

Liite 11a

Konseptuaalinen sulkemissuunnitelma



Kevitsan kaivos, louhintavaiheen 5 käyttöönotto

Ympäristövaikutusten arviointiin kuuluva
sulkemissuunnitelma

Boliden Kevitsa Mining Oy

Projektinumero: 101021574-002



AFRY

Kevitsan kaivos, Toiminta-ajan pidentämisen YVA,

sulkemissuunnitelmaFINAL_Kevitsa_YVA_sulkemissuunnitelma.docx
5.12.2025

Pvm.

05/12/2025

Projektiviite

101021574-002

Raportin nimi

Kevitsan kaivos, louhintavaiheen 5 käyttöönotto

Ympäristövaikutusten arviointiin kuuluva sulkemissuunnitelma

Sisältö

1	Johdanto	16
1.1	Kevitsan kaivos lyhyesti kuvattuna	16
1.2	Nykyaikainen vaiheittain tarkentuva sulkemissuunnittelu	17
1.3	Riskiperusteisuus sulkemissuunnittelussa	19
1.4	Aikaisemmat työvaiheet	19
1.4.1	Vanhimmat suunnitelmat ja määräykset kaivoksen sulkemistoimenpiteistä.....	19
1.4.2	Vuonna 2019 valmistunut sulkemissuunnitelmapäivitys ja sen keskeinen kulku	20
1.4.3	Vuonna 2019 havaitut lisätyötarpeet ja töiden toteuttaminen	21
1.5	Muutokset ja painopistealueet sulkemissuunnitelman päivityksessä vuosina 2022–2025	23
1.6	Sulkemissuunnitelman tarkoitus YVA:n yhteydessä	23
2	Kaivoksen nykytoiminta ja tarkasteltava hanke.....	25
2.1	Kaivoksen nykyinen toiminta	25
2.1.1	Nykyisen toiminnan yleiskuvaus	25
2.1.2	Louhinta	25
2.1.3	Sivukiven hallinta.....	26
2.1.4	Pintamaiden hallinta	28
2.1.5	Rikastamo	28
2.1.6	Kemikaalien käyttö ja seuranta	31
2.1.7	Rikastushiekan hallinta	32
2.1.8	Vesien hallinta ja käsittely	33
2.2	Arvioinnin kohteena olevan hankkeen kuvaus	35
2.2.1	Hankkeen yleiskuvaus.....	35
2.2.2	Tiivistelmä hankevaihtoehtoista	36
2.2.3	Vaihtoehdot 0 ja 0+	39
2.2.4	Hankevaihtoehto 1.1	43
2.2.5	Poistettu hankevaihtoehto 1.2.....	45
2.2.6	Hankevaihtoehto 1.3	45
3	Alueen nykytila, tiivistelmä.....	47
3.1	Ilmasto ja ilmanlaatu	47
3.1.1	Ilmasto	47

3.1.2	Ilmanlaatu ja pölylaskeuma	48
3.2	Asutus, elinkeinot, maanomistus ja kaavoitus	49
3.2.1	Asutus.....	49
3.2.2	Talous ja elinkeinot	49
3.2.3	Poronhoito	50
3.2.4	Maanomistus.....	56
3.2.5	Alueiden virkistyskäyttö	56
3.2.6	Maakuntakaava	56
3.2.7	Yleiskaava	57
3.2.8	Asemakaava.....	59
3.3	Maisema ja kulttuuriympäristö.....	61
3.4	Maa- ja kallioperä.....	61
3.4.1	Maaperä	61
3.4.2	Kallioperä	62
3.5	Pohjavesi	65
3.5.1	Pohjaveden pinnankorkeus ja virtaus	65
3.5.2	Pohjavesialueet ja talousveden otto	66
3.5.3	Pohjaveden laatuun vaikuttavia tekijöitä	66
3.5.4	Pohjaveden taustapitoisuudet.....	67
3.5.5	Pohjaveden pitoisuudet, nykytila	69
3.6	Vesistöt	75
3.6.1	Vesistöt, valuma-alueet ja virtaamat	76
3.6.2	Veden laatu Mataraojassa.....	79
3.6.3	Veden laatu Iso-Vaiskonlammessa	85
3.6.4	Veden laatu Saiveljärvessä	86
3.6.5	Veden laatu Satojärvässä	89
3.7	Kasvillisuus ja eläimistö.....	92
3.7.1	Suojelualueet	92
3.7.2	Eriyiset luontotyytit ja kasvilajisto	92
3.7.3	Linnut ja muut eläinlajit	93
3.8	Liikenne, melu ja tärinä	93
3.8.1	Liikenne	93
3.8.2	Melu ja tärinä	94
4	Kaivannaisjätteet ja jätealueluokat	96
4.1	Karakterisointien laajuus ja menetelmät.....	96
4.2	Pintamaan ominaisuudet.....	97



4.2.1	Pintamaan kemialliset ominaisuudet.....	97
4.2.2	Otteita pintamaan geoteknisistä ominaisuuksista.....	98
4.3	Sivukivet.....	99
4.3.1	Sivukivien jaottelu	99
4.3.2	Sivukivien näytteenotto ja analyysit (jätejakeiden tarkkailu)	100
4.3.3	Sivukivien mineralogiset ominaisuudet	100
4.3.4	Sivukivien rikkipitoisuus, hapontuottokyky ja neutralointipotentiaali	103
4.3.5	Hapontuottokyvyn ja neutralointikapasiteetin laajennettu testaus.....	108
4.3.6	Sivukiven alkuainepitoisuudet	110
4.3.7	Tuotannon tarkkailu ja nikkelin esiintyminen	112
4.3.8	Sivukivien luokittelu	115
4.3.9	Sivukivialueelta koottavat vedet	116
4.4	Sivukiven uudelleenluokittelu 2025.....	117
4.4.1	Uudelleenluokittelun yleiset perusteet	117
4.4.2	Uusi luokittelurajaus.....	117
4.4.3	Uuden luokittelun käyttäminen.....	118
4.5	Rikastushiekat	118
4.5.1	Rikastushiekojen jaottelu rikkipitoisuuden perusteella....	118
4.5.2	Rikastushiekojen näytteenotto ja analyysit tarkkailun puitteissa.....	121
4.5.3	Rikastushiekojen geokemialliset ominaisuudet jätejakeiden tarkkailussa	121
4.5.4	Rikastushiekojen vaaraominaisuuksien arviointi.....	122
4.5.5	Rikastushiekka-altailta koottavat vedet.....	124
4.6	Kaivannaisjätteiden pitkäaikaiskäyttäytyminen	125
4.6.1	Hapettumisnopeus	125
4.6.2	Kineettiset kolonnit	128
4.7	Kuitumineraalit ja radioaktiiviset aineet.....	133
4.7.1	Kuitumineraalit.....	133
4.7.2	Radioaktiiviset aineet.....	134
4.8	Vesien käsittelyssä muodostuvat sakat	135
4.9	Jätealueiden luokitus.....	135
5	Kaivosalueen sulkemisen jälkeisen tilan käsitteellistäminen sekä keskeiset riskit ja mahdollisuudet.....	137

5.1	Kaivoksen sulkemisen jälkeisen tilan käsitteellinen kuvaus tiivistettynä, huomioiden eri hankevaihtoehdot	137
5.2	Riskit ja mahdollisuudet.....	139
6	Vaatimukset ja tavoitteet	141
6.1	Lainsäädännöstä tulevat vaatimukset.....	141
6.2	Yleiset vaatimukset.....	142
6.3	Paikkakohtaiset tavoitteet.....	142
6.4	Tavoitteiden toteutumisen tarkastelupisteiden asettaminen	143
6.5	Tavoite, vaatimusmäärittely ja toteuttamistapa kaivannaisjätealueiden peittorakenteiden suunnittelussa	144
6.5.1	Tavoite, vaatimusmäärittely ja rakentamistapa käsitteinä	144
6.5.2	Tavoite, vaatimusmäärittely ja rakentamistapa tässä sulkemissuunnitelmassa	145
7	Rakenteet ja sulkemiskäytännöt kaivosalueen eri osissa	147
7.1	Maanpoistomaiden läjitysalueet	147
7.1.1	Maanpoistomaiden läjitysalueiden kuvaus	147
7.1.2	Maanpoistomaiden läjitysalueiden sulkeminen	147
7.2	Sivukivialue	147
7.2.1	Sivukivialue ja sen pohjarakenteet.....	147
7.2.2	Sivukivialueen sulkeminen.....	151
7.2.3	Toiminnalliset tavoitteet peittosuunnittelussa.....	152
7.2.4	Vaatimusten määrittely tavoitteiden mukaiseksi	153
7.2.5	Sivukivialueen peittorakenteet	155
7.3	Rikastushiekka-alueet	156
7.3.1	Rikastushiekka-alueen pohjaolosuhteet.....	156
7.3.2	Rikastushiekka-allas A1 ja sen rakenteet	156
7.3.3	Rikastushiekka-allas A2 (uusi allas) ja sen rakenteet	158
7.3.4	Rikastushiekka-allas B ja sen rakenteet	159
7.3.5	Rikastushiekka-alueiden vesienhallinta	160
7.3.6	Rikastushiekka-alueen A1 sulkeminen	162
7.3.7	Rikastushiekka-alueen A2 sulkeminen	164
7.3.8	Rikastushiekka-alueiden B1 ja B2 sulkeminen	165
7.4	Avolouhos	165
7.4.1	Avolouhoksen sulkemisen lähtökohdat.....	165
7.4.2	Avolouhoksen sulkeminen	165
7.5	Tarvekivilouhos	166

7.5.1	Tarvekilouhos hankevaihtoehdoissa	166
7.5.2	Tarvekilouhoksen sulkeminen	166
7.6	Teollisuusalue	167
7.6.1	Sulkemisen kannalta merkittävimmät rakenteet teollisuusalueella.....	167
7.6.2	Teollisuusalueen sulkeminen	168
7.7	Vesienhallinta	169
7.7.1	Lyhyt aikaväli	169
7.7.2	Keskipitkä aikaväli.....	172
7.7.3	Pitkä aikaväli.....	173
7.7.4	Vesienhallintarakanteiden sulkeminen	175
7.8	Muut toiminnan osat ja niiden sulkemistoimet	176
7.8.1	Louhitut kaivosmineraalit ja varastoidut kemikaalit.....	176
7.8.2	Tieyhteydet.....	176
7.8.3	Putkilinjat	176
7.8.4	Voimalinja	176
7.9	Sulkemistyön vaiheet	177
8	Veden laadun ja kuormituksen arviointi sulkemisen jälkeiselle ajalle ...	179
8.1	Sulkemisen jälkeisten vaikutusten mallintaminen.....	179
8.1.1	Mallinnusten ketju kokonaisuutena.....	179
8.1.2	Kaivannaisjätealueiden mallinnusmenetelmistä yleisesti ..	180
8.1.3	Tarkempien mallinnusraporttien esittäminen.....	180
8.2	Sivukivialueen peittorakenteen pilottikokeet fysikaalisen tiedon tuottajana.....	181
8.2.1	Pilottikokeiden tarkoitus ja niiden suhde sulkemissuunnitteluun	181
8.2.2	Sivukivialueen peittorakenteiden pilottikokeiden kuvaus ..	181
8.2.3	Pilottikokeiden tuloksia, hapen kulkeutuminen	184
8.2.4	Pilottikokeiden tuloksia, veden suotautuminen peiton läpi	185
8.2.5	Routa pilottikokeissa.....	186
8.3	Sivukivialueen vesien laatu sulkemisen jälkeen	187
8.3.1	Poimintoja geokemiallisen mallin konseptualisoinnista.....	187
8.3.2	Poimintoja geokemiallisen mallinnuksen tuloksista.....	189
8.3.3	Sivukivialueen suotoveden laatu	191
8.4	Rikastushiekka-alueen A1 ja A2 vesien laatu sulkemisen jälkeen .	196
8.4.1	Rikastushiekka-alueen A1 fysikaalinen mallinnus.....	196

8.4.2	Rikastushiekka-alueen suotoveden geokemiallinen mallinnus	196
8.4.3	Prosessivesijäämien huomioiminen rikastushiekka-alueiden geokemiallisissa malleissa	199
8.4.4	Rikastushiekka-alueen A1 suotoveden laatu sulkemisen jälkeen.....	199
8.5	Rikastushiekka-alueiden B1 ja B2 suotovesien laatu sulkemisen jälkeen	202
8.5.1	Rikastushiekka-altaiden B1 ja B2 suotoveden laadun mallinnus.....	202
8.5.2	Rikastushiekka-alueiden B1 ja B2 suotovesien laatu.....	203
8.6	Teollisuusalueen sulkemisen jälkeinen vaikutus	205
8.7	Vesi- ja kuormatasemallinnus	205
8.8	Louhosjärvi	206
8.8.1	Yleistä louhosjärvimallista	206
8.8.2	Louhosjärvimallin lähtötiedot	206
8.8.3	Louhosjärvimallin konseptualisointi	207
8.8.4	Louhosjärvimallin epävarmuudet ja oletukset	209
8.8.5	Vesi- ja kuormatase suhteessa louhosjärvimalliin	210
8.8.6	Louhosjärvimallinnuksessa käytetyt työkalut	210
8.8.7	Louhosjärvimallinnuksen tulokset	211
8.8.8	Louhosjärvimallin herkkyystarkastelu	217
8.9	Hanhilehdon tarvekilouhoksen louhosjärvi	218
8.10	Haitta-aineiden kulkeutumisen malli syötteenä pohja- ja pintavesiarvioihin	219
9	Arvio sulkemisen jälkeisistä vaikutuksista	221
9.1	Haitta-aineiden kulkeutuminen eri hankevaihtoehtoissa	221
9.2	Sulkemisen jälkeiset pohjavesivaikutukset eri hankevaihtoehtoissa	222
9.3	Sulkemisen jälkeiset pintavesivaikutukset eri hankevaihtoehtoissa	225
9.4	Sulkemisen jälkeiset luontovaikutukset	228
9.5	Sulkemisen jälkeiset sosiaaliset vaikutukset ja vaikutukset elinkeinoihin eri hankevaihtoehtoissa	229
9.6	Sulkemisen jälkeiset vaikutukset ilman laatuun	229
9.7	Sulkemisen jälkeiset vaikutukset maisemaan ja kulttuuriympäristöön	229

10 Sulkemisvaiheen tarkkailun pääperiaatteet	231
10.1 Sulkemisvaiheen tarkkailu ja jälkitarkkailu.....	231
10.2 Sulkemistoimenpiteiden toteuttamisen aikainen tarkkailu.....	231
10.3 Sulkemisen jälkeinen tarkkailu.....	232
11 Varautuminen väliaikaiseen tai ennenaikaiseen kaivoksen sulkemiseen	233
11.1 Väliaikainen sulkeminen eri hankevaihtoehtoissa.....	233
11.2 Ennenaikainen sulkeminen	234
12 Keskeiset jäännösriskit	235
13 BAT ja hyvät käytännöt	237
13.1 BAT-arvio.....	237
13.2 Muiden hyvien käytäntöjen soveltaminen	246
14 Viitteet.....	248

Tiivistelmä

Boliden Kevitsa Mining Oy:n Kevitsan kaivos sijaitsee Lapissa, Sodankylän kunnassa noin 30 km keskustaajamasta pohjoiskoilliseen. Tuotanto on käynnistynyt kesällä 2012. Kaivospiirin pinta-ala on noin 14 km². Tämä sulkemissuunnitelma on laadittu kaivoksen toiminta-ajan pidentämistä koskevan ympäristövaikutusten arviointiselostuksen (YVA-selostuksen) liitteeksi. Toiminta-ajan pidentäminen tarkoittaa avolouhoksen laajentumista sekä kaivannaisjätteiden läjityskapasiteetin lisäämistä.

