

Liite 6

Haitta-aineiden kulkeutuminen

a. Haitta-aineiden kulkeutumismallinnus

BOLIDEN KEVITSA OY

ENVIRONMENTAL STUDIES 2024-2025

CONTAMINANT TRANSPORT MODELLING

07 October 2025

CONFIDENTIAL



G321132.UK0040343.01

REV: A.0



Revision	Date Prepared by	Date Inspected by	Date Approved by
B.0	04.09.2025 Francis McAuley	29.08.2025 / 05.09.2025 Jo Amphlett / Gareth Digges La Touche	01.09.2025 Turkka Rekola
A.0	03.10.2025 Juha Sihto	06.10.2025 / 07.10.2025 Hanna Mönkkönen	07.10.2025 Hanna Mönkkönen

Revision	Description of change
B.0	Draft for client comment
A.0	Client comments addressed and translations added

Please note: this report was originally prepared in English and contains subsequent translation to Finnish. Where any discrepancy in understanding is identified between the English version and the Finnish translation, the English language version should be relied upon.

Huomio: Tämän raportti on alun perin laadittu englanniksi ja suomenkielinen käännös on lisätty jälkikäteen. Jos englanninkielisen ja suomenkielisen version välillä on havaittavissa ristiriitaa, tulee luottaa englanninkieliseen versioon.

Table of Contents

Executive Summary	4
1. Introduction	8
1.1. Overview	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
1.2. EIA Scenarios.....	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
1.3. Related Studies	10
1.4. Data Sources.....	14
1.5. Study Approach	14
1.6. Study Limitations	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
2. Overview of Environmental Setting.....	16
3. Conceptual Site Model for Contaminant Transport	18
3.1. Approach	18
3.2. Sources	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
3.3. Pathways.....	20
3.4. Receptors	20
3.5. Assessment criteria	21
4. Methodology.....	27
4.1. Approach	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
4.2. Characterisation and Data	31
4.3. Site-specific conceptualisation and assumptions	33
4.4. Uncertainty analysis.....	35
5. Results.....	36
5.1. Overview	36
5.2. Discussion	37
5.3. Sensitivity Analysis	44
6. Conclusions and Recommendations	47
References	48
Appendices.....	51

Executive Summary / Tiivistelmä

WSP Finland Oy (WSP) have been commissioned by Boliden Kevitsa Mining Oy (Boliden) to provide studies which support an Environmental Impact Assessment (EIA) for the proposed expansion and subsequent closure of Kevitsa mine. This report focusses on the contaminant transport of seepage from proposed mine facilities, with groundwater flow and drawdown modelling, and geochemical pit lake modelling, reported separately (WSP, 2025; WSP, 2025a). This report will inform, and support, the EIA and Boliden's permit application(s).

Four EIA scenarios provided by AFRY represent alternative versions of the proposed life of mine design, referred to as Scenario VE0, VE0+, VE1.1 and VE1.3. Scenarios VE0 and VE0+ are very similar to the currently permitted design, whilst VE1.1 and VE1.3 include consideration of a larger pit, larger waste rock storage facility (WRSF), additional tailings storage facilities (TSFs), and the Iso Hanhilehto quarry. Scenario VE0 was assessed under a previous study (Golder, 2022). Scenarios VE0+, VE1.1, and VE1.3 have been modelled as part of this study.

Groundwater control measures are active at the site to mitigate seepage from the TSF facilities via a series of groundwater abstraction wells. This assessment conservatively assumes these wells are not active during the operations or closure of the mine.

An analytical approach has been adopted to model the transport of potential contaminants of concern in groundwater. Concentrations in surface water (following groundwater discharge) have subsequently been estimated using a mass-balance mixing equation. Modelling has been completed for the operational phase of

WSP Finland Oy (WSP) on saanut toimeksiannon Boliden Kevitsa Mining Oy:ltä (Boliden) laatia selvityksiä, jotka tukevat ympäristövaikutusten arviointia (YVA) ehdotetun Kevitsan kaivoksen laajennuksen ja myöhemmän sulkemisen osalta. Tämä raportti keskittyy kaivos alueen toiminnoista suotatuvien haitta-aineiden kulkeutumiseen, kun taas pohjaveden virtaus- ja alenemamallinnus sekä louhosjärven geokemiallinen mallinnus on raportoitu erikseen (WSP, 2025; WSP, 2025a). Raportti tukee YVA-menettelyä ja Bolidenin lupahakemuksia.

AFRY on toimittanut neljä toimittamaa YVA-vaihtoehtoa kaivoksen toiminta-ajan suunnitelmasta, ja niitä kutsutaan vaihtoehtoiksi VE0, VE0+, VE1.1 ja VE1.3. Vaihtoehdot VE0 ja VE0+ ovat hyvin samankaltaisia nykyisen luvitetun suunnitelman kanssa, kun taas VE1.1 ja VE1.3 sisältävät suuremman avolouhoksen, suuremman sivukiven läjitysalueen (WRSF), lisätilan rikastushiekalle (TSF) sekä Iso Hanhilehdon louhoksen. Vaihtoehto VE0 on arvioitu aiemmassa selvityksessä (Golder, 2022). Vaihtoehdot VE0+, VE1.1 ja VE1.3 on mallinnettu osana tätä selvitystä.

Kaivosalueella on käytössä hallintatoimenpiteitä, kuten suojapumppaus-kaivoja, joilla rikastushiekka-altailta suotautuvia vesiä hallitaan. Tässä arvioinnissa on konservatiivisesti oletettu, että nämä kaivot eivät ole toiminnassa kaivoksen toiminta- tai sulkemisvaiheessa.

Haitta-aineiden kulkeutumisen mallinnuksessa on käytetty analyttistä lähestymistapaa. Pintaveden pitoisuudet (pohjaveden purkautumisen jälkeen) on arvioitu massatasapainoyhtälön avulla. Mallinnus on tehty jokaiselle YVA-vaihtoehdolle sekä toimintavaiheessa että sulkemisvaiheessa pitkäaikaisvaikutusten arvioimiseksi.

each EIA scenario, as well as closure to assess long term affects.

The area is generally characterised by shallow groundwater that discharges at spring locations, and downgradient streams and lakes. Geologically, the site comprises peat, moraine, weathered and competent, fractured bedrock, with hydraulic conductivity decreasing with depth and flow mechanisms transitioning from intergranular flow to fracture flow dominated. The hydrogeological setting can be considered to comprise two aquifer units; an upper aquifer where shallow groundwater flows within the superficial deposits and upper weathered bedrock, and a deeper aquifer where groundwater flow is controlled by fractures within more competent bedrock and is not directly connected with the local surface water environment. This contaminant transport study is therefore focussed on seepage of contaminants (at surface) to the shallow groundwater, and subsequent transport via the upper aquifer to nearby surface water receptors.

Groundwater levels and flow paths were reviewed to conservatively determine migration pathways for contaminants from source areas to identified receptors. The following source, pathway, and receptor linkages are assessed in this study:

- Sources:
 - WRSF and TSF areas; and
- Lakes that will develop within the Open Pit and the Iso Hanhilehto quarry during closure.
- Pathways:
 - Groundwater flow in the underlying aquifer;
 - Discharge of groundwater to the downgradient surface water receptors; and
 - Mixing of groundwater within the surface water receptors.

Alueelle on tyypillistä lähellä maanpintaa oleva pohjavesi, joka purkautuu lähteiden kautta; sekä alajuoksun purot ja järvet. Geologisesti alue koostuu turpeesta, moreenista, rapautuneesta ja ehjästä, rakoilleesta kalliosta, jossa vedenjohtavuus pienenee syvyyden myötä ja virtausmekanismit siirtyvät huokosvirtauksesta rakojen hallitsemaan virtaukseen. Hydrogeologisesti alue voidaan jakaa kahteen pohjavesivyöhykkeeseen: ylempi akviferi, jossa pohjavesi virtaa maaperässä ja rapautuneessa kallioperässä, sekä syvempi akviferi, jossa kallioperän rakoilu ohjaa pohjaveden virtausta ja joka ei ole suorassa yhteydessä pintavesiin. Tämä haitta-aineiden kulkeutumistutkimus keskittyy haitta-aineiden kulkeutumiseen pohjaveteen ja edelleen ylemmän akviferin kautta vastaanottaviin pintavesiin.

Pohjaveden pinnat ja virtausreitit arvioitiin konservatiivisesti haitta-aineiden kulkeutumisreittien määrittämiseksi haitta-aineiden päästölähteistä vastaanottaviin pintavesiin. Tässä selvityksessä arvioidaan seuraavat päästölähde- kulkeutumisreitti-vastaanottajayhteydet:

- Päästölähde:
 - Sivukiven läjitysalue (WRSF) ja rikastushiekka-altaat (TSF)
 - Sulkemisen aikana avolouhokseen ja Iso Hanhilehdon louhokseen muodostuvat järvet
- Kulkeutumisreitit:
 - Pohjaveden virtaus ylemmässä akviferissa;
 - Purkautuminen hydraulisen gradientin mukaisesti alavirtaan vastaanottaviin vesistöihin; ja
 - Pohjaveden sekoittuminen vastaanottavassa vesistössä.

- Receptors:
 - Downstream surface water environment including Mataraoja stream, Saiveljärvi, Viivajoki, and Iso Vaiskonlampi.
- Vastaanottajat:
 - Alavirtaan sijaitsevat pintavedet, kuten Mataraojan puro, Saiveljärvi, Viivajoki ja Iso Vaiskonlampi

The predicted effects of the potential contaminants migrating along the pathways identified are assessed at the following surface water locations:

- Mataraoja stream (at KevS-4);
 - Iso Vaiskonlampi (at KevS-26);
 - Saiveljärvi (at KevS-7); and
 - Viivajoki (at KevS-9).
- Mataraoja (KevS-4);
 - Iso Vaiskonlampi (KevS-26);
 - Saiveljärvi (KevS-7); ja
 - Viivajoki (KevS-9)

Both current and baseline (pre-mining) water quality is considered in the contaminant transport modelling, for both groundwater and surface water.

During closure, water from the pit lake and Iso Hanhilehto quarry is considered cumulatively with groundwater discharge from the TSF and WRSF areas to the Mataraoja stream (KevS-4).

The results presented in this study represent the most-likely steady state conditions, with results screened against the EIA criteria and the SSAC (site-specific assessment criteria). Uncertainty analysis is also carried out using a Monte Carlo stochastic modelling approach.

During the operational period for all EIA scenarios (mine plans), the majority of the concentrations of the potential contaminants of concern (PCOCs) are predicted to fall below the EIA criteria and/or the SSAC at all surface water receptors. Sulphate is predicted to marginally exceed the EIA criteria at one location (Iso Vaiskonlampi) for scenario VE1.3 only.

In addition to the minor sulphate exceedance, total nitrogen concentrations are predicted to exceed the EIA criteria for most scenarios and locations. Total Phosphorus concentrations are also predicted to exceed EIA concentrations for

Haitta-aineiden kulkeutumisen vaikutuksia arvioidaan seuraavissa pintaveden tarkkailupisteissä:

Kulkeutumismallinnuksessa on huomioitu sekä nykyinen että (kaivostoimintaa edeltäneen) lähtötilanteen vedenlaatu pohja- ja pintavesissä.

Sulkemisvaiheessa avolouhoksen ja Iso Hanhilehdon louhosjärvistä vuotava vesi huomioidaan kumulatiivisesti yhdessä rikastushiekka-altailta ja sivukiven läjitysalueelta Mataraojaan (KevS-4). purkautuvan pohjaveden kanssa.

Tulokset edustavat todennäköisimpiä steady state-olosuhteita, ja ne on arvioitu YVA-kriteerien ja kohdekohtaisten arviointikriteerien (SSAC) perusteella. Epävarmuusanalyysi on tehty stokastisella Monte Carlo -mallinnuksella.

Kaivoksen toimintavaiheessa kaikkien YVA-vaihtoehtojen osalta suurin osa potentiaalisten haitta-aineiden (PCOC) pitoisuuksista jää alle YVA- ja/tai SSAC-arvojen kaikissa pintavesikohteissa. Vaihtoehdossa VE 1.3 sulfaatti ylittää niukasti YVA-raja-arvon yhdessä kohteessa (Iso Vaiskonlampi).

Niukan sulfaattilyityksen lisäksi kokonaistypen pitoisuudet ylittävät YVA-raja-arvot useimmissa vaihtoehtoisissa ja kohteissa. Kokonaisfosforin pitoisuudet ylittävät YVA-raja-arvot kaikissa vaihtoehtoisissa Saiveljärvessä ja

all scenarios at the Saiveljärvi and Viivajoki when baseline water quality is considered. However, a review of the baseline water quality (pre-mining) demonstrates that the predicted exceedances are a result of naturally elevated phosphorus and nitrogen in surface waters across the area; both pre-mining (baseline), and currently.

Groundwater concentrations predicted to enter the watercourses, as a result of seepage from mine facilities, do not exceed the EIA criteria for nitrogen or phosphorus. However, as the surface waters already show naturally elevated concentrations, above the EIA criteria, the resultant concentrations (presented in this assessment) still exceed the EIA criteria.

During closure, concentrations at all receptors are predicted to be the same, or less than, the concentrations predicted for the operational period. Concentrations generally reduce during closure for all scenarios.

The predicted concentrations at each of the surface water assessment locations indicate that no mitigation will be required.

However, the modelled closure scenarios assume that contact water being directed to the pit during closure will be discharged at a depth of 40m below the water level, as the lake fills. Therefore, a level of water management would be required, during closure, to ensure these site flows are discharged below the lake surface accordingly.

Viivajoessa, kun lähtötilanteen vedenlaatu huomioidaan. Lähtötilanteen vedenlaadun tarkastelu osoittaa kuitenkin, että ennustetut ylitykset johtuvat luonnostaan korkeista fosfori- ja typpipitoisuuksista alueen pintavesissä – sekä kaivostoimintaa edeltävässä perustilassa että nykytilassa.

Kaivosalueen toiminnoista tapahtuvan suotautumisen seurauksena vesistöihin kulkeutuvan pohjaveden arvioidut pitoisuudet eivät ylitä YVA-kriteerejä typen tai fosforin osalta. Kuitenkin, koska pintavesissä esiintyy jo luonnostaan korkeita pitoisuuksia, arvioinnissa esitetyt pitoisuudet ylittävät edelleen YVA-raja-arvot.

Sulkemisvaiheessa pitoisuudet kaikissa vastaanottavissa vesistöissä ennustetaan olevan samat tai pienemmät kuin toimintavaiheessa. Pitoisuudet vähenevät yleisesti sulkemisen aikana kaikissa vaihtoehtoissa.

Arvioidut pitoisuudet pintavesikohteissa osoittavat, ettei lieventäviä toimenpiteitä tarvita.

huomioitavaa on, että mallinnetuissa sulkemisvaihtoehtoissa oletetaan, että sulkemisvaiheessa avolouhokseen johdettava kontaktivesi johdetaan 40 metrin syvyyteen vedenpinnan alapuolelle järven täyttyessä. Tämän vuoksi sulkemisvaiheessa tarvitaan vesien hallinta-toimenpiteitä, jotta vedet saadaan johdettua järven pinnan alapuolelle.

1. Introduction / Johdanto

1.1. Overview / Yleiskuva

WSP Finland Oy (WSP) have been commissioned by Boliden Kevitsa Mining Oy (Boliden) to support with the preparation of an Environmental Impact Assessment (EIA) for the proposed expansion, and subsequent closure, of the Kevitsa mine.

Boliden's EIA consultant AFRY Management Consulting ("AFRY") are completing the EIA report separately.

The studies that WSP are undertaking to support the EIA include groundwater flow modelling, pit lake water quality modelling, and contaminant transport modelling. These studies aim to address the following:

- An assessment of the extent and impact of dewatering on the Natura 2000 area and the Satojärvi;
- An assessment of the quality of the discharge from the pit lake that will form during closure; and
- An assessment of contaminant transport as a result of seepage from the tailings storage facilities (TSF) and the waste rock storage facility (WRSF) to the wider water environment.

The contaminant transport of seepage from the TSF and WRSF facilities is the subject of this report.

WSP Finland Oy (WSP) tukee Boliden Kevitsa Mining Oy:tä (Boliden) ympäristövaikutusten arvioinnissa (YVA) liittyen Kevitsan kaivoksen suunniteltuun laajennukseen ja myöhempään sulkemiseen.

Bolidenin YVA-konsultti AFRY Management Consulting ("AFRY") laatii YVA-selostuksen erikseen.

WSP:n YVAa tukevat selvitykset sisältävät pohjaveden virtausmallinnuksen, louhosjärven vedenlaadun mallinnuksen sekä haitta-aineiden kulkeutumismallinnuksen. Selvitysten tavoitteena on arvioida:

- Kuivatuksen laajuutta ja vaikutuksia Natura 2000 -alueeseen ja Satojärveen;
- Sulkemisvaiheessa muodostuvan louhosjärvestä purkautuvan vedenlaatua; sekä
- Rikastushiekka-altailta (TSF) ja sivukiven läjitysalueelta (WRSF) suotautuvien vesien haitta-aineiden kulkeutumista alueen vesiympäristöön.

Tämä raportti käsittelee suotovesissä esiintyvien haitta-aineiden kulkeutumista TSF- ja WRSF-alueilta.

1.2. EIA Scenarios / YVA-vaihtoehdot

Various mine layout options are presented in the EIA report. The options have been considered as part of this assessment and are referred to as the EIA scenarios.

Four separate scenarios have been identified by AFRY, and are known as: VE0, VE0+, VE1.1, and VE1.3.

The proposed activities for each scenario are summarised in **Virhe. Viitteen lähdeä ei löytynyt.** below. The mine

Ympäristövaikutusten arviointiraportissa esitetään eri vaihtoehtoja kaivostoimintojen sijoittelulle. Vaihtoehtojen vaikutuksia arvioidaan tässä raportissa ja niihin viitataan nimellä YVA-vaihtoehdot.

AFRY on tunnistanut neljä erilaista vaihtoehtoa: VE0, VE0+, VE1.1 ja VE1.3.

