäristövaikutusten arviointivaiheessa dynaamisen mallin tarkoituksena on ollut todentaa Excel-mallilla saatujen tulosten oikeellisuus. Malli on laadittu tarkastelutilanteelle 2. Kuva 4-6 esittää GoldSim-mallin tulokset koko kaivoksen tuotantovaiheen elinkaarelle. Tuloksista voidaan todeta, että purkuvesimäärät ja vesivarastoaltaan vesitilavuuden vaihtelu vastaavat Excel-mallin tuloksia. Koska kaivoksen maanpinnalle sijoittuvien toimintojen pinta-alat eivät juurikaan muutu ja myös kuivatusvesimäärän mallinnettu kehitys on maltillista, vesitasetilanne pysyy kohtuudella samanlaisena kaivoksen tuotantovaiheen elinkaaren yli.



Kuva 4-6. GoldSim-mallin tulokset tarkastelutilanteen 2 vesitaseelle koko kaivoksen tuotantovaiheen elinkaarelle (rikastushiekan kuivaläjitys, kaivoksen kuivatuksessa ei erityisiä lievennystoimenpiteitä).

4.4 Mallinnustulosten soveltuvuus hankevaihtoehtoille VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b

Vesitasemallinnuksessa käytetyt pinta-alat perustuvat kuivaläjitäyksen osalta YVA-vaihtoehtoon VE1a ja märkäläjitäyksen osalta YVA-vaihtoehtoon VE1b. YVA-vaihtoehtoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b on kuitenkin eroavaisuuksia YVA-vaihtoehtoihin VE1a ja VE1b toiminta-alueen pinta-alan suhteen sekä maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin osalta, millä puolestaan on vaikutusta kaivoksen kuivatusvesimääriin. Alla on eritelty toiminta-alueen pinta-alojen ja maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin muutosten vaikutusta vesitaseeseen. Yhteenvetona voidaan todeta, että mallinnetut vesitaseen tulokset purkuvesimäärien suhteen kattavat myös YVA-vaihtoehdot VE2 ja VE3.

Toiminta-alueen pinta-ala

Kaivoksen vesikierrossa mukana olevan toiminta-alueen pinta-ala eri YVA-vaihtoehtoille on esitetty aiemmin taulukossa 3-7. YVA-vaihtoehtojen VE2 ja VE3 a-vaihtoehtojen pinta-alat ovat jonkin verran VE1a:ta suurempia, kun taas b-vaihtoehtojen pinta-alat ovat kutakuinkin saman suuruisia kuin VE1b:ssä. Vesitaseen tämän vaiheen tarkkuus huomioon ottaen voidaan todeta, että YVA-vaihtoehdolle VE1b tehdyt vesitasetarkastelut - eli vesitaseen tarkastelutilanteet 3 ja 4 - kattavat suuruusluokassa myös vaihtoehdot VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b.

Maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti (vinotunnelin osuus) ja muodostuva kuivatusvesimäärä

Vaihtoehtoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b kaivoksen sisäänkäynti sijoittuu lähemmäs esiintymää, mistä johtuen vinotunneliverkosto tulee jäämään lyhyemmäksi kuin

vaihtoehtoissa VE1a ja VE1b. Lisäksi VE1:n kuivatusvesimäärän arvioinnissa on oletettu, että vinotunneleita on yhteensä neljä kappaletta, kun vaihtoehtoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b tunneleita on yksi.

Kuivatusvesimäärä-arvioiden osalta YVA-vaihtoehdot VE1a ja VE1b kuvaavat siten laajinta tilannetta.

4.5 Herkkyysanalyysi

Kokonaisvesitaseen herkkyys liittyy pääasiassa seuraaviin kolmeen tekijään:

- Sadanta
- Rikastushiekan kiintoainepitoisuus läjityksessä (liittyy märkäläjitäysvaihtoehtoihin)
- Kaivoksen kuivatusvesimäärän muutokset

Poikkeuksellisen sateiden vuoden (1992) mallinnuksen perusteella voidaan todeta, että mikäli tehokas sadanta kasvaa 76 %, kaivostoimintojen alueelta ulos purettavan veden määrä kasvaa 13–25 % rikastushiekan kuivaläjitäysskenaarioissa ja 25–43 % rikastushiekan märkäläjitäysskenaarioissa. Kaivoksen vesienhallinta on kuitenkin toteutettavissa tässä esitetyn varastotilavuuden (700 000 m³) ja vedenpurkukapasiteetin (350 m³/h) puitteissa.

Tässä mallinnuksessa märkäläjitäysvaihtoehtojen tarkastelussa rikastushiekan kiintoainepitoisuudeksi läjityksessä on arvioitu 77 m-%. Mikäli kiintoainepitoisuus olisikin 5 %-yksikköä suurempi eli rikastushiekkaan pidättyisi arvioitua vähemmän vettä, vuotuinen purkuvesimäärä kasvaisi noin 100 000 m³/v. Vastaavasti, mikäli rikastushiekkaan pidättyisikin enemmän vettä, tarve purkaa vettä pois kaivokselta pienenis.

Kaivoksen kuivatusvesimäärän muutokset vaikuttavat suoraan muutokset suhteessa myös purkuvesimääriin.

Tarvekilouhos on kuvattu vaihtoehtokartoissa, mutta sen vesienhallintaa ei ole liitetty osaksi laadittua vesitasemallia. Käytännössä tarvekilouhoksen vedet tultaisiin kuitenkin hallitsemaan osana kaivoksen vesikiertoa. Tarvekilouhoksen kuivatusvesimäärä tulisi koostumaan louhoksen alueelle tulevasta sadannasta sekä pohjavesipurkaumasta louhokseen. Hankkeen tässä vaiheessa kuivatusvesimäärälle ei ole olemassa vielä arvioita.

5 VEDEN LAADUT JA VEDENKÄSITTELY

5.1 Vesijakeiden laatuarviot

Kuormitusarvioiden kannalta merkittävimmät vesijakeet ovat rikastushiekka-alueen kierrätysvedet sekä kaivoksen kuivatusvedet. Kokonaiskuormituksessa on lisäksi huomioitu sivukivialueiden ja aluevesien kuormitukset.

Rikastushiekka-alueen kierrätysvesien laatu juontuu pääosin malmin ominaisuuksista, mutta siihen vaikuttavat myös rikastusprosessissa käytettävät kemikaalit. Rikastushiekka-alueen kierrätysvedet sisältävät mm. sulfaatteja ja metalleja. Myös räjähdysaineperäinen liukoinen tyyppi päätyy osaltaan rikastushiekka-alueelle, mikä voi näkyä valumavesien kohonneina tyyppipitoisuuksina. AFRY on laatinut vedenlaatuarviot rikastushiekka-alueelta vesivarastoaltaaseen johdettavan kierrätysveden laadulle. Nämä laatuarviot on laadittu erikseen rikastushiekan märkä- ja kuivaläjitysvaihtoehdoille ja niissä on huomioitu prosessiveden laadun lisäksi rikastushiekan rapautumis- ja hapettumisreaktiot sekä vesi-kiintoainekontakti.