Louhittava esiintymä on nikkeli- ja kuparisulfidien malmi, joka sisältää paikoin korkeita platina-, palladium-, koboltti- ja kultapitoisuuksia. Kaivoksen nykyisiin ydintoimintoihin kuuluvat avolouhos, sivukivialue, matalarikkisen rikastushiekan rikastushiekka-allas A1 ja korkearikkisen rikastushiekan allas B1, vesivarastoallas sekä rikastamo.

Hankevaihtoehdot YVA:ssa pääpiirteissään (ei sisällä kaikkia yksityiskohtia):

- VE0: Nykyisen ympäristöluvan mukainen toiminta. Toiminta jatkuu noin vuoteen 2030 asti.
- VE0+: Rikastushiekka-altaan A1 korotus tasolle +280 mmpy, Rikastushiekan kokonaismäärä 208 Mt. Toiminta noin vuoteen 2034 asti.
- VE1.1: Rikastushiekka-altaan A1 korotus tasolle +310 mmpy, rikastushiekan kokonaismäärä 310 Mt, uusi korkearikkisen rikastushiekan allas B2, sivukivialuetta korotetaan ja laajennetaan, sivukiven uusi kokonaislajitysmäärä 860 miljoonaa tonnia. Toiminta jatkuu noin vuoteen 2045 asti.
- VE1.3: Rakennetaan uusi rikastushiekka-allas A2 (100 Mt), sivukivialue laajenee enemmän kuin vaihtoehdossa VE1.1, mutta korkeus pysyy nykyisen kaltaisena. Toiminta jatkuu noin vuoteen 2045 asti.

Vuosituotantokapasiteetti pysyy nykyisen kaltaisena kaikissa hankevaihtoehdoissa. Lisätoimintoja hankevaihtoehdoista riippuen ovat vesivarastoaltaan korotus ja tarvekivilouhokset.

Sulkemissuunnittelun periaatteisiin kuuluu vaiheittainen tarkentuminen. Kevitsan kaivoksen osalta on sovellettu pääpiirteissään ICMM:n (2019) mukaista iteratiivista suunnitteluprosessia, jossa riskien ja mahdollisuuksien tunnistaminen ovat keskeisessä roolissa, ohjaten tavoitteiden asettamista ja toimenpiteiden valintaa. Tässä lähestymistavassa lähtötietoja tarkennetaan jatkuvasti, siten että priorisoidaan kriittisimpien epävarmuuksien pienentäminen.

Iteratiiviselle prosessille tyypillisesti, aikaisemmissa työvaiheissa esille nousseet tietotarpeet ja tarkentamistarpeet ovat ohjanneet tätäkin suunnitteluvaihetta. Painopistealueina on ollut erityisesti suunnittelukierroksen 2016–2019 loppuvaiheiden jäännösriskitarkasteluissa esille nousseita asioita sekä tuolloin laaditun sulkemissuunnitelman viranomaislausunnoissa korostettuja asioita.

Uusimmalla suunnittelukierroksella 2022–2025 käsitellyt muutoksia ja uusia lähtötietoja ovat mm.

- Tarvekiven uudelleenluokittelu siten, että täydentävänä tarvekivenä on nyt ympäristösivukivi, jonka pitkäaikaiskäyttäytyminen vastaa aikaisempaa tarvekiveä.
- Rikastushiekka-alueen A1 patokorotustavan muutos ylävirtaan korotuksesta keskilinjakorotukseen.
- Tarkempi sulkemisvaiheen ja sulkemisen jälkeisen ajan vesien hallintakonsepti.
- Louhosjärven aktiivinen (fosforilannoitusta sisältävä) bioremediaatio on poistettu suunnitelmista.
- Pohjavesimallin aikaisempaa tarkempi päivitysversio.
- Lisääntynyt tieto Kevitsan kaivannaisjätteiden hapettumisnopeuksista.

Sivukivialueen lopulliselle peittorakenteelle on määritelty tyypilliseksi vedenläpäisyksi <140 mm/vuosi ja hapen kulkeutuminen saman peittorakenteen läpi on <3 mol/m²/vuosi. On kuitenkin huomioitava, että vuosien välillä on eroja, sillä ilmastolliset tekijät vaikuttavat peiton toimintaan. Peittorakenteina on tarkastelu sekä moreenipeittoa, jossa on tiiviskerros ja suojakerros sekä bentoniittipeittoa, jossa on myös suojakerros. Vaihtoehtotarkastelu on ulotettu vain peittorakenteen fysikaaliseen toimintaan. Fysikaalisen tarkastelun tukena ovat peittopilottikokeet. Koko kaivosalueen kattavassa sulkemisen jälkeisessä vaikutusarvioinnissa lähtöoletuksena on sivukivialueen moreenipeitto.

Peittorakenteen lisäksi oleellisia piirteitä ovat pinnan muotoilu, pintavesien johtamiseen tarkoitettu kanavaverkosto peiton yläpuolella, kasvittaminen sekä pinta- ja suotovesien johtamisjärjestelyt.

Matalarikkisen rikastushiekan rikastushiekka-altaan A1 peittorakenteille on käytetty erilaisia toiminnallisia määritelmiä rikastushiekka-altaan eri osissa. Lakialueella sadeveden suotautuminen keskimäärin noin 144 mm/vuosi ja hapen kulkeutuminen rikastushiekkaan on noin 5 mol(O₂)/m²/vuosi. Patoalueilla hapen kulkeutuminen rikastushiekkaan on keskimäärin noin 1 mol(O₂)/m²/vuosi. Etelän puoleisilla patoalueilla sadevettä suotautuu peiton läpi keskimäärin noin 144 mm/vuosi. Pohjoisen puoleisilla patoalueilla sadevettä suotautuu peiton läpi peittorakennevalinnasta riippuen <25

mm/vuosi tai noin 144 mm/vuosi. Uudella matalarikkisen rikastushiekan altaalla A2 /VE1.3) käytetään pääpiirteissään samoja peittoratkaisuja kuin rikastushiekka-altaalla A1. Korkearikkisen rikastushiekan altaalle B1 (tai uudelle altaalle B2 vaihtoehdossa VE1.1) on suunniteltu erityistiivis peittorakenne, mutta kaivosalueen vaikutusarvioinnissa on rikastushiekka-altaan B1 (ja B2) peitolle on annettu suunniteltua rakennetta suurempi vedenläpäisy. Vaikutusarvioinneissa on käytetty hapen kulkeutumista 3 mol/m²/vuosi ja vedenläpäisyä 180 mm/vuosi.

Tarpeettomaksi käyvät rakennukset ja rakenteet poistetaan, louhosalueiden turvallisuudesta huolehditaan aitauksen ja luiskaamisen avulla. Aktiivinen vesienkäsittely on aluksi käytössä myös sulkemisen jälkeen, mutta samaan aikaan rakennetaan siirtymää seuraavaan vesienhallintavaiheeseen. Vesienhallinta on suunniteltu erikseen lyhyelle eli aktiivisen sulkemistyön aikajaksolle, louhoksen täyttymisvaiheelle sekä täyttyneen louhosjärven vaiheelle.

Suunnittelussa on sovellettu kaivannaisjätteen hallinnan BREF-asiakirjan (EC 2018) mukaista parasta käyttökelpoista tekniikkaa (BAT), mikä yksilöidään sulkemissuunnitelman BAT-arviossa.

Ympäristövaikutusarviot perustuvat useisiin peräkkäisiin malleihin, joihin sisältyy ketjun alkupäässä kaivannaisjätealueiden peittorakenteiden fysikaalisia tarkasteluja ja malleja, joiden avulla selvitetään veden ja kaasujen liikkumista peiton läpi. Kaivannaisjätealueille on laadittu sulkemisen jälkeiseen aikaan ulottuvat geokemialliset mallit, joissa edellä mainitut fysikaaliset mallit ovat yksi lähtötiedoista, jätealuetta koskevan suunnittelutiedon ja kemiallisen tutkimusaineiston ohessa. Täyttyvä louhosjärvi ottaa vastaan vesiä sadannasta, pohjavesivirtauksista sekä kaivosalueen eri osista. Muodostuvalla louhosjärvellä on oma mallinsa. Myös vaihtoehdoissa VE 1.1 ja VE 1.3 mukana olevalla tarvekivilouhoksella on louhosjärvimallinsa. Pohjavesimalli syöttää tietoa sekä louhosjärvimalliin että haitta-aineiden kulkeutumismalliin, joihin tulee tietoa myös geokemiallisista malleista. Myös vesi- ja kuormatasemalli tukee mallinnuskokonaisuutta. Ketjun lopussa ovat haitta-ainepitoisuudet vastaanottavissa vesistöissä ja vesistöjen tilan arviointi kaivoksen sulkemisen jälkeisenä aikana.

Pintavesivaikutuksia kohdistuu kaivoksen lähialueen pienvesistä lähinnä Mataraojaan ja Saiveljärveen, laajimmassa vaihtoehdossa VE1.3 myös Iso Vaiskonlampeen.

Haitta-aineiden pitoisuudet jäävät alle voimassa olevien ympäristölaatonormien (elohopea, kadmium, lyijy, nikkeli). Suurimmat vaikutukset sulkemisvaiheessa olisivat vaihtoehdossa VE1.3 Iso Vaiskonlammessa, jossa tapahtuisi selkeää kloridin, sulfaatin, nikkelin ja sinkin

pitoisuusnousua. Tällöin lammen kloridipitoisuus olisi tasolla 1,9 mg/l ja sulfaattipitoisuus 14 mg/l, mikä jää edelleen selvästi alle tavoiteasettelussa käytettyjen arvojen. Metalleista nikkelin biosaatava pitoisuus 4,2 µg/l Iso Vaiskonlammessa on lähimpänä pintavesien ympäristölaatumormia (5 µg/l taustapitoisuus huomioiden). Muutoin kaikkien mallinnettujen alkuaineiden pitoisuus alittaa selkeästi raja-arvot.

Yksinkertaistetuista haitta-aineiden kulkeutumismalleista saadaan pohjavesipitoisuudet vain tarkasteltavien kulkeutumisreittien loppupäähän. Merkittävimmät muutokset kaivostoimintaa edeltävän ja kaivoksen sulkemisen jälkeisen ajan välillä liittyvät kloridipitoisuuksiin, jotka ovat pääsääntöisesti korkeampia kuin taustapitoisuudet suurimmillaan. Sulfaatin ja nikkelin pitoisuudet ovat kaivosalueen keskimääräisen taustapitoisuuden yläpuolella, mutta suurimman taustapitoisuuden alapuolella. Rikastushiekka-alueelta Mataraojan puoleiseen suuntaan kohdistuvat sulkemisen jälkeiset pohjavesivaikutukset ovat lähestulkoon samat eri hankevaihtoehdoissa. Myös sivukivialueen ja Mataraojan välisellä alueella hankevaihtoehtojen väliset erot ovat melko vähäisiä. Saiveljärven tuntumassa pohjavesivaikutukset jäävät ylipäänsä suhteellisen vähäiseksi, Sivukivialueen ja Vaiskonlammen väliselle alueelle pohjavesivaikutuksia kohdistuu vain vaihtoehdoissa VE1.1 ja VE1.3, joista VE1.3:ssa pohjaveden pitoisuudet ovat systemaattisesti hieman korkeampia kuin VE1.1:ssä.

Sulkemisvaiheen tarkkailussa korostuu rakenteiden toimivuus. Sekä sulkemisvaiheessa että pitkällä aikavälillä päätehtäviin kuuluu seurata vesien laatua ja niistä aiheutuvaa kuormitusta, mutta myös pohjavesien ja vastaanottavien vesistöjen tilaa.

1 Johdanto

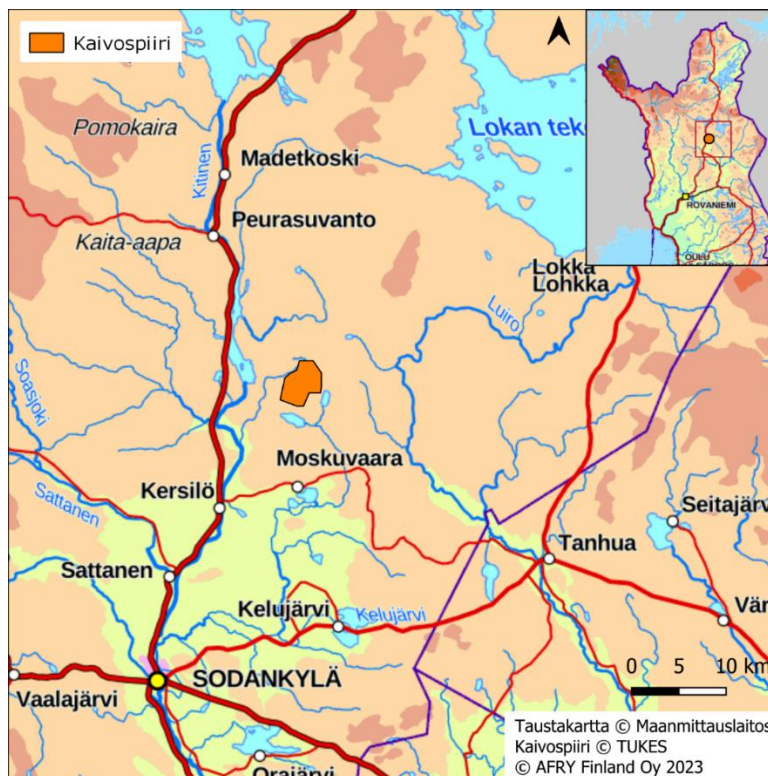
1.1 Kevitsan kaivos lyhyesti kuvattuna

Boliden Kevitsa Mining Oy:n Kevitsan kaivos sijaitsee Sodankylän kunnassa noin 30 km keskustaajamasta pohjoiskoilliseen ja noin 140 km Rovaniemeltä pohjoiseen (Kuva 1-1). Tuotanto on käynnistynyt kesällä 2012. Kaivospiirin pinta-ala on noin 14 km².

Louhittava esiintymä on nikkeli- ja kuparisulfidien malmi, joka sisältää paikoin korkeita platina-, palladium-, koboltti- ja kultapitoisuuksia. Kumuloituneet mineraalit ovat oliviini, klinopyrokseeni ja ortopyrokseeni.

Kaivoksen ydintoimintoihin kuuluvat avolouhos, sivukivialueet, rikastushiekka-allas, vesivarastoallas sekä rikastamo. Rikasteet kuljetetaan satamaan laivattaviksi asiakkaille, mutta myös satamasta rautateitse Harjavaltaan.

Boliden Kevitsa Mining Oy on vuonna 2012 tuotantonsa aloittanut monimetalliyhtiö, jonka päätuotteita ovat nikkeli- ja kuparirikaste. Nikkelin ja kuparin lisäksi Kevitsan esiintymässä on kobolttia, platinaa, palladiumia ja kultaa. Kevitsan kaivos sijaitsee Sodankylän kunnassa 35 kilometriä Sodankylän keskustaajamasta pohjoiseen



Kuva 1-1. Kevitsan kaivoksen sijoittuminen kartalla.