Kunkin vaihtoehdon suunnitellut toimenpiteet on esitetty alla olevassa Taulukossa 1-1.

layout plan for each scenario is presented on Figure 1-1 to Figure 1-7. Vaihtoehtojen aluesuunnitelmat on esitetty Kuvissa 1-1 – 1-4.

Table 1-1. Summary of EIA Scenarios / Taulukko 1-1. Tiivistelmä YVA-vaihtoehtoista

Mine Aspect / Toiminto	Scenario VE0 / Vaihtoehto VE0	Scenario VE0+ / Vaihtoehto VE0+	Scenario VE1.1 / Vaihtoehto VE1.1	Scenario VE1.3 / Vaihtoehto VE1.3
Production Timescales / Kaivostoiminnan ajanjakso	2012- 2029 (inclusive) / (kattava)	2030 – 2033 (inclusive) / (kattava)	2034 – 2044 (inclusive) / (kattava)	2034 - 2044 (inclusive) / (kattava)
Closure Start / Sulkemisen aloitus	January 2034 / Tammikuu 2034		January 2045 / Tammikuu 2045	
TSF A	Raised to 270 masl using centerline design / Korotus 270 metriin (mpy) keskilinjan mukainen suunnitelma	Raised to 280 masl using centerline design / Korotus 280 metriin (mpy) keskilinjan mukainen suunnitelma	Raised to 310 masl using centerline design / Korotus 310 metriin (mpy) keskilinjan mukainen suunnitelma	Raised to 280 masl using centerline design / Korotus 280 metriin (mpy) keskilinjan mukainen suunnitelma
TSF A2	<i>Not included / Ei sisälly</i>	<i>Not included / Ei sisälly</i>	<i>Not included / Ei sisälly</i>	Included / Sisältyy
TSF B	Raised to max. permitted height (251 masl) / Korotus luvan mukaiseen maksimi- korkeuteen (251 mmpy)	Raised to max. permitted height (251 masl) / Korotus luvanmukaiseen maksimi- korkeuteen (251 mmpy)	Raised to max. permitted height (251 masl) / Korotus luvanmukaiseen maksimi- korkeuteen (251 mmpy)	Raised to max. permitted height (251 masl) / Korotus luvanmukaiseen maksimi- korkeuteen (251 mmpy)
TSF B2	<i>Not included / Ei sisälly</i>	<i>Not included / Ei sisälly</i>	Included / Sisältyy	<i>Not included / Ei sisälly</i>
Process Water Reservoir Raise / Prosessivesialtaan korotus	<i>Not included / Ei sisälly</i>	Included / Sisältyy	Included / Sisältyy	Included / Sisältyy
Open Pit / Avolouhos	Current design (Stage 4 pit) / nykyinen suunnitelma	Current design (Stage 4 pit) / nykyinen suunnitelma	Extends 55 ha (Stage 5 pit) / laajennettu louhos	Extends 55 ha (Stage 5 pit) / laajennettu louhos
USW Starter Pit / USW aloituslouhos	<i>Not included</i>	Included	Included	Included

Mine Aspect / Toiminto	Scenario VE0 / Vaihtoehto VE0	Scenario VE0+ / Vaihtoehto VE0+	Scenario VE1.1 / Vaihtoehto VE1.1	Scenario VE1.3 / Vaihtoehto VE1.3
WRSF / Sivukivialue	Current height (310 masl) and footprint (322 ha) / nykyinen korkeus (310 mmpy) ja laajuus (310 ha)	Current height (310 masl) and footprint (322 ha) / nykyinen korkeus (310 mmpy) ja laajuus (310 ha)	Height raised (350masl) and footprint increased (445 ha) / korotus 350 mmpy, alueen pinta-ala kasvaa (445 ha)	Current height (310 masl) and footprint increased (568 ha) / nykyinen korkeus (310 mmpy), alueen pinta-ala kasvaa (568 ha)
Iso Hanhilehto USW Quarry / USW louhos	<i>Not included / Ei sisälly</i>	<i>Not included / Ei sisälly</i>	Included / Sisältyy	Included / Sisältyy
EW Usage / EW Käyttö	<i>Not included / Ei sisälly</i>	Included / Sisältyy (WRSF+TSF)	Included / Sisältyy (WRSF+TSF)	Included / Sisältyy (WRSF+TSF)
Notes: Scenario VE0 was formally named Scenario 1. The operational periods are outlined under 'Production Timescales'. Closure is defined as 200 years post-production. WRSF = waste rock storage facility TSF = tailings storage facility USW = material classified as useable waste rock EW = material classified as environmental waste rock		Huomiot: Vaihtoehto 0:n virallinen nimi oli Skenaario 1. Kaivostoimintojen toimintavaiheet ovat sisällytettyinä "Kaivostoiminnan aikaskaalaan".. Sulkeminen on määriteltynä 200 vuoden ajanjaksona tuotannon loppumisesta. WRSF = sivukivialue TSF = rikastushiekka-alue USW = käyttökelpoinen sivukivi EW = ympäristövaikutteiseksi sivukiveksi luokiteltu		

A contaminant transport study was previously completed for scenario VE0 (Golder, 2022). The designs for scenario VE0 listed in **Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt.** above largely remain the same as previously assessed. As such, no additional transport modelling has been undertaken for scenario VE0.

Aiemmin on tehty haitta-aineiden kulkeutumisselvitys vaihtoehdolle VE0 (Golder, 2022). Taulukossa 1-1 esitetyt vaihtoehdon VE0 suunnitelmat ovat pääosin samoja kuin aiemmin arvioidut. Tämän vuoksi vaihtoehdolle VE0 ei ole tehty uutta kulkeutumismallinnusta.

Therefore, this report details the contaminant transport modelling that has been undertaken for scenarios VE0+, VE1.1, and VE1.3.

Tässä raportissa esitetään vaihtoehdoille VE0+, VE1.1 ja VE1.3 tehty haitta-aineiden kulkeutumismallinnus.

1.3. Related Studies / Aiheeseen liittyvät tutkimukset

As outlined in section 1.1, WSP have also been engaged to complete the following related assessments:

Kuten kappaleessa 1.1 on kuvattu, WSP on saanut toimeksiannon tehdä myös seuraavat arvioinnit:

- Numerical groundwater flow modelling, including Pit Lake recovery modelling; and
- Pit lake water quality modelling.
- Numeerinen pohjaveden virtausmallinnus, mukaan lukien avolouhoksen täyttymismallinnus; sekä
- Avolouhoksen vedenlaadun mallintaminen.

The groundwater flow modelling has been completed for scenarios VE0+ and VE1.3. The flow modelling simulates how the proposed mining activities influence groundwater levels and flows during active operations, and how the groundwater system evolves post-closure (WSP, 2025). The pit lake water quality modelling assesses the evolution of water quality as the pit lake develops during closure for scenarios VE0+ and VE1.3 and is reported separately from the groundwater flow modelling (WSP2025a). The outputs of the groundwater flow and pit lake modelling have been used to support this contaminant transport assessment.

Pohjaveden virtausmallinnus on tehty YVA-vaihtoehtoille VE0+ ja VE1.3. Mallinnus simuloi, miten suunnitellut kaivostoiminnot vaikuttavat pohjaveden tasoihin ja virtauksiin kaivoksen toiminnan aikana, sekä kuinka pohjavesiolosuhteet kehittyvät kaivoksen sulkemisen jälkeen (WSP, 2025). Vaihtoehtojen VE0+ ja VE1.3 louhosjärven vedenlaadun mallinnuksella arvioidaan vedenlaadun kehitystä louhoksen täytyessä sulkemisvaiheen aikana. Työstä on tehty erillinen raportti (WSP2025a). Pohjaveden virtausmallinnuksen ja louhosjärven vedenlaatumallinnuksen tuloksia on hyödynnetty arvioitaessa haitta-aineiden kulkeutumista.

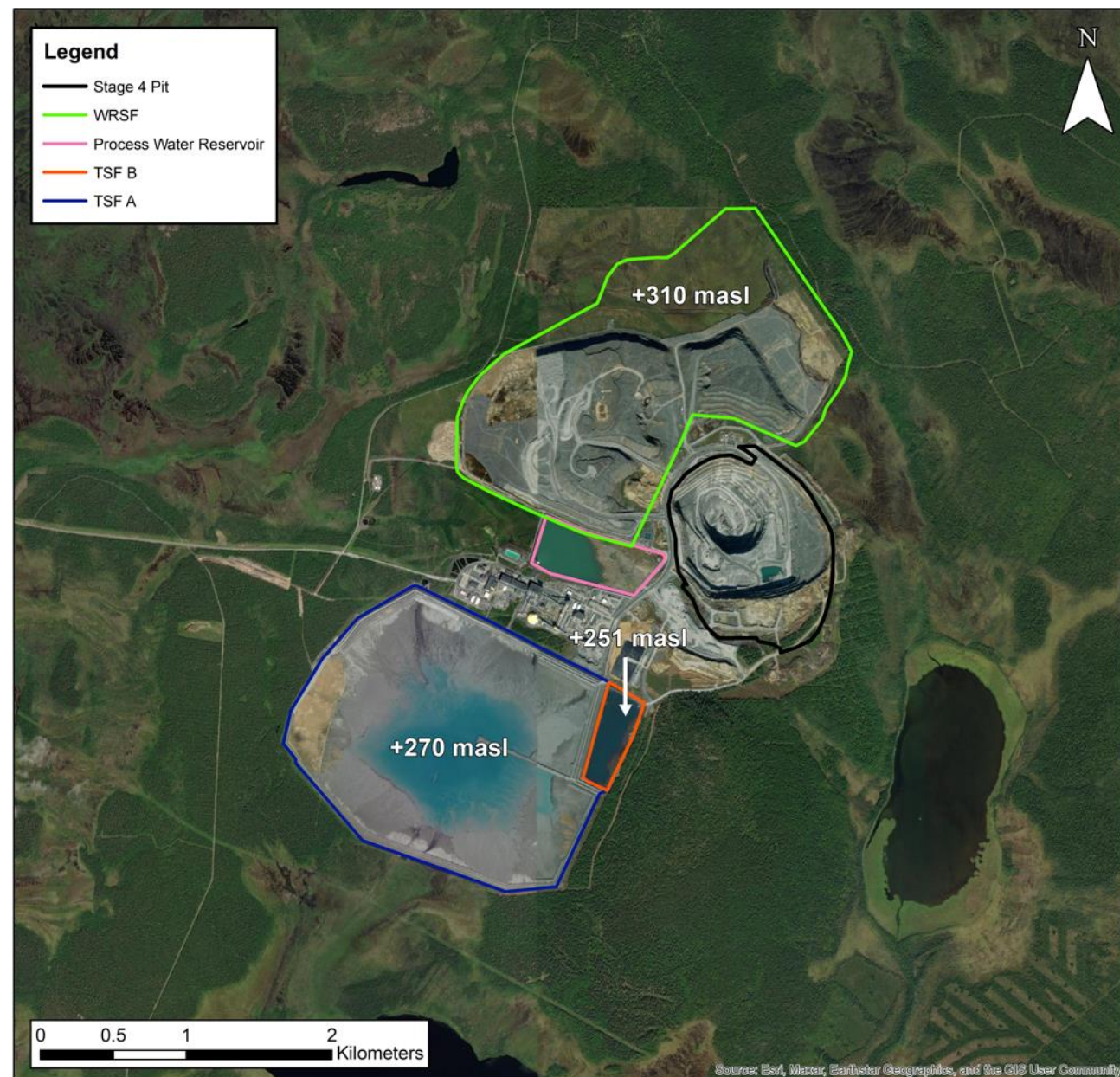


Figure 1-1 Plan of VE0 design. / Kuva 1-2 Vaihtoehdon VE0:n kaivostoimintojen sijoittelu.

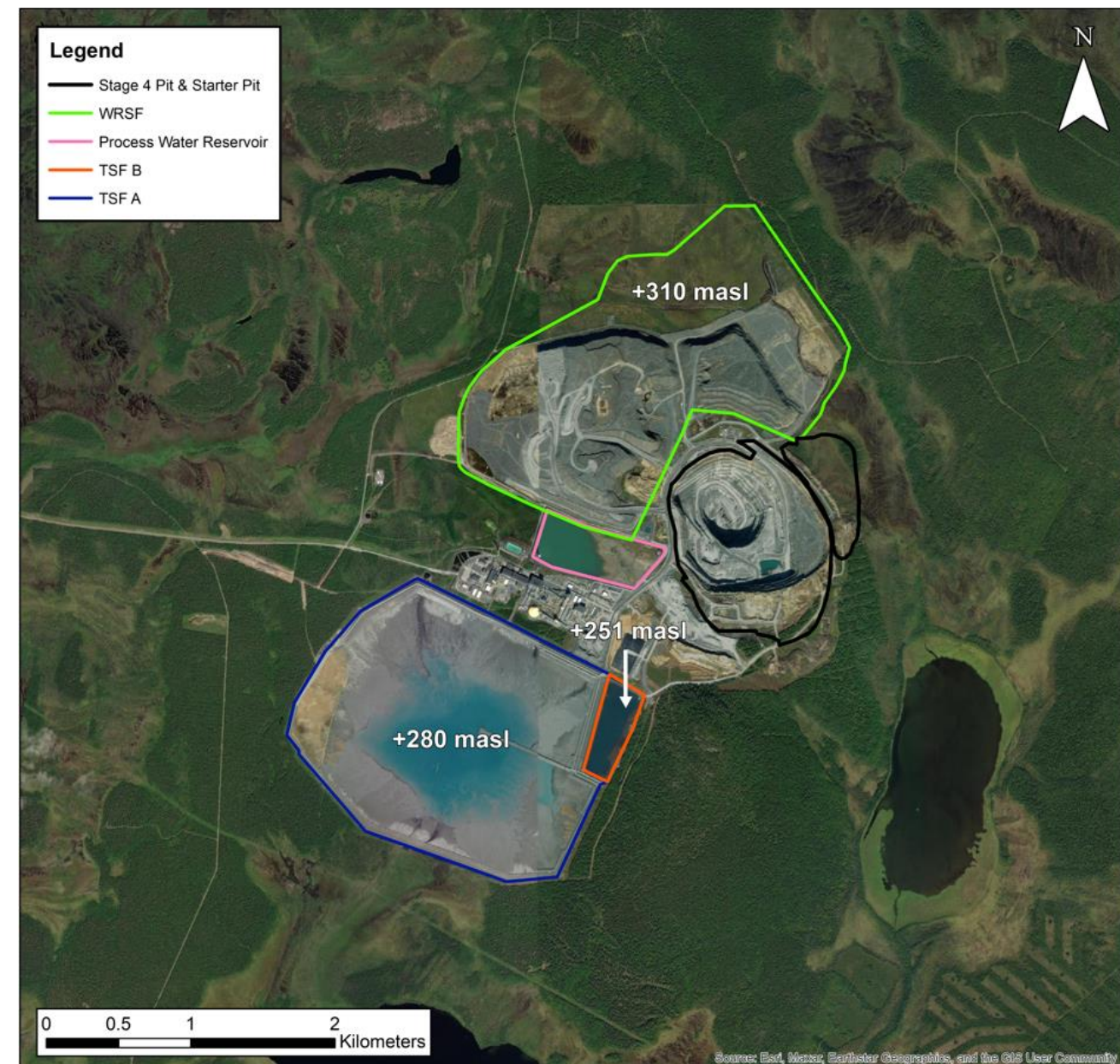


Figure 1-3 Plan of VE0+ design. / Kuva 1-4 Vaihtoehdon VE0+:n kaivostoimintojen sijoittelu.

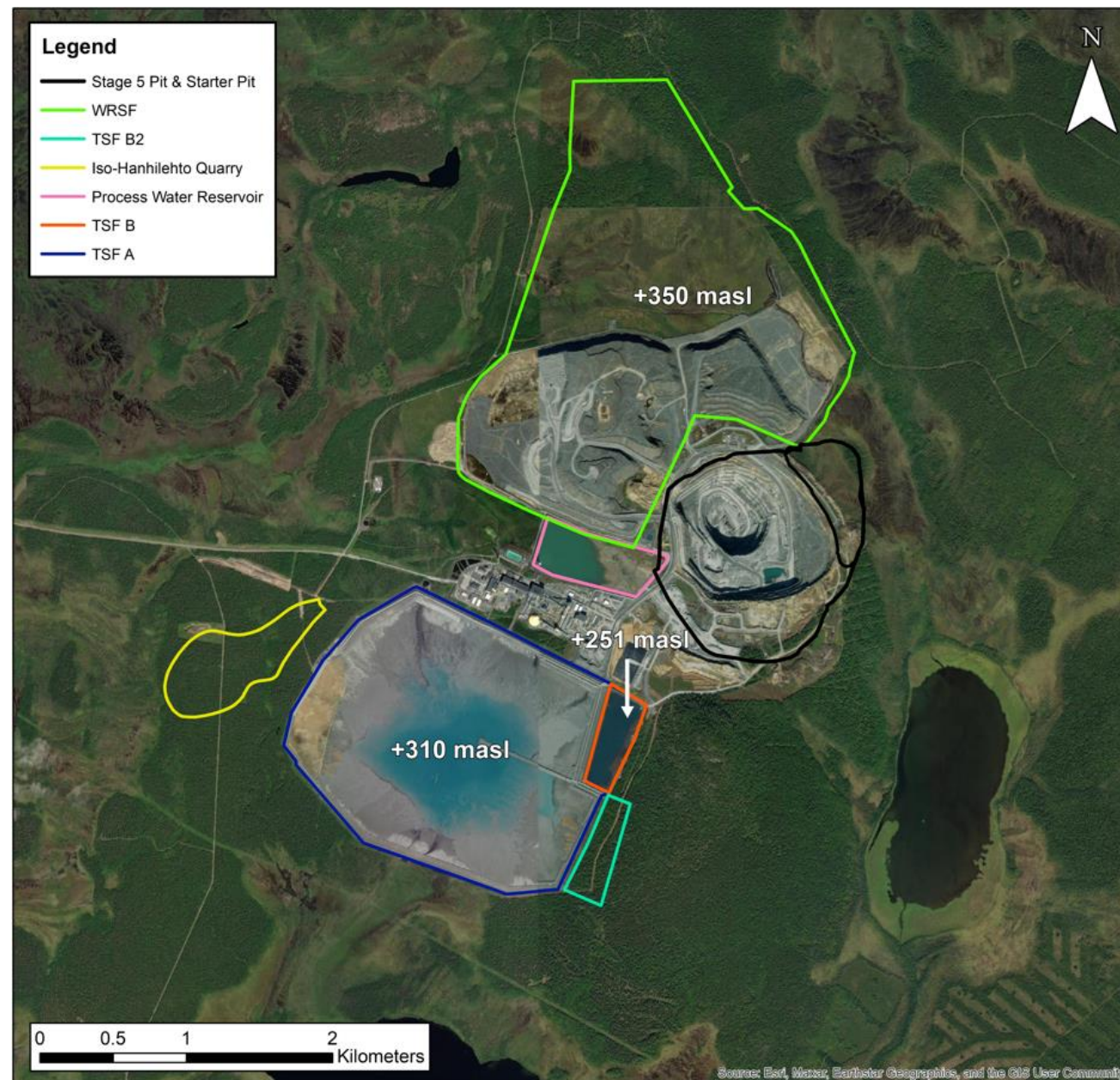


Figure 1-5 Plan of VE1.1 design. / Kuva 1-6 Vaihtoehtoon VE1.1:n kaivostoimintojen sijoittelu.