Prosessiveden laatu perustuu prosessin rikastuskokeiden yhteydessä otettuihin vesinäytteisiin (Taulukko 5-1). Prosessivaihtoehdon 1 osalta rikastuskokeiden vesianalyysituloksia on täydennetty rikastushiekan analyysien yhteydessä otetuilla vesianalyysituloksilla. Prosessiveden laatuarviot kuvaavat prosessin sisäisen kierrätysveden laatua.

Taulukko 5-1. Prosessiveden laatuarviot eri prosessivaihtoehdoille.

Parametri		Yksikkö	Prosessi-vaihtoehto 1	Prosessi-vaihtoehto 2
Alumiini	Al	mg/l	< 0,2	< 0,2
Antimoni	Sb	mg/l	0,001	< 0,002
Arseeni	As	mg/l	< 0,2	< 0,005
Elohopea	Hg	mg/l	0,00001	0,00001
Fosfori	P	mg/l	1,41	1,41
Kadmium	Cd	mg/l	0,000084	0,00003
Kalium	K	mg/l	45	23
Kalsium	Ca	mg/l	225	3,2
Kloridi	Cl	mg/l	385	130
Koboltti	Co	mg/l	< 0,2	< 0,001
Kromi	Cr	mg/l	< 0,2	< 0,001
Kupari	Cu	mg/l	< 0,2	< 0,003
Lyijy	Pb	mg/l	< 0,2	< 0,00005
Magnesium	Mg	mg/l	151	6,1
Mangaani	Mn	mg/l	0,53	< 0,02
Natrium	Na	mg/l	376	416
Nikkeli	Ni	mg/l	0,37	0,005
Rauta	Fe	mg/l	1,71	< 0,5
Sinkki	Zn	mg/l	< 0,2	< 0,03
Sulfaatti	SO ₄	mg/l	1320...1800	240
Typpi	N _{tot}	mg/l	< 10*	< 1*
* typpi nitraattityyppinä				
Lähteet: Prosessivaihtoehto 1 - värittömät solut (SRK Consulting (UK) Ltd, 2019), vihreät solut (Outotec, 2017), sininen solu ei määritetty (käytetty vastaavaa arvoa kuin prosessivaihtoehdossa 2) Prosessivaihtoehto 2: värittömät solut Eurofins laboratoriotulokset 27.1.2020 (Eurofins Labtium Oy, 2020b), vihreät solut Eurofins laboratoriotulokset 31.1.2020 (Eurofins Labtium Oy, 2020a), sininen solu ei määritetty (käytetty vastaavaa arvoa kuin prosessivaihtoehdossa 1)				

Kaivoksen kuivatusvesissä on erityisesti metalleja, kuten nikkeliä. Myös suolaisuus kasvaa merkittävästi syvemmälle mentäessä. Suolaisuuden muutoksesta johtuen kaivoksen kuivatusvesien laatuarvot on mallinnettu erikseen tason -420 m yläpuolisille vesille sekä tason -420 m alapuolisille vesille (SRK Consulting (UK) Ltd, 2019). Kaivoksen kuivatusvesien laatuarvot eri kerrosten vesille on esitetty taulukossa 5-2.

Taulukko 5-2. Kaivoksen kuivatusvesien laatuarvot erikseen tason -420 m yläpuolisille ja alapuolisille vesille (SRK Consulting (UK) Ltd, 2019).

Parametri		Yksikkö	Tason -420 m yläpuolisiet vedet		Tason -420 m alapuolisiet vedet	
			Min	Max	Min	Max
Alumiini	Al	mg/l	0,001	0,002	0,001	0,003
Antimoni	Sb	mg/l	0,0004	0,008	0,0004	0,008
Arseeni	As	mg/l	0,0002	0,0009	0,0002	0,0008
Elohopea	Hg	mg/l	0,00001	0,0003	0,00001	0,0003
Fosfori	P	mg/l	0,01	0,3	0,02	0,3
Kadmium	Cd	mg/l	0,0001	0,002	0,0001	0,002
Kalium	K	mg/l	9	180	49	220
Kalsium	Ca	mg/l	13	48	250	290
Kloridi	Cl	mg/l	15	100	1100	1200
Koboltti	Co	mg/l	0,0005	0,03	0,001	0,03
Kromi	Cr	mg/l	0,001	0,03	0,001	0,03
Kupari	Cu	mg/l	0,002	0,007	0,02	0,02
Lyijy	Pb	mg/l	0,00008	0,0001	0,0001	0,0001
Magnesium	Mg	mg/l	3	9	260	270
Mangaani	Mn	mg/l	0,03	0,1	0,2	0,3
Natrium	Na	mg/l	16	190	530	700
Nikkeli	Ni	mg/l	0,02	1,5	0,07	1,6
Rauta	Fe	mg/l	0,001	0,007	0,003	0,008
Sinkki	Zn	mg/l	0,03	0,05	0,07	0,1
Sulfaatti	SO ₄	mg/l	23	380	190	550

Typen osalta ei ole esitetty erikseen laatuarvioita tason -420 m ylä- ja alapuolisille vesille. Kuivatusveden tyyppi on peräisin käytetyistä räjähdysaineista ja kuivatusveden tyyppipitoisuuden vaihteluväli on arvioitu erikseen kaivoksen eri kuivatusskenaarioille. Vaihteluvälinä on arvioitu, että 1 – 3 % käytetyn räjähdemäärän sisältämästä nitraattitypestä jää reagoimatta ja liukenee kaivoksen kuivatusveteen. Edellä esitetyn perusteella on arvioitu, että kaivoksen kuivatusveden tyyppipitoisuus tulisi vaihtelevaan välillä 8,3 – 25 mg/l skenaariossa, jossa kuivatusveden lievennystoimenpiteet on huomioitu ja vastaavasti välillä 4,1 – 12 mg/l skenaariossa, jossa erityisiä lievennystoimenpiteitä ei ole huomioitu. Pitoisuuksia on verrattu muihin maanalaista louhintaa suorittaviin suomalaisiin tuotannossa oleviin kaivoksiin ja arvioidut pitoisuudet vastaavat muilla kaivoksilla toteutuneita arvoja.

5.2 Vesivarastoaltaan veden laatu- ja kuormitusarvot

Vesijakeiden suhteet vaihtelevat tässä vesitaseraportissa esitettyjen vesitaseen tarkastelutilanteiden välillä. Vesijakeiden suhteiden vaihteluvälistä johtuen myös vesivarastoaltaan veden laatuarvot vaihtelevat. Taulukossa 5-3 on esitetty vesivarastoaltaan osalta eri vaihtoehtojen alustavat veden laatuarvot todennäköisenä vaihteluvälinä. Lisäksi taulukossa 5-4 on esitetty taulukon 5-3 pitoisuuksien perusteella lasketut teoreettiset vuosikuormitusarvot, mikäli vesivarastoaltaan vesi purettaisiin ilman käsittelyä Kitiseen. On huomattava, että vesivarastoaltaan veden laatu kuvaa kaivosalueen sisäistä veden laatua. Vesivarastoaltaan vesi palautetaan osittain prosessiin ja osittain vesi johdetaan puhdistamolle ja sen jälkeen edelleen purkuvesistöön.