1.2 Nykyaikainen vaiheittain tarkentuva sulkemissuunnittelu

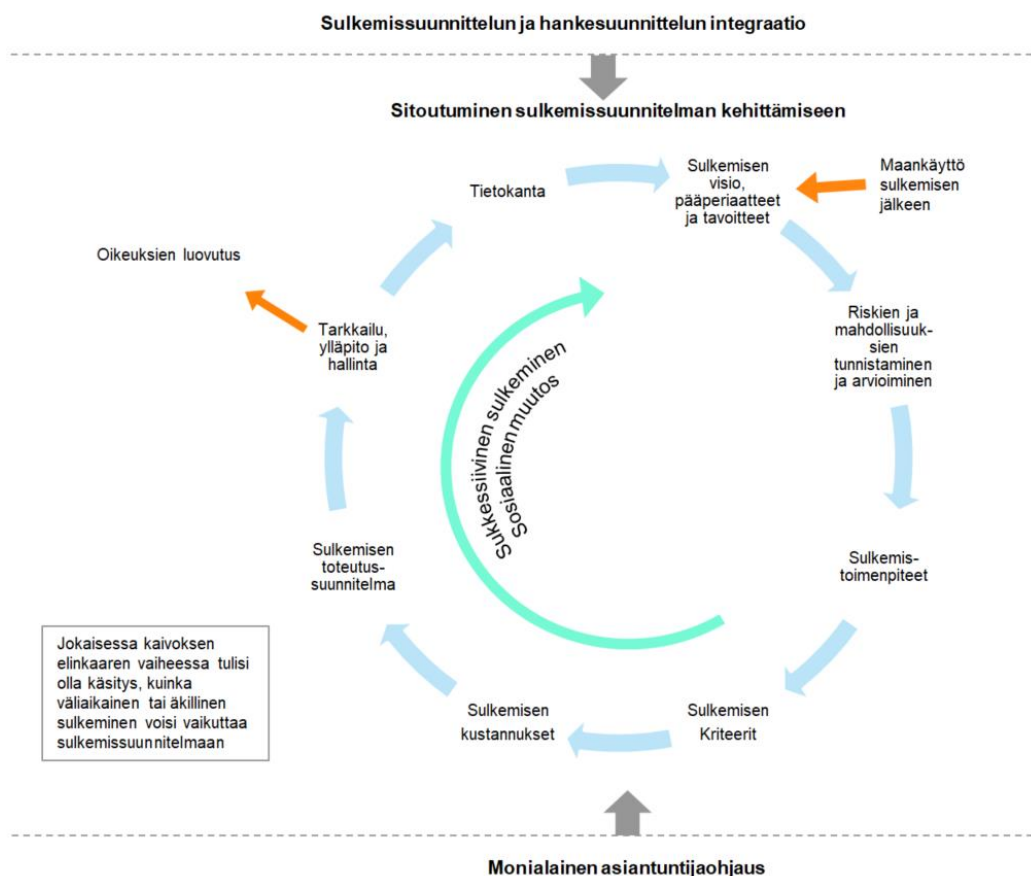
Kaivoksen sulkemissuunnittelu on työtä, joka tarkentuu vaiheittain ja päivitysten kautta (esim. ICMM, 2019, Australian Government, Dept. of Industry, Tourism and Resources, 2006, Vastuullisen kaivostoiminnan verkosto, 2017). Sulkemissuunnittelun etenemistä suhteessa kaivoshankkeen etenemiseen on havainnollistettu kuvassa (1-2) ja se mukailee karkeasti ICMM:n sulkemissuunnittelukuvausta. Yleensä sulkemissuunnitelmaa kutsutaan käsitteelliseksi suunnitelmaksi ("conceptual plan") lähes kaivostoiminnan loppuun asti. Sulkemissuunnitelmaa luonnehditaan lopulliseksi tai yksityiskohtaiseksi vasta siinä vaiheessa, kun kaivoksen louhinta- ja läjityssuunnitelmia ei enää päivitetä ja sulkemissuunnitelma voidaan viedä niin yksityiskohtaiselle tasolle, että sen perusteella voidaan laatia sulkemistyön urakkatarjoukset.



Kuva 1-2. Kaivoksen sulkemissuunnittelun eteneminen suhteessa hankkeen etenemisvaiheeseen, mukaillen karkeasti ICMM:n sulkemissuunnittelun suosituksia.

Vaiheittain tarkentuva sulkemissuunnittelussa samat työvaiheet toistuvat useita kertoja. Toimenpidesuunnitelmia tarkennetaan ja parannetaan aikaisempien suunnittelukierrosten ympäristövaikutusten ja riskien arviointien pohjalta. Tämän jälkeen sulkemisen jälkeisiä ympäristövaikutuksia ja riskejä arvioidaan jälleen uusien toimenpidesuunnitelmien pohjalta. Jokaisella

suunnittelukierroksella tavoitteena on edellistä suunnittelukierrosta parempi vaikutusten ja riskien hallinta. Sulkemissuunnittelua kuvataankin kehänä, toistojen sarjana ICMC sulkemisoppaassa Integrated Mine Closure: Good Practice Guide (2019) (Kuva 1-3).



Kuva 1-3. Kaivoksen sulkemissuunnittelun kehämäisyys ja elementit ICMC:n (2019) mukaan.

Sulkemiskäytösten on oltava kestäviä ympäristön, turvallisuuden ja talouden kannalta. Paikalle jäävien rakenteiden on oltava vakaita pitkällä aikavälillä eikä alueesta saa aiheutua sulkemisen jälkeen haittaa ympäristölle tai ihmisten ja eläinten terveydelle. Lisäksi sulkemissuunnittelun tavoitteiden on oltava sellaisia, joita vasten kaivoksen sulkemisen jälkeistä tilaa voidaan selkeästi arvioida.

Keskeisessä roolissa on myös paikkakohtaisen tietopohjan jatkuva kasvattaminen (ICMC:n 2019 tarkoittama "knowledge base"). Tietopohjan kasvattamista ohjaavat puuteanalyysit sekä riskinarviot. Lähtötietoja pyritään aina parantamaan niiltä osin, kuin vaikutusarviossa havaitaan huomattavia epävarmuuksia.

1.3 Riskiperusteisuus sulkemissuunnittelussa

Sulkemissuunnittelu on yleensä kiinteä osa toiminnan suunnittelua. Kevitsan kaivoksen alkuperäisen suunnittelutyön aikaan sulkemissuunnittelu on ollut suomalaisessa käytännössä vielä suhteellisen karkeaa. Viimeaikaisissa toiminnan muutossuunnitelmissa (kuten rikastushiekka-altaan korotustavan muuttaminen) sulkemissuunnittelu on kuitenkin ollut jo osa alkuperäistä suunnitteluprosessia.

Varhaisissa suunnitteluvaiheissa ratkaisujen valintaa ohjaavat alkuperäisriskit. Kun alkuperäisriskit on tunnistettu, voidaan valita esimerkiksi kaivannaisjätealueiden suunnittelu- ja sulkemistrategiat. Tässä vaiheessa mm. riskiperusteisten BAT-tekniikoiden huomioiminen on oleellista. On kuitenkin huomioitava, että referenssiasiakirja (EC 2018) ei ole kaiken kattava eikä muita ratkaisumalleja poissulkeva. Referenssiasiakirja ei myöskään voi sisältää kaikkia riskitekijöiden ja olosuhteiden yhdistelmiä. Näin ollen sekä alkuperäisriskien tunnistus sekä vaikutusten ja jäännösriskien arviointi ovat äärimmäisen tärkeitä työvaiheita. Kun ensimmäinen versio toimenpidesuunnitelmista valmistuu, voidaan arvioida ympäristöön kohdistuvat vaikutukset ja jäännösriskit. Vaikutusten ja jäännösriskien suuruus ratkaisee, pitääkö ratkaisujen suunnittelun äärelle palata vielä uudelleen.

Sulkemissuunnittelussa eri riskitekijöistä johtuvat toimenpidetarpeet voivat olla myös keskenään ristiriitaisia ja tällöin erityisesti on syytä priorisoida suunnittelua ohjaavina tekijöinä sellaiset riskit, joiden toteutumisella on suuri todennäköisyys ja vakavat seuraukset.

1.4 Aikaisemmat työvaiheet

1.4.1 Vanhimmat suunnitelmat ja määräykset kaivoksen sulkemistoimenpiteistä

Kevitsan kaivoksen ensimmäisessä ympäristöluvassa (46/09/1 2.7.2009) edellytettiin varsinaisen sulkemissuunnitelman laatimista ja sen toimittamista silloisen ympäristölupaviranomaisen hyväksyttäväksi. Hakemuksessa oli esitetty sulkemistoimia, kuitenkin ilman yksityiskohtaista sulkemissuunnitelmaa. Ympäristöluvassa tulevan sulkemissuunnitelman vaatimuksiksi nimettiin maisemointi ja vesien johtaminen avolouhukseen. Jätealueiden sulkemista kunkin osa-alueen täyttyessä edellytettiin jo tuolloin. Sivukivialueelle määrättiin vähintään 0,5 metriä paksu tiivistetty moreenipeitto ja rikastushiekka-alueelle vastaava 0,3 metriä paksu peitto. Peitolle esitettiin vedenläpäisevyysarvo, joskin yksikön perusteella kyseessä lienee ollut moreenin vedenjohtavuus (10^{-8} m/s), paikalleen tiivistetyssä

tilassa. Korkearikkiselle rikastushiekalle edellytettiin kalvon sisältävä rakenne. Lisäksi annettiin määräyksiä alueturvallisuudesta.

Jo ennen kaivoksen toiminnan alkamista toteutui toiminnan laajentamisen ympäristövaikutusten arviointi, joka valmistui vuonna 2011. Laajentamisen lupahakemuksen yhteydessä vuonna 2012 esitettiin alustavatasoinen sulkemissuunnitelma, joka oli ajan tavan mukaisesti melko suppea ja maisemointikeskeinen. Sulkemisratkaisut pysyivät jokseenkin vuoden 2009 luvan mukaisena. Tuolloin kuitenkin esitettiin mm. ensimmäiset arviot peittorakenteiden varsinaisesta vedenläpäisystä ja sulkemisen jälkeisestä suotoveden määrästä. Myös vuonna 2014 myönnetyssä laajennuksen ympäristöluvassa (79/2014/1 11.7.2014) sulkemisvaatimukset vastasivat peittojen osalta vuoden 2009 lupaa. Muilta osin sulkemismääräykset tarkentuivat vuoden 2014 luvassa.

Marraskuussa 2016 tehtiin selvitys sulkemissuunnitelman päivittämistarpeista, puuteanalyysin muodossa. Tämän pohjalta laadittiin runko työsuunnitelmalle.

1.4.2 Vuonna 2019 valmistunut sulkemissuunnitelmapäivitys ja sen keskeinen kulku

Vuonna 2019 valmistuneen ja 2020 täydennetyn sulkemissuunnitelman työprosessi käynnistyi vuoden 2016 puuteanalyysin pohjalta talvikauden 2016–2017 aikana. Kaivannaisjätteiden osalta käynnistettiin täydentävä näytteenotto- ja analyysisuunnitelma, jonka pohjalta käynnistyi pitkäkestoinen työ täydentävän kaivannaisjätetiedon kokoamiseksi. Hieman myöhemmässä vaiheessa käynnistettiin sivukivialueella peittorakenteiden pilottikokeita, joista saatujen fysikaalisten tulosten avulla myös sivukivialueelle sittemmin laadittuja malleja on pystytty verifioimaan.

Sulkemissuunnittelun keskeisenä lähtökohtana oli sulkemiseen liittyvistä alkuperäisriskeistä merkittävimpänä pidetyt vesistövaikutukset. Kaivosalue on merkittävän kokoinen ja sulkemisen jälkeiset vastaanottavat vesistöt (Mataraoja ja Saiveljärvi) pieniä. Näin ollen esisijainen tavoiteasettelu kohdistui vastaanottavien lähivesistöjen tilaan kaivoksen sulkemisen jälkeisenä aikana.

Kun varsinainen sulkemissuunnittelun päivittämistyö käynnistyi, tarkasteltiin aluksi silloisen ympäristöluvan mukaista sulkemistoimenpiteiden yhdistelmää (ns. Permit Case). Koerakenteiden rakentamisen ja seurannan yhteydessä havaittiin muun muassa, että sivukivialueen ympäristöluvan mukaisessa rakenteessa routa pääsisi tunkeutumaan tiiviskerrokseen. Lisäksi todettiin, että tiiviskerroksen tiivistäminen ei käytännössä onnistuisi täysin luvitetun mukaisessa kerrospaksuudessa. Niinpä varsinaista tiiviskerrosta päätettiin ohentaa, mutta routasuojasta paksuntaa.

SulkemISRatkaisua paranneltiin tarvittavilta osin. Tuloksena oli uusi sulkemistoimenpiteiden yhdistelmä Base Case, jonka ympäristövaikutuksia tarkasteltiin mallinnusten avulla ja riskejä FMEA#1 työpajassa. Base Casen ympäristösuorituskykyä ei pidetty riittävänä. Mikäli tämä ratkaisu toteutettaisiin, nikkeliä voisi kulkeutua merkittävinä määrinä Mataraojaan ja pääasiallinen kulkeutumisreitti olisi pohjavesi (tosin päästöt ja kulkeutuminen olisivat todennäköisesti pienemmät kuin luvan mukaisessa ratkaisussa). Saiveljärnessä vaikutus olisi vähäisempi, johtuen lähinnä laimentumistekijöistä.

Rikastushiekka-alueen A1 osalta Base Case sulkemISRatkaisu oli edelleen sama kuin Permit Case ratkaisu. Kaavailtuun rakenteeseen liittyi toteutettavuusongelmia: kuperan muotoilun toteuttaminen vaatisi joko massiivisen määrän täyttömateriaalia tai patorakenteisiin kajoamista. Oli siis selvää, että sulkemISRatkaisua jouduttiin edelleen kehittämään Base Casea paremmaksi myös tältä osin.

Seuraava sulkemistoimenpiteiden yhdistelmä oli ns. Mitigation Case. Tässä korkearikkinen sivukivi tiiviskapseloitiin, kun se aikaisemmin oli kapseloitu vain matalarikkisen sivukiven sisään. Tosin korkearikkisen sivukiven soluissa oli aiemminkin tiiviimpi kateosa, joka vähensi veden kulkeutumista soluihin. Mitigation Casessa mukaan tuli puolitiiviitä peittoja sivukivialueen väliaikaisiin luiskiin. Rikastushiekka-alueen A1 kupera muotoilu vaihdettiin koveraan. Rikastushiekka-alueen keskusta kaavailtiin muodostuvaksi vuodenaikaislampi, johon suunniteltiin avokanava johtamaan vesiä pois. Rikastushiekka-alue B1 käsiteltiin edelleen Permit Casen mukaisena ratkaisuna. Mitigation Casen ympäristövaikutuksia tarkasteltiin mallinnusten avulla ja riskejä FMEA#2 työpajassa.

Myös Mitigation Casessa Mataraojaan muodostui sulkemisen jälkeen tavoitteita korkeampia nikkelipitoisuuksia. Näin ollen Mitigation Casesta luotiin vielä edelleen paranneltu versio ns. Enhanced Mitigation Case. Pitkällä aikavälillä vedellä täyttynyt avolouhos eli louhosjärvi oli keskeisessä roolissa ympäristövaikutusten osalta, sillä huomattava osa esimerkiksi kaivannaisjätealueiden vesistä kulkeutui ympäristöön nimenomaan louhosjärven pintakerrosten kautta. Louhosjärnessä metallien poistoa päätettiin tehostaa bioremediaation avulla. Lisäksi rikastushiekka-alueen A pohjoisreunan patopenkereille päätettiin asentaa tiivis peittorakenne.