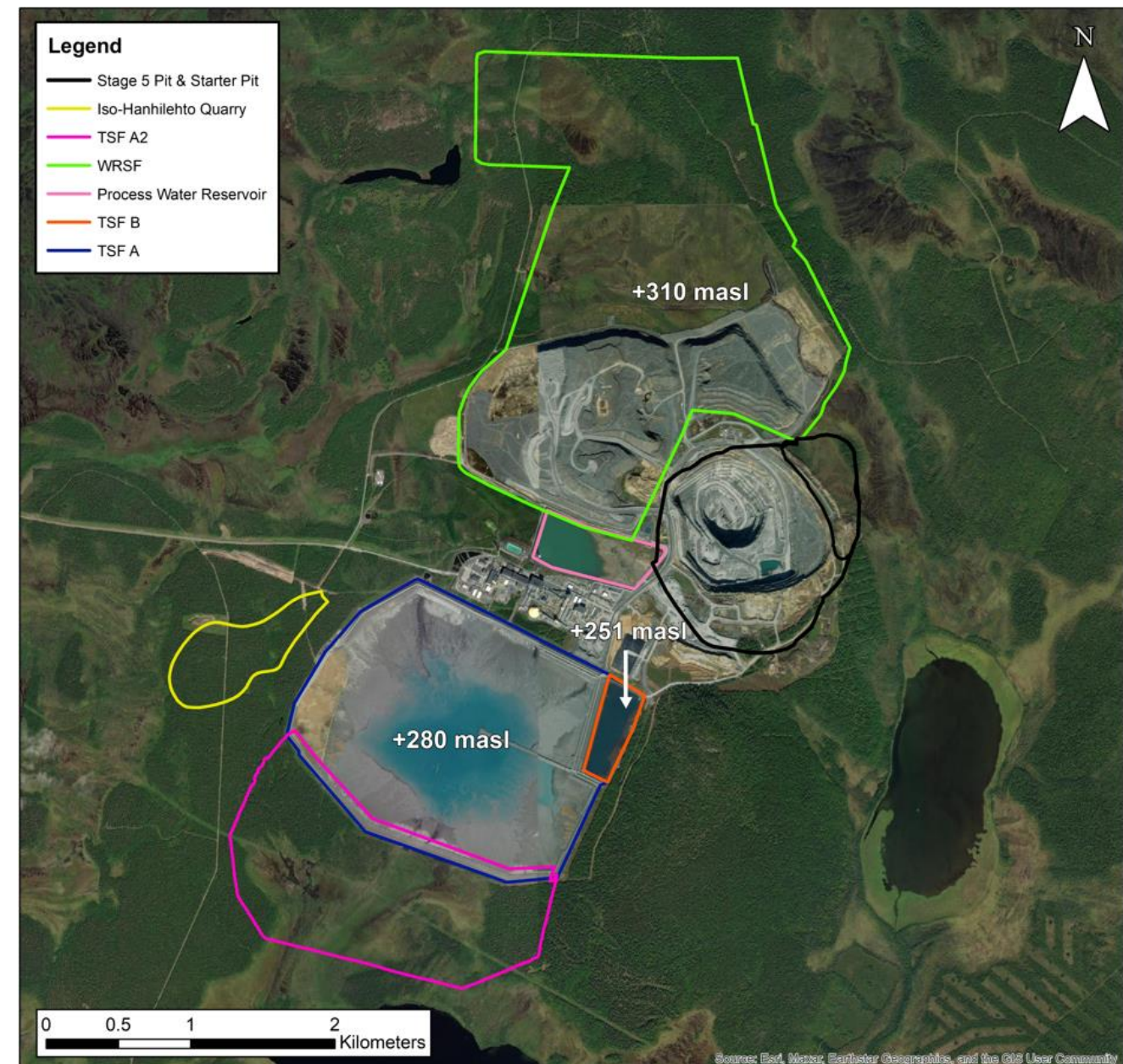


Figure 1-7 Plan of VE1.3 design. / Kuva 1-8 Vaihtoehtoon VE1.3:n kaivostoimintojen sijoittelu.

1.4. Data Sources / Lähtöaineisto

Boliden has commissioned a team of specialist consultants to work collaboratively to support the EIA. The contaminant transport modelling predominantly relies on the following sources of data:

- Boliden have provided information related to mine facility production plans (i.e. timescales, geometry etc), groundwater quality data, and surface water quality data.
- WSP have provided seepage estimates for the operational period for TSF A and seepage estimates for the operational and closure periods for TSF A2, TSF B, and TSF B2 as part of previous and separate assessments;
- Okane Consultants Inc ('OKC') have provided seepage estimates for the WRSF during the operational and closure period, as well as TSF A seepage estimates for the closure period;
- Mine Environment Management Ltd. (MEM) have provided source term concentrations for the contaminants of concern at the TSF and WRSF facilities; and
- AFRY have provided surface water flow values.

The main sources of information used in this study are provided at Appendix A and further summarised in Section 4.2.

Boliden on koonnut ryhmän asiantuntijoita tekemään yhteistyötä YVA:n laatimisessa. Haitta-aineiden kulkeutumismallinnus perustuu pääasiassa seuraaviin tietolähteisiin:

- Boliden on toimittanut tietoa kaivoksen toimintojen suunnitelmista (esim. aikataulu, geometria jne.), sekä pohja- ja pintavesien laatuaineiston.
- WSP on toimittanut aikaisemmin tehdyt arviot rikastushiekka-altaan A toiminnan aikaisista suotovesistä, sekä altaiden A2, B ja B2 suotovesistä toiminnan ja sulkemisvaiheen ajalta.
- Okane Consultants Inc ('OKC') on toimittanut arviot sivukiven läjitysalueen (WRSF) suotovesistä toiminnan ja sulkemisvaiheen ajalta sekä arvion rikastushiekka-altaan A suotovesistä sulkemisvaiheen ajalta.
- Mine Environment Management Ltd. (MEM) on toimittanut rikastushiekka-altailta ja sivukivialueelta liuenneiden haitta-aineiden lähtöpitoisuudet.
- AFRY on toimittanut pintavesien virtaustietoja.

Tässä selvityksessä käytetyt tärkeimmät lähtöaineistot on esitetty liitteessä A ja tiivistettynä kappaleessa 4.2.

1.5. Study Approach / Tutkimusmenetelmät

An analytical approach has been adopted to model the transport of potential contaminants of concern along the following migration pathway(s):

- Seepage from the source areas (TSF and WRSF) to the underlying groundwater table;

Potentiaalisten haitta-aineiden (PCOC) kulkeutumisen mallinnuksessa on käytetty analyttista lähestymistapaa, jossa tarkastellaan seuraavia kulkeutumisreittejä:

- Vesien suotautuminen lähdealueilta (TSF ja WRSF) pohjaveteen;

- Subsequent migration within groundwater towards the identified surface water receptors; and
- Discharge of groundwater to the identified surface water receptors being assessed in the EIA.
- Pohjaveden kulkeutuminen kohti vastaanottavia vesistöjä; sekä
- Pohjaveden purkautuminen vastaanottaviin vesistöihin, joita arvioidaan osana YVA-menettelyä.

An estimate of steady state contaminant concentrations in groundwater has been completed using the Domenico solution.

Pohjaveden steady state -haitta-ainepitoisuudet on laskettu käyttäen Domenico-yhtälöä.

The concentrations in surface water (following groundwater discharge) have been estimated using a mass-balance mixing equation.

Pitoisuudet pintavesissä (pohjaveden purkautumisen seurauksena) on arvioitu massataseyhtälön perusteella.

The migration pathways being assessed, and the assessment methodologies, are detailed in Section 3 and 4, respectively.

Arvioitavat kulkeutumisreitit ja arviointimenetelmät on kuvattu yksityiskohtaisemmin kappaleissa 3 ja 4.

2. Overview of Environmental Setting / Ympäristöolosuhteiden yleiskuvaus

The environmental setting of the Kevitsa mine site is described in detail in the groundwater modelling report (WSP, 2025). A summary of the water environment, relevant to this study, is provided below.

The Kevitsa mine site is located at the watershed boundary between two drainage systems:

- The Mataraoja stream which flows west and southwest away from the site; and
- The Viivajoki which flows east and southeast to the south and southeast of the site.

For scenario's VE1.1 and VE1.3 the WRSF extends further north into a separate water shed of the Iso Vaiskonlampi, located west of the proposed WRSF extension.

Surface water on the site is managed through ditches designed to divert flow away from operational areas. Surface water flow near the pit and waste rock storage facility (WRSF) flows generally west to Mataraoja stream. Surface water to the south of the TSF generally flow southwards to Saiveljärvi which then discharges to the Viivajoki.

The area is generally characterised by shallow groundwater that discharges at spring locations, and downgradient streams and lakes.

Conceptually, the hydrogeological setting can be considered to comprise:

- An upper aquifer, where shallow groundwater flows within the superficial deposits (peat and moraine comprising variable clayey sand and sandy clay deposits with more prominent sand lenses mapped to the east and west of the TSF area) and weathered fractured bedrock. Typically extending to depths of 20 to 40 mbgl; and

Kevitsan kaivosalueen ympäristön olosuhteet on kuvattu yksityiskohtaisesti pohjavesimallinnusraportissa (WSP, 2025). Tässä selvityksessä oleellisen vesi-ympäristön yhteenveto on esitty alla.

Kevitsan kaivos sijaitsee kahden valuma-alueen rajalla:

- Mataraoja, joka virtaa länteen ja lounaaseen pois päin kaivokselta; ja
- Viivajoki, joka virtaa pois päin kaivokselta kohti itää ja kaakkoa.

Vaihtoehtoissa VE1.1 ja VE1.3 sivukivialue laajenee pohjoiseen erilliselle Ison Vaiskonlammen valuma-alueelle. Lampi itsessään sijaitsee laajennusalueen länsipuolella.

Kaivosalueen pintavedet johdetaan ojien avulla toiminta-alueilta pois päin. Pintavedet virtaavat avolouhoksen ja sivukiven läjitysalueen läheisyydessä pääasiassa länteen kohti Mataraojaa. Rikastushiekka-altaiden eteläpuolella pintavedet virtaavat etelään kohti Saiveljärveä, joka purkautuu edelleen Viivajokeen.

Alueelle on tyypillistä lähellä maanpintaa oleva pohjavesi, joka purkautuu lähteiden kautta; sekä alajuoksun purot ja järvet.

Hydrogeologisesti alue voidaan jakaa kahteen pohjavesivyöhykkeeseen:

- Ylempi akviferi, jossa matala pohjavesi virtaa maaperässä (koostuu turpeesta ja moreenista, joissa on vaihtelevasti savista hiekkaa ja hiekkaisista saveista hiekkakerrostumista rikastushiekka-altaiden itä- ja länsipuolella) sekä rapautuneessa, rikkonaisessa kallioperässä. Akviferi ulottuu

tyypillisesti 20–40 m syvyyteen maanpinnasta.

- A deeper aquifer, within the fractured bedrock where groundwater flow is controlled by fractures within the more competent bedrock. Can extend to depths of >500 mbgl.

Although there will be some hydraulic continuity between the upper and lower aquifer units at depth, flow paths for surface contaminants are considered to remain within the shallow upper aquifer. The deeper aquifer is not in direct hydraulic connection with the identified surface water receptors.

This contaminant transport study is therefore focussed on seepage of contaminants at surface to the shallow groundwater, and subsequent transport via the upper aquifer to nearby surface water receptors.

Groundwater divides are present at the site. These are controlled by topography and surface water catchment divides, as well as the open pit influencing local groundwater flow.

In the area of the WRSF, groundwater predominantly flows to the west towards the Mataraoja stream, with a small component of flow towards the open pit. In scenarios VE1.1. and VE1.3 where the WRSF extends further to the north, shallow groundwater underlying the WRSF extension will flow west to the Iso Vaiskonlampi.

A groundwater divide is also present underlying the TSF area. Shallow groundwater underlying the northern half of TSF A and TSF B predominantly flows north and northwest to the Mataraoja stream. Shallow groundwater underlying the southern half of TSF A (as well as TSF A2 and TSF B2) generally flows south to the Saiveljärvi.

- Syvempi (kalliopohjavesi-) akviferi, jossa kallioperän rakoilu ohjaa pohjaveden virtausta. Akviferi ylettyy jopa yli 500 m syvyyteen.

Vaikka ylemmän ja alemman akviferin välillä voi olla hydraulinen yhteys, pintaperäisten haitta-aineiden kulkeutumisreittien oletetaan rajoittuvan ylempään akviferiin. Syvempi akviferi ei ole suorassa hydraulisessa yhteydessä tunnistettuihin vastaanottaviin vesistöihin.

Tämä selvitys haitta-aineiden kulkeutumisesta keskittyy haitta-aineiden suotautumisesta pohjaveteen ja edelleen kulkeutumiseen ylemmän akviferin kautta lähialueen vastaanottaviin vesistöihin.

Kaivosalueella on pohjavedenjakajia, joihin vaikuttavat maastonmuodot, pintaveden valuma-alueiden rajat sekä avolouhoksen aiheuttama paikallinen pohjaveden virtaus.

Sivukiven läjitysalueella pohjavesi virtaa pääasiassa länteen kohti Mataraojaa, pienen osan virratessa kohti avolouhosta. Vaihtoehdoissa VE1.1 ja VE1.3, joissa läjityalue laajenee pohjoiseen, pohjavesi laajennusalueen kohdalta virtaa länteen kohti Isoa Vaiskonlampea.

Myös rikastushiekka-altaiden alla on pohjavedenjakaja. Altaiden A ja B pohjoispuoliskon alla pohjavesi virtaa pääasiassa pohjoiseen ja luoteeseen kohti Mataraojaa. Altaan A eteläpuoliskon (sekä altaiden A2 ja B2) alla pohjavesi virtaa pääasiassa etelään kohti Saiveljärveä.

3. Conceptual Site Model for Contaminant Transport / Haitta-aineiden kulkeutumisen käsitteellinen malli

3.1. Approach / Lähestymistapa

A conceptual site model provides a structured framework for describing how potential pollutants migrate through the environment, from potential sources to potential receptors.

A Source-Pathway-Receptor approach has been adopted to describe the conceptual site model. This approach identifies and characterises the potential sources, receptors, and viable pathways linking them. For a risk to be present, all three components need to be present and viable.

This assessment considers the following:

- Sources:
 - WRSF and TSF areas; and
 - Lakes that will develop within the Open Pit and the Iso Hanhilehto quarry during closure.
- Pathways:
 - Groundwater flow in the underlying upper aquifer;
 - Discharge of groundwater to the downgradient surface water receptors; and
 - Mixing of groundwater within the surface water receptors.
- Receptors:
 - Downstream surface water environment including, Mataraoja stream, Saiveljärvi, Viivajoki, and Iso Vaiskonlampi.

The sources, pathways, and receptors listed above, are further characterised in the following sub-sections.

Konseptuaalinen malli selittää, miten mahdolliset epäpuhtaudet kulkeutuvat ympäristössä mahdollisista päästölähteistä mahdollisiin reseptoreihin (vastaanottaviin vesistöihin).

Konseptuaalisessa mallissa kulkeutumista kuvataan päästölähde – kulkeutumisreitti – vastaanottaja mallilla. Tämä lähestymistapa tunnistaa ja kuvaa mahdolliset lähteet, kohteet ja niiden väliset kulkeutumisreitit. Riskin muodostumiseen vaaditaan kaikki kolme osatekijää.

Tässä arvioinnissa tarkastellaan seuraavia tekijöitä:

- Päästölähteet:
 - Sivukiven läjitysalueet ja rikastushiekka-altaat; ja
 - Sulkemisvaiheessa avolouhokseen ja Iso Hanhilehdon louhokseen muodostuvat louhosjärvet.
- Kulkeutumisreitit:
 - Pohjaveden virtaus ylemmässä akviferissä;
 - Pohjaveden purkautuminen vastaanottaviin vesistöihin; sekä
 - Pohjaveden sekoittuminen vastaanottavissa vesistöissä.
- Vastaanottajat:
 - Pintavesiympäristö, mukaan lukien Mataraojan, Saiveljärvi, Viivajoki ja Iso Vaiskonlampi.

Edellä mainitut päästölähteet, kulkeutumisreitit ja vastaanottajat kuvataan tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

3.2. Sources / Lähteet

The sources of contamination assessed in this study are:

- Waste rock storage facility (WRSF);
- Tailings storage facilities (TSF), including TSF A, TSF B, TSF A2, and TSF B2, and the embankments around the perimeter of the TSF's that primarily comprise waste rock material.
- Water within the Pit Lake; and
- Water within the Iso Hanhilehto quarry lake.

During operations, the primary sources of potential contamination are the TSF's and the WRSF. Contaminant loads will vary from the operational phase to the closure phase for these facilities.

During closure, two additional sources are identified and assessed: water from the pit lake, and water from the Iso Hanhilehto quarry lake. When operations cease, groundwater and surface water will flow into pit/quarry voids and create lakes. Both lakes are expected to reach a point where they will overflow and discharge to the Mataraoja stream.