Taulukko 5-3. Vesivarastoaltaan veden laadun todennäköinen vaihteluväli eri vesitaseen tarkastelutilanteissa.

Parametri		Yksikkö	Tarkastelu-tilanne 1		Tarkastelu-tilanne 2		Tarkastelu-tilanne 3		Tarkastelu-tilanne 4	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Alumiini	Al	mg/l	0,005	0,006	0,003	0,005	0,005	0,01	0,004	0,007
Antimoni	Sb	mg/l	0,001	0,006	0,0007	0,007	0,001	0,007	0,001	0,007
Arseeni	As	mg/l	0,0002	0,0007	0,0002	0,0007	0,0005	0,02	0,0004	0,02
Elohopea	Hg	mg/l	0,00002	0,0002	0,00002	0,0002	0,00003	0,0002	0,00003	0,0002
Fosfori	P	mg/l	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3	1,1	0,2	0,9
Kadmium	Cd	mg/l	0,0002	0,001	0,0001	0,002	0,0002	0,001	0,0002	0,002
Kalium	K	mg/l	45	176	43	188	72	291	63	268
Kalsium	Ca	mg/l	129	181	148	193	120	310	136	283
Kloridi	Cl	mg/l	484	596	584	707	376	621	477	693
Koboltti	Co	mg/l	0,003	0,02	0,003	0,02	0,003	0,04	0,003	0,04
Kromi	Cr	mg/l	0,002	0,02	0,002	0,02	0,004	0,02	0,003	0,02
Kupari	Cu	mg/l	0,008	0,01	0,009	0,01	0,006	0,03	0,007	0,02
Lyijy	Pb	mg/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002
Magnesium	Mg	mg/l	141	231	154	225	164	508	167	428
Mangaani	Mn	mg/l	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,5	0,2	0,4
Natrium	Na	mg/l	320	401	354	448	300	604	330	582
Nikkeli	Ni	mg/l	0,2	1,1	0,1	1,2	0,1	0,8	0,1	1,0
Rauta	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,3
Sinkki	Zn	mg/l	0,04	0,05	0,05	0,06	0,03	0,04	0,04	0,05
Sulfaatti	SO ₄	mg/l	191	523	175	510	354	1 308	298	1 083
Typpi	N _{tot}	mg/l	7	19	4	11	6	20	5	14

Taulukko 5-4. Vesivarastoaltaan veden laadun perusteella lasketut teoreettiset vuosikuormitusarvot Kitiseen purettavalle vedelle (ilman käsittelyä).

Parametri		Yksikkö	Tarkastelu-tilanne 1		Tarkastelu-tilanne 2		Tarkastelu-tilanne 3		Tarkastelu-tilanne 4	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Alumiini	Al	kg/a	3	4	4	6	4	8	5	11
Antimoni	Sb	kg/a	1	4	1	9	1	6	2	10
Arseeni	As	kg/a	0,1	0,4	0,3	0,9	0,5	18	0,6	23
Elohopea	Hg	kg/a	0,01	0,1	0,02	0,3	0,03	0,2	0,04	0,3
Fosfori	P	kg/a	85	228	109	415	245	958	312	1 314
Kadmium	Cd	kg/a	0,1	1	0,2	2	0,2	1	0,3	2
Kalium	K	t/a	29	115	54	238	61	249	93	394
Kalsium	Ca	t/a	84	118	188	245	102	265	201	416
Kloridi	Cl	t/a	315	388	741	897	321	531	703	1 022
Koboltti	Co	kg/a	2	13	3	29	3	33	4	52
Kromi	Cr	kg/a	1	13	2	29	3	19	5	35
Kupari	Cu	kg/a	5	7	12	16	5	24	11	36
Lyijy	Pb	kg/a	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2
Magnesium	Mg	t/a	92	150	196	286	140	435	247	631
Mangaani	Mn	kg/a	99	168	200	324	133	428	233	637
Natrium	Na	t/a	208	261	449	569	257	516	487	858
Nikkeli	Ni	kg/a	119	700	171	1 571	122	708	176	1 491
Rauta	Fe	kg/a	177	180	214	220	150	298	188	375
Sinkki	Zn	kg/a	25	33	60	79	22	34	52	75
Sulfaatti	SO ₄	t/a	124	340	223	647	303	1 119	439	1 595
Typpi	N _{tot}	t/a	5	12	6	14	6	17	7	21

Yhteenvetona aineiden esiintymisestä voidaan todeta, että nikkeliä esiintyy lähes kaikissa hallittavissa kaivosalueen vesissä. Erityisesti nikkeliä vapautuu korkearikkisistä sivukivistä.

Toinen merkittävä lähde on kaivoksen kuivatusvesi. Nikkeliä on erityisesti kaivoksen syvemmissä osassa ja pitoisuus kasvaa kaivoksen toiminnan edistyessä. Nikkelin alkuperäislähteitä ovat siis malmi, sivukivi ja louhosseinämät. Myös kobolttia esiintyy vesijakeissa kohonneina pitoisuuksina, liittyen samoihin kiviaineksiin kuin nikkeli.

Sulfaattipitoisuudet ovat merkittävimpiä rikastushiekan suotovesissä. Myös kaivoksen kuivatusvesissä esiintyy kohonneita sulfaattipitoisuuksia, korkeimmillaan maanalaisen kaivoksen syvemmissä osissa. Kaivoksen kuivatusvesissä pitoisuudet nousevat toiminnan loppuvuosiin kohti. Sulfaatin merkittäviä lähteitä ovat siis kallioperän sulfidit, mukaan lukien malmi, korkearikkinen sivukivi ja osa syvänteen louhosseinämistä. Myös prosessivaihtoehto 1 on merkittävä sulfaattilähde pH:n säätökemikaalin seurauksena.

Tiosulfaatti, $S_2O_3^{2-}$ ("tiosuola") on vesiliukoinen rikkiyhdiste, joka muuttuu hapettumisen, pelkistymisen tai epätasapainon kautta sulfaatiksi, alkuainerikiksi tai sulfidiksi, riippuen redox-potentiaalista ja pH:sta. Tiosuolat eivät ole toksisia, mutta niiden määrä on kiinnostava, koska niiden hapettumisessa sulfaatiksi muodostuu happamuutta ja kuluu happea. Prosessivesiin voi muodostua tiosuoloja sulfidien epätäydellisen hajoamisen seurauksena tai rikin ja hydroksidin reaktioiden seurauksena. Niitä myös hajoaa luontaisesti, nopeimmin lämpimänä vuodenaikana. Prosessivaihtoehdossa 1 eri prosessivaiheiden prosessivesissä tiosulfaatteja esiintyi 14–25 mg/l. Rikastushiekasta erottuvassa vedessä pitoisuus oli 22 mg/l. Prosessivaihtoehdossa 2 eri prosessivaiheiden prosessivesissä tiosulfaatteja esiintyi myös korkeimmillaan 25 mg/l ja alimmillaan pitoisuus jäi alle määritysrajan (<5 mg/l). Rikastushiekasta erottuvassa vedessä pitoisuus oli 24 mg/l. Tiosulfaattien pitoisuuksia ja osuuksia sulfaatin kokonaismäärästä voidaan pitää melko tavanomaisina (kohtuullisina).