1.4.3 Vuonna 2019 havaitut lisätyöt ja töiden toteuttaminen

Vika- ja vaikutusanalyysit olivat keskeinen osa suunnittelujatkumoa ja arviointityöpajoihin osallistui useita kaivosyhtiön edustajia, sulkemissuunnitelman parissa työskentelevien konsulttiyhtiöiden edustajia sekä viranomaisia.

FMEA2# vika- ja vaikutusanalyysissä (OKC 2019b) todettiin eräitä toimenpiteitä aiheuttavia asioita:

- Tarvekiveä (USW) ei ollut riittävästi silloisen suunnitelman mukaiseen 10 m paksun tarvekivikivikerroksen toteuttamiseen koko sivukivialueella. Tähän on sittemmin haettu lupamuutosta, joka sallisi 5 metrin paksuisen kerroksen. Asiasta on annettu myönteinen lupapäätös 80/2023, lupamääräys 49. Tämä em. päätös on sittemmin yhdistetty toisen lupapäätöksen kanssa päätöksellä 95/2025, jossa on sama lupamääräys vastaavalla sisällöllä. Päätöksellä (95/2025) on siten muutettu 11.7.2014 myönnetyn luvan määräystä 49. Määräyksellä sallitaan vähintään viiden metrin paksuus. Kyseinen vuoden 2025 päätös on muutoksenhaun alainen, mutta lupamääräyksen 49. osalta täytäntöönpanokelpoinen.
- Riittävä peittomateriaalien saatavuus oli epävarmaa ja tästä syystä yhtiö käynnisti moreenikartoitusohjelman ja sen jälkeen maa-ainesten ottoalueiden YVA-prosessin. Maa-ainesten ottoalueiden YVA-menettely on päättynyt vuonna 2022. YVA-menettelyn jälkeen kaivosyhtiö on edennyt maa-ainelain mukaiseen maa-ainesten oton luvitukseen. Ensimmäinen maa-ainesten ottoalueista (MR11) on jopa ehtinyt jo vaiheittaisen sulkemisen käyttöön. Kyseinen moreeninottoalue on suljettu ja työ on valvovan viranomaisen eli Sodankylän kunnan hyväksymä (Asianumero: D/315/11.01.01.02/2023)
- Peittorakenteista tarvittiin lisää fysikaalista koeaineistoa ja lisäksi tiiviskerrostien rakennettavuudesta tarvittiin lisää tietoa. Pilottikoeohjelmaa täydennettiin ja pilottikokeita rakennettu lisää ja seurattu pidemmällä aikavälillä.
- Rikastushiekka-alueella vesien poisjohtaminen kanavarakenteen avulla alueelta vaati tarkempaa suunnittelua ja täydentäviä suotovirtausten mallinnuksia.
- Huolenaiheeksi jäi myös louhosjärven bioremediaatiossa tarvittava fosforilisäys ja sen mahdolliset vaikutukset Mataraojaan. 2019 FMEA:n yhteydessä ehdotettiin fosforilisäyksen vaikutusarviota. Sittemmin fosforilisäyksen tarvetta on arvioitu uudelleen. Lähtötiedot ovat tarkentuneet ja mm. jätealueiden, louhosjärven ja haitta-aineiden kulkeutuminen on mallinnettu uudelleen. Tarkentuneen tiedon valossa on todettu, että sulkemisen jälkeiset vaikutukset ovat hallittavissa myös ilman bioremediaatiota, jolloin fosforilisäys ja siihen liittyvä ravinnekuormariski on pystytty poistamaan suunnitelmasta.

Rikastushiekka-alueen patokorotustapa on edellisen sulkemissuunnitelman jälkeen suunniteltu uudestaan. Kyseessä on muutos sisäänpäin korotuksista keskilinjakorotuksiin. Tämä tarkoittaa myös sitä, että 2019 rikastushiekka-

alueen patoalueiden sulkemisen osalta vuonna 2019 tehdyt johtopäätökset tarkentavista tietotarpeista ovat vanhentuneet.

1.5 Muutokset ja painopistealueet sulkemissuunnitelman päivityksessä vuosina 2022–2025

Sulkemissuunnittelun painopistealueet vuosien 2022–2025 sulkemissuunnittelutyössä olivat osittain aikaisemman vuosien 2016–2019 työvaiheen jatkoa ja osin ne valikoitiin aikaisemman suunnitelman lausuntokierroksen perusteella.

Keskeisiä muutoksia ja lisäyksiä vuosien 2022–2025 suunnittelukierroksella:

- Kaivannaisjätteiden kineettinen testaus on aikaisempaa laajempi ja kaivannaisjätteille on suoritettu hapettumisnopeuksien testausta, joten lähtöaineisto jätealueiden ja louhosjärven vedenlaatumalleihin on tarkentunut.
- Kaivannaisjätealueiden malleissa on huomioitu tarvekiven uudelleen määrittely (luku 4.3.8).
- Arvioita peittojen toiminnallisista ominaisuuksista on verifioitu pilottikokeiden tulosten avulla. Toiminnallisilla ominaisuuksilla tarkoitetaan peiton läpi kulkeutuvan hapen määrää ($\text{mol/m}^2/\text{vuosi}$) sekä peiton läpi imeytyvän sadeveden määrää (mm/vuosi).
- Rikastushiekka-alueen patojen muuttunut korotustapa ylävirtaan korotuksista keskilinjakorotukseksi on huomioitu.
- Rikastushiekka-alueen pintavesikanavan rakennetta on tarkennettu.
- Teollisuusalueen sulkemista on tarkennettu (joskin rakennusten ja rakenteiden purku on käsitelty ensisijaisesti kaivoslain mukaisen vakuuden päivityskäsittelyn yhteydessä).
- Sulkemisessa tarvittavien maamassojen tiedot ja sijainti ovat tarkentuneet.
- Suunnitelmia sulkemis- ja jälkihoitovaiheen vesienhallinnasta on tarkennettu.
- Pohjavesimalli, joka toimii myös haitta-aineiden kulkeutumismallien alustana, on päivitetty.
- Jätealueiden geokemialliset mallit ja louhosjärvimalli on päivitetty.
- Haitta-aineiden kulkeutumisreittien osalta jakaantumiskertoimia on selvitetty laboratoriomittauksin.

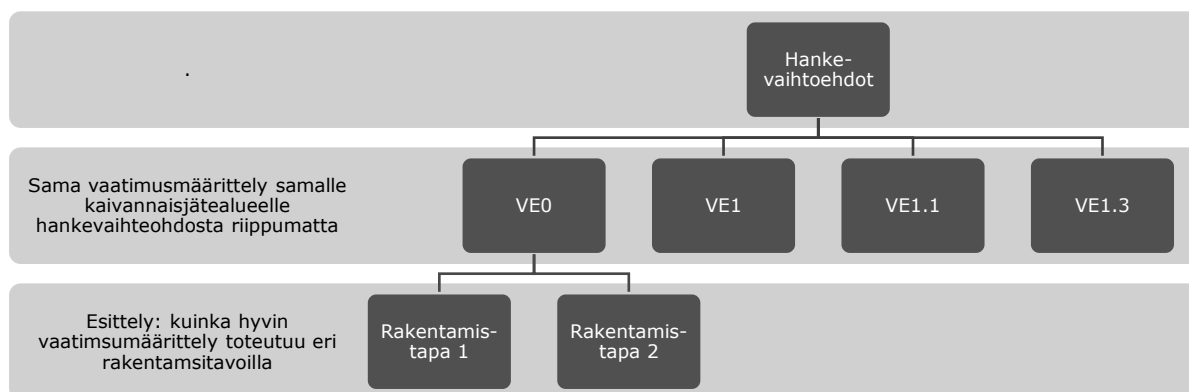
1.6 Sulkemissuunnitelman tarkoitus YVA:n yhteydessä

YVA-vaiheen sulkemissuunnitelman keskeinen tarkoitus on verrata hankevaihtoehtoja niiden sulkemisen jälkeisessä tilassa. Sulkemisen jälkeiselle ajalle tuotetaan vaikutusarviot sekä tunnistetaan jäännösriskit. Kaivosaluetta

tarkastellaan ensisijaisesti kokonaisuutena, joka vaikuttaa ympäristöönsä myös sulkemisen jälkeen.

Mahdollinen vaihtoehtoisten sulkemistratkaisujen vertailu on toissijaista, sillä erilaiset sulkemistratkaisut ainoastaan moninkertaistaisivat tarkasteltavien hankevaihtoehtojen määrän.

Tässä YVA-vaiheen sulkemissuunnitelmassa esimerkiksi kaivannaisjätealueiden sulkemistratkaisut käsitellään toiminnallisina vaatimusmäärittelyinä. Kaivannaisjätealueiden peittämisen toiminnalliset vaatimusmäärittelyt koostuvat ensisijaisesti vedenläpäisystä (mm/vuosi keskimäärin) sekä hapen kulkeutumista (mol O₂/m²/vuosi keskimäärin). Sama toiminnallinen vaikutus on yleensä saavutettavissa useammalla eri rakentamistavalla. Tässä sulkemissuunnitelmassa vaatimusmäärittelyjä vastaavia rakentamistapoja esitellään eri kaivannaisjätealueille yksi tai useampi. Siitä, kuinka eri rakentamistavat vastaavat vaatimusmäärittelyjä, esitetään mm. pilottikokeista ja mallinnuksista kertynyttä tietoa (Kuva 1-4).



Kuva 1-4. Vaihtoehtotarkastelun rakenne tässä YVA-vaiheen sulkemissuunnitelmassa.

2 Kaivoksen nykytoiminta ja tarkasteltava hanke

2.1 Kaivoksen nykyinen toiminta

2.1.1 Nykyisen toiminnan yleiskuvaus

Kevitsan kaivoksen ydintoimintoihin kuuluvat avolouhos, josta louhitaan malmia ja sivutuotteena syntyvää sivukiveä. Kaivosalueella olevalla rikastamolla malmista otetaan talteen arvokkaat mineraalit. Louhittu sivukivi läjitetään sivukivialueelle ja rikastamon vaahdotusprosessin jätteenä muodostuva rikastushiekka läjitetään rikastushiekka-altaalle. Kaivannaisjätteiden jätealueet on kunkin jakeen osalta suunniteltu ympäristökelpoisuuden perusteella. Luokitteluperiaatteet ja ympäristökelpoisuusarvio perustuvat kaivannaisjätteiden jätehuolto-suunnitelmaan.

Kevitsan kaivoksen toimintojen keskiössä on myös vesienhallintaan liittyviä rakenteita ja altaita, kuten vesivarastoallas ja vesienkäsittelyjärjestelmät kaivoksella muodostuvien vesien käsittelyä varten.

Kevitsan päätuotteina ovat nikkeli- ja kuparirikaste. Tuotetut rikasteet kuljetetaan Kemin satamaan laivattaviksi asiakkaille, mutta myös satamasta rautateitse Harjavaltaan. Vuonna 2024 Kevitsassa tuotettiin nikkelikastetta noin 135 100 tonnia (v. 2023 120 800 tonnia) ja kuparirikastetta noin 104 000 tonnia (v. 2023 83 300 tonnia). (Boliden Kevitsa Mining Oy 2025)

Vuoden 2024 kokonaislouhintamäärä oli yhteensä 32,2 Mt (v. 2023 36,4 Mt). Kokonaislouhintamäärästä malmia oli noin 10,7 Mt ja sivukiveä noin 21,5 Mt. Louhinnassa syntyy kolmea eri sivukivijätettä, jotka on luokiteltu niiden rikkipitoisuuden mukaan. Kapseloitavaa sivukiveä (korkearikkinen ja mahdollisesti happoa tuottava sivukivi) louhittiin 1,8 Mt, normaalia sivukiveä 9,8 Mt ja tarvekiveä 9,7 Mt. Normaalia sivukiveä ja tarvekiveä käytetään louheena ja murskeena kaivosalueella rakentamisessa ja teiden kunnossapitotöissä. Tarvekiveä käytetään myös ympäristörakenteiden kuten rikastushiekka-altaiden patojen rakennusmateriaalina sekä sivukivialueen peitto- ja pohjarakenteissa. (Boliden Kevitsa 2025)

2.1.2 Louhinta

Voimassa olevan ympäristöluvan (nro 79/2014/1) mukainen vuosittainen louhintamäärä on malmille 10 miljoonaa tonnia ja sivukivelle 63 miljoonaa tonnia. Heinäkuussa 2025 saapuneessa ympäristölupapäätöksessä (nro 95/2025) yhtiö sai luvan louhia malmia 10,5 miljoonaa tonnia vuosittain (päätös ei vielä lainvoimainen).

Avolouhoksen louhintatasot jaetaan räjäytyskenttiin malmin ja eri materiaalityyppien välisistä rajoista käytettävissä olevan tiedon perusteella. Malmin muodosta johtuen räjäytetään yleensä sekakenttiä eli kenttiä, joissa on sekä malmia että sivukiveä. Vuoden 2024 aikana avolouhoksella suoritettiin tuotantoräjäytyksiä 47 päivänä ja räjäytettiin yhteensä 77 kenttää. Edellisen vuoden (2023) luvut olivat 55 räjäytyspäivää ja 94 kenttää. Keskimääräinen kenttäkoko tuotantolouhinnassa oli vuonna 2024 noin 418 000 t, kun edellisen vuoden keskiarvo oli 387 000 t. Tuotantoräjäytysten lisäksi louhosalueella suoritetaan paljon pienempiä rikko- ja kynsiräjäytyksiä. Tuotantokenttien porauksessa Kevitsassa on käytössä sekä poltto- että sähkömoottorikäyttöisiä poravaunuja.

Louhinnan poraus- ja panostusvaiheessa kallioon porataan porausvaunuilla reiät räjäytyskenttää varten, jossa muodostunut kiviaines (porasoija) imetään porauksen aikana suodattimin varustetuilla pölynkeräimillä. Porareivät panostetaan emulsioräjähteillä, jotka herkistyvät vasta porarei'issä. Räjäytykset suoritetaan normaalitilanteissa 07-22 välisenä aikana pääsääntöisesti 1–3 kertaa viikossa. Emulsioräjähteen valmistusaineet tuodaan louhokseen panostusautolla kaivosalueen laidalla sijaitsevasta urakoitsijan räjähdysainevarastosta. Räjäytyksessä käytettävät tuotteet sekoitetaan toisiinsa vasta panostustyön aikana panostusajoneuvosta porareikiin pumpattaessa. Räjäytettyjä malmi- ja sivukivilohkareita lastataan kahdella sähkökäyttöisellä lastauskoneella päivittäin viidessä vuorossa kiviautoihin.

Avolouhos pidetään kuivana pumppaamalla sinne kertynyttä pohja- ja sadevettä vesivarastoaltaalle. Avolouhoksesta pumpatut vedet johdetaan maanpinnalla öljynerotusaltaaseen ennen vesien johtamista kaivoksen vesikierrossa eteenpäin. Pumppauksen seurauksena pohjavesipinnat alenevat louhoksen ympärillä. Kuivatusveden laatu riippuu räjähdyskemikaalien laadusta, kallioperän ominaisuuksista sekä muodostuvan veden määrästä. Veden laatu voi heiketä, jos kuivatuspumppaus on pitkään keskeytynyt tai pohjavesi on kauan kontaktissa rikotun malmipinnan kanssa. Mikäli avolouhoksen kuivatusveden nikkelipitoisuus ylittää 5 mg/l, kuivatusvesi ohjataan vesivarastoaltaan ohi sivukivialueen pumppaamon imualtaaseen, josta vesi voidaan johtaa suoraan kaivoksen vesienkäsittelyyn.