Previous groundwater risk assessments identified seven contaminants of concern (COCs) for the site (Golder, 2018) (Golder, 2022). These COCs were used in the VE0 study. However, for the VE0+, VE1.1, and VE1.3, the COC's have been reviewed. Eleven potential COCs (PCOCs) are considered in this assessment as shown in Table 3-1.

Tässä tutkimuksessa arvioidut haitta-aineiden lähteet ovat:

- Sivukiven läjitysalue (WRSF);
- Rikastushiekka-altaat (TSF) sisältäen altaat A, B, A2 ja B2 ja rikastushiekka-altaita ympäröivät penkereet, jotka koostuvat pääasiassa sivukivestä.
- Louhosjärven vesi; ja
- Iso Hanhilehdon louhoksen vesi.

Toiminnan aikana ensisijaiset mahdollisen päästöjen lähteet ovat rikastushiekka-altaat ja sivukiven läjitysalue. Haitta-aineiden kuormituksen määrä vaihtelee toimintavaiheesta sulkemisvaiheeseen.

Sulkemisvaiheelle tunnistettiin ja arvioitiin kaksi lähdettä lisää: avolouhoksen ja Iso Hanhilehdon louhosjärvien vesi. Toiminnan päättyessä pohja- ja pintavettä virtaa louhoksiin muodostaen järvet. Molempien järvien odotetaan saavuttavan tason, jossa ne alkavat vuotaa yli ja purkautuvat Mataraojaan.

Aiemmissa pohjavesien riskinarvioinneissa tunnistettiin alueella seitsemän huolta aiheuttavaa haitta-ainetta (COC) (Golder, 2018) (Golder, 2022). Näitä haitta-aineita on selvitetty vaihtoehdolle VE0. Vaihtoehtoja VE0+, VE1.1 ja VE1.3 varten huolta aiheuttavat haitta-aineet on tarkistettu ja tässä arvioinnissa tarkastellaan yhteensä yhtätoista potentiaalista haitta-ainetta (PCOC), kuten taulukossa 3-1 esitetään

Table 3-1 Potential contaminants of concern (PCOCs) per scenario. / Taulukko 3-1 Potentiaaliset haitta-aineet (PCOC) vaihtoehdoittain.

Contaminant of concern / Haitta-aine	VE0	VE0+, VE1.1 & VE1.3
Ammoniacal Nitrogen / Ammoniumtyppi	✓	
Cadmium / Kadmium		✓
Chloride / Kloridi	✓	✓
Copper / Kupari	✓	✓

Contaminant of concern / Haitta-aine	VE0	VE0+, VE1.1 & VE1.3
Cobalt / Koboltti	✓	✓
Lead / Lyijy		✓
Mercury / Elohopea		✓
Nickel / Nikkeli	✓	✓
Nitrate / Nitraatti	✓	
Sulphate / Sulfaatti	✓	✓
Total Phosphorus / Kokonaisfosfori		✓
Total Nitrogen / Kokonaistyyppi		✓
Zinc / Sinkki		✓

3.3. Pathways / Kulkeutumisreitit

Previous studies (Golder, 2021) (Golder, 2022) (Golder, 2021) have identified and characterised the pathways of seepage discharging from the facilities at the mine.

Aiemmissä selvityksissä (Golder, 2021) (Golder, 2022) (Golder, 2021) on tunnistettu ja luonnehdittu kaivosalueen suotovesien kulkeutumisreitit.

The migration of PCOC's is conceptualised as follows:

PCOC-yhdisteiden kulkeutuminen on kuvattu seuraavasti:

- Seepage from the WRSF and TSF areas direct to the underlying groundwater within the upper aquifer.
- Flow through the upper aquifer towards the identified surface water receptors downgradient.
- Discharge to the identified surface water receptors.
- Suotoveden pystysuora kulkeutuminen sivukiven läjitysalueelta ja rikastushiekka-altailta ylemmään akviferiin.
- Virtaus ylemmässä akviferissa alavirtaan kohti vastaanottavia vesistöjä.
- Purkautuminen vastaanottaviin vesistöihin.

As contaminants enter the shallow aquifer and migrate via groundwater, they will undergo varying degrees of dilution, advection, dispersion, retardation, and decay.

Haitta-aineiden päästyä ylemmään akviferiin ja kulkeutuessa pohjaveden mukana, ne altistuvat vaihtelevassa määrin laimenemiselle, advektiolle, dispersiolle, pidättymiselle ja hajoamiselle.

Following discharge of the groundwater to the surface water receptors, contaminants will undergo mixing within the surface waters.

Pohjaveden purkautuessa vastaanottaviin vesistöihin haitta-aineet sekoittuvat pintaveden kanssa.

The specific pathways that have been assessed are presented in Table 3-3 and Figure 3-1 below.

Arvioidut kulkeutumisreitit on esitetty taulukossa 3-3 ja kuvassa 3-1.

3.4. Receptors / Vastaanottavat vesistöt

The predicted effects of the potential contaminants migrating along the pathways

Potentiaalisten haitta-aineiden kulkeutuksen vaikutukset kappaleessa 3.2

listed in Section **Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt.** are assessed at the following surface water locations:

- Mataraoja stream (at KevS-4);
- Iso Vaiskonlampi (at KevS-26);
- Saiveljärvi (at KevS-7); and
- Viivajoki (at KevS-9).

The locations are selected as representative points at each receptor before contaminants potentially migrate offsite to the wider water environment.

Note, groundwater in the vicinity of the TSF and WRSF area is not considered to be a drinking water resource. There is no anticipated future exploitation of groundwater in the distance between TSF/WRSF and receiving surface waters. Groundwater is therefore only considered as a pathway in this risk assessment, and not as a receptor.

The modelled pathways and the downstream assessment points are illustrated on Figure 3-1 below.

lueteltuja kulkureittejä pitkin on arvioitu seuraavilla kohdissa:

- Mataraoja (KevS-4);
- Iso Vaiskonlampi (KevS-26);
- Saiveljärvi (KevS-7); ja
- Viivajoki (KevS-9).

Sijainnit edustavat kutakin vastaanottavaa vesistöä ennen haitta-aineiden kulkeutumista ja sekoittumista laajempaan vesiympäristöön.

Huomioitavaa on, että rikastushiekka-aitaiden ja sivukiven läjitysalueen läheisyydessä olevaa pohjavettä ei ole ajateltu juomavesilähteenä. Tiedossa ei myöskään ole suunnitelmia pohjaveden oton aloittamiseksi alueella. Tämän perusteella pohjavettä käsitellään tässä riskinarviossa ainoastaan kulkeutumisreittinä, ei vastaanottajana.

Mallinnetut kulkureitit ja alavirtaan sijaitsevat tutkimuspisteet on esitetty alla kuvassa 3-1.

3.5. Assessment criteria / Arviointikriteerit

The following water quality criteria are adopted for this assessment:

- Criteria provided by AFRY as the Environmental Impact Assessment (EIA) criteria; and
- Site-specific assessment criteria (SSAC), where available (WSP, 2024a).

Both these criteria have been established to evaluate the potential impacts of the mine's operations (and closure) on surface water receptors. The criteria have been collated from various sources, including regulatory guidelines, industry standards, and site-specific data (SSAC's).

SSAC have not been derived for all potential contaminants of concern.

The assessment criteria values are outlined in Table 3-2.

Tässä arvioinnissa käytettiin seuraavia vedenlaatukriteerejä:

- AFRYn toimittavat YVA-kriteerit; ja
- Kohdekohtaiset arviointikriteerit (SSAC), kun saatavilla (WSP, 2024a).

Molemmat kriteerit on laadittu arvioimaan kaivoksen toiminnan (ja sulkemisen) mahdollisia vaikutuksia vastaanottaviin vesistöihin. Kriteerit on koottu useista lähteistä, mukaan lukien sääntelyohjeet, toimialan standardit ja kohdekohtaiset tiedot (SSAC).

Kohdekohtaisia arviointikriteerejä ei ole tehty kaikille potentiaalisille haitta-aineille.

Arviointikriteerien raja-arvot on esitetty taulukossa 3-2.

Table 3-2 Assessment criteria / Taulukko 3-2 Arviointikriteerit

Parameter / Parametri	EIA criteria / YVA- raja-arvo (mg/l)	Site specific Assessment criteria / Kohdekohtaiset arviointikriteerit (SSAC) (mg/l)
Chloride / Kloridi	25	120
Cobalt / Koboltti	0.004	0.004
Copper / Kupari	0.0011	0.0190
Nickel / Nikkeli	0.005	0.016
Sulphate / Sulfaatti	39	39
Zinc / Sinkki	0.0144	
Lead / Lyijy	0.0012	
Cadmium / Kadmium	0.0001	
Mercury / Elohopea	0.00007	
Total Phosphorus / Kokonaisfosfori	0.02	
Total Nitrogen / Kokonaistypä	0.45	

Table 3-3 Modelled pathways for each scenario / Taulukko 3-3 Mallinnetut kulkeutumisreitit vaihtoehtoisin

Scenario / Vaihtoehto	Groundwater pathways / Kulkeutumisreitit pohjavedessä	Surface water pathways (Mixing point 1) / Kulkeutumisreitit pintavedessä (Sekoittumispiste 1)	Surface water pathways (Mixing point 2) / Kulkeutumisreitit pintavedessä (Sekoittumispiste 2)
VE0+	Seepage from the WRSF to shallow groundwater flowing west to the Mataraoja stream. / Suotautuminen sivukivialueelta pohjaveteen, joka virtaa länteen kohti Mataraojaa.	Mixing of groundwater (from WRSF area) and surface water at the point of discharge at the Mataraoja stream. Monitoring Location KevP-160. / Pohjaveden (sivukivialueelta) sekoittuminen pintaveteen purkautumispisteellä Mataraojalla. Tarkkailupiste KevP-160.	Mixing and dilution further downstream at the assessment point within the Mataraoja stream. Monitoring Location KevS-4. / Sekoittuminen ja laimeneminen Mataraojan tarkkailupisteen alapuolella. Tarkkailupiste KevS-4
	Seepage from TSF A (north) and TSF B to groundwater flowing north to the Mataraoja stream. / Suotautuminen rikastushiekka-altailta A (pohj.) ja B pohjaveteen, joka virtaa pohjoiseen kohti Mataraojaa.	Mixing of groundwater (from TSF area) and surface water at the point of discharge at the Mataraoja stream. Monitoring Location KevP-103. / Pohjaveden (rikastushiekka-altailta) sekoittuminen pintaveteen purkautumispisteellä Mataraojalla. Tarkkailupiste KevP-103.	
	Seepage from TSF A (south) to groundwater flowing south to the Saiveljärvi. / Suotautuminen rikastushiekka-altaalta A (etelä) pohjaveteen, joka virtaa kohti etelää Saiveljärveen.	Mixing of groundwater and surface water at the point of discharge at the Saiveljärvi. Monitoring Location KevS-7. / Pohjaveden sekoittuminen pintaveteen purkautumispisteellä Mataraojalla. Tarkkailupiste KevS-7.	Mixing and dilution further downstream at the assessment point within the Viivajoki. Monitoring Location KevS-9. / Sekoittuminen ja laimeneminen tarkkailupisteen alapuolella. Tarkkailupiste KevS-9
VE1.1	Seepage from the WRSF (north) to shallow groundwater flowing west to the Iso Vaiskonlampi. / Suotautuminen sivukivialueelta (pohj) pohjaveteen, joka virtaa länteen kohti Iso Vaiskonlampea.	Mixing of groundwater and surface water at the point of discharge at the Iso Vaiskonlampi. Monitoring Location KevS-26. / Pohjaveden sekoittuminen pintaveteen purkautumispisteellä Iso Vaiskonlammella. Tarkkailupiste KevS-26.	

Scenario / Vaihtoehto	Groundwater pathways / Kulkeutumisreitit pohjavedessä	Surface water pathways (Mixing point 1) / Kulkeutumisreitit pintavedessä (Sekoittumispiste 1)	Surface water pathways (Mixing point 2) / Kulkeutumisreitit pintavedessä (Sekoittumispiste 2)
	Seepage from the WRSF (south) to shallow groundwater flowing west to the Mataraoja stream. / Suotautuminen sivukivialueelta (etelä) pohjaveteen, joka virtaa länteen kohti Mataraojaa.	Mixing of groundwater (from WRSF area) and surface water at the point of discharge at the Mataraoja stream. Monitoring Location KevP-160. / Pohjaveden (sivukivialueelta) sekoittuminen pintaveteen purkautumispisteellä Mataraojalla. Tarkkailupiste KevP-160.	Mixing and dilution further downstream at the assessment point within the Mataraoja stream. Monitoring Location KevS-4. / Sekoittuminen ja laimentuminen Mataraojan tarkkailupisteen alapuolella. Tarkkailupiste KevS-4.
	Seepage from TSF A (north) and TSF B to groundwater flowing north to the Mataraoja stream. / Suotautuminen rikastushiekka-altaalta A (pohj.) ja B pohjaveteen, joka virtaa pohjoiseen kohti Mataraojaa.	Mixing of groundwater (from TSF area) and surface water at the point of discharge at the Mataraoja stream. Monitoring Location KevP-103. / Pohjaveden (rikastushiekka-altaalta) sekoittuminen pintaveteen purkautumispisteellä Mataraojalla. Tarkkailupiste KevP-103.	
	Seepage from TSF A (south) and TSF B2 to groundwater flowing south to the Saiveljärvi. / Suotautuminen rikastushiekka-altaalta A (etelä) pohjaveteen, joka virtaa kohti etelää Saiveljärveen.	Mixing of groundwater and surface water at the point of discharge at the Saiveljärvi. Monitoring Location KevS-7. / Pohjaveden sekoittuminen pintaveteen purkautumispisteellä Saiveljärvellä. Tarkkailupiste KevS-7.	Mixing and dilution further downstream at the assessment point within the Viivajoki. Monitoring Location KevS-9. / Sekoittuminen ja laimentuminen Viivajoen tarkkailupisteen alapuolella. Tarkkailupiste KevS-9.
VE1.3	Seepage from the WRSF (north) to shallow groundwater flowing west to the Iso Vaiskonlampi. / Suotautuminen sivukivialueelta (pohj.) pohjaveteen, joka virtaa länteen kohti Iso Vaiskonlampea.	Mixing of groundwater and surface water at the point of discharge to the Iso Vaiskonlampi. Monitoring Location KevS-26. / Pohjaveden sekoittuminen pintaveteen purkautumispisteellä Iso Vaiskonlammella. Tarkkailupiste KevS-26.	
	Seepage from the WRSF (south) to shallow groundwater flowing west to the Mataraoja stream. /	Mixing of groundwater (from WRSF area) and surface water at the point of discharge at the Mataraoja stream.	Mixing and dilution further downstream at the assessment point within the Mataraoja stream.

Scenario / Vaihtoehto	Groundwater pathways / Kulkeutumisreitit pohjavedessä	Surface water pathways (Mixing point 1) / Kulkeutumisreitit pintavedessä (Sekoittumispiste 1)	Surface water pathways (Mixing point 2) / Kulkeutumisreitit pintavedessä (Sekoittumispiste 2)
	Suotautuminen sivukivialueelta (etelä) pohjaveteen, joka virtaa länteen kohti Mataraojaa.	Monitoring Location KevP-160. / Pohjaveden (sivukivialueelta) sekoittuminen pintaveteen purkautumispisteellä Mataraojalla. Tarkkailupiste KevP-160.	Monitoring Location KevS-4. / Sekoittuminen ja laimentuminen Mataraojan tarkkailupisteen alapuolella. Tarkkailupiste KevS-4.
	Seepage from TSF A (north) and TSF B to groundwater flowing north to the Mataraoja stream. / Suotautuminen rikastushiekka-altaalta A (pohj.) ja B pohjaveteen, joka virtaa pohjoiseen kohti Mataraojaa.	Mixing of groundwater (from TSF area) and surface water at the point of discharge at the Mataraoja stream. Monitoring Location KevP-103. / Pohjaveden (TSF:ltä) sekoittuminen pintaveteen purkautumispisteellä Mataraojalla. Tarkkailupiste KevP-103.	
	Seepage from TSF A (south) and TSF A2 to groundwater flowing south to the Saiveljärvi. / Suotautuminen rikastushiekka-altaalta A (etelä) ja A2 pohjaveteen, joka virtaa etelään kohti Saiveljärveä.	Mixing of groundwater and surface water at the point of discharge to the Saiveljärvi. Monitoring Location KevS-7. / Pohjaveden sekoittuminen pintaveteen purkautumispisteellä Saiveljärvellä. Tarkkailupiste KevS-7.	Mixing and dilution further downstream at the assessment point within the Viivajoki. Monitoring Location KevS-9. / Sekoittuminen ja laimentuminen Viivajoen tarkkailupisteen alapuolella. Tarkkailupiste KevS-9.

Note: During closure, water from the pit lake and Iso Hanhilehto quarry is considered cumulatively with groundwater discharge from the TSF and WRSF areas to the Mataraoja stream (KevS-4). / Huom. Sulkemisvaiheessa avolouhoksen ja Iso Hanhilehdon louhoksen louhosjärvien vedet huomioidaan kumulatiivisesti yhdessä rikastushiekka-altaiden alueen ja sivukivialueen pohjaveden purkautumisen kanssa Mataraojaan (KevS-4).