Suolaisuutta, muutoin kuin sulfaatin osalta, esiintyy maanalaisen kaivoksen syvemmän osan kuivatusvesissä ja pienempinä pitoisuuksina kaikkien läjitysalueiden suotovesissä. Suolaisuuteen vaikuttavia tekijöitä tulee myös prosessista, liittyen erityisesti pH:n säätökemikaaleihin.

Typeä esiintyy erityisesti väliaikaisten sivukivialueiden vesissä, lähinnä räjähdysainejääminä. Myös rikastushiekassa ja kaivoksen kuivatusvesissä esiintyy typeä.

Fosforin merkittävin lähde on prosessissa käytettävissä kokoojakemikaaleissa. Fosforia on prosessivedessä ja sitä päättyy myös rikastushiekkaan. Fosforia vapautuu rikastushiekasta sekä kuiva- että märkäläjitysvaihtoehtoissa.

Vesivarastoaltaan veden pH:n todennäköinen vaihteluväli on 6...9,5 ja sähkönjohtokyvyn 200...500 mS/m. Maksimisähkönjohtavuus on laskettu teoreettiselle, joskin epätodennäköiselle tilanteelle, jossa kaikkien suolaisuustekijöiden maksimi-arvot toteutuvat vesijakeiden yhdistelmässä samanaikaisesti.

5.3 Kemikaalijäämät

Prosessivesi sisältää kemikaalijäämiä käytetyistä rikastuskemikaaleista. Mahdollisia kemikaalijäämiä ovat ksantaattijäämät (natriumetyyliksantaatti ja kaliumamyyliksantaatti) sekä tionokarbamaatti- ja merkaptobentosidiatsolijäämät. Rikastamon normaaliin toimintaan kuuluu, että prosessiveden kemikaalijäämät pitoisuuksia mitataan tuotannon aikana niiltä osin, kuin soveltuvia mittausten menetelmiä on olemassa. Purkuveden kemikaalijäämät pitoisuuksien arviointi on puolestaan hankalaa, sillä pienten pitoisuuksien mittaamiseen ei ole olemassa käyttökelpoisia mittausten menetelmiä. Sovelletavuuden rajoitukset johtuvat analyysitarkkuudesta, sillä useimmat menetelmät soveltuvat milligrammoissa esiintyville pitoisuuksille ja muutamien mikrogrammojen tasolle on tietävästi päästy vain yksittäisissä

tutkimuslaitoskokeissa. Tästä syystä myös referenssitietoa muilta kaivoksilta on vähän olemassa ja kemikaalipäästöjen hallinta perustuukin tyypillisesti prosessin valvontaan ja hallintaan.

Sakatin rikastuskokeiden prosessivesien kemikaalijäämiä on mitattu Itä-Suomen Yliopiston suorittamalla NMR-analytiikalla (Moilanen & Vepsäläinen, 2020). Mitatut kemikaalit ovat natriumetyyliksantaatti, kaliumamyyliksantaatti ja tionokarbamaatti. NMR-analyysissä ei kuitenkaan löydetty kaliumamyyliksantaattia, mutta sen hajoamistuotteena esiintyvää amyylialkoholia esiintyi rikastushiekasta irtoavassa vedessä. Analysoiduista rikastushiekasta erottuvan prosessiveden kemikaalijäämäanalyysistä on johdettu arviot vesivarastoaltaalta joko prosessiin tai lähtevän veden käsittelyyn johdettavalle vedelle. On kuitenkin huomioitava, että pienten pitoisuuksien hajoamisesta on tietoa saatavilla hyvin vähän ja siksi laskenta päättyy kemikaalipitoisuuden puoliintumiseen. Viipymät yksistään vesivarastoaltaalla ovat kuitenkin monikertaisia kemikaalien puoliintumisaikoihin nähden ja mahdollistavat siis kemikaalien hajoamisen puoliintumista paljon pidemmälle. Tästä syystä arvioidut pitoisuudet ovat yliarvioita. Lämpötilan vaikutus kemikaalien hajoamiseen huomioitiin saatavilla olevan tiedon rajoissa. Alustavassa tarkastelussa käytettiin natriumetyyliksantaatille kylmäpuoliintumisaikaa talvikuukausille. Puoliintumisaikat ylittyvät talvikuukausina eri tarkastelutilanteissa 2-6 -kertaisesti kun taas kesäkuukausina ne ylittyivät 8-15 -kertaisesti.

Natriumetyyliksantaatin puoliintuneet pitoisuudet olisivat vesivarastoaltaalla kaivoksen sisäisen kierron vedelle eri tarkastelutilanteissa ja eri kuukausina 0,01–0,4 mg/l. Vastaavat laskennalliset pitoisuudet tionokarbamaatille ovat 0,04–1,0 mg/l.

Lopullisia purkuvesien tai vastaanottavan vesistön kemikaalijäämäpitoisuuksia ei ole mahdollista laskea tarkasti. Alustava arvio maksimisuuruusluokasta on kuitenkin määritetty keskiarvoisilla vesivarastoaltaan puoliintuneilla pitoisuuksilla, vesitaseen mukaisilla purkuvesimäärillä ja Kitisen keskiarvovirtaamilla Vajukosken mittauspisteeltä. Suuruusluokka-arvio on, että Kitisessä natriumetyyliksantaatin, tionokarbamaatin ja amyylialkoholin pitoisuudet tulevat olemaan alle mikrogramman luokkaa.

5.4 Soveltuvat vesienkäsittelymenetelmät

Vesivarastoaltaalta Kitiseen purettava vesi käsitellään aktiivisessa vesienkäsittelyprosessissa ennen johtamista pois kaivosalueelta. Kitisen veden laatu ja purkuputken päään mahdolliset sijainnit on mallinnettu erillisessä pintavesimallinnuksessa (AFRY Finland Oy, 2020), joka raportoidaan YVA:ssa erikseen. Pintavesimallinnuksessa käytetyt purkuvedenpitoisuudet ja vuosikuormitukset on esitetty taulukossa 5-5.

Taulukko 5-5. Pintavesimallinnuksessa käytetyt pitoisuudet ja maksimikuormituskenaarien vuosikuormitukset.