2.1.3 Sivukiven hallinta

Sivukivijakeiden hallinta suunnitellaan louhittaessa siten, että kulloinkin louhittavan kiven laatu tunnetaan ja sijoitus voidaan tehdä hallitusti sulfidien hapettumisen minimoimiseksi. Sivukivet jaetaan ympäristöluvan (nro 79/2014/1) kolmeen eri luokkaan, joita ovat tarvekivi (Usable Waste USW, rikkipitoisuus < 500 mg/kg), normaali sivukivi (Unusable Waste UNW,

rikkipitoisuus 0,3–0,8 %) sekä kapseloitava sivukivi (Captured Waste CW, rikkipitoisuus >0,8 %). Sivukiviluokista tarvekivi sekä normaali sivukivi luokitellaan happoa muodostamattomiksi sivukiviksi ja kapseloitava sivukivi mahdollisesti happoa muodostavaksi sivukiveksi.

Louhittu sivukivi lastataan kiviautoihin ja ajetaan sivukivialueelle. Vuoden 2020 aikana on otettu käyttöön avolouhoksella Modular Mining -tuotannon johtamis- ja -seurantajärjestelmä, jonka avulla sivukiven läjitystä ohjataan ja seurataan GPS-paikannuksen avulla. Sen avulla sivukivikuormat on mahdollista kipata tarkasti suunniteltuun paikkaan, ja kipauspaikan koordinaatit tallentuvat kuormakohtaisesti tuotantotietokantaan. Korkearikkinen sivukivi kapseloidaan muilla sivukivillä siten, että rikkipitoisuudeltaan alle 0,3 % sivukiveä on korkearikkisen sivukiven päällä vähintään 5 metriä. Tarvekiveä käytetään murskattuna kaivosalueen sisällä tapahtuvassa rakentamisessa. Ympäristöluvan mukaisesti kaivosalueella tapahtuvaan rakentamiseen liittyvissä täytoissä, joissa kiviaines sijoitetaan pysyvästi maavesi- tai pohjavesipinnan alapuolelle, saa hyödyntää sivukiveä, jonka rikkipitoisuus on enintään 0,8 %. Tarvittaessa sivukiveä voidaan murskata hyötykäyttöön alueille, joissa sen käyttö on ympäristöluvan mukaisesti sallittua.

Sivukivialue luokitellaan muuksi kaivannaisjätteen jätealueeksi, johon saa sijoittaa vain sivukiveä, pintamalmia, rapautunutta kalliota ja pintamaita. Sivukiven jätealueen ylin täyttötaso saa olla enintään N60 + 310 m. Sivukivijakeiden hallinta suunnitellaan louhittaessa siten, että kulloinkin louhittavan kiven laatu tunnetaan ja sijoitus tehdään hallitusti sulfidin hapettumisen estämiseksi. Sivukivi, jonka rikkipitoisuus on yli 0,8 %, pintamalmi ja rapautunut kallio sijoitetaan sivukiven läjitysalueen sisäosiin. Tätä sivukivityyppiä kutsutaan kapseloitavaksi sivukiveksi. Kapseloitavan sivukiven läjitysalueet tehdään pinta-alaltaan mahdollisimman pieniksi ja muotoillaan yläosaltaan reunoja kohti kallistuviksi siten, että läjityksen lävitse kulkeutuvan valumaveden määrä on mahdollisimman pieni. Täytön päälle on tehtävä valumavesien kulkeutumista rajoittava pintarakenne alueelta poistettavasta, nikkelpitoisuudeltaan korkeammasta moreenista ($Ni > 150 \text{ mg/kg}$). Runsasrikkisen sivukiven läjitys on tehtävä alueelle, josta toiminnan loppumisen jälkeen valumavedet kulkeutuvat luontaisesti, jätealueen aiheuttamista mahdollisista pohjavesien virtaussuuntien muutoksista huolimatta Mataraojan valuma-alueelle ja/tai avolouhokseen. Sivukivialueen täyttötoiminta suoritetaan vaiheittain. Läjitysalueen pinta- ja reuna-alueet tehdään vähintään 5 m:n paksuudelta laskennallisesti happoa muodostamattomasta sivukivestä (tarvekivi), jonka rikkipitoisuus on alle 0,3 %. Sivukivialueen jätealueen reunaluiskat on muotoiltava keskimääräiseen kaltevuuteen 1:3 tai loivemmiksi ja lakiosat reunoja kohti viettäviksi

täyttötoiminnan osana viimeistään vuoden kuluessa lopullisen korkeuden saavuttamisesta. Samalla alueen pintaan on tehtävä tarvittava kiilaus.

Sivukivien laatu käsitellään luvussa 4.3.

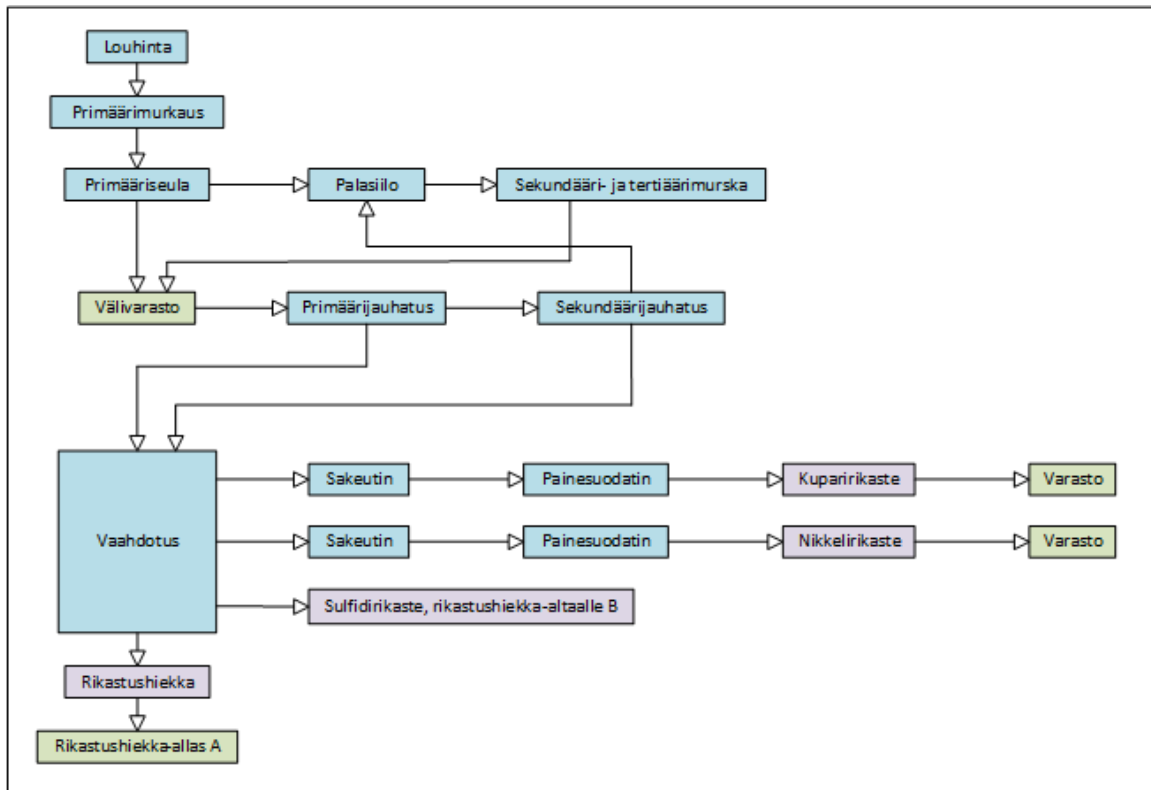
2.1.4 Pintamaiden hallinta

Toiminnassa muodostuu sivukivien lisäksi ylijäämämaina pintamaata ja moreenia, jotka sijoitetaan omille alueilleen. Moreenia, jossa nikkeliä on alle 150 mg/kg, varastoidaan sivukivialueen länsipuolelle kaivosalueen rakentamisessa käytettäväksi. Niin kutsuttua nikkelimoreenin eli moreenin, jossa nikkeliä on yli 150 mg/kg, läjitys on lopetettu. Ympäristöluvan mukaisesti nikkeliptoista moreenia voidaan hyödyntää patorakentamisessa määrän puolen tiivisrakenteissa, kapselikiven kapseloinnissa sivukivialueella tai muissa vastaavissa rakenteissa, joissa materiaali jää pysyvästi maavesi- tai pohjavesipinnan alapuolelle. Nikkelimoreenia käytetään myös kapselikiven kapseloinnissa sivukivialueella. Nikkelipitoisen moreenin läjitysalueelta sade- ja sulamisvedet kootaan ympärysojiin ja johdetaan vesivarastoaltaalle. Pintamaat on hyödynnetty ja tullaan edelleen hyödyntämään louhoksen itäpuolella olevan meluvallin rakentamisessa.

Pintamaiden laatu käsitellään luvussa 4.2.

2.1.5 Rikastamo

Malmi lastataan kiviautoihin ja kuljetetaan malmin välivarastoalueelle (ROMpad), josta se kuljetetaan primäärimurskaan. Rikastamolla malmi murskataan, jauhetaan sekä rikastetaan nikkeli- ja kuparirikasteiksi. Kevitsan kaivoksen rikastusprosessi louhinnasta aina valmiiksi tuotteeksi ja jätteiksi on esitetty kuvassa 2-1. Poikkeustilanteissa, esimerkiksi primäärimurskaamon ollessa rikki malmia murskataan mobiilimurskaimella malmin välivarastoalueella.



Kuva 2-1. Kevitsan kaivoksen rikastusprosessin yksinkertaistettu kaavio.

Rikastusprosessi tapahtuu sisätiloissa, mikä ennaltaehkäisee ympäristövaikutuksia aiheuttavia vaaratilanteita. Ympäristöluvan mukaisesti malmin välivarastoalueella voidaan varastoida kerralla enintään 2,0 Mt malmia. Sade- ja valumavedet päätyvät painovoimaisesti malmin varastoalueen ympärillä oleviin ojiin, joista vedet päätyvät HDPE-kalvolla varustettuihin keruualtaisiin. Malmin välivarastoalueen keruualtaiden vedet johdetaan joko painovoimaisesti vesivarastoaltaaseen, tai pumpataan rikastushiekka-altaaseen B.

Primäärimurskaamossa malmi murskataan karamurskaimella. Murskaamo on sijoitettu 30 m syvään kalliokuiluun pöly- ja melupäästöjen hallitsemiseksi. Murskattu malmi syötetään välivarastosta lamellisyyttimillä hihnakuljettimella palasiilon ja hienomurskaukseen. Primäärimyllyn tuote seulotaan ja seulonnan ylite johdetaan hihnakuljettimella palasiilon ja hienomurskaukseen. Myllyn seulan alite pumpataan luokitukseen, jonka karkea fraktio palautetaan myllyyn ja ylite johdetaan vaahdotukseen. Osa primäärimyllyn alitteesta pumpataan sekundäärimyllyyn ja sen jauhaus/luokituspiiriin. Pölypäästöjen hallitsemiseksi primääri- ja sekundäärimurskaimet sekä seulomo on varustettu pölynkeräimillä. Primääriseula on koteloitu vuonna 2019.

Maanpäälliset kuljettimet on koteloitu yläpuolelta ja sivuilta. Jauhatuksen ja luokituksen jälkeen liete pumpataan vaahdotukseen.

Rikastusprosessi perustuu kupari- ja nikkelpitoisten sulfidimineraalien selektiiviseen vaahdotukseen. Malmiliete pumpataan vaahdotuskennoihin, joissa kemikaalien ja lietteeseen muodostettavien ilmakuplien avulla saadaan halutut mineraalit nousemaan vaahdoksi lietteen pinnalle, josta ne johdetaan seuraavaan prosessivaiheeseen.

Selektiivisen vaahdotuksen ensimmäisessä vaiheessa vaahdotetaan lietteestä kuparikiisu (Cu-FeS_2) kuparirikasteeksi. Saatu rikaste puhdistetaan kertausvaiheissa. Kuparivaahdotuksen jälkeen malmiliete johdetaan nikkeli-vaahdotukseen, jossa vaahdotetaan nikkelimineraali (pentlandiitti). Platinaryhmän metallit ja koboltti jäävät pääasiassa nikkelikasteeseen. Nikkeli-vaahdotuksen jälkeen lietteestä vaahdotetaan loput sulfidimineraalit rikkivaahdotuksessa (lähinnä magneettikiisu, FeS). Viimeisessä vaahdotusvaiheessa on esivaahdotusvaihe ja kertausvaahdotusvaihe. Rikkivaahdotuksen alite johdetaan rikastushiekka-altaalle A (Rikastushiekka A) kun taas rikkivaahdotuksen ylite (rikaste) johdetaan rikastushiekka-altaalle B (rikastushiekka B). Rikkivaahdotuksessa syntyvä rikaste (rikastushiekka B) on mahdollisesti happoa muodostavaa ja se pumpataan eri rikastushiekka-altaalle (rikastushiekka-allas B). Rikastushiekka B:n erilleen sijoitus mahdollistaa sen mahdollisen jatkokäytön. Mikäli käsiteltävä malmi on magneettikiisupitoisuudessa köyhää erotetaan vaahdotettava magneettikiisu kupari- ja nikkelikasteisiin. Tällöin rikkivaahdotus voidaan ohittaa.

Vaahdotusprosessin jälkeen syntyneet nikkeli- ja kuparirikasteet johdetaan sakeutus- ja suodatusprosessiin. Kupari- ja nikkelikasteesta poistetaan aluksi vettä sakeuttimilla. Sakeuttimessa rikasteliete selkeytyy niin, että ylittevesi voidaan johtaa takaisin prosessiin. Flokkulanttia lisäämällä tehostetaan selkeytysprosessia. Sakeutuksen jälkeen nikkeli- ja kuparirikaste johdetaan painesuodatukseen, jonka jälkeen tuotteiden kosteuspitoisuus on alle 10 %. Suodatetut rikasteet puretaan rikastevarastoon ja kasataan tuotekohtaisiksi aumoiksi pyöräkuormaajalla. Tuotteet kuljetetaan eteenpäin alueelta katetuilla perävaunullisilla kuorma-autoilla. Kuormat peitetään aina pölyämisen estämiseksi.

Rikastekuljetuksia ajetaan arkipäivisin noin 20-24 kertaa päivässä. Loppuosan raskaasta liikenteestä kattaa kaivokselle saapuvat kemikaalikuljetukset ja muut lähetykset. Rikastekuljetukset on suoritettu kokonaisuudessaan irtotavarakuljetuksina lokakuun 2016 jälkeen, kun rikasteen säkityksestä luovuttiin. Rikasteet kuljetetaan kaivokselta rekoilla Kemiin, jossa rikaste lastataan joko junaan tai laivaan. Rautateitse kuljetettava rikaste viedään Harjavaltaan Bolidenin sulatolle. Laivalla kuljetettavasta rikasteesta osa menee Ruotsiin Rönnskäriin ja osa Harjavaltaan.