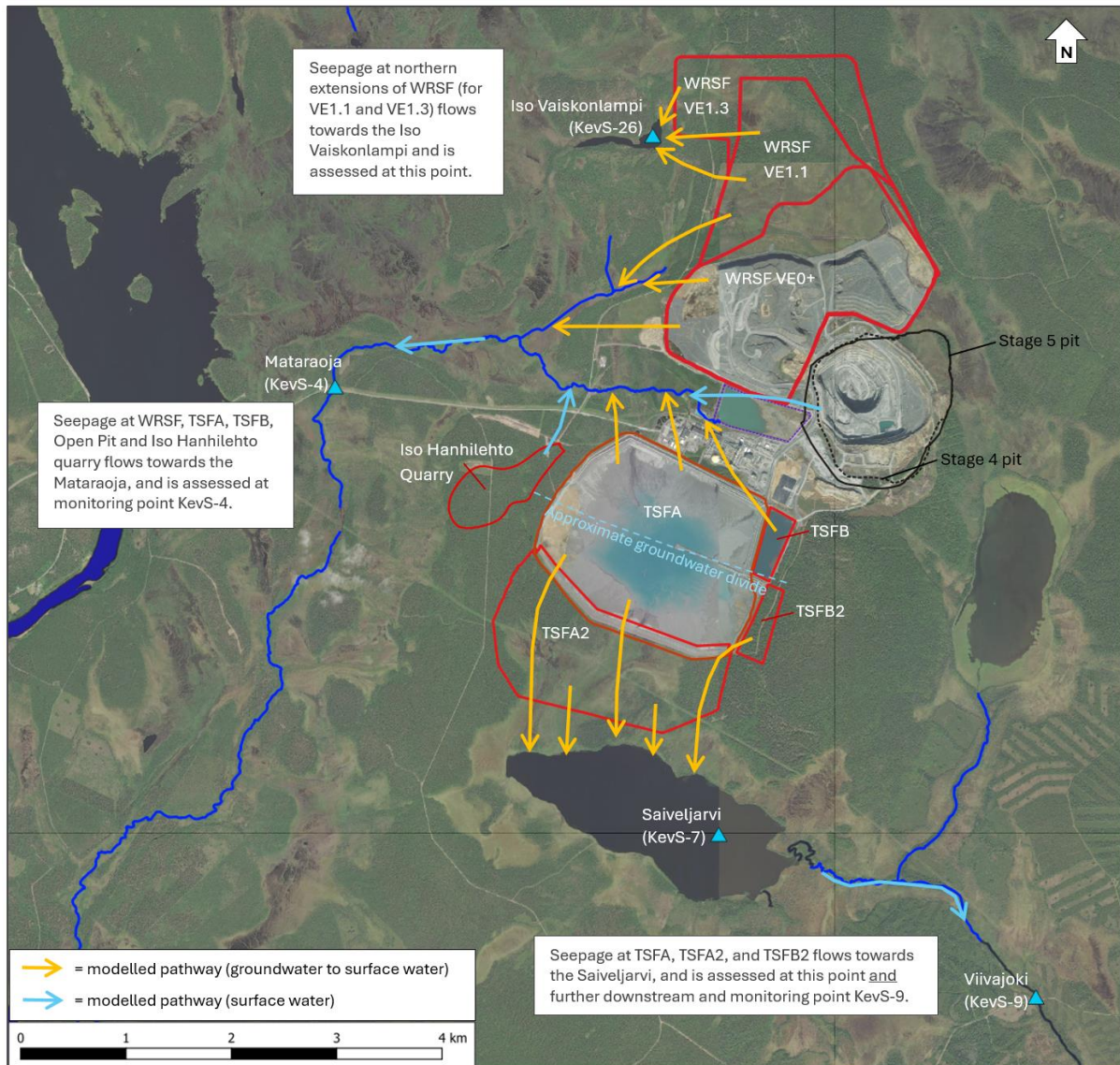


Figure 3-1 Plan illustrating modelled pathways / Kuva 3-1 Mallinnetut kulkeutumisreitit

4. Methodology / Metodit

4.1. Approach / Lähestymistapa

4.1.1. Transport in groundwater / Kulkeutuminen pohjavedessä

The objective of this study is to model the concentration of contaminants migrating via groundwater and discharging to the Mataraoja stream, Iso Vaiskonlampi, Saiveljärvi, and Viivajoki.

The Domenico equation has been used to model the migration of contaminants in groundwater. This allowed for the advection, dispersion, and degradation (where relevant), of contaminants to be simulated along the groundwater flow path. This analytical approach provided a steady state estimate of contaminant concentrations in groundwater at the receptors, prior to discharge.

The Domenico solution (Domenico, 1987) can be expressed as:

Tämän tutkimuksen tavoitteena on mallintaa pohjaveden kautta kulkeutuvien haitta-aineiden pitoisuuksia Mataraojassa, Isossa Vaiskonlammessa, Saiveljärvessä ja viivajoessa.

Haitta-aineiden kulkeutumista pohjavedessä on mallinnettu Domenico-yhtälöllä. Yhtälön avulla voitiin simuloida haitta-aineiden advektiota, dispersiota ja hajoamista (kun oleellista) pohjaveden virtauksen suuntaisella kulkureitillä. Tämä analyttinen lähestymistapa antoi steady state-arvion haitta-aineiden pitoisuuksista pohjavedessä ennen purkautumista vastaanottavaan vesistöön.

Domenico-yhtälö (Domenico, 1987) voidaan esittää seuraavasti:

$$\frac{C_x}{C_0} = \exp \left\{ \frac{x}{2a_x} \left[1 - \left(1 + \frac{4\lambda a_x}{u} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right\} \operatorname{erf} \left[\frac{S_w}{4(a_y x)^{\frac{1}{2}}} \right] \operatorname{erf} \left[\frac{S_d}{4(a_z x)^{\frac{1}{2}}} \right]$$

Where: C_x = concentration of PCOC at the edge of the receptor (mg/L);
 C_0 = concentration of PCOC in at the source (source term) (mg/L);
 x = centreline distance between the downgradient "well" and source "well" (m);
 α = dispersion coefficient (m);
 λ = decay constant (half-life) (1/day);
 u = retarded velocity (m/day), calculated by $u = \frac{K_{eq} i}{n R_c}$

Where:

K_{eq} = equivalent liner hydraulic conductivity (m/day);

i = hydraulic gradient;

n = porosity

R_c = retardation coefficient, calculated by $R_c = 1 + \left(\frac{K_d \text{Dry bulk density}}{n} \right)$

Where:

K_d = equivalent liner sorption (partition) coefficient.;

S_w, S_d = width and thickness of the source (m);

Erf = error function; and

Exp = exponential function.

Jossa: C_x = potentiaalisen haitta-aineen (PCOC) pitoisuus vastaanottavan vesistön reunalla (mg/L);

C_0 = potentiaalisen haitta-aineen pitoisuus lähteessä (lähde-termi) (mg/L);

x = etäisyys alavirtaan sijaitsevan tarkkailupisteen ja kuormituspisteen välillä (m);

α = dispersiokerroin (m);

λ = hajoamiskerroin (puoliintumisaika) (1/vrk);

u = hidastunut nopeus (m/vrk), laskettu käyttäen: $u = \frac{K_{eq} i}{n R_c}$

Jossa:

K_{eq} = eristävän rakenteen ekvivalenttivedenjohtavuus (m/vrk);

i = hydraulinen gradientti;

n = huokoisuus

R_c = hidastuskerroin, laskettu $R_c = 1 + \left(\frac{K_d \text{Dry bulk density}}{n} \right)$

Jossa:

K_d = eristävän rakenteen sorptiokerroin (jakautuminen).;

S_w, S_d = lähteen leveys ja paksuus (m);

Erf = virhefunktio; ja

Exp = eksponentiaalinen funktio.

The solution contains groundwater velocity, dispersion (longitudinal, transverse, and vertical), the first order degradation rate constant, finite contaminant source dimensions, the steady state source condition, and the estimated concentration at the plume centreline (Domenico, 1987).

The Domenico solution adopts the following idealised assumptions:

- The aquifer is homogenous and isotropic.
- The contaminant source is continuous at the given 'seepage rate'.
- No chemical reactions or sorption occur.
- Groundwater flow velocities remain constant.

Ratkaisu sisältää pohjaveden nopeuden, dispersiot (pitkittäis- poikittäis- ja pystysuuntaisen I), ensimmäisen kertaluvun hajoamisvakion, haitta-ainelähteen mitat, vakaan (steady state) lähdetermin sekä arvioidun pitoisuuden pluumin keskilinjalla (Domenico, 1987).

Domenicon yhtälö perustuu seuraaviin oletuksiin:

- Akviferi on homogeeninen ja isotrooppinen.
- Haitta-ainelähde suotautuu jatkuvasti samalla nopeudella.
- Kemiallisia reaktioita tai sorptiota ei tapahdu.
- Pohjaveden virtausnopeudet pysyvät vakiona.

4.1.2. Surface Water Dilution / Laimeneminen pintavedessä

The outputs of the Domenico equation were subsequently used to estimate concentrations in the surface water receptor following groundwater discharge and mixing.

This was completed using a mass-balance mixing equation which assumes instantaneous mixing of the groundwater plume with the surface water body at the

Domenicon yhtälön tuloksien käytettiin vastaanottavien vesistöjen haitta-aineiden pitoisuuksien arviointiin pohjaveden purkautumisen ja pintaveden sekoittumisen jälkeen.

Tämä tehtiin käyttämällä massatasapainoyhtälöllä, joka olettaa pohjavesipluumin välittömän sekoittumisen kohdassa, jossa pohjavesi purkautuu

point of discharge. The mass balance equation is as follows:

pintavesistöön. Massatasapainoyhtälö on seuraava:

$$C_{ds} = \frac{(Q_{gw}C_{gw} + Q_{sw}C_{sw})}{Q_{gw} + Q_{sw}}$$

Where: C_{ds} = concentration of PCOC after dilution (mg/L);
 Q_{gw} = groundwater discharge (m³/s) calculated by $Q = KiA$
Where: K = hydraulic conductivity (m/s);
 i = hydraulic gradient; and
 A = area of groundwater discharge to receptor (m²);
 Q_{sw} = surface water discharge (m³/s), based on values provided by Afry;
 C_{gw} = concentration of PCOC in groundwater at the edge of the receptor (mg/L) calculated using the Domenico equation; and
 C_{sw} = concentration of PCOC in surface water (mg/L), based on baseline concentrations at the receptor.

Jossa: C_{ds} = potentiaalisen haitta-aineen pitoisuus laimenemisen jälkeen (mg/L);
 Q_{gw} = pohjaveden purkautuminen (m³/s) laskettu käyttäen $Q = KiA$
Jossa: K = vedenjohtavuus (m/s);
 i = hydraulinen gradientti; ja
 A = alue, jossa pohjavesi purkautuu pintaveteen (m²);
 Q_{sw} = pintaveden virtaama (m³/s), arvot Afryn mukaan;
 C_{gw} = potentiaalisen haitta-aineen pitoisuus vastaanottavan vesistön reunalla (mg/L) laskettu käyttäen Domenicon yhtälöä; ja
 C_{sw} = potentiaalisen haitta-aineen pitoisuus pintavedessä (mg/L), perustuen vastaanottavan vesistön taustapitoisuuksiin.

4.1.3. Bioavailable concentrations / Biosaatavat pitoisuudet

In the groundwater contaminant transport modelling, metal concentrations are all conservatively assumed to represent dissolved concentrations. However, the EIA criteria are representative of the bioavailable concentrations.

As such, the bioavailability of the predicted concentrations of dissolved metals entering surface water has been assessed for the following metals:

- Copper;
- Cobalt;
- Lead;

Pohjavesien haitta-aineiden kulkeutumis-mallinnuksessa metallipitoisuuksien oletetaan konservatiivisesti edustavan liuenneita pitoisuuksia. YVA-kriteerit puolestaan kuvaavat metallien biosaatavia pitoisuuksia.

Pintaveteen päätyvien liuenneiden metallien ennustettujen pitoisuuksien biosaatavuus on arvioitu seuraavien metallien osalta:

- Kupari;
- Koboltti;
- Lyijy;

- Nickel; and
- Zinc.

This has been carried out using the Bio-met bioavailability tool (v5.1).

- Nikkeli; ja
- Sinkki.

Laskenta on tehty Bio-met biosaatavuus-työkalulla (v5.1).

4.1.4. Travel Times / Kulkeutumisajat

Should an exceedance of the EIA criteria be predicted at a receptor, further assessment of potential travel times have been completed using the Ogata Banks solution focussing on the PCOC that is predicted to exceed.

The Ogata Banks and Domenico solutions are both adaptations of the analytical advection-dispersion equation.

The Domenico equation considers decay and retardation and is the industry standard solution to analytically predict contaminant plumes and concentrations downgradient of a source area.

The Ogata Banks solution (Ogata & Banks, 1961) models transport via advection and dispersion, only, with an instantaneous and constant source concentration. Retardation or decay are not considered. It allows for additional insights on arrival times for varying concentration levels. It is therefore used to predict arrival times of a contaminant at a receptor.

The Ogata Banks solution (Ogata & Banks, 1961) is as follows:

Mikäli vastaanottavassa vesistössä ennustetaan YVA-kriteerien ylittyvän, on mahdollisia kulkeutumisaikoja arvioitu tarkemmin Ogata Banksin yhtälöä käyttäen, keskittyen siihen PCOC-yhdisteeseen, jonka ylitys on ennustettu.

Sekä Ogata Banksin, että Domenicon yhtälöt ovat analyttisen advektio-dispersiomallin sovelluksia.

Domenicon yhtälö ottaa huomioon hajoamisen ja pidättymisen, ja on alan standardiratkaisu haitta-ainepluumin ja pitoisuuksien analyttiseen ennustamiseen lähdealueen alapuolella.

Ogata Banksin ratkaisu (Ogata & Banks, 1961) mallintaa kulkeutumista vain advektion ja dispersion kautta, olettaen samanaikaisen ja tasaisen päästölähteen haitta-ainepitoisuuden. Pidättymistä tai hajoamista se ei huomio. Ratkaisu tarjoaa lisätietoja eri pitoisuustasojen saapumisajoista. Sitä käytetäänkin ennustamaan haitta-aineen saapumisaikoja vastaanottavassa vesistössä.

Ogata Banksin yhtälö (Ogata & Banks, 1961) on seuraava:

$$C(x, t) = C_0 \left[\frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{x - vt}{2\sqrt{Dt}} \right) + \frac{1}{2} \exp \left(\frac{vx}{D} \right) \operatorname{erfc} \left(\frac{x + vt}{2\sqrt{Dt}} \right) \right]$$

Where:

- $C(x, t)$ = concentration at distance x and time t (mg/L)
- C_0 = source concentration (mg/L)
- x = centreline distance between the downgradient "well" and source "well" (m);
- t = time since the contaminant entered groundwater (s)
- v = average linear groundwater velocity (m/s)
- D = hydrodynamic dispersion coefficient
- erfc = complementary error function

Jossa: $C(x,t)$ = pitoisuus etäisyydellä x ja ajanhetkellä t (mg/L)
 C_0 = päästölähteen haitta-ainepitoisuus (mg/L)
 x = keskiviivaetäisyys alapuolella sijaitsevan "kaivon" ja "lähdekaivon" välillä (m);
 t = aika siitä, kun haitta-aine pääsi pohjaveteen (s)
 v = keskiarvoinen lineaarinen pohjaveden virtausnopeus (m/s)
 D = hydrodynaaminen dispersiokerroin
erfc = komplementtinen virhefunktio

4.2. Characterisation and Data / Aineisto ja Karakterisointi

4.2.1. Overview / Yleiskatsaus

A range of information sources have been used to compile the parameters required for the contaminant transport model. These parameters, along with their justifications, are summarised below and are detailed at Appendix A.

Haitta-aineiden kulkeutumismallinnuksessa tarvittavat parametrit on koottu useiden tietolähteiden perusteella. Nämä parametrit perusteluineen on esitetty alla tiivistetysti ja tarkemmin liitteessä A.

4.2.2. Source characterisation / Lähteen karakterisointi

The concentrations of each PCOC seeping from the TSF and WRSF source term areas have been modelled separately by Mine Environment Management Ltd. (MEM). Concentrations have been predicted per source term area for each design scenario, and for operational and closure periods.

Mine Environment Management Ltd:n (MEM) on mallintanut rikastushiekka-altaita ja sivukiven läjitysalueelta suotautuvien potentiaalisten haitta-aineiden pitoisuudet erikseen. Eri toteutusvaihtoehtojen pitoisuudet on ennustettu lähdealueittain sekä kaivoksen toiminta- että sulkemisvaiheille.

It is understood that site-specific geochemical data, facility designs, and expected water-rock interactions were considered to estimate contaminant loads from the facilities. The source terms for the TSF's consider contaminant loading in seepage waters from both the TSF and the embankment rockfill material. The source terms for the WRSF consider the dissolution of solutes from the waste rock material to seepage originating from precipitation infiltrating through the waste rock.

Laitosten lähdekohtaisessa haitta-ainekuorman arvioinnissa on hyödynnetty kohdekohtaista geokemiallista aineistoa, teknisiä suunnitelmia sekä arvioituja vesikivi-vuorovaikutuksia. Rikastushiekka-altaiden lähdetermin määrittämisessä on huomioitu haitta-aineiden kuormitus sekä altaasta että penkereen louheesta suotautuvassa vedessä. Sivukiven läjitysalueen lähdetermeissä on huomioitu liuenneiden yhdisteiden vapautuminen sivukivestä sadeveden suotautuessa sen läpi.

Seepage rates at each source area have been modelled separately by WSP for TSFB, TSFA2 and TSFB2 (operations and closure), as well as TSF A (operations only). Okane Consultants Inc. (OKC) provided predicted seepage rates for TSF A (closure

WSP on mallintanut suotautumisnopeudet kullekin lähdealueelle: Rikastushiekka-altaat B, A2, ja B2 (toiminta- ja sulkemisvaihe) sekä altaalle A (vain toimintavaihe). Okane Consultants Inc. (OKC) on toimittanut arvioidut

period only), and the WRSF (all stages and scenarios). The file references used are listed at Appendix A.

Source dimensions have been measured using the site layout plans for the WRSF and TSF facilities provided by Boliden.

The water quality for the lake that will form within the open pit during closure, and overflow rates, have been assessed separately (WSP, 2025a).

The water quality and flow for the lake within the Iso Hanhilehto quarry was provided by AFRY

The file references used are listed at Appendix A.

suotautumisnopeudet altaalle A (vain sulkemisvaihe) sekä sivukiven läjitysalueelle (kaikki vaiheet ja toteutusvaihtoehdot). Käytetyt tiedostoviitteet on listattu liitteessä A.

Lähdealueiden ulottuvuudet on määritetty Bolidenin toimittamien laitosten asemapiirustusten perusteella.

Sulkemisvaiheessa avolouhokseen muodostuvan louhosjärven vedenlaatu ja ylivuotonopeudet on arvioitu erikseen (WSP, 2025a).