Parametri		Pitoisuus mg/l	Vuosikuormitus	Maksimi- kuormituskenaario
Antimoni	Sb	0,01	kg/a	17
Arseeni	As	0,01	kg/a	17
Elohopea	Hg	0,005	kg/a	9
Fosfori	P	0,5	kg/a	952
Kadmium	Cd	0,01	kg/a	17
Kromi	Cr	0,1	kg/a	172
Kupari	Cu	0,1	kg/a	172
Lyijy	Pb	0,001	kg/a	2
Nikkeli	Ni	0,3	kg/a	516
Sulfaatti	SO ₄	2 000	t/a	3 441
Typpi	N _{tot}	14	t/a	24

Vesivarastoaltaan veden pitoisuus- ja kuormitusarvioiden perusteella nikkelin poistoon tulee varautua riippumatta tarkastellusta vesitase- ja kuormituskenaariosta. Metallien osalta todennäköinen prosessi on saostusprosessi hydroksidisaostuksena.

Räjähdyksineiden valinnalla ja huolellisella käsittelyllä pyritään mahdollisimman pieneen typpikuormaan. Tämä tavoite huomioiden yhtiö on jo laatinut ensimmäisen version räjähdysaineiden hallintasuunnitelmasta. Vesivarastoaltaan arvioidut typpipitoisuudet vaihtelevat kuitenkin suuresti ja nousevat korkeiksi erityisesti niissä tarkastelutilanteissa, joissa kaivoksen kuivatusvesimääriä rajoitetaan erityisillä lievennystoimenpiteillä. Typen laskennallinen kokonaiskuormitus Kitiseen on kuitenkin kaikissa vaihtoehdoissa alhaisempi, kuin mitä on käytetty vesistövaikutusten arvioinnissa (taulukko 5-5). Typenpoistoon varaudutaan, mikäli vesivarastoaltaan veden typpipitoisuus on yli 14 mg/l. Koska typpi on valtaosin peräisin kaivoksen kuivatusvesistä, erillinen typenpoisto kannattaa järjestää tarvittaessa kaivoksen kuivatusvesille.

Fosforipitoisuudet ja kuormitukset ovat korkeita märkäläjäytysvaihtoehdoissa. Fosfori on peräisin rikastuskemikaaleista. Lähtökohtaisesti erilliseen fosforinpoistoon ei kuitenkaan varauduta, vaan hankkeen jatkosuunnitteluvaiheissa pyritään löytämään sellaiset rikastuskemikaalit, jotka eivät aiheuttaisi fosforipitoisuuden nousua.

Edellä mainittujen lisäksi prosessiveden erillinen käsittely voi tulla kyseeseen. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi rikastushiekan suodatuksen suodosveden erilliskäsittelyä tai prosessin sisäisen kierron vedenkäsittelyä. Prosessivedet sisältävät sellaisenaan prosessikemikaalien jäämiä ja valittava käsittelyprosessi vaihtelee käsiteltävän veden laadun mukaan. Esimerkiksi sulfaatinpoisto voi tulla kyseeseen prosessivaihtoehdossa 1.

Vesienkäsittelyssä muodostuvan sakan mahdollisia käsittelyvaihtoehtoja ovat sakan läjitys kaivosalueella, hyödyntäminen kaivoksen pastatäytössä, yhdistäminen rikasteeseen tai sakan käsittelyn hankinta ostopalveluna vaarallisen jätteen loppusijoituslaitokselta.

Alla on kuvattu yleispiirteisesti kyseeseen tulevat eri vedenkäsittelyprosessit.

5.4.1 Saostusprosessit

Saostus

Yleisin aktiivinen kaivosvesien puhdistusmenetelmä on hydroksidi- ja/tai karbonaattisaostus kalsiumoksidilla, kalsiumhydroksidilla, kalsiumkarbonaatilla tai vaihtoehtoisesti natriumhydroksidilla. Saostuksessa nostetaan veden pH-arvoa, jolloin metallien ja sulfaatin

liukoisuus veteen pienenee ja haitta-aineet muodostavat hydroksidi- tai karbonaattisakkaa. Menetelmällä voidaan saostaa metalleja kuten nikkeliä, sinkkiä ja kobolttia. Lisäksi sulfaattia voidaan saostaa tasolle 1,5–2 g/l. Saostustehokkuutta voidaan parantaa *High Density Sludge* (HDS) -prosessilla, jossa kierrätetään sakkaa takaisin käsiteltävään vesijakeeseen. Kierrätettävä sakka toimii pintana, jonka ympärille uusi saostuma voi helposti muodostua.

Saostus on käyttökelpoinen vesienkäsittelymenetelmä, koska sillä voidaan helposti vähentää metallien ja sulfaatin pitoisuutta. Menetelmää ei voida kuitenkaan käyttää kloridien ja typpiyhdisteiden poistossa. (Brown;Barley;& Wood, 2002) (INAP, 2019) (Kauppila;Räisänen;& Myllyoja, 2011)

Saostuksessa muodostunut liete erotetaan vedestä ennen veden johtamista ympäristöön tai muualle prosessiin. Perinteisin menetelmä on laskeuttaa kiintoaine altaassa, mikä vaatii kohtuullisen suuria laskeutuspinta-aloja. Prosessia voidaan kuitenkin tehostaa ja selkeytyksen vaatimaa pinta-alaa pienentää käyttämällä apuaineena mikrohiekkaa ja tekemällä laskeutus lamelliselkeyttimessä. Mikrohiekka-avusteisessa selkeytyksessä mikrohiekka toimii flokinmuodostuksessa siemenkiteenä, jonka ympärille flokki muodostuu. Hiekka parantaa flokin laskeutuvuutta, jolloin suuria laskeutusaltaita ei tarvita. Mikrohiekka voidaan regeneroida lietteestä ja käyttää uudelleen prosessissa. Esimerkiksi Veolian patentoima Actiflo®-prosessiteknologia perustuu mikrohiekka-avusteiseen selkeytykseen. Lisäksi esimerkiksi Actiflo® on modulaarinen, jolloin vedenkäsittelyn kapasiteettia voidaan nostaa vaiheittain lisäämällä yksiköiden määrää.

Ettringiittisaostus

Ettringiittisaostus on monivaiheinen saostusprosessi, jolla voidaan saavuttaa hydroksidisaostusta matalampi, noin 500 mg/l, sulfaattipitoisuus. Prosessin ensimmäisessä vaiheessa pH nostetaan kalkilla tasolle 11,5–12 alumiinin liuottamiseksi ja lisätään alumiinia sisältävä kemikaali. Prosessin toisessa vaiheessa veteen liuenneet alumiini-ionit (Al^{3+}) muodostavat sulfaatin kanssa ettringiittiä ($\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)^3(\text{OH})^{12} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$). Viimeisessä vaiheessa veteen lisätään hiilidioksidia veden pH:n säätämiseksi, mikä aiheuttaa CaCO_3 :n saostumisen.