2.1.6 Kemikaalien käyttö ja seuranta

Toiminnassa käytetään kemikaaleja mm. rikastuksessa pH:n säätöön ja vaahdotuksessa sekä vedenkäsittelyssä. Kemikaalien kulutus riippuu osittain tuotantotasosta ja lisäksi kemikaalien käyttöä optimoidaan rikastamon malmisyötteen tarpeiden mukaan. Rikastuskemikaalien jäämistä ja niiden hajoamistuotteista on tehty erillisselvitys vuonna 2022, jonka mukaan vastaanottavassa vesistössä ei ole havaittavissa rikastuskemikaaleja tai niiden hajoamistuotteita (Boliden Kevitsa 2022). Käytettävät kemikaalit ja niiden vuosikulutus on esitetty taulukossa 2-1.

Taulukko 2-1. Kevitsan kaivoksella käytetyt kemikaalit vuosien 2014–2024 aikana. (Boliden Kevitsa 2024)

Rikastusprosessi	2020	2021	2022	2023	2024
pH-säätö					
Sammutettu kalkki Ca(OH) ₂ (t)	476	540	510	431	451
Rikkihappo (t)	1158	1441	1718	914	1335
Kokoojat					
Aerohpine 3418A (Natrium-di-isobutyyliditiiofosfinaatti) (t)	46	53	44	38	40
SEX (Natriumetyyliksantaatti) (t)	-	-	-	-	-
PIAX (Kaliumisoamyyliksantaatti) (t)	23	33	49	38	41
SIPX (Natriumisopropyliksantaatti) (t)	386	277	310	252	285
Vaahdotteet					
Nasfroth 240/350 (t)	177	190	226	210	206
Flokkulantit					
Fennopol N200 (t)	-	-	-	-	-
Superfloc A120 (t)	-	-	-	-	-
Drewfloc 270 (t)	2,9	2,5	2,3		1,3
Muut					
CMC (Karboksimetyyliselluloosa) (t)	370	767	1944	1556	1040
Nasmin 469 (Trietyleenitetra-amiini)	-	9,2	21	15	27
Vesienkäsittely	2020	2021	2022	2023	2024
Sammutettu kalkki Ca(OH) ₂ (t)	117	68	148	4,6	-
Rikkihappo (t)	47	11	3	7	3,9
Fennofloc 105 (PIX) (t)	225	240	161	318	6,5
Flopam AN934 (t)	8	10	7	3	6,7

Rikastusprosessi	2020	2021	2022	2023	2024
Kemira PAX-XL60 (t)	-	-	-	-	-
PIX-105 (t)			161	-	325

Räjähdysaineita tarvitaan noin 370 g kiviainestonna kohden. Vuonna 2024 emulsioräjähdysaineen kokonaiskäyttömäärä oli 10 830 t (Boliden Kevitsa 2024). Emulsiomatriisin valmistuksessa käytetään ammoniumnitraattiliuosta, joka sisältää pääasiassa ammoniumnitraattia ja natriumnitraattia. Räjähdysaineet varastoidaan Tukesin kemikaaliluvan mukaisesti. Ympäristöluvan mukaan kaivosalueelle on tarvittaessa mahdollista tehdä emulsiomatriisin tuotantolaitos.

Rikastuskemikaalijäämien osalta on tehty selvityksiä vuosina 2017 (Pöyry Finland Oy 2017) ja 2022 (Boliden Kevitsa Mining Oy 2022). Vuoden 2022 selvityksessä kaivoksen sisäisen vesikierron prosessivettä sisältävissä jakeissa havaittiin Nasfrothia sekä natriumisopropyyliksantaattia (SIPX). Kalium-isoamyyliksantaattia ei havaittu yhdessäkään vesinäytteessä. Vastaanottavan vesistön vesinäytteissä ei havaittu rikastuskemikaalijäämiä minkään ksantaatin osalta eikä SIPX:n hajoamsituotteena esiintyvää isopropyyli-alkoholia. Rikastuskemikaalitutkimukset ovat kehityksessä olevaa toimintaa ja esimerkiksi 2017 ja 2+022 selvitysten välillä erottelutarkkuus on parantunut. Seurantatutkimuksia on ehdotettu tehtäväksi kolmen vuoden välein. Kemikaalijäämien seuranta ei kutienkaan ole sulkemisen jälkeiseen aikaan niiden hajoamisnopeuden huomioiden.

2.1.7 Rikastushiekan hallinta

Rikastusprosessissa muodostuva rikastushiekka pumpataan putkilinjoja pitkin rikastushiekka-altaisiin A ja B vesilietteenä. Rikastuksessa muodostuu kahta ominaisuuksiltaan erilaista rikastushiekkajäätettä: vähärikkinen ja runsasrikkinen rikastushiekka. Kupari- ja nikkelivaahdotusprosessissa syntyvä vähärikkinen rikastushiekka (rikastushiekka A) luokitellaan tavanomaiseksi jätteeksi ja se sijoitetaan laajempaan rikastushiekka-altaaseen A. Rikkivaahdotusprosessissa syntyvä runsasrikkinen rikastushiekka (rikastushiekka B) luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi ja se sijoitetaan rikastushiekka-altaaseen B. Rikastushiekka-altaiden patojen harjoilla kiertävät runkoputket, joista rikastushiekkaa voidaan purkaa keskemälle allasta pienempiä spigottiputkia käyttäen.

Rikastushiekka-allas A sijoittuu Kevitsan länsirinteelle ja Iso-Hanhilehdon itärinteelle sekä niiden väliselle Kevitsanaapa -nimiselle suoalueelle. Allas B sijoittuu altaan A koillisosalle Kevitsan rinteeseen. Alueilla, joissa turvekerroksen paksuus on riittävä, luontainen turvekerros on jätetty

rikastushiekka-altaiden pohjan tiivisrakenteeksi. Muilla alueilla rikastushiekka-altaan A pohjalla on käytetty joko keinotekoisesti rakennettua turvekerrosta ja bentoniittimattorakennetta. Patorakenteiden alapuolelta turve ja muut orgaaniset maa-ainekset on poistettu ennen patorakentamista.

Rikastushiekka-alue B:n pohjakerros poikkeaa alueesta A, sillä B-alueella alimmaisena on moreenikerros ja sen päällä on bentoniittimatto sekä bitumigeomembraani.

Rikastushiekka-allas A luokitellaan suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi kaivannaisjätteen jätealueeksi, joille saa sijoittaa vain vähärikkistä rikastushiekkaa. Myös runsasrikkisen rikastushiekan allas B on luokiteltu suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavaksi jätealueeksi. Rikastushiekka-allas B pyritään pitämään jatkuvasti veden peitossa sulfidien hapettumisen estämiseksi. Vesimäärän hallitsemiseksi altaalla B on palautuspumppaamo, josta vesiä pumpataan vesien käsittelyyn tai rikastushiekka-altaalle A ja sitä kautta takaisin prosessiin tai vesivarastoaltaalle. Rikastushiekka-altaille on laadittu vahingonvaaraselvitys.

Rikastushiekkojen laatu käsitellään luvussa 4.5.

2.1.8 Vesien hallinta ja käsittely

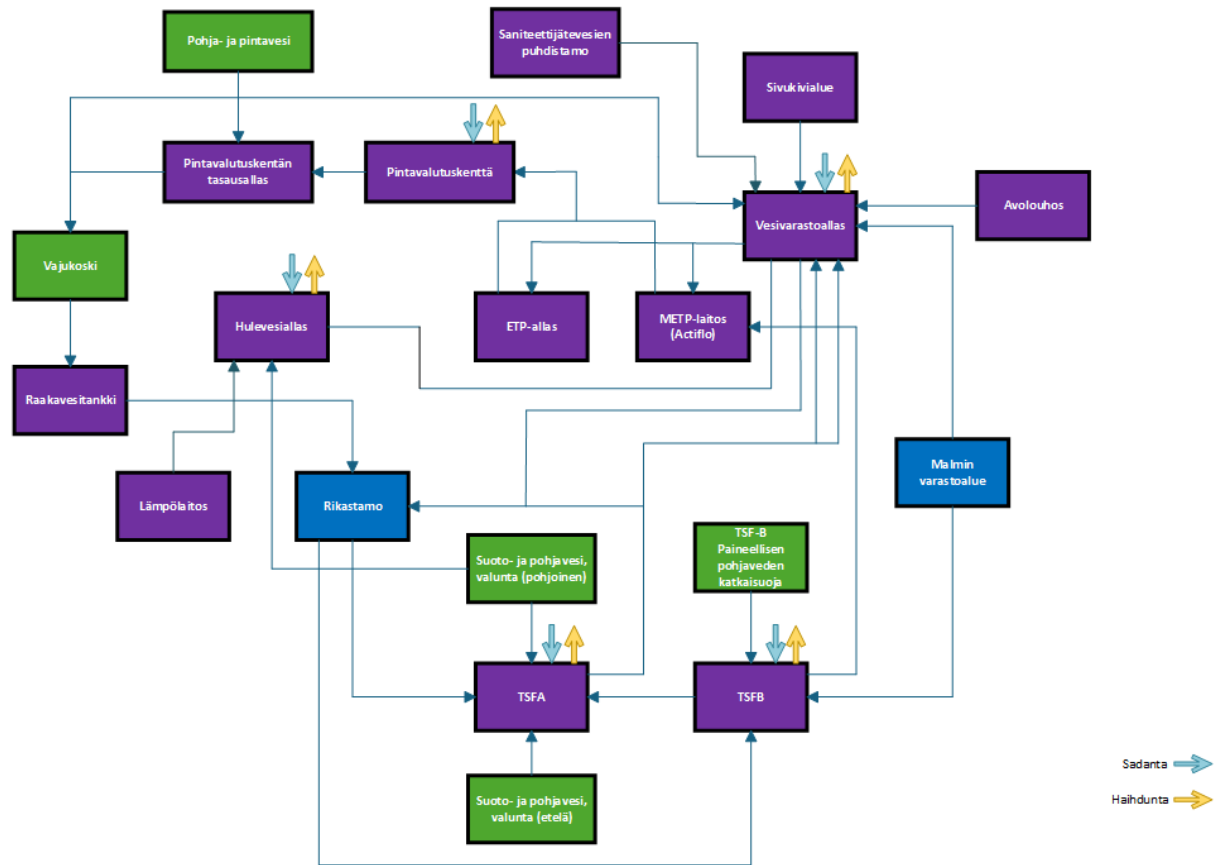
Kaikki kaivosalueella muodostuvat laadultaan mahdollisesti heikentyneet vedet johdetaan vesivarastoaltaaseen. Kaivosalueella laadultaan heikentyneitä vesiä muodostuu rikastusprosessista, kaivoksen kuivatusvesistä, saniteettivesistä sekä läjitys- ja toiminta-alueiden suoto- ja valumavesistä.

Louhoksen pohjalle kertyvät avolouhoksen kuivatusvedet pumpataan avolouhoksen öljynerotusaltaan kautta vesivarastoaltaalle. Sivukivialueen vedet kerätään läjitysaluetta kiertävillä avo-ojilla ja pumpataan vesivarastoaltaaseen. Rikastushiekka-altaan A pohjoispuoliset suotovedet johdetaan hulevesialtaan kautta vesivarastoaltaaseen ja eteläpuoliset suotovedet pumpataan takaisin A-altaaseen. Malmin välivarastoalueella muodostuvia valumavesiä kerätään vesivarastoaltaaseen tai rikastushiekka-altaaseen B. Rikastushiekka-altaalta pumpataan rikastushiekkalietteestä erottunutta vettä vesienkäsittelyyn. Rikastushiekka-altaaseen B pumpataan Kevitsavaaran suunnasta tulevia vesiä altaan ja vaaran väliin rakennetun katkaisuojan kautta.

Kaivoksen toiminnassa tarvittava raakavesi otetaan Kitisestä, Vajukosken vesivoimalaitoksen patoaltaasta. Raakaveden ottoa pyritään minimoimaan käyttämällä prosessivettä niissä kohteissa, joissa se on mahdollista ja tehostetaan kaivosalueella muodostuvien vesijakeiden kierrätystä ja uudelleenkäyttöä kaivoksen ja rikastamon toiminnoissa. Suurimmat kulutuskohteet raakavedelle ovat pumppujen tiivistevesi ja prosessilaitteiden

jäähdytysvesi (myllyjen jäähdytys). Toiminnassa tarvittava talousvesi puhdistetaan raakavedestä tehdasalueella.

Kaivoksen vesikiertokaavio on esitetty alla (Kuva 2-2).



Kuva 2-2. Kevitsan kaivoksen nykyinen vesikiertokaavio.

Kaivoksen vesikierron kannalta keskeisin yksikkö on vesivarastoallas. Vesivarastoaltaan vedet pumpataan prosessivedeksi rikastamolle tai vesienkäsittelyyn ja edelleen purkuvesistöön. Vesivarastoaltaalta pyritään palauttamaan sinne tulevasta vedestä prosessiin jopa 90 %, jolloin raakaveden tarve pienenee ja vesien kierrätysaste kasvaa.

Vesienkäsittely käsittää tällä hetkellä kaksi linjaa, joista vanhempi yksikkö on ETP (effluent treatment plant) ja uudempi METP (modular effluent treatment plant). Käsitelty ylitevesi (ns. puhdistettu vesi) johdetaan putkella purkuvesistöön Kitiseen, Vajusen altaaseen. ETP käsittää neutralointipohjaisen saostusyksikön, josta vesiä johdetaan purkuun pintavalutus kentän kautta ja sen ohitse tai tarvittaessa takaisin vesivarastoaltaalle. METP-laitos käsittää kemiallisen Actiflo®- puhdistusyksikön, joka on otettu käyttöön keväällä 2017 ja sitä on laajennettu vuonna 2018. Actiflo® on kemiallinen puhdistusprosessi, joka hyödyntää mikrohiekkaa ytimenä sakanmuodostuksessa. Actiflo® - puhdistamo on tällä hetkellä kaivokselta lähtevien vesien pääasiallinen puhdistusyksikkö. ETP-puhdistamolle johdetaan nikkeli pitoisuudeltaan yli 5

mg/l olevat vedet esimerkiksi sivukivialueelta tai avolouhoksesta, jotka käsittelyn jälkeen voidaan johtaa vesivarastoaltaaseen tai Kitiseen purettavaksi luparajojen mukaisesti. Vesivarastoaltaalta Actiflo®-käsittelyn jälkeen vedet johdetaan ohitusputkeen. Aiemmin ylitevesien käsittelyssä jälkikäsittely-yksikkönä on toiminut pintavalutuskenttä. Päätöksen nro 95/2025 (ei lainvoimainen) mukaisesti pintavalutuskenttä jää pois käytöstä.