AFRY on toimittanut Iso Hanhilehdon louhosjärven vedenlaatu- ja virtaustiedot.

Käytetyt tiedostoviitteet on listattu liitteessä A.

4.2.3. Pathway characterisation / Kulkeutumisreittikarakterisointi

Groundwater contours have been exported from the numerical groundwater flow model (WSP, 2025) for the end of operations and in closure. These contours have been used to measure hydraulic gradients and flow path distances from source to receptor.

Hydraulic conductivity values for the aquifer units are derived from previous on-site testing. The hydraulic conductivity values and the sources used for this study are detailed at Appendix B.

Previous studies (Golder, 2018c) reviewed geological records to derive likely combined thickness for the upper aquifer (moraine and weathered bedrock).

Effective porosity was sourced from previous studies (Golder, 2022; Golder, 2020) that initially used literature values (Domenico & Schwartz, 1998) to define an appropriate range, followed by calibrated values from site-specific contaminant transport modelling.

Pohjaveden korkeuskäyrät on viety numeerisesta pohjaveden virtausmallista (WSP, 2025) toimintavaiheen lopulle ja sulkemisvaiheelle. Näistä korkeuskäyristä on mitattu hydraulisten gradienttien ja virtausreittien etäisyydet lähteestä reseptoriin.

Hydrogeologisten yksiköiden vedenjohtavuus on määritetty aiemmista paikan päällä mitatuista tuloksista. Vedenjohtavuuden arvot ja niiden lähteet on esitetty liitteessä B.

Aiemmissa tutkimuksissa (Golder, 2018c) on tarkasteltu geologisia aineistoja ylemmän akviferin (moreeni ja rapautunut kallioperä) todennäköisen kokonaispaksuuden määrittämiseksi.

Tehokas huokoisuus on saatu aiemmista selivityksistä (Golder, 2022; Golder, 2020), joissa aluksi käytettiin kirjallisuusarvoja (Domenico & Schwartz, 1998) sopivan vaihteluvälin määrittämiseksi, ja myöhemmin kalibroituja arvoja kohteen haitta-aineiden kulkeutumismallinnuksesta.

Geological properties such as fraction of organic carbon (foc) and dry bulk density were sourced from literature values.

Soil water partition coefficients (Kd) and half-life biodegradation values for relevant potential contaminants of concern (PCOC) were sourced from literature values and industry guidance documents. The sources for each value used are provided at Appendix A.

Groundwater quality is routinely monitored in accordance with the environmental permit for the site. Groundwater was also monitored across the area prior to site operations (pre-2012). This allows the baseline groundwater quality to be summarised. Groundwater quality data from 2005-2012 has been used to derive baseline groundwater quality for each PCOC.

Geologisia ominaisuuksia, kuten orgaanisen hiilen osuus (foc) ja kuiva irtotiheys, on saatu kirjallisuusarvoista.

Maan ja veden jakaantumiskertoimet (Kd) ja puoliintumisajat biologiselle hajoamiselle olennaisten PCOC-yhdisteiden osalta on saatu kirjallisuudesta ja alan ohjeista. Käytettyjen arvojen lähteet on esitetty liitteessä A.

Pohjaveden laatua tarkkaillaan säännöllisesti kohteen ympäristöluvan mukaisesti. Pohjavettä on tarkkailtu alueella myös ennen toiminnan alkamista (ennen vuotta 2012), mikä on mahdollistanut perustilan pohjaveden laadun määrittämisen. Pohjaveden laatu-tietoja vuosilta 2005–2012 on käytetty taustapitoisuuden määrittämiseen kullekin PCOC-yhdisteelle.

4.2.4. Receptor characterisation / Vastanottavien vesistöjen karakterisointi

Surface water quality is routinely monitored in accordance with the environmental permit for the site. The surface water quality monitored prior to site operations (2005-2012) has been used to derive baseline water quality for each receptor.

SW flows for each point of groundwater discharge were required for the groundwater-surface water mass balance equations. AFRY provided surface water flow values to WSP for each assessment point. These values are understood to be derived from catchment and runoff analysis.

Pintaveden laatua tarkkaillaan säännöllisesti kohteen ympäristöluvan mukaisesti. Pintaveden tarkkailuaineistoa ennen toiminnan alkamista (vuosina 2005–2012) on käytetty lähtötilan vedenlaadun määrittämiseen kullekin vastaanottavalle vesistölle.

Pintaveden virtaamia pohjaveden purkautumispisteiden kohdalla tarvittiin pohjavesi-pintavesi-massatasemallien laskentaa varten. AFRY toimitti WSP:lle pintaveden virtaamatiedot kultakin arvioitavalta tarkkailupisteeltä. Nämä arvot perustuvat valuma-alue- ja pintavalunta-analyysiin.

4.3. Site-specific conceptualisation and assumptions / Kohdekohtainen konseptualisointi ja oletukset

The following assumptions were made during the modelling process:

- All seepage from the WRSF to groundwater in scenario VE0+ is

Mallinnuksessa on tehty seuraavat oletukset:

- Kaikki suotovesi sivukiven läjitys-alueelta pohjaveteen vaihtoehdossa VE0+ virtaa ja purkautuu Mataraojaan.

assumed to flow and discharge to the Mataraoja stream.

- Seepage from the northern half of the WRSF in scenario VE1.1 and VE1.3 will flow and discharge to the Iso Vaiskonlampi.
- Separate source concentrations have been provided for each design stage of the WRSF. These have been weighted using the seepage values of each stage to derive an average weighted concentration. Similarly, stage areas have been used to derive an average seepage value for the WRSF weighted by area.
- TSF A and TSF B were considered as a single contaminant source, as the groundwater flow paths from TSF B align with those of TSF A. Source concentrations were subsequently weighted using the seepage values for TSF A and TSF B.
- The potential impacts of TSF A2, and TSF B2, were considered cumulatively with TSF A.
- Vaihtoehtoisissa VE1.1 ja VE1.3 suotovesi sivukiven läjitysalueen pohjoisetä suotoven määrän lta puoliskolta virtaa ja purkautuu Iso Vaiskonlampeen.
- Kullekin sivukiven läjitysalueen suunnitteluvaiheelle on toimitettu erilliset päästölähteen haitta-ainepitoisuudet. Pitoisuuksia on painotettu kunkin vaiheen suotovesimäärien mukaan lähde-pitoisuuksien painotetun keskiarvon laskemiseksi. Vastaavasti kunkin vaiheen pinta-alaa on painotettu keskimääräisen suotovesimäärän laskemisessa.
- Rikastushiekka-altaita A ja B käsiteltiin yhdeksi haitta-ainelähteeksi, sillä niistä lähtevät pohjaveden virtausreitit ovat yhtenevät. Päästölähteen haitta-ainepitoisuus painotettiin altaiden A ja B suotovesimäärien mukaisesti
- Rikastushiekka-altaiden A2 ja B2 mahdolliset vaikutukset on arvioitu kumulatiivisesti altaan A kanssa.

Embankments at the TSF areas were also considered as a source term. Concentrations were appropriately weighted using seepage values and embankment areas to derive likely weighted concentrations for each PCOC.

All groundwater is conservatively assumed to discharge to surface water receptors, with no significant loss or diversion along the flow path;

When deriving baseline water quality (groundwater and surface water), parameters reported as less than the laboratory limit of detection (LoD), conservatively have been assumed to be at half of the reported LoD value.

Rikastushiekka-altaiden patopenkereet on myös huomioitu lähdealueina. Pitoisuudet on painotettu suotautumisnopeuksien ja penkereiden pinta-alojen perusteella todennäköisten painotettujen pitoisuuksien määrittämiseksi kullekin PCOC-yhdisteelle.

Kaiken pohjaveden oletetaan konservatiivisesti purkautuvan pintavesiin ilman merkittäviä häviöitä tai poikkeamista virtausreitien varrelta.

Taustapitoisuuden (ennen kaivostoimintaa vallinneen) vedenlaadun (pohja- ja pintavesi) määrittämisessä parametrit, jotka ovat olleet alle laboratorioiden määrittäysrajan (LoD), on konservatiivisesti oletettu olevan puolet raportoidusta LoD-arvosta.

The discharge of potentially contaminated groundwater from the WRSF and TSF A (north) and TSF B has been assessed separately at the point of discharge, before assessing mixing further downstream at the Mataraoja stream assessment point (KevS-4).

In closure, the additional discharge from the pit lake and Iso Hanhilehto quarry lake is considered cumulatively with groundwater discharge from the TSF and WRSF areas to the Mataraoja stream at the downstream assessment point (KevS-4).

Capture wells are currently in operation at the site to control contaminant migration from the TSF area. However, these were not considered in the model providing a conservative approach. Furthermore, they will not be in operation during closure;

Average and 'most-likely' values are adopted to simulate the most-likely, steady state conditions during operations and closure

These assumptions allow for practical application of the Domenico analytical model, and mass balance mixing equation.

Mahdollisesti haitta-aineille altistuneen pohjaveden purkautuminen sivukiven läjitysalueelta sekä rikastushiekka-altailta A (pohjoinen) ja B on arvioitu erikseen purkautumispisteessä ennen sekoittumista, ja sen jälkeen alempana Mataraojan tarkkailupisteessä (KevS-4).

Sulkemisvaiheessa avolouhoksen ja Iso Hanhilehdon louhosjärvien lisäämä valunta on huomioitu kumulatiivisesti yhdessä rikastushiekka-altaiden ja sivukiven läjitysalueen pohjaveden purkautumisen kanssa Mataraojan tarkkailupisteessä (KevS-4).

Kohteella on tällä hetkellä käytössä suojapumppauskaivoja, joilla hallitaan haitta-aineiden kulkeutumista rikastushiekka-altailta. Konservatiivisen tuloksen saavuttamiseksi näitä ei kuitenkaan ole huomioitu mallissa. Suojapumppauskaivot eivät myöskään ole toiminnassa sulkemisvaiheen aikana.

Todennäköisiä steady state-tilanteita toiminta- ja sulkemisvaiheessa on simuloitu keskimääräisillä ja "todennäköisimmillä" arvoilla.

Nämä oletukset mahdollistavat Domenicon analyttisen mallin ja massataseyhtälön käytön.

4.4. Uncertainty analysis / Epävarmuustarkastelu

The conceptualisation of contaminant transport, and steady-state analytical approach described above, means that site-specific complexities, such as transient flow conditions or heterogeneous aquifer properties are not explicitly considered.

To address this uncertainty, a Monte Carlo stochastic modelling approach has been applied to key parameters in the Domenico equation.

This allows for a range of values to be considered for key parameters (as opposed to single most-likely values).

Haitta-aineiden kulkeutumisen konseptualisointi ja yllä kuvattu steady state -lähestymistapa johtivat siihen, että mallinnuksessa ei otettu huomioon ajallisesti vaihtelevia virtausolosuhteita tai akviferin heterogeenisuutta.

Tämän epävarmuuden huomioimiseksi Domenicon yhtälön keskeisiin parametreihin on sovellettu stokastista Monte Carlo -mallinnusta.

Tämä mahdollistaa keskeisille parametreille arvojen vaihteluvälin huomioimisen

(yksittäisten todennäköisimpien arvojen sijaan).

The Monte Carlo simulation is run with a thousand iterations using randomly sampled values for the selected parameters. This generates a range of possible contaminant concentrations at the surface water receptors.

This has been completed for all pathways in scenario VE0+ to provide an insight into the sensitivity of the modelling to parameter changes, as well as potential worst-case scenarios.

Parameters that have been varied in the Monte Carlo simulations were:

- Hydraulic conductivity - the aquifer is not homogeneous and therefore hydraulic conductivity values can vary spatially;
- Hydraulic gradient - groundwater levels vary seasonally and along flow paths;
- Aquifer thickness - as seen in drilling records at the site, the moraine and weathered bedrock can vary in thickness; and
- Source concentrations for those scenarios that show a range, or significant change, in potential source concentrations over time.

Monte Carlo -simulaatio on ajettu tuhannella iteraatiolla, käyttäen satunnaisesti valittuja arvoja valituille parametreille. Näin saadaan vaihteluväli mahdollisille haitta-ainepitoisuuksille vastaanottavissa vesistöissä.

Simulaatio on tehty kaikille vaihtoehdon VE0+ kulkeutumisreiteille, jotta saadaan käsitys mallinnuksen herkkyydestä parametrimuutoksille, ja jotta saadaan käsitys mahdollisista pahimman tapauksen skenaarioista.

Parametrit, joita Monte Carlo -simulaatioissa vaihdeltiin, olivat:

- Vedenjohtavuus – akviferi ei ole homogeeninen ja siten vedenjohtavuusarvot voivat vaihdella spatiaalisesti;
- Hydraulinen gradientti – pohjaveden pinta vaihtelee vuodenaikojen mukaan ja virtausreittien varrella;
- Akviferin paksuus – kuten alueen kairausaineisto osoittaa, moreenin ja rapautuneen kallioperän paksuus vaihtelee;
- Päästölähteiden pitoisuudet vaihtoehdoissa, joissa potentiaaliset pitoisuudet vaihtelevat tai muuttuvat merkittävästi ajan myötä.

5. Results / Tulokset

5.1. Overview / Yleiskatsaus

This section presents the results of the contaminant transport modelling undertaken to predict concentrations at the Mataraoja stream, Saiveljärvi, Viivajoki, and Iso Vaiskonlampi.

The results are presented for the operational and closure periods for each scenario (VE0+, VE1.1, and VE1.3). See Table 5-1 to

Tässä osiossa esitetään Mataraojan, Saiveljärven viivaojan ja Ison Vaiskonlammen pitoisuuksien ennustamiseen käytetyn haitta-aineiden kulkeutumismallin tuloksia.

Tulokset on esitetty sekä toiminta- että sulkemisvaiheelle jokaiselle vaihtoehdolle (VE0+, VE1.1 ja VE1.3). Katso taulukot 5-1...5-3.

Table 5-5 below.

The results provided below represent the most-likely steady state conditions and are screened against the EIA criteria and the SSAC (site-specific assessment criteria).

Alla esitetyt tulokset kuvaavat todennäköisimpiä steady state -olosuhteita, ja niitä on verrattu YVA-kriteereihin sekä kohdekohtaisiin arviointikriteereihin (SSAC).

5.2. Discussion / Pohdinta

5.2.1. Operational Period / Toimintavaihe

During the operational period for all scenarios, the majority of the concentrations of the potential contaminants of concern (PCOCs) are predicted to fall below the EIA criteria and the SSAC at all surface water receptors.

Sulphate concentrations for scenario VE1.3 are predicted to exceed the EIA criteria at the Iso Vaiskonlampi during operations only. However, the predicted concentration (42 mg/L), only marginally exceed the EIA criteria (39 mg/L).

As described in Section 4.1.4, the Ogata Banks solution provides further insights into contaminant breakthrough times. This has therefore been used to understand the breakthrough time for the sulphate exceedance at the Iso Vaiskonlampi. The Ogata Banks solution predicts that exceedance of the EIA criteria would start to occur after approximately 4 years. During the closure period, concentrations are predicted to then reduce below the EIA criteria.

In addition to the above minor exceedance, total nitrogen concentrations are predicted to exceed the EIA criteria for most scenarios and locations. Total Phosphorus concentrations are also predicted to exceed EIA concentrations for all scenarios at the Saiveljärvi and Viivajoki. However, a review of the baseline water quality (pre-mining) demonstrates that the predicted exceedances are a result of naturally elevated phosphorus and nitrogen in surface waters across the area.

Toimintavaiheen aikana kaikissa vaihtoehtoissa suurin osa potentiaalisten haitta-aineiden (PCOC) pitoisuuksista ennustetaan alittavan YVA- ja SSAC-raja-arvot kaikissa vastaanottavissa vesistöissä.

Vaihtoehdossa Ve 1.3 sulfaattipitoisuuksien ennustetaan ylittävän toimintavaiheen aikana YVA-raja-arvot Isossa Vaiskonlammessa. Ennustettu pitoisuus (42 mg/L) ylittää YVA-raja-arvon (39 mg/L) kuitenkin vain niukasti.

Kuten kohdassa 4.1.4 on kuvattu, Ogata Banksin yhtälö antaa lisätietoa haitta-aineiden kulkeutumisajasta. Yhtälön avulla on pyritty selvittämään ajankohtaa, jolloin sulfaattipitoisuus ylittyy Isossa Vaiskonlammessa. Yhtälön perusteella ennustettu pitoisuus ylittää YVA-raja-arvon noin neljän vuoden kuluttua. Sulkemisvaiheessa pitoisuuksien ennustetaan laskevan jälleen alle YVA-raja-arvon.

Yllä mainitun pienen ylityksen lisäksi kokonaistypen pitoisuuksien ennustetaan ylittävän YVA-raja-arvot useimmissa vaihtoehtoissa ja tarkkailupisteissä. Kokonaisfosforin pitoisuudet Saiveljärvestä ja Viivajoesta ennustetaan myös ylittävän YVA-raja-arvot kaikissa vaihtoehtoissa. Tarkastelu vedenlaadun taustapitoisuuksista (pitoisuus ennen kaivostoimintaa) osoittaa kuitenkin, että ennustetut ylitykset johtuvat alueen

pintavesien luontaisesti kohonneista fosfori- ja typpipitoisuuksista.

Groundwater concentrations predicted to enter the watercourses, as a result of seepage from mine facilities, do not exceed the EIA criteria for nitrogen or phosphorus. However, as the surface waters already show naturally elevated concentrations, above the EIA criteria, the resultant concentrations (presented in this assessment) still exceed the EIA criteria.

A summary of total nitrogen and total phosphorus concentrations in the baseline water quality dataset is provided in Table 5- below.

Kaivosalueelta suotautuvien ja pohjaveden kautta vesistöihin kulkeutuvien typen ja fosforin pitoisuuksien ei odoteta ylittävän YVA-raja-arvoja. Koska pintavesissä on kuitenkin jo valmiiksi luontaisesti YVA-raja-arvot ylittäviä pitoisuuksia, myös arvioinnissa esitetyt kokonaispitoisuudet ylittävät YVA-raja-arvot.