Ettringiittisaostus on kalliimpi menetelmä verrattuna hydroksidisaostukseen johtuen menetelmän monivaiheisuudesta ja alumiinin käytöstä. Lisäksi lietteenmuodostus on runsasta. Alumiini voidaan regeneroida ja kierrättää ettringiittiprosessissa rikkihapon avulla. Rikkihapon käyttö ei ole kuitenkaan välttämätöntä ja joidenkin toimittajien prosessissa alumiinin kierrätys toteutetaan ilman rikkihappoa muiden kemikaalien avulla. Myös regenerointiprosessissa muodostuu lietettä.

5.4.2 Kalvoerotusmenetelmät

Kaivosvesien puhdistuksessa voidaan käyttää kalvoerotustekniikoita, kuten nanosuodatusta ja käänteisosmoosia. Kalvoerotusmenetelmissä vesi ajetaan puoliläpäisevän kalvon läpi paineen avulla. Nanosuodatuksessa tarvittava paine on noin 7–30 bar ja käänteisosmoosissa vastaavasti korkeampi, noin 10–80 bar johtuen tiheimmästä kalvomateriaalista.

Nanosuodatuksella ja käänteisosmoosilla voidaan erottaa metalleja kaivosvedestä yli 90 %:n poistotehokkuudella ja siksi käsitellyn veden laatu on hyvä. Sulfaatin ja yksiarvoisten ionien, kuten typpiyhdisteiden erotuksessa erityisesti käänteisosmoosilla voidaan saavuttaa hyviä tuloksia. Typenpoistotehokkuus on havaittu olevan noin 80 %. Kalvomateriaalilla on merkittävä vaikutus eri komponenttien poistotehokkuuksiin.

Kalvoerotustekniikoiden haittapuolena on niiden tuottama retentaattijae, johon vedestä erotetut haitta-aineet ovat konsentroituneet. Retentaattimäärä voi olla noin 20–50 % kalvoprosessin syötteestä. Retentaatin poisto tai mahdollinen tarvittava jatkokäsittely tulee huomioida. Vaihtoehtoina voi olla esimerkiksi hyödyntäminen pastalaitoksella tai muu stabilointi.

Kaivosvesissä olevat aineet kuten kipsi, mangaani ja barium voivat liata kalvoja pysyvästi ja lyhentää niiden käyttöikää. Veden esikäsittelyllä on kuitenkin mahdollista vähentää likaantumista. Kalvojen nopea likaantuminen ja korkean käyttöpaineen aiheuttama energiankulutus nostavat menetelmän kustannuksia. (Metcalf & Eddy, 2003) (INAP, 2019)

5.4.3 Adsorptio

Adsorptiolla voidaan erottaa tehokkaasti (>90 %) moniarvoisia ioneja, kuten metalleja, jopa laimeista vesiliuoksesta. Yleisin adsorbenttimateriaali on aktiivihiili, mutta uusia edullisempia materiaaleja on kehitteillä. Uusia edullisia materiaaleja on kehitetty mm. mineraalipohjaisista raaka-aineista ja maatalousjätteistä. Adsorptiomateriaalin tulisi olla regeneroitavissa, jotta adsorption käyttökustannuksia ja ympäristövaikutuksia voidaan vähentää. (Metcalf & Eddy, 2003)

Adsorbenttimateriaaleja on kehitetty myös sulfaatin poistoon, jossa on saavutettu jopa 50 % sulfaatinpoistotehokkuus. Kehitetty adsorbenttimateriaali voi sitoa myös tiosulfaattia. Mikäli käytetyn adsorbentin tiosulfaattipitoisuus on korkea, voi tiosulfaattipitoinen adsorbenttimateriaali olla prosessoitavissa kaupalliseksi tuotteeksi.

Menetelmä soveltuu pääasiassa pienille virtaamille investointi- ja käyttökustannusten vuoksi. Lisäksi käytetty adsorbentti voi sisältää raskasmetalleja, jolloin uutena haasteena on adsorbentin käsittely. Joitakin adsorbentteja on mahdollista regeneroida, mutta ei kaikkia.

5.4.4 Ioninvaihto

Ioninvaihto on tehokas menetelmä haitta-aineiden poistossa ja sitä käytetään mm. raskasmetallien, syanidin ja ammonium poistoon sekä veden pehmennykseen. Ioninvaihtohartsit sitoo haitta-aineita ja samalla vapauttaa veteen haitattomia H^+ tai OH^- ioneja. Ioninvaihtohartsit regeneroidaan hapolla tai emäksellä, jolloin haitta-aineet siirtyvät regenerointiliuokseen.

Ioninvaihdolla käsitellyn veden laatu on hyvä. Haittapuolena on kuitenkin menetelmän korkea hinta ja sen vuoksi se ei ole vielä yleistynyt kaivosvesien käsittelyssä. Lisäksi ioninvaihto vaatii esikäsittelyn, kuten kiintoaineen, alumiinin, raudan ja kipsin poiston sekä haitta-ainepitoisen regenerointiliuoksen jatkokäsittelyn. (Metcalf & Eddy, 2003) (INAP, 2019)

5.4.5 Typenpoisto biologisessa typenpoistoprosessissa

Biologista nitrifikaatio-denitrifikaatioprosessia käytetään nitraatin (NO_3^-), nitriitin (NO_2^-) ja ammoniumin (NH_4^+) poistossa. Nitrifikaatiossa bakteerit hapettavat ammoniumin ja nitriitin nitraatiksi hapellisissa olosuhteissa. Varsinainen typenpoisto tapahtuu denitrifikaatiovaiheessa, jossa bakteerit muuttavat nitraatin typpikaasuksi hapettomissa olosuhteissa.

Kaivosvesien typenpoiston haasteena ovat suuret vesimäärät ja vesien kylmyys, sillä bakteerien toiminta hidastuu matalissa lämpötiloissa. Kylmien vesien käsittely edellyttää suuria allastilavuuksia, mikä lisää menetelmän kustannuksia merkittävästi. Mikäli kylmistä kaivosvesistä tulee poistaa typpeä, yksi mahdollisuus on hyödyntää kantoaineprosessia (MBBR). Siinä typenpoistossa tarvittavat bakteerit kasvavat kantoainekappaleiden suojassa.

MBBR-tekniikkaa on käytetty pääasiassa kunnallisten jätevesien käsittelyssä, mutta menetelmä on kuitenkin yleistymässä myös kaivosvesien käsittelyssä ja se on käytössä tuotantomittakaavassa mm. Ruotsissa, jossa sen on havaittu olevan tehokas typpiyhdisteiden hapetuksessa (95–98 %). Lisäksi menetelmää on tutkittu kylmien (+4 °C) kaivosvesien käsittelyssä, mistä on saatu lupaavia tuloksia. (Dale;Laliberte;Oliphant;& Ekenberg, 2014) (European Commission, 2018)

5.5 Vesienkäsittelykemikaalit

Kappaleessa 5.4 esitetyissä vesienkäsittelymenetelmissä käytetään vaihtelevia vesienkäsittelykemikaaleja. Todennäköinen vesienkäsittelyprosessi on metallien saostus hydroksidisaostuksena, jolloin kemikaalien kulutus ja varastointimäärät olisivat taulukossa 5-6 esitetyn mukaiset. Koagulanttina voi olla ferrisulfaatin sijasta myös ferrikloridi tai alumiinipohjainen koagulantti.