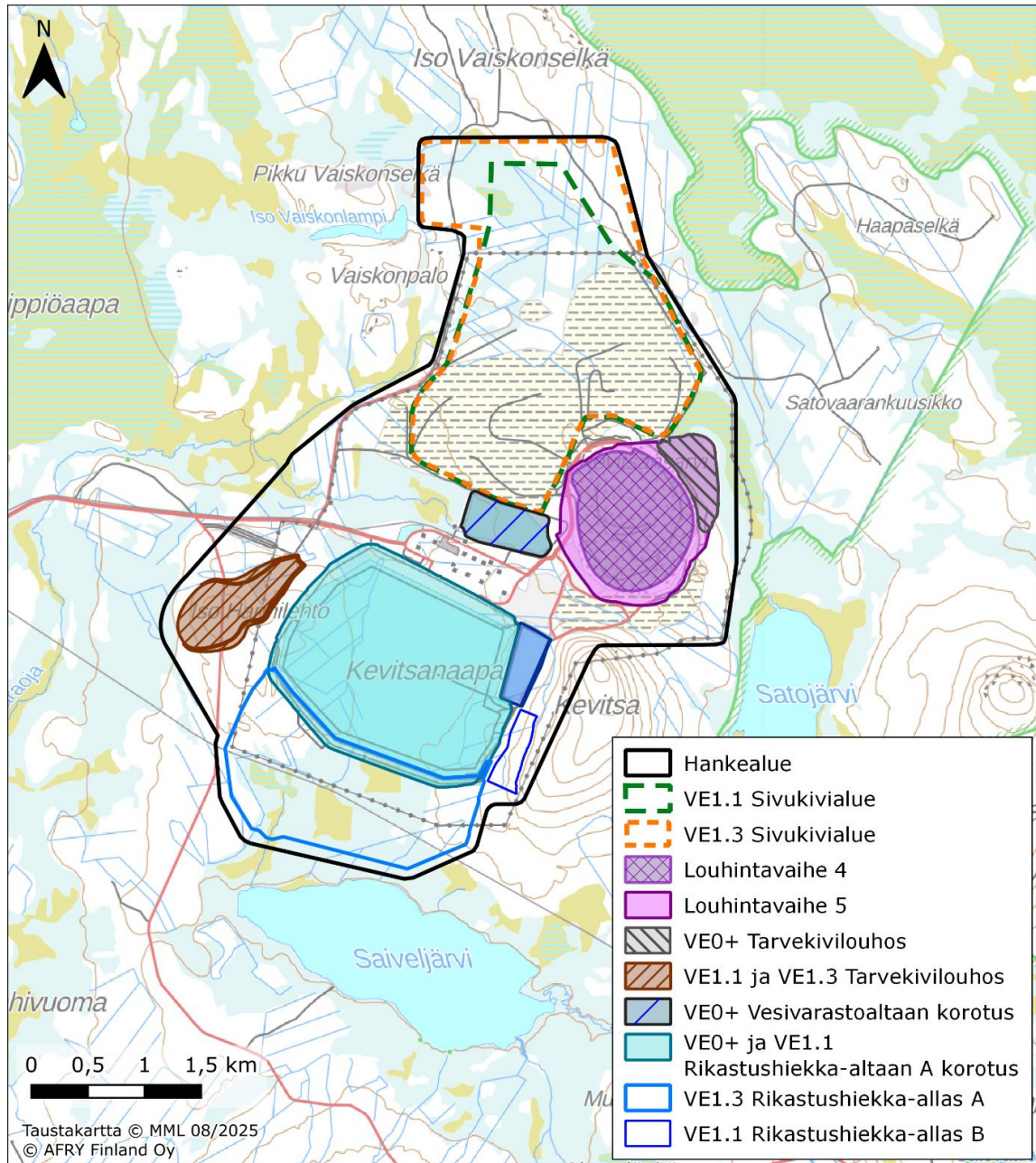
Nykyisen saniteettijätevedenpuhdistamon toiminta perustuu biologiseen käsittelyyn ja kemialliseen fosforinpoistoon. Puhdistetut jätevedet johdetaan Kevitsan kaivoksen vesivarastoaltaaseen. Liele on poistettavissa imuautolla ja sen käsittely on sakokaivolietettä vastaanottavan tahon vastuulla (asianmukaiset luvat omaava laitos). Saniteettijätevesien käsittelylaitosta on saneerattu vuosina 2018–2019.

2.2 Arvioinnin kohteena olevan hankkeen kuvaus

2.2.1 Hankkeen yleiskuvaus

Louhintavaiheen 5 käyttöönotto tarkoittaa avolouhoksen laajentamista ja syventämistä ja siten kaivoksen toiminta-ajan pidentämistä. Malmin kokonaislouhinta kasvaisi tasolle 315 miljoonaa tonnia ja sivukiven louhinta kasvaisi tasolle 860 miljoonaa tonnia nykyisen ympäristöluvan mukaisesta tasosta (166 miljoonaa tonnia malmia ja 465 miljoonaa tonnia sivukiveä). Rikastushiekkaa muodostuisi toiminnan aikana eli kaivostoiminnan alusta loppuun asti yhteensä noin 310 miljoonaa tonnia nykyisen ympäristöluvan mukaisesta tasosta 160 miljoonaa tonnia. Toiminta-ajan pidentymisen vuoksi kaivannaisjätteiden sijoittamiselle tarvitaan lisäkapasiteettia. Louhintavaiheen 5 käyttöönoton myötä kaivoksen toiminta jatkuisi arviolta vuoteen 2045 asti. Vuotuiset louhintamäärät pysyvät kuitenkin ennallaan, jolloin malmin louhintamäärä olisi noin 10,5 miljoonaa tonnia ja sivukivien louhinta enintään 63 miljoonaa tonnia vuodessa.

Louhintavaiheen 5 YVA-menettelyn hankealue ja hankkeeseen sisältyvät toiminnot on esitetty kuvassa (Kuva 2-3).



Kuva 2-3. Louhintavaiheen 5 YVA-menettelyn hankealueen rajausta ja hankevaihtoehtoihin sisältyvät toiminnot.

2.2.2 Tiivistelmä hankevaihtoehtoista

YVA-menettelyssä on tarkasteltu hankkeen toteuttamatta jättämisen (ns. nollavaihtoehto eli VE0) lisäksi kahta eri hankevaihtoehtoa Kevitsan kaivoksen toiminnan jatkamiseksi jopa vuoteen 2045. Lisäksi YVA-menettelyssä on tarkasteltu vaihtoehto 0+, joka sisältää nykyisen louhintasuunnitelman loppuunsaattamiseksi tarvittavia uusia toimintoja. Vaihtoehtoon 0+ sisältyvät toiminnot ovat mukana vaihtoehdoissa 1.1 ja 1.3 sillä kyseiset toimenpiteet tarvitaan jo louhintavaiheen 4 lopussa.

VE0: Louhintavaihetta 5 ei toteuteta, vaan toiminta jatkuu nykyisen tuotantos suunnitelman (louhintavaiheet 1-4) mukaisesti arviolta vuoteen 2030. Toiminta jatkuu nykyisellään ympäristöluvan ja vireillä olevien lupamuutosten mukaisesti.

Nykyisen toimintasuunnitelman eli louhintavaiheen 4 loppuun saattamiseksi tarvittavat lisätoiminnot (ei ole varsinainen YVA:n hankevaihtoehto).

VE0+: Louhintavaihetta 5 ei toteuteta, vaan toiminta jatkuu nykyisen tuotantos suunnitelman (louhintavaiheet 1-4) mukaan arviolta vuoteen 2034. Vaihtoehto 0+ mahdollistaa louhintavaiheen 4 loppuun saattamisen. Kaivoksen vesivarastokapasiteettiä lisätään korottamalla vesivarastoallasta. Kaivospiirin sisälle avolouhoksen viereen rakennetaan tarvekivilouhos, josta louhitaan noin 25 miljoonaa tonnia tarvekiveä. Rikastushiekan läjityskapasiteettiä lisätään korottamalla rikastushiekka-allasta A tasolta +270 tasolle +280. Rikastushiekan kokonaisläjityskapasiteetti kasvaa tasolle 208 miljoonaa tonnia. Lisäksi kaivosalueen infrarakentamisessa, eli muun muassa rikastushiekka-altaan ja sivukivialueen ympäristörakenteissa hyödynnetään nykyistä korkeamman rikkipitoisuuden omaavaa tarvekiveä.

Louhintavaiheen 5 toteuttamisen hankevaihtoehdot ovat seuraavat:

VE1.1: Louhintavaihe 5 toteutetaan, jolloin toiminta jatkuu arviolta vuoteen 2045. Avolouhos laajenee louhintavaiheen 5 käyttöönoton myötä noin 55 hehtaaria, jolloin avolouhoksen pinta-ala olisi suurimmillaan 175 hehtaaria. Rikastushiekka-allasta A korotetaan keskilinjakorotustavalla tasolta +280 tasolle +310, jolloin rikastushiekan läjityskapasiteetti kasvaa tasolle 310 miljoonaa tonnia. Sivukivialuetta laajennetaan noin 130 hehtaaria ja korotetaan 40 metriä, jolloin alueen läjityskapasiteetti kasvaa tasolle 860 miljoonaa tonnia. Lisäksi rakennetaan uusi rikastushiekka-allas B. Rakennetaan kaivosalueen ulkopuolelle tarvekivilouhos, josta louhitaan enintään 60 miljoonaa tonnia tarvekiveä. Rikastushiekka-altaan ja sivukivialueen ympäristörakenteissa hyödynnetään nykyistä korkeamman rikkipitoisuuden omaavaa tarvekiveä.

On huomioitava, että vaihtoehtoon 1.1 sisältyy vaihtoehdon 0+ mukaiset toiminnot. Vaihtoehdossa 1.1 oletetaan, että 0+ mukaiset toiminnot toteutuvat, sillä kyseiset toimenpiteet tarvitaan jo louhintavaiheen 4 lopussa.

VE1.2: Poistettu vaihtoehdoista.

VE1.3: Louhintavaihe 5 toteutetaan, jolloin toiminta jatkuu arviolta vuoteen 2045. Avolouhos laajenee louhintavaiheen 5 käyttöönoton myötä noin 55 hehtaaria, jolloin avolouhoksen pinta-ala olisi suurimmillaan 175 hehtaaria. Rakennetaan uusi rikastushiekka-allas A, jolloin rikastushiekan läjityskapasiteetti kasvaa tasolle 310 miljoonaa tonnia. Sivukivialuetta ei

koroteta nykyisen luvan mukaisesta tasosta +310, mutta aluetta laajennetaan noin 220 hehtaaria. Sivukivien kokonaisläjityskapasiteetti kasvaa tasolle 860 miljoonaa tonnia. Rakennetaan kaivosalueen ulkopuolelle tarvekivilouhos, josta louhitaan enintään 60 miljoonaa tonnia tarvekiveä. Rikastushiekka-altaan ja sivukivialueen ympäristörakenteissa hyödynnetään nykyistä korkeamman rikkipitoisuuden omaavaa tarvekiveä.

On huomioitava, että vaihtoehtoon 1.1 sisältyy vaihtoehdon 0+ mukaiset toiminnot. Vaihtoehdossa 1.3 oletetaan, että 0+ mukaiset toiminnot toteutuvat, sillä kyseiset toimenpiteet tarvitaan jo louhintavaiheen 4 lopussa.

Tässä YVA-selostuksessa on nimenomaan keskitytty siihen, että saadaan selville, onko kaivannaisjätealueiden (sivukivialue ja rikastushiekka-alue) laajentaminen vai korottaminen parempi vaihtoehto. Toteutusvaihtoehto voi olla jotain VE1.1 ja VE1.3 väliltä. Esimerkiksi 1.1 vaihtoehdosta voisi toteutua matalarikkisen rikastushiekka-altaan A1 korotus, mutta 1.3 vaihtoehdosta sivukivialueen laajennus.

YVA-menettelyn hankealue ja hankevaihtoehtoihin liittyvät toiminnot on esitetty kuvassa 2-3. Ympäristövaikutusten arvioinnin vaihtoehtoihin liittyvät tunnusluvut on esitetty taulukossa (Taulukko 2-2).

Taulukko 2-2. Kevitsan kaivoksen louhintavaiheen 5 YVA-menettelyn vaihtoehtojen tunnuslukuja. VE1.2 on poistettu tarkastelusta YVA-ohjelman laadinnan jälkeen.

	VE0	VE0+	VE1.1	VE1.3
Toiminta päättyy (alustava arvio)	2030	2034	2045	2045
Malmin louhintamäärä avolouhoksesta (Mt)	166	208	315	315
Avolouhoksen pinta- ala (ha)	120 (135 ha sis. maanpoistot)	145 (165 ha sis. maanpoistot)	175 (195 ha sis. maanpoistot)	175 (195 ha sis. maanpoistot)
Sivukiven louhintamäärä* (Mt)	465	640	860	860
Sivukivialueen pinta- ala (ha)	330	330	490	550
Rikastushiekan läjitysmäärä (Mt)	160	208	310	310

Rikastushiekka-alueiden pinta-ala (ha)	350	350	420	550
Tarvekilouhoksen pinta-ala (ha)	Ei relevantti, koska ei rakenneta uusia tarvekilouhoksia	20 ha (25 ha sis. maanpoistot) **	40 (40 ha louhintaa / 50 ha sis. maanpoistot) ***	40 (40 ha louhintaa / 50 ha sis. maanpoistot) ***
Tarvekiven louhintamäärä uusista tarvekilouhoksista (Mt)	Ei relevantti, koska ei rakenneta uusia tarvekilouhoksia	30	60	60
Vesivarastoaltaan vesien varastointikapasiteetti (Mm ³)	0,8	1,6	1,6	1,6

*Tarvekiven louhintamäärä sisältyy esitettyyn sivukiven kokonaislouhintamäärään.

** Tarvekilouhos kaivosalueen sisäpuolella

*** Tarvekilouhos kaivosalueen ulkopuolella Iso Hanhilehdossa

2.2.3 Vaihtoehdot 0 ja 0+

Hankevaihtoehdossa 0 hanketta eli louhintavaiheen 5 käyttöönottoa ei toteuteta, vaan toiminta loppuu louhintavaiheeseen 4 (Kuva 2-4). Nollavaihtoehdo sisältää kaivosalueen nykyiseen toimintasuunnitelmaan (louhintavaiheet 1–4) kuuluvat toiminnot. Nollavaihtoehdossa toiminta jatkuu vuoteen 2030. Kaivosalueen toiminnot toteutetaan nykyisten ympäristölupien mukaisesti ja nykyisillä suunnitelmilla. On kuitenkin huomioitava, että rikastushiekka-altaan A rakennustapa poikkeaa nykyisten ympäristölupien mukaisista toiminnoista. Rikastushiekka-allas A1 rakennetaan tasolle +270 keskilinjakorotusmenetelmällä aikaisemman ylävirtaankorotusmenetelmän sijasta, jolloin altaassa varastoitavan rikastushiekan kokonaismäärä on 160 miljoonaa tonnia. Rikastushiekka-altaan A keskilinjakorotushakemus on toimitettu Pohjois-Suomen aluehallintovirastoon kesällä 2024. Hakemukseen on saatu päätös 21.11.2025 (nro 154/2025, Dnro PSAVI/8622/2024), mutta päätös ei ole vielä lainvoimainen.