Yhteenveto kokonaistypen ja kokonaisfosforin pitoisuuksista perustilan vedenlaatuaineistosta on esitetty alla taulukossa 5-4.

Table 5-1 Predicted concentrations at each receptor for Scenario VE0+ during operations and closure / Taulukko 5-1 Toiminta- ja sulkemisvaiheen ennustetut pitoisuudet vastaanottavissa vesistöissä vaihtoehdossa VE0+

Parameter / Parametri	EIA criteria / YVA-raja-arvo	SSAC / kohdekohtaiset raja-arvot	VE0+ Operations / Toimintavaihe			VE0+ Closure / Sulkemisvaihe		
			Mataraoja KevS-4	Saiveljärvi KevS-7	Viivajoki KevS-9	Mataraoja KevS-4	Saiveljärvi KevS-7	Viivajoki KevS-9
Cadmium / Kadmium	1.00E-04		1.9E-05	1.5E-05	1.5E-05	1.6E-05	1.5E-05	1.5E-05
Chloride / Kloridi	2.50E+01	1.20E+02	2.3E+00	6.1E-01	5.5E-01	1.9E+00	5.6E-01	5.2E-01
Copper (bioavailable) / Biosaatava kupari	1.10E-03	1.90E-02	9.8E-05	4.7E-05	5.3E-05	8.6E-05	4.7E-05	5.3E-05
Cobalt (bioavailable) / Biosaatava koboltti	4.00E-03		3.6E-04	3.3E-04	5.5E-04	2.4E-04	3.3E-04	5.5E-04
Lead (bioavailable) / Biosaatava lyijy	1.20E-03		3.6E-05	7.9E-05	6.0E-05	3.2E-05	7.9E-05	6.0E-05
Mercury / Elohopea	7.00E-05		4.8E-05	5.0E-05	5.0E-05	4.3E-05	5.0E-05	5.0E-05
Nickel (bioavailable) / Biosaatava nikkeli	5.00E-03	1.60E-02	1.6E-03	3.1E-04	3.1E-04	8.3E-04	3.1E-04	3.1E-04
Sulphate / Sulfaatti	3.90E+01	3.90E+01	7.5E+00	1.9E+00	1.7E+00	5.4E+00	1.8E+00	1.6E+00
Total Phosphorus / Kokonaisfosfori	2.00E-02		9.1E-03	4.1E-02	3.6E-02	7.9E-03	4.1E-02	3.6E-02
Total Nitrogen / Kokonaistyyppi	4.50E-01		6.4E-01	9.3E-01	7.1E-01	6.7E-01	9.3E-01	7.1E-01
Zinc (bioavailable) / Biosaatava sinkki	1.44E-02		1.0E-03	2.9E-03	3.7E-03	8.4E-04	2.9E-03	3.7E-03

value = No exceedances predicted at receptor. / arvo = Ei raja-arvojen ylityksiä vastaanottavassa vesistössä.

value = Exceeds EIA criteria (no SSAC derived). / arvo = Ylittää YVA-raja-arvon (kohdekohtaista kriteeriä ei ko. haitta-aineelle ole).

value = Exceeds EIA criteria and SSAC. / arvo = Ylittää sekä YVA- että SSAC-raja-arvot.

NB: Exceedances in italics indicate where the GW discharge to the receptor does not exceed the EIA criteria and the exceedance is a result of naturally elevated concentrations in the surface waters across the area (See Table 5-2). Huom: Kursiivilla tapaukset, joissa pohjaveden purkautuminen vastaanottavaan vesistöön ei ylitä YVA-kriteeriä ja ylitys johtuu alueen pintavesien luontaisesti kohonneista pitoisuuksista (ks. taulukko 5-4).

Table 5-3 Predicted concentrations at each receptor for Scenario VE1.1 during operations and closure / Taulukko 5-2 Toiminta- ja sulkemisvaiheen ennustetut pitoisuudet vastaanottavissa pintavesissä vaihtoehdossa VE1.1

Parameter / Parametri	EIA criteria / YVA-raja-arvo	SSAC / kohdekohtaiset raja-arvot	VE1.1 Operations / Toimintavaihe				VE1.1 Closure / Sulkemisvaihe			
			Mataraoja KevS-4	Saiveljärvi KevS-7	Viivajoki KevS-9	Iso Vaiskonlampi KevS-26	Mataraoja KevS-4	Saiveljärvi KevS-7	Viivajoki KevS-9	Iso Vaiskonlampi KevS-26
Cadmium / Kadmium	1.00E-04		1.8E-05	1.5E-05	1.5E-05	1.4E-05		1.5E-05	1.5E-05	1.3E-05
Chloride / Kloridi	2.50E+01	1.20E+02	2.4E+00	6.1E-01	5.5E-01	1.5E+00		5.6E-01	5.3E-01	9.9E-01
Copper (bioavailable) / Biosaatava kupari	1.10E-03	1.90E-02	1.1E-04	4.7E-05	5.3E-05	2.8E-05		4.7E-05	5.3E-05	2.2E-05
Cobalt (bioavailable) / Biosaatava koboltti	4.00E-03		4.3E-04	3.3E-04	5.4E-04	8.4E-04		3.3E-04	5.4E-04	6.2E-04
Lead (bioavailable) / Biosaatava lyijy	1.20E-03		3.6E-05	7.9E-05	6.1E-05	2.9E-06		7.9E-05	6.1E-05	2.9E-06
Mercury / Elohopea	7.00E-05		4.8E-05	5.0E-05	5.0E-05	9.0E-06		5.0E-05	5.0E-05	9.2E-06
Nickel (bioavailable) / Biosaatava nikkeli	5.00E-03	1.60E-02	2.4E-03	3.1E-04	3.1E-04	3.8E-03		3.1E-04	3.1E-04	1.5E-03
Sulphate / Sulfaatti	3.90E+01	3.90E+01	9.9E+00	1.9E+00	1.7E+00	1.2E+01		1.8E+00	1.6E+00	4.9E+00
Total Phosphorus / Kokonaisfosfori	2.00E-02		9.0E-03	4.1E-02	3.6E-02	6.5E-03		4.1E-02	3.6E-02	6.5E-03
Total Nitrogen / Kokonaistyyppi	4.50E-01		6.5E-01	9.3E-01	7.2E-01	2.7E-01		9.3E-01	7.2E-01	2.6E-01
Zinc (bioavailable) / Biosaatava sinkki	1.44E-02		1.0E-03	2.9E-03	3.7E-03	5.3E-04		2.9E-03	3.7E-03	5.4E-04

value = No exceedances predicted at receptor. / arvo = Ei raja-arvojen ylityksiä vastaanottavassa vesistössä.

value = Exceeds EIA criteria (no SSAC derived). / arvo = Ylittää YVA-raja-arvon (kohdekohtaista kriteeriä ei ko. haitta-aineelle ole).

value = Exceeds EIA criteria and SSAC. / arvo = Ylittää sekä YVA- että SSAC-raja-arvot.

NB: Exceedances in *italics* indicate where the GW discharge to the receptor does not exceed the EIA criteria and the exceedance is a result of naturally elevated concentrations in the surface waters across the area (See Table 5-4). Huom: Kursiivilla tapaukset, joissa pohjaveden purkautuminen vastaanottavaan vesistöön ei ylitä YVA-kriteeriä ja ylitys johtuu alueen pintavesien luontaisesti kohonneista pitoisuuksista (ks. taulukko 5-4).

Table 5-5 Predicted concentrations at each receptor for Scenario VE1.3 during operations and closure / Taulukko 5-3 Toiminta- ja sulkemisvaiheen ennustetut pitoisuudet vastaanottavissa pintavesissä vaihtoehdossa VE1.3

Parameter / Parametri	EIA criteria / YVA-raja-arvo	SSAC / kohdekohtaiset raja-arvot	VE1.3 Operations / Toimintavaihe				VE1.3 Closure / Sulkemisvaihe			
			Mataraoja KevS-4	Saiveljärvi KevS-7	Viivajoki KevS-9	Iso Vaiskonlampi KevS-26	Mataraoja KevS-4	Saiveljärvi KevS-7	Viivajoki KevS-9	Iso Vaiskonlampi KevS-26
Cadmium / Kadmium	1.00E-04		1.8E-05	1.5E-05	1.5E-05	3.4E-05	1.5E-05	1.5E-05	1.5E-05	3.2E-05
Chloride / Kloridi	2.50E+01	1.20E+02	2.4E+00	7.4E-01	6.0E-01	5.0E+00	1.8E+00	5.6E-01	5.2E-01	2.0E+00
Copper (bioavailable) / Biosaatava kupari	1.10E-03	1.90E-02	1.1E-04	4.7E-05	5.3E-05	5.6E-05	8.0E-05	4.7E-05	5.3E-05	3.4E-05
Cobalt (bioavailable) / Biosaatava koboltti	4.00E-03		4.2E-04	3.3E-04	5.6E-04	1.9E-03	3.2E-04	3.3E-04	5.6E-04	9.5E-04
Lead (bioavailable) / Biosaatava lyijy	1.20E-03		3.5E-05	7.9E-05	5.9E-05	4.9E-06	3.0E-05	7.9E-05	5.9E-05	4.7E-06
Mercury / Elohopea	7.00E-05		4.8E-05	5.0E-05	5.0E-05	1.0E-05	4.2E-05	5.0E-05	5.0E-05	1.0E-05
Nickel (bioavailable) / Biosaatava nikkeli	5.00E-03	1.60E-02	2.3E-03	3.2E-04	3.1E-04	1.3E-02	9.3E-04	3.1E-04	3.0E-04	4.4E-03
Sulphate / Sulfaatti	3.90E+01	3.90E+01	9.5E+00	2.7E+00	2.0E+00	4.2E+01	5.3E+00	2.0E+00	1.7E+00	1.4E+01
Total Phosphorus / Kokonaisfosfori	2.00E-02		9.1E-03	4.1E-02	3.6E-02	8.9E-03	7.6E-03	4.1E-02	3.6E-02	8.7E-03
Total Nitrogen / Kokonaistyyppi	4.50E-01		6.5E-01	9.3E-01	7.0E-01	6.1E-01	6.7E-01	9.3E-01	7.0E-01	3.5E-01
Zinc (bioavailable) / Biosaatava sinkki	1.44E-02		1.0E-03	2.9E-03	3.7E-03	5.9E-04	7.9E-04	2.9E-03	3.7E-03	6.0E-04

value = No exceedances predicted at receptor. / arvo = Ei raja-arvojen ylityksiä vastaanottavassa vesistössä.

value = Exceeds EIA criteria (no SSAC derived). / arvo = Ylittää YVA-raja-arvon (kohdekohtaista kriteeriä ei ko. haitta-aineelle ole).

value = Exceeds EIA criteria and SSAC. / arvo = Ylittää sekä YVA- että SSAC-raja-arvot.

NB: Exceedances in italics indicate where the GW discharge to the receptor does not exceed the EIA criteria and the exceedance is a result of naturally elevated concentrations in the surface waters across the area (See Table 5-6). Huom: Kursiivilla tapaukset, joissa pohjaveden purkautuminen vastaanottavaan vesistöön ei ylitä YVA-kriteeriä ja ylitys johtuu alueen pintavesien luontaisesti kohonneista pitoisuuksista (ks. taulukko 5-4).

Table 5-7 Summary of naturally elevated nitrogen and phosphorus concentrations in baseline surface water (pre-mining) / Taulukko 5-4 Tiivistelmä pintavesien luontaisesti kohonneista typen ja fosforin taustapitoisuuksista (kaivostoimintaa edeltäneistä pitoisuuksista).

Parameter / Parametri	EIA criteria / YVA-raja-arvo	Mataraoja - KevS-4			Saiveljärvi - KevS-7			Viivajoki - KevS-9			Iso Vaiskonlampi - KevS-26		
		Average / Keskiarvo (mg/l)	Sample Count / Näyt- teiden määrä	Date range / Ajan- kohta	Average / Keskiarvo (mg/l)	Sample Count / Näyt- teiden määrä	Date range / Ajankohta	Average / Keskiarvo (mg/l)	Sample Count / Näyt- teiden määrä	Date range / Ajan- kohta	Average / Keskiarvo (mg/l)	Sample Count / Näyt- teiden määrä	Date range / Ajan- kohta
Total Phosphorus	0.02	0.0087	19	2004- 2011	0.04	27	2004-2011	0.03	6	1998- 2010	0.0063	16	2024- 2025
Total Nitrogen	0.45	0.67	19	2004- 2011	0.93	27	2004-2011	0.54	2	2010	0.29	16	2024- 2025

value = Exceeds EIA criteria / **arvo** = Yliittää YVA-raja-arvon

5.2.2. Closure Period / Sulkemisvaihe

During closure, concentrations at all receptors are predicted to be the same, or less than, the concentrations predicted for the operational period. Concentrations generally reduce during closure for all scenarios.

For the pathways to the Iso Vaiskonlampi, Saiveljärvi, and Viivajoki, there are no additional flow inputs considered during closure.

For the pathway to the Mataraoja, the additional discharge from the pit lake and the Iso Hanhilehto quarry lake are considered cumulatively with groundwater discharging from the TSF and WRSF areas. As listed in section 4.2 and Appendix A. The predicted flow and quality for the Iso Hanhilehto quarry lake was provided by AFRY, and the predicted flow and quality for the pit lake was assessed separately (WSP, 2025a).

The pit lake modelling study (WSP, 2025a) considers the various inflows and outflows to the pit to simulate how the water quality will evolve over time as the pit fills. The objectives are to predict the resultant water quality that will overflow once the pit has filled, and to simulate if, and how, the pit lake water quality may differ with depth (i.e. determine if a water quality gradient would form with better quality water at the surface and declining water quality with depth). The modelling predicts that the pit will stratify with fresher water at the top, which would be expected due to the input of rainfall, snowmelt, and runoff to the lake surface.

The modelled scenario assumes that contact water will be discharged at a depth of 40m below the water level as the lake fills.

The predicted concentrations downstream at the Mataraoja (KevS-4) indicate that no mitigation will be required. However, a level of water management would be required

Sulkemisvaiheessa pitoisuuksien kaikissa vastaanottavissa vesistöissä ennustetaan olevan samat tai pienemmät kuin toimintavaiheen aikana. Pitoisuudet yleisesti ottaen laskevat sulkemisvaiheessa kaikissa hankkeen toteutusvaihtoehtoisissa.

Isoon Vaiskonlampeen, Saiveljärveen ja Viivajokeen johtavilla kulkeutumisreiteillä ei huomioida lisävirtaamia sulkemisvaiheessa.

Mataraojaan johtavalla kulkeutumisreitillä avolouhoksen ja Ison Hanhilehdon louhosjärvien ylimääräinen valunta huomioidaan kumulatiivisesti yhdessä rikastushiekka-altaiden ja sivukiven läjitysalueelta purkautuvan pohjaveden kanssa (ks. kappale 4.2 ja liite A). AFRY on toimittanut Iso Hanhilehdon louhosjärven ennustetut virtaamat ja vedenlaatutulokset, ja avolouhoksen louhosjärven virtaamat ja vedenlaatu on arvioitu erikseen (WSP, 2025a).

Louhosjärven mallinnuksessa (WSP, 2025a) on huomioitu erilaiset sisään- ja ulosvirtaukset, jotta vedenlaadun kehittymistä louhoksen täytyessä voidaan simuloida. Tavoitteena on ennustaa louhosjärvestä lopulta ylivuotavan veden laatu sekä arvioida, muodostuuko järveen syvyyssuuntainen kerroksellisuus (eli onko pinnalla parempilaatuista ja syvemmillä heikompilaatuista vettä). Mallinnuksen mukaan järven pintaan kerrostuu odotettavasti puhtaampaa vettä, johtuen sadeveden, lumen sulamisvesien ja pintavalunnan vaikutuksesta.

Mallinnetussa vaihtoehdossa oletetaan, että kontaktivesi purkautuu 40 metrin syvyydessä vedenpinnan alapuolelle järven täytyessä.

Ennustetut pitoisuudet Mataraojassa (KevS-4) osoittavat, ettei riskinhallintatoimenpiteitä tarvita. Sulkemisvaiheessa jonkinlaisia vedenhallintatoimenpiteitä tarvitaan

during closure to ensure inflows from the site are discharged below surface as modelled.

Furthermore, it is assumed that water from the pit lake will discharge directly to the Mataraoja, however, in reality it is expected to overflow and be directed through the onsite wetland area prior to discharge. This will further reduce concentrations prior to discharge. As such, predicted concentrations are considered conservative.

kuitenkin varmistamaan, että kaivosalueen sisäänvirtaukset johdetaan louhosjärveen vedenpinnan alapuolella kuten on mallinnettu.

Lisäksi (mallinnuksessa) oletetaan, että louhosjärven vesi purkautuu suoraan Mataraojaan, mutta todellisuudessa ylivuoto ohjataan ensin alueen kosteikon kautta ennen sen purkautumista vesistöön, mikä edelleen alentaa pitoisuuksia. Näin ollen ennustetut pitoisuudet ovat konservatiivisia.

5.3. Sensitivity Analysis / Herkkyysanalyysi

Monte Carlo stochastic modelling has been applied to key parameters in the Domenico equation.

The Monte Carlo simulation is run with a thousand iterations using randomly sampled values for the selected parameters. This generates a range of possible contaminant concentrations at the surface water receptors.

The likelihood of the values being sampled is considered by reviewing the probability density function for each key parameter. The probability density function describes the likelihood of a random variable falling within a particular range of values. This allows the variation in the data to be appropriately applied to the Monte Carlo simulations.

Parameters that have been varied in the Monte Carlo simulations are:

- Hydraulic conductivity - the aquifer is not homogeneous and therefore hydraulic conductivity values can vary spatially;
- Hydraulic gradient - groundwater levels vary seasonally and along flow paths;
- Aquifer thickness - as seen in drilling records at the site, the moraine and weathered bedrock can vary in thickness; and

Stokastista Monte Carlo -mallinnusta sovellettiin Domenicon yhtälön keskeisiin parametreihin.

Monte Carlo -simulaatio on ajettu tuhannella iteraatiolla, käyttäen satunnaisesti valittuja arvoja valituille parametreille. Näin saadaan vaihteluväli mahdollisille haitta-ainepitoisuuksille vastaanottavissa vesistöissä.