Taulukko 5-6. Vedenkäsittelykemikaalien kulutus- ja varastointimäärät saostusprosessille. Vaihteluväli kuvaa kulutus- ja varastointimäärien vaihtelua vesitaseen eri tarkastelutilanteiden välillä.

Kemikaali	Käyttötarkoitus	Kulutus [t/v]	Varastointimäärä [t]
Ca(OH)₂	Saostuskemikaali	30 – 80	25 – 50
Fe₂(SO₄)₃	Koagulantti	50-120	25-65
Polymeeri	Saostuksen apuaine	1 – 3	2 – 3

Ettringiittisaostuksessa käytettävät kemikaalit olisivat kalsiumhydroksidin lisäksi alumiinikemikaali (esimerkiksi NaAlO₂) sekä rikkihappo H₂SO₄ tai muu alumiinin kierrätyksessä käytettävä kemikaali.

Kalvoerotusmenetelmissä kemikaaleina käytetään saostuksenestoaineita, jotka ovat yleensä kalvotoimittajien omia tuotemerkkejä. Lisäksi kalvojen pesussa käytetään happoliuosta, kuten rikkihappoa tai sitruunahappoa. Joissakin käyttökohteissa, yleensä pintavesien käsittelyssä, myös biosidien käyttö on tarpeen limoittumisen estämiseksi. Retentaatin mahdollinen jatkokäsittely edellyttäisi myös saostuskemikaalien käyttöä.

Adsorptioprosesseissa kemikaaleja käytetään adsorbenttimateriaalin regeneroimiseen. Yleisesti käytetään happoliuosta.

Ioninvaihdossa ioninvaihtohartsit regeneroidaan hapolla tai emäksellä, jolloin haitta-aineet siirtyvät regenerointiliuokseen. Lisäksi haitta-ainepitoisen regenerointiliuoksen jatkokäsittely kuluttaa kemikaaleja. Ioninvaihto voi edellyttää myös esikäsittelyä, joka käytännössä tarkoittaisi esimerkiksi saostusprosessia.

Biologisessa typenpoistossa käytettävät kemikaalit ovat metanoli (CH₃OH), fosforihappo (H₃PO₄), kalkki (Ca(OH)₂) sekä lietteen sakeutuksessa käytettävä polymeeri.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Raakaveden otto ja veden kierrätys

Prosessin tarvitsema raakavesi otetaan Kitisestä. Raakavedenotto pyritään minimoimaan ja vettä kierrätetään kaivoksen vesikierroissa niin paljon kuin mahdollista. Prosessin ylösajovaiheessa raakavedenottotarve Kitisestä on moninkertainen tuotantovaiheeseen verrattuna. Ylösajovaiheen raakavedenottotarve voi olla hetkellisesti jopa 800 m³/h.

Yleisesti tuotantovaiheessa raakavettä käytetään reagenssien valmistukseen, pumppujen tiivistevetenä, huuhtelu- ja pesuvesinä sekä palovetenä. Tuotantovaiheessa prosessiveden laadun tasaantuessa tullaan selvittämään, mitkä raakaveden käyttökohteet voidaan korvata prosessivedellä. Kierrätyksen maksimoiminen huomioiden jatkuvan raakavedenottotarpeen arvioidaan olevan 15–25 m³/h, mikä vastaa reagenssien valmistuksen vedentarvetta. Hetkellisesti vedenotto voi olla tuotantovaiheessakin kuitenkin jopa 200 m³/h.

Toiminnanharjoittajan minimitaloitelut veden kierrätysasteelle vuonna 2020 koskien kaikkia yhtiön tuotannossa olevia kaivostoimintoja on 75 %. Lisäksi toiminnanharjoittajalla on pitkän tähtäimen kestävyystavoitteita koskien raakavedenoton minimoimista erityisesti vesivarojen suhteen niukkoja alueita. Vaikka Sakatin hanke ei sijoitu vesivarojen suhteen niukalle alueelle, yhtiön globaalit vedenkierrätystavoitteet näkyvät kaivoksen toimintojen suunnittelussa.

Purkuvesimäärät

Ylimääräinen vesi kaivostoimintojen alueelta puretaan Kitiseen käsittelyn jälkeen. Purkuvesimäärä vaihtelee eri vesitaseen tarkastelutilanteissa välillä 0,6–1,5 Mm³/v, mikä tarkoittaa 70–170 m³/h virtaamaa. Vesitase on positiivinen eli kaivostoiminta-alueelle tulee enemmän vettä kuin sitä kulutetaan. Kuivaläjäytysvaihtoehdoissa purkuvesimäärän vaihteluväli on keskimääräisen sadannan tilanteissa 0,65–1,27 Mm³/v ja poikkeuksellisen sateisessa tilanteessa 0,82–1,43 Mm³/v. Märkäläjäytysvaihtoehdossa purkuvesimäärän vaihteluväli on keskimääräisen sadannan tilanteissa 0,86–1,47 Mm³/v ja poikkeuksellisen sateisessa tilanteessa 1,22–1,84 Mm³/v.

Vesitasemallinnus on laadittu YVA-vaihtoehdoille VE1a ja VE1b. Vesitaseen tarkastelutilanteiden 3 ja 4 tulokset kattavat kuitenkin myös YVA-vaihtoehdot VE2 ja VE3.

Märkäläjäytysvaihtoehdoissa rikastushiekan kiintoainepitoisuus läjityksessä vaikuttaa vesitaseeseen ja purkuvesimääriin. Tässä mallinnuksessa märkäläjäytysvaihtoehtojen tarkastelussa rikastushiekan kiintoainepitoisuudeksi läjityksessä on arvioitu 77 m-%. Mikäli kiintoainepitoisuus olisikin 5 %-yksikköä suurempi, vuotuinen purkuvesimäärä kasvaisi noin 100 000 m³/v. Lisäksi mahdolliset muutokset kaivoksen kuivatusvesimäärien arvioissa vaikuttavat suoraan purkuvesimääriin.

Purettavan veden aiheuttama muutos Kitisen vedenlaatuun on mallinnettu ja raportoitu arvioituilla maksimivesimäärillä ja -pitoisuuksilla erillisessä vesistömalliraportissa (AFRY Finland Oy, 2020).

Vesivarastojen riittävyys

Vesivarastoaltaan maksimitilavuudeksi riittää laaditun mallinnuksen mukaan myös poikkeuksellisen sadannan tilanteissa 700 000 m³ kun veden purkukapasiteetti on mallissa rajoitettu arvoon 350 m³/h.

Rikastushiekan märkäläjäytysvaihtoehdoissa veden varastoimistarve on lumen sulamista seuraavina kuukausina suurempi, mutta tuolloin varastotilavuutta on vesivarastoaltaan lisäksi rikastushiekka-alueella.

Vedenlaatu

Tämän raportin kappaleessa 0 on esitetty arviot vesivarastoaltaan veden laadulle ennen veden käsittelyä ja purkua Kitiseen sekä teoreettiset kuormitusarviot ilman vedenkäsittelyä.

Nikkeliä esiintyy lähes kaikissa hallittavissa kaivosalueen vesissä. Erityisesti nikkeliä vapautuu korkearikkisistä sivukivistä. Toinen merkittävä lähde on kaivoksen kuivatusvedet. Myös kobolttia esiintyy vesijakeissa kohonneina pitoisuuksina, liittyen samoihin kiviaineksiin kuin nikkeli.

Sulfaattipitoisuudet ovat merkittävimpiä rikastushiekan suotovesissä. Myös kaivoksen kuivatusvesissä esiintyy kohonneita sulfaattipitoisuuksia. Kaivoksen kuivatusvesissä pitoisuudet nousevat toiminnan loppuvuosia kohti. Sulfaatin merkittäviä lähteitä ovat siis kallioperän sulfidit, mukaan lukien malmi, korkearikkinen sivukivi ja osa syvänteiden louhosseinäistä. Prosessivaihtoehdossa 1 myös rikastamo on merkittävä sulfaattilähde pH:n säätökemikaalin seurauksena. Tiosulfaattien pitoisuuksia ja osuuksia sulfaatin kokonaismäärästä voidaan pitää melko kohtuullisina.

Suolaisuutta, muutoin kuin sulfaatin osalta, esiintyy maanalaisen kaivoksen syvemmän osan kuivatusvesissä ja pienempinä pitoisuuksina kaikkien läjitysalueiden suotovesissä. Suolaisuuteen vaikuttavia tekijöitä tulee myös prosessista liittyen erityisesti pH:n säätökemikaaleihin.

Typeä esiintyy erityisesti väliaikaisten sivukivialueiden vesissä, missä se on peräisin räjähdysainejäämistä. Myös rikastushiekassa, sen vesissä ja kaivoksen kuivatusvesissä esiintyy typeä. Räjähdysainesten valinnalla ja huolellisella käsittelyllä pyritään mahdollisimman pieneen typpikuormaan.

Fosforin merkittävin lähde on prosessissa käytettävissä kokoojakemikaaleissa. Fosforia on prosessivedessä ja sitä päättyy myös rikastushiekkaan. Fosforia vapautuu rikastushiekasta sekä kuiva- että märkäläjäytysvaihtoehdoissa.

Vedenkäsittely

Kitiseen purettava ylimäärävesi käsitellään aktiivisessa vedenkäsittelyssä. Valittavaan vedenkäsittelytekniikkaan vaikuttaa käsiteltävän veden laatu ja virtaama, joihin puolestaan vaikuttaa prosessiveden laatu, rikastushiekan läjitystapa sekä kaivoksen kuivatusvesimäärä ja laatu. Tässä vaiheessa näyttää todennäköiseltä, että metallien saostus on tarpeen kaikille tarkastelluille tilanteille. Metallien osalta todennäköinen prosessi on saostusprosessi hydroksidisaostuksena. Erityisesti nikkelin poistoon tulee varautua molempien prosessivaihtoehtojen tapauksissa.

Typenpoisto voi tulla tarpeeseen joissakin tarkastelluista skenaarioista. Typenpoistoon varaudutaan, mikäli vesivarastoaltaan veden typpipitoisuus on yli 14 mg/l. Koska typpi on valtaosin peräisin kaivoksen kuivatusvesistä, erillinen typenpoisto kannattaa järjestää tarvittaessa kaivoksen kuivatusvesille.

Purkuveden käsittelyn lisäksi prosessivesikierron sisäinen erilliskäsittely voi tulla kyseeseen. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi rikastushiekan suodatuksen suodosveden erilliskäsittelyä tai muuta prosessin sisäisen kierron vedenkäsittelyä. Esimerkiksi sulfaatinpoisto voi tulla kyseeseen prosessivaihtoehdossa 1.

7 VIITTEET

AFRY Finland Oy. 2020. *Sakatin vesistökuormituksen vaikutus Kitisen ainepitoisuuksiin ja ekologiseen ja kemialliseen tilaan jokimallin avulla arvioituna.* 2020. Osaraportti, Sakatin kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointi. 05/2020.

Brown, Melanie;Barley, Bob ja Wood, Harvey. 2002. *Minewater Treatement - Technology, Application and Policy.* 2002. ISBN 9781843390046.

Dale, C.;ym. 2014. *Wastewater treatment using MBBR in cold climates.* Vanvouver, Canada : s.n., 2014.

Eurofins Labtium Oy. 2020a. Analytical Report Nr. AR-20-RZ-002692-01 (31.1.2020). 2020.

Eurofins Labtium Oy. 2020b. Test Report No. 068647 (27.1.2020). 2020.

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

Ilmatieteen laitos. 2020. *Ilmatieteenlaitoksen avoin data.* 2020.

Ilmatieteen laitos ja Suomen ympäristökeskus (SYKE). 2020. Ilmasto-opas. Ennustettu ilmastonmuutos Suomessa. [Online] 13.8.2020. <http://www.ilmasto-opas.fi>.

INAP. 2019. *Global Acid Rock Drainage Guide (GARD Guide).* [Online] The International Network for Acid Prevention, 2019. [Viitattu: 30. 03 2019.] <http://www.gardguide.com/>.

Kauppila, Päivi; Räisänen, Marja Liisa ja Myllyoja, Sari. 2011. *Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt.* 2011. Osa/vuosik. Suomen ympäristö 29 | 2011. ISBN 978-952-11-3942-0 (PDF), ISSN 1796-1637.

Metcalf & Eddy, Inc., George Tchobanoglous, Franklin Burton, H. David Stensel. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.* 4th Edition. New York : McGraw-Hill Education, 2003. ISBN 0071122508, 9780071122504.

Moilanen, L ja Vepsäläinen, J. 2020. *Lab Report - Water Samples from Anglo American Sakatti Mining Oy.* 2020. 19.2.2020.

Outotec. 2020. *Sakatti HSC model update, revision 1.* 2020. [Date: 6.3.2020].

Outotec. 2017. *Water Chemistry Analyses, 17140-ORC-T.* 2017. October 31, 2017.

SRK Consulting (UK) Ltd. 2019. *Sakatti Project Pre-Feasibility Study A Report - Water Management.* 2019. [Date 2019-06-21].

Stantec Consulting Ltd. 2020. *Groundwater Modeling Assessment of the Proposed Underground Mine at the Sakatti Cu-PGE-Au Deposit, Northern Finland.* 2020. DRAFT [February 28, 2020]. 12765708690.