Arvojen todennäköisyyttä arvioidaan tarkastelemalla kunkin keskeisen parametrin todennäköisyysjakaumaa. Todennäköisyysjakauma kuvaa, kuinka todennäköistä satunnaismuuttujan sijoittuminen tietylle arvoalueelle on. Tämä mahdollistaa aineiston vaihtelun asianmukaisen huomioimisen Monte Carlo -simulaatioissa.

Parametrit, joita Monte Carlo -simulaatioissa vaihdeltiin, olivat:

- Vedenjohtavuus – akviferi ei ole homogeeninen ja siten vedenjohtavuusarvot voivat vaihdella spatiaalisesti;
- Hydraulinen gradientti – pohjaveden pinta vaihtelee vuodenaikojen mukaan ja virtausreittien varrella;
- Akviferin paksuus – kuten alueen kairausaineisto osoittaa, moreenin ja

Source concentrations for those scenarios that show a range, or significant change, in potential source concentrations.	rapautuneen kallioperän paksuus vaihtelee; Päästölähteiden pitoisuudet vaihtoehdoissa, joissa potentiaaliset pitoisuudet vaihtelevat tai muuttuvat merkittävästi ajan myötä.
This was completed for all pathways in scenario VE0+ to provide an insight into the sensitivity of the modelling to parameter changes, as well as potential worst-case scenarios.	Simulaatio on tehty kaikille vaihtoehdon VE0+ kulkeutumisreiteille, jotta saadaan käsitys mallinnuksen herkkyydestä parametrimuutoksille, ja jotta saadaan käsitys mahdollisista pahimman tapauksen skenaarioista.
The results are provided in Table 5-5 below. Note, the base case (steady state) concentrations are also presented for comparison.	Tulokset on esitetty alla taulukossa 5-5. Huomattavaa on, että vertailun vuoksi on esitetty myös perustilan (steady state) pitoisuudet.
The Monte Carlo simulations demonstrate that the model is not sensitive to changes in the physical aquifer parameters such as hydraulic conductivity, hydraulic gradient, or aquifer thickness. Nor is it sensitive to the variation in source concentrations.	Monte Carlo -simulaatiot osoittavat, että malli ei ole herkkä akviferin fysikaalisten parametrien, kuten vedenjohtavuuden, hydraulisen gradientin tai akviferin paksuuden muutoksille. Malli ei myöskään ole herkkä päästölähteen haitta-ainepitoisuuksien vaihtelulle.
The main reason for this, as discussed in Section 5.2, is that the baseline water quality in the receiving water bodies is the controlling factor on resultant concentrations.	Tärkein syy tähän, kuten kappaleessa 5.2 on käsitelty, on se, että vastaanottavien vesistöjen vedenlaadun taustapitoisuus on määräävä tekijä mallinnetuille pitoisuuksille.
Seepage rates from the facilities are much smaller than the flow of groundwater beneath the facilities, resulting in significant dilution.	Läjitysalueilta suotautuvien vesien määrät ovat huomattavasti pienempiä kuin niiden alla virtaavan pohjaveden määrä, mikä johtaa merkittävään laimenemiseen.
Groundwater flow rates/volumes then discharging to the surface water receptors are, in turn, much smaller than the volume and flow of water in the surface water bodies. As such, resultant concentrations remain close to the baseline concentrations in the surface water receptors.	Pohjaveden virtausnopeudet ja -määrät, jotka purkautuvat vastaanottaviin vesistöihin, ovat puolestaan paljon pienempiä kuin vesistöjen tilavuudet ja virtaamat. Näin ollen lopulliset pitoisuudet pysyvät lähellä taustapitoisuuksia.
Therefore, changes in the key aquifer parameters and source concentrations within reasonable ranges, will not result in significant changes in the predicted downstream concentrations at each receptor.	Näin ollen kohtuullisissa rajoissa tapahtuvat muutokset akviferin keskeisissä parametreissa ja päästölähteen pitoisuuksissa eivät aiheuta merkittäviä muutoksia vastaanottaviin vesistöihin ennustettuihin pitoisuuksiin.

Table 5-5 Predicted concentration ranges from sensitivity analysis on key parameters compared with the base case prediction for Scenario VE0+ at each receptor during operations (50th, 75th, and 95th percentiles) / Taulukko 5-5 Pitoisuusvaihtelut keskeisten parametrien herkkyyssanalyyssissä vaihtoehdossa VE0+ verrattuna perustason kussakin vastaanottavan vesistön tarkkailupisteessä toimintavaiheen aikana (50., 75. ja 95. persentiilit)

Parameter / Parametri	EIA criteria / YVA-raja-arvo	SSAC / Kohdekohtainen raja-arvo	VE0+ Operations - Predicted range of results (above base case) / VE0+ Toimintavaihe – Ennustetut arvot (taustapitoisuuden ylittävät)											
			Mataraoja KevS-4				Saiveljärvi KevS-7				Viivajoki KevS-9			
			Base Case	50th	75th	95th	Base Case	50th	75th	95th	Base Case	50th	75th	95th
Cadmium / Kadmium	1.0E-04		1.9E-05	2.0E-05	2.2E-05	2.5E-05	1.5E-05	1.6E-05	1.8E-05	2.4E-05	1.5E-05	1.7E-05	1.8E-05	1.8E-05
Chloride / Kloridi	2.5E+01	1.2E+02	2.3E+00	2.4E+00	2.5E+00	2.8E+00	6.1E-01	6.0E-01	6.3E-01	6.7E-01	5.5E-01	5.6E-01	5.6E-01	5.7E-01
Copper (bioavailable) / Biosaatava kupari	1.1E-03	1.9E-02	9.8E-05	-	-	1.0E-04	4.7E-05	-	-	4.7E-05	5.3E-05	-	-	5.3E-05
Cobalt (bioavailable) / Biosaatava koboltti	4.0E-03		3.6E-04	-	-	4.4E-04	3.3E-04	-	-	3.3E-04	5.5E-04	-	-	5.5E-04
Lead (bioavailable) / Biosaatava lyijy	1.2E-03		3.6E-05	-	-	3.6E-05	7.9E-05	-	-	7.8E-05	6.0E-05	-	-	6.0E-05
Mercury / Elohopea	7.0E-05		4.8E-05	4.8E-05	4.9E-05	4.9E-05	5.0E-05	4.7E-05	4.9E-05	5.0E-05	5.0E-05	4.9E-05	5.0E-05	5.0E-05
Nickel (bioavailable) / Biosaatava nikkeli	5.0E-03	1.6E-02	1.6E-03	-	-	2.3E-03	3.1E-04	-	-	3.4E-04	3.1E-04	-	-	3.2E-04
Sulphate / Sulfaatti	3.9E+01	3.9E+01	7.5E+00	7.7E+00	8.5E+00	9.7E+00	1.9E+00	1.9E+00	2.0E+00	2.2E+00	1.7E+00	1.7E+00	1.7E+00	1.8E+00
Total Phosphorus / Kokonaisfosfori	2.0E-02		9.1E-03	9.2E-03	9.4E-03	9.7E-03	<i>4.1E-02</i>	<i>3.9E-02</i>	<i>4.0E-02</i>	<i>4.1E-02</i>	<i>3.6E-02</i>	<i>3.6E-02</i>	<i>3.6E-02</i>	<i>3.6E-02</i>
Total Nitrogen / Kokonaistyyppi	4.5E-01		<i>6.4E-01</i>	<i>6.3E-01</i>	<i>6.4E-01</i>	<i>6.5E-01</i>	<i>9.3E-01</i>	<i>8.8E-01</i>	<i>9.1E-01</i>	<i>9.2E-01</i>	<i>7.1E-01</i>	<i>7.0E-01</i>	<i>7.1E-01</i>	<i>7.1E-01</i>
Zinc (bioavailable) / Biosaatava sinkki	1.44E-02		1.0E-03	-	-	1.1E-03	2.9E-03	-	-	2.9E-03	3.7E-03			3.7E-03

value = No exceedances predicted at receptor. / arvo = Ei raja-arvojen ylityksiä vastaanottavassa vesistössä.

value = Exceeds EIA criteria (no SSAC derived). / arvo = Ylittää YVA-raja-arvon (kohdekohtaista kriteeriä ei ko. haitta-aineelle ole).

value = Exceeds EIA criteria and SSAC. / arvo = Ylittää sekä YVA- että SSAC-raja-arvot.

NB: Exceedances in italics indicate where the GW discharge to the receptor does not exceed the EIA criteria and the exceedance is a result of naturally elevated concentrations in the surface waters across the area (See Table 5-8). Huom: Kursivilla tapaukset, joissa pohjaveden purkautuminen vastaanottavaan vesistöön ei ylitä YVA-raja-arvoja, ja ylitys johtuu alueen pintavesien luontaisesti kohonneista pitoisuuksista (ks. Taulukko 5-4).

6. Conclusions and Recommendations / Johtopäätökset ja suositukset

6.1.1. Conclusions / Johtopäätökset

This report details the assessment of contaminant transport as a result of seepage from the proposed extension and closure of the Kevitsa Mine facilities.

The assessment focuses on the tailings storage facilities (TSF) and waste rock storage facilities (WRSF), as well as the lakes that will form within the open pit and Iso Hanhilehto quarry during closure.

The operation and closure of the proposed mine plan scenario's (VE0+, VE1.1, and VE1.3) have been assessed.

Potential impact on the downstream surface water environment has been assessed at the Mataraoja stream, Iso Vaiskonlampi, Saiveljärvi, and Viivajoki.

The contaminant transport modelling indicates that seepage migrating from the various TSF and WRSF areas will not result in significant impacts on the quality of the downstream surface water environment during operations or closure.

In addition, the modelling indicates that the cumulative effects of discharge from the pit lake, and Iso Hanhilehto quarry lake, during closure will not result in significant impacts downstream in the Mataraoja.

Tässä raportissa arvioidaan, miten Kevitsan kaivoksen suunniteltu laajennus ja sulkeminen vaikuttavat suotautumisen kautta tapahtuvaan haitta-aineiden kulkeutumiseen.

Arvioinnin painopisteenä ovat rikastushiekka-altaat (TSF) ja sivukiven läjitysalueet (WRSF) sekä sulkemisvaiheessa avolouhokseen ja Ison Hanhilehdon louhokseen muodostuvat louhosjärvet.

Arvioinnissa on tarkasteltu suunniteltujen toteutusvaihtoehtojen (VE0+, VE1.1 ja VE1.3) toiminta- ja sulkemisvaiheita.

Pintavesiin kohdistuvia mahdollisia vaikutuksia on arvioitu Mataraojan, Ison Vaiskonlammen, Saiveljärven ja Viivajoen osalta.

Haitta-aineiden kulkeutumismallinnuksen perusteella rikastushiekka-altailta ja sivukiven läjitysalueelta suotautuvat vedet eivät aiheuta merkittäviä vaikutuksia kaivoksen alapuolella sijaitseviin vesistöjen vedenlatuun toiminta- tai sulkemisvaiheessa.

Lisäksi mallinnus osoittaa, että avolouhoksen ja Ison Hanhilehdon louhosjärvistä valuvien vesien kumulatiiviset vaikutukset sulkemisvaiheessa eivät aiheuta merkittäviä vaikutuksia Mataraojan alajuoksulla.

6.1.2. Recommendations / Suositukset

The predicted concentrations at the various surface water assessment locations indicate that no mitigation will be required.

However, the modelled closure scenarios assume that contact water being directed to the pit during closure will be discharged at a

Ennustetut pitoisuudet pintavesien tarkkailupisteissä viittaavat siihen, ettei ylimääräisiä riskienhallintatoimenpiteitä tarvita.

Mallinnetuissa sulkemisvaihtoehtoisissa kuitenkin oletetaan, että sulkemisvaiheessa avolouhokseen johdettava kontaktivesi

depth of 40m below the water level as the lake fills. Therefore, a level of water management would be required, during closure, to ensure these site flows are discharged below the lake surface accordingly.

johdetaan 40 metrin syvyyteen vedenpinnan alapuolelle järven täyttyessä. Tämän vuoksi sulkemisvaiheessa tarvitaan jonkinasteista vesien hallintaa, jotta vedet saadaan johdettua järven pinnan alapuolelle kuten on mallinnettu.

References / Viitteet

- **Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2017)** Toxicological Profile for Nitrate and Nitrite. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service
- **Burgess, J. (1978)** Metal Ions in Solution
- **Domenico P.A. (1987)** An analytical model for multidimensional transport of a decaying contaminant species, Journal of Hydrology, Volume 91, Issues 1–2, Pages 49–58, ISSN 0022-1694, [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(87\)90127-2](https://doi.org/10.1016/0022-1694(87)90127-2)
- **EPA (1996)** Soil Screening Guidance: User Guide. Second edition. Publication 9355.4-23. July 1996
- **England & Wales Environment Agency (2003)** Review of ammonium attenuation in soil and groundwater. National Groundwater and Contaminated Land Centre Report NC/02/49.
- **Geobotnia (2020)** Pohjavesiputkien asentaminen ja kallionpinnan selvitys porakonekairaamalla. Reference: Y 0187209-7
- **Golder (2018)** Kevitsa Mine TSFA Groundwater Remediation Scheme. Task 2: Groundwater Risk Assessment. Reference: 1655025.506/A.1. 9 April 2018
- **Golder (2018a)** Kevitsa Groundwater Site Investigation. Task 1 - Shallow Investigation Programme. Reference: 1893718.6000/B.0. 3 July 2018
- **Golder (2018b)** Kevitsa Site Wide Groundwater Model. Open Pit Flow. Reference: 1893417/B.0
- **Golder (2019)** Kevitsa Mine Closure Plan Update. Numerical Groundwater Flow Modelling. Reference: 18112751.501/B.1. October 2019
- **Golder (2020)** Kevitsa Mine Closure Plan Update. Numerical Groundwater Flow Modelling. Reference 18112751.501/B.2. June 2020.
- **Golder (2021)** Kevitsa TSFA Groundwater Remediation Scheme. TSFA Task 5 Groundwater Risk Assessment Update. Reference: 19131142. 14 June 2021
- **Golder (2022)** Kevitsa Mine Site, Finland. Groundwater Risk Assessment: Seepage Migration from TSFA and TSFB. Reference: 19131142_21451864.606/A.4. 7 April 2022

-
- **Ministry of the Environment (Finland) (2006)** Government Decree on the Organisation of Water Management, 30.11.2006/1040 and later amendments (last amended by 24.3.2022/188). Accessed at: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20061040>
 - **Oak Ridge National Laboratory (1984)** A Review and Analysis of Parameters for Assessing Transport of Environmentally Released Radionuclides through Agriculture. ORNL-5786. September 1984
 - **Ogata, A., & Banks, R. B. (1961)** A solution of the differential equation of longitudinal dispersion in porous media. U.S. Geological Survey Professional Paper 411-A, United States Government Printing Office, Washington
 - **Pacific Northwest National Laboratory (2007)** Kd Values for Agricultural and Surface Soils for Use in Hanford Site Farm, Residential, and River Shoreline Scenarios. PNNL-16531. August 2007
 - **Rawson J. R. Y. and Eschner T. R. (2007)** Analysis of Organic Carbon (foc) in Fractured Bedrock
 - **SKB, 2009.** Solid/liquid partition coefficients (Kd) for selected soils and sediments at Forsmark and Laxemar-Simpevarp. Report R-09-27. March 2009.
 - **SKB, 2011.** Solid/liquid partition coefficients (Kd) for selected soils and sediments at Forsmark and Laxemar-Simpevarp. Report reference R-09-27.
 - **Spitz, K. and Moreno, J. (1996)** A Practical Guide to Groundwater and Solute Transport Modeling. New York: John Wiley & Sons
 - **United States Environmental Protection Agency (US EPA) (1999)** Understanding Variation in Partition Coefficient, Kd, Values. EPA 402-R-99-004B. August 1999
 - **United States Environmental Protection Agency (US EPA) (2023)** National Recommended Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table. Accessed at: <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>
 - **WSP (2020)** Kevitsa Mine TSFA - Northern Capture Wells. Hydrogeological Conceptual Model Update and Capture Wells Pumping Rates. Reference: 18106905.630.B.0. January 2020
 - **WSP (2023)** Boliden Kevitsa Mining OY. Hydrogeological Studies Spring 2023 Slug Tests. Reference: 319285 RevA0. 9 October 2023
 - **WSP (2023a)** TSF A South-West Capture Wells. Preliminary Capture Scheme Design Rev A2. Reference: 318048_70096006. 23 January 2023
 - **WSP (2023b)** TSF A South-West Capture Wells. South-West Capture Wells Interpretative Report Rev A3. Ref: 318048_70096006. 19 October 2023
-

-
- **WSP (2023c)** TSF A2 Liner Option Risk Appraisal. TSF A2 Lining Options Assessment Rev A.1. Reference: 318339_70096006. 3 May 2023
 - **WSP (2023d)** HYDROGEOLOGISET TUTKIMUKSET 2023 KEVITSA. SLUG-TESTIT. Reference: 319285.A.0. October 2023
 - **WSP (2024)** Tailing Storage Facility A (TSF A) Seepage Modelling. Reference: 318559-70096006. April 2024
 - **WSP (2024a)** Tailings Storage Facility A (TSF A) Seepage Modelling. Technical Memorandum. Reference: 318559-70096006.018.A1. 27 June 2024
 - **WSP (2024b)** Kevitsa Tailings Storage Facility A2, Feasibility Study Revision C. Reference 318882_RPT_005 Rev C. June 2024.
 - **WSP (2024c)** Boliden Kevitsa Mine – Baseline Water Quality and Derivation of Site-Specific Assessment Criteria. Technical Memorandum. Reference: 318559_70096006.014. 17 June 2024
 - **WSP (2025)** Environmental Studies 2024-2025 Groundwater Flow and Drawdown Modelling. Reference G321132.UK0040343.01. 18 July 2025.
 - **WSP (2025c)** Kevitsa Pit Lake Water Quality Modelling. Reference G321132.UK0040343.01. 19 September 2025.

Appendices / Liitteet

- A. Sources of data used in study / Selvityksessä käytetyt tietolähteet
- B. Hydrogeological conductivity values / Vedenjohtavuusarvot