Hankevaihtoehdossa 0+ louhintavaiheetta 5 ei oteta käyttöön, vaan toiminta loppuu louhintavaiheeseen 4 (Kuva 2-4). Vaihtoehdossa 0+ on mukana toimintoja, jotka mahdollistavat louhintavaiheen 4 hyödyntämisen

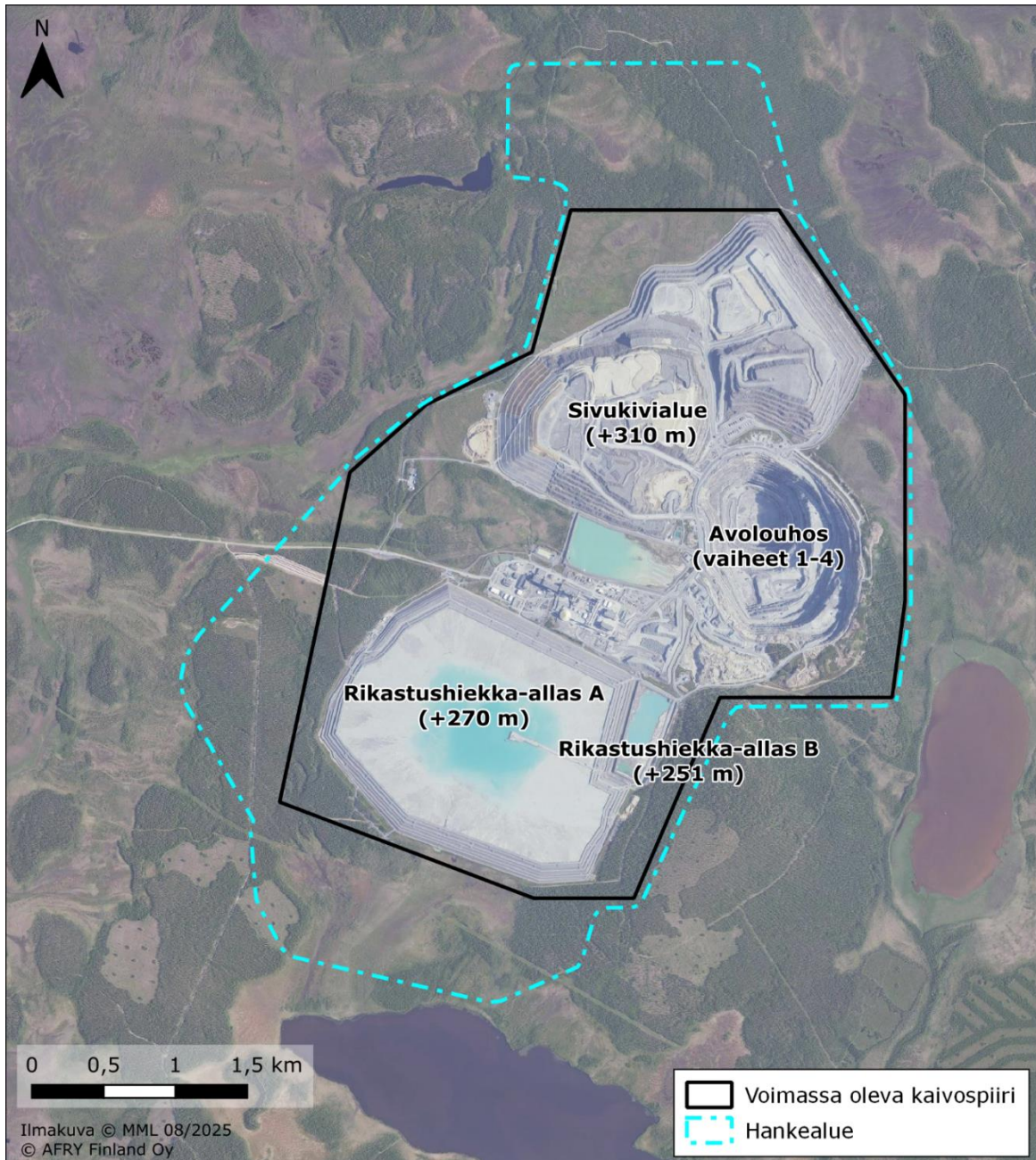
kokonaisuudessaan, jolloin kaivoksen toiminta jatkuisi vuoteen 2034. Louhintavaiheen 4 loppuun saattaminen eli vaihtoehdon 0+ toteutuminen edellyttää seuraavia lisäyksiä kaivoksen nykyisiin toimintoihin:

- Vesivarastoallasta korotetaan, jotta saadaan ylläpidettyä vesien varastointikapasiteetti riittävällä tasolla. Altaan vesivarastokapasiteetti kasvaa tasosta 0,8 milj. kuutiota tasolle 1,6 milj. kuutiota.
- Rakennetaan kaivosalueen sisälle louhintavaiheen 5 pintaosiin 25 ha tarvekivilouhos, josta louhitaan enintään 25 miljoonaa tonnia tarvekiveä.
- Korotetaan nykyinen rikastushiekka-allas A1 tasolle +280 m keskilinjamenetelmällä, jolloin rikastushiekan varastointikapasiteetti on kokonaisuudessaan 208 miljoonaa tonnia.
- Kaivosalueen infran rakentamisessa käytetään hyödyksi suurempi osa louhinnassa muodostuvasta sivukivistä. Tarvekivelle tehdään uudelleenluokittelu nikkelisulfidin, hapontuottopotentialin ja rikkipitoisuuden mukaan, kun ennen tarvekiven luokittelu on perustunut kiviaineksen rikin pitoisuuteen. Uudelleenluokitellun tarvekiven laatu on kuvattu tarkemmin luvussa 4.4. Uudelleenluokiteltua tarvekiveä käytetään nykyisen tarvekiven tapaan kaivosalueella infran ja patojen rakentamiseen.

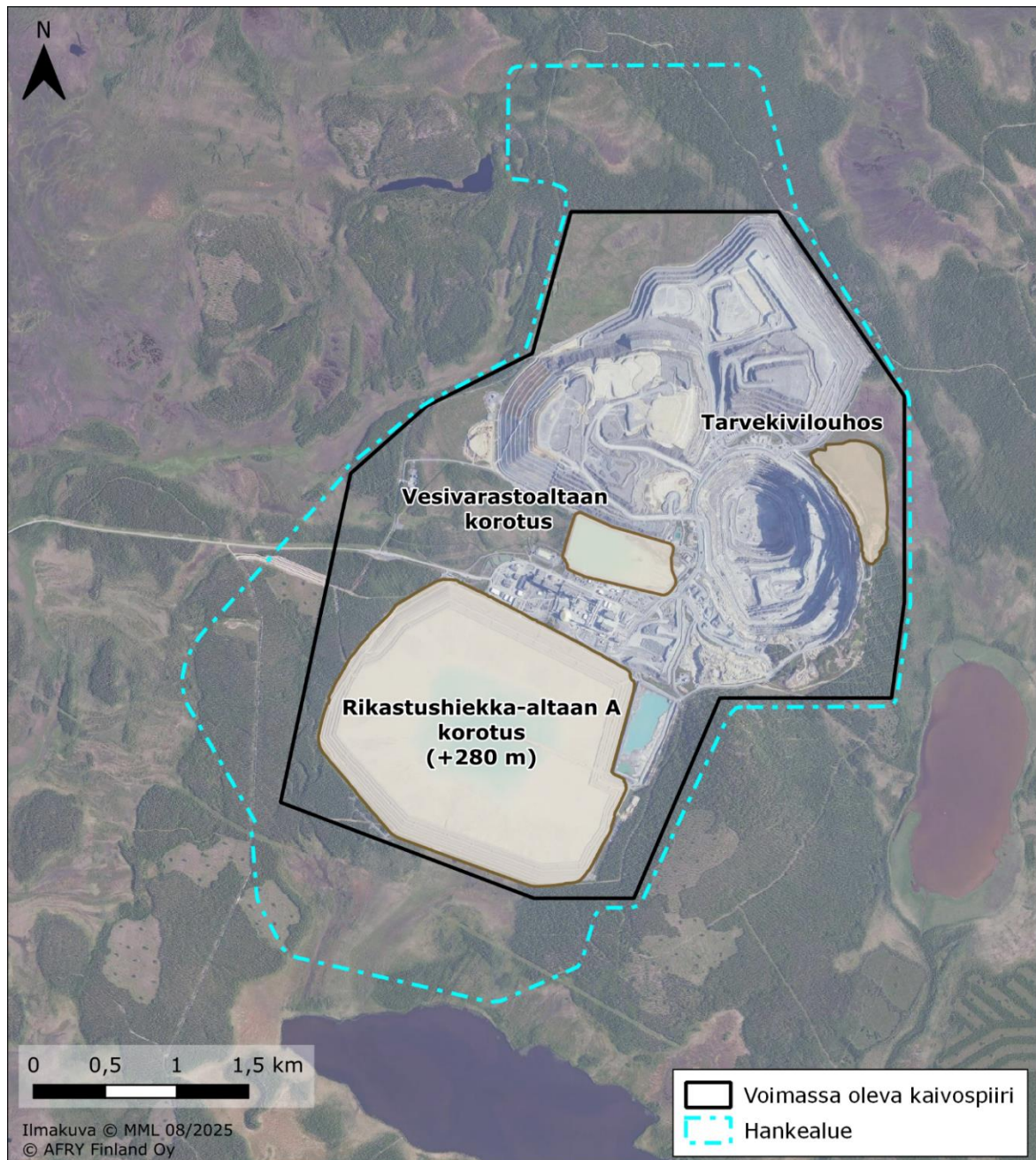
Arvioitavien vaihtoehtojen 0 ja 0+ sisältämät toiminnot ja niiden muutokset on esitetty taulukossa 2-3.

Taulukko 2-3. Vaihtoehtojen 0 ja 0+ sisältämät toimintojen muutokset ja uudet toiminnot.

Toiminto	VE0	VE0+
Louhinta	Vaiheet 1-4	Vaiheet 1-4
Rikastushiekan läjitys	Rikastushiekka-allas A1 korotetaan tasolle +270*	Rikastushiekka-allas A1 korotetaan tasolle +280**
Sivukiven läjitys	Ei muutoksia	Ei muutoksia
Tarvekiven louhinta	Ei rakenneta uutta tarvekilouhosta	Rakennetaan uusi tarvekilouhos kaivosalueen sisälle
Sivukivien hyötykäyttö	Ei muutoksia	Hyötykäytetään aiempaa korkeamman rikkipitoisuuden omaavaa tarvekiveä. Suurempi osuus sivukivestä hyödynnetään.
Vesien varastointi vesivarastoaltaassa	Ei muutoksia Kapasiteettia ei lisätä	Allasta korotetaan, jolloin vesivarastokapasiteetti kasvaa
<i>*Rikastushiekka-altaan A korotuslupahakemus keskilinjamenetelmällä tasolle +270 on vireillä</i> <i>**Rikastushiekka-altaan A korotuslupaa haetaan edelleen tasolle +280 vuonna 202</i>		



Kuva 2-4. Hankevaihtoehto VE0 sisältää kaivosalueen nykyiseen toimintasuunnitelmaan (louhintavaiheet 1-4) kuuluvat toiminnot.



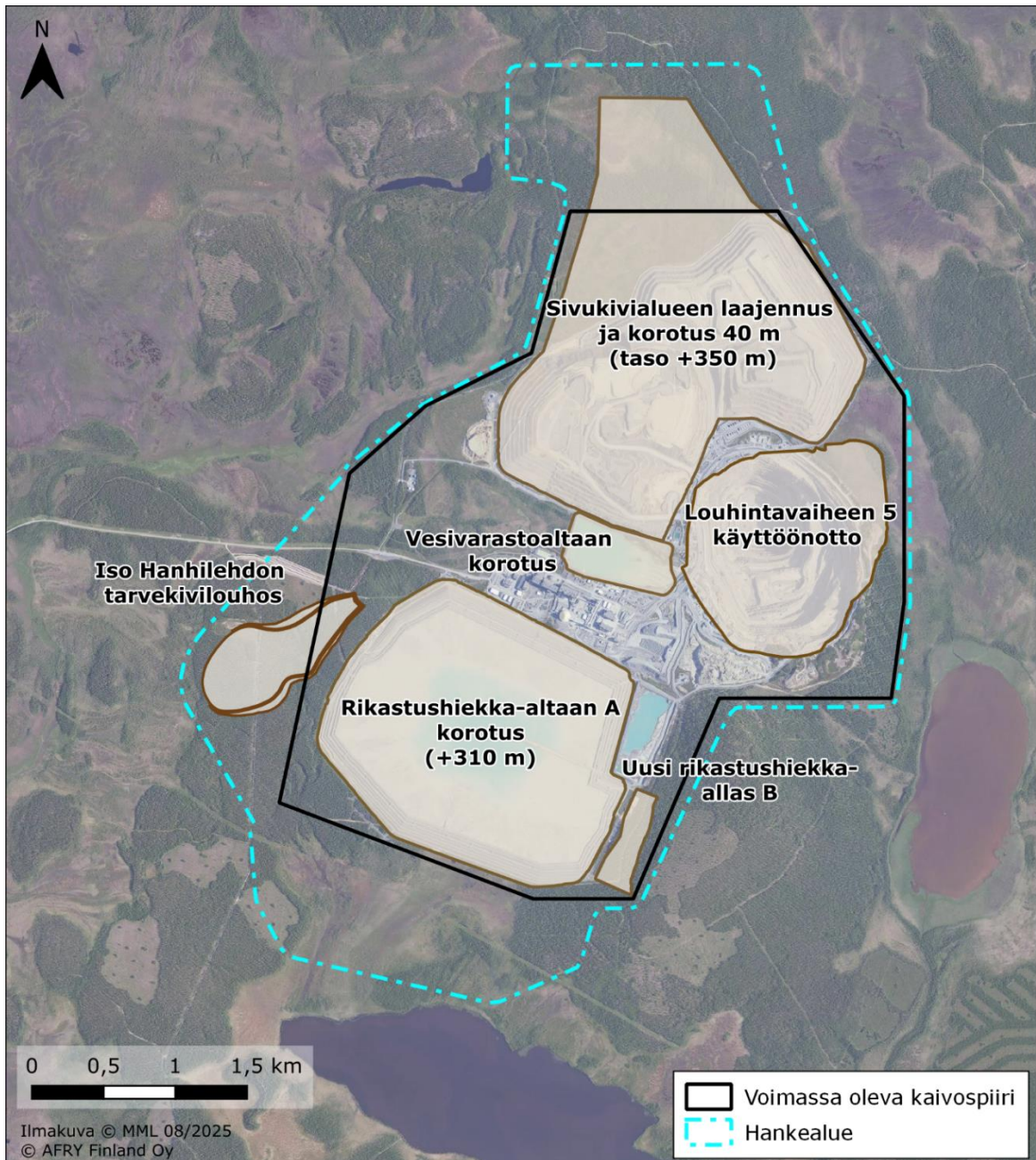
Kuva 2-5. Hankevaihtoehdon VE0+ mukaiset lisätoiminnot louhintavaiheen 4 loppuun saattamiseksi.

2.2.4 Hankevaihtoehto 1.1

Hankevaihtoehto 1.1 (Kuva 2-6) sisältää seuraavat louhintavaiheen 5 edellyttämät lisäykset kaivoksen toimintaan, kun hankevaihtoehdon 0+ mukaiset toiminnot ovat jo käytössä:

- Avoulouhosta laajennetaan (55 ha), jolloin louhoksen lopullinen pinta ala olisi enintään 175 ha.

- Erillinen tarvekivilouhos rakennetaan kaivosalueen ulkopuolelle Iso Hanhilehtoon, jotta saadaan patorakentamiseen tarvittavaa kiviainesta n. 60 Mt.
- Sivukivialuetta laajennetaan n. 1,3 km² ja korotetaan 40 metriä.
- Rikastushiekka-allasta A1 korotetaan tasolta +280 m tasolle +310 m.
- Rakennetaan uusi rikastushiekka-allas B2, koska vanha B1 allas jää osittain korotettavan A-altaan alle.



Kuva 2-6. Hankevaihtoehdon VE1.1 mukaiset lisätoiminnot louhintavaiheen 5 loppuun saattamiseksi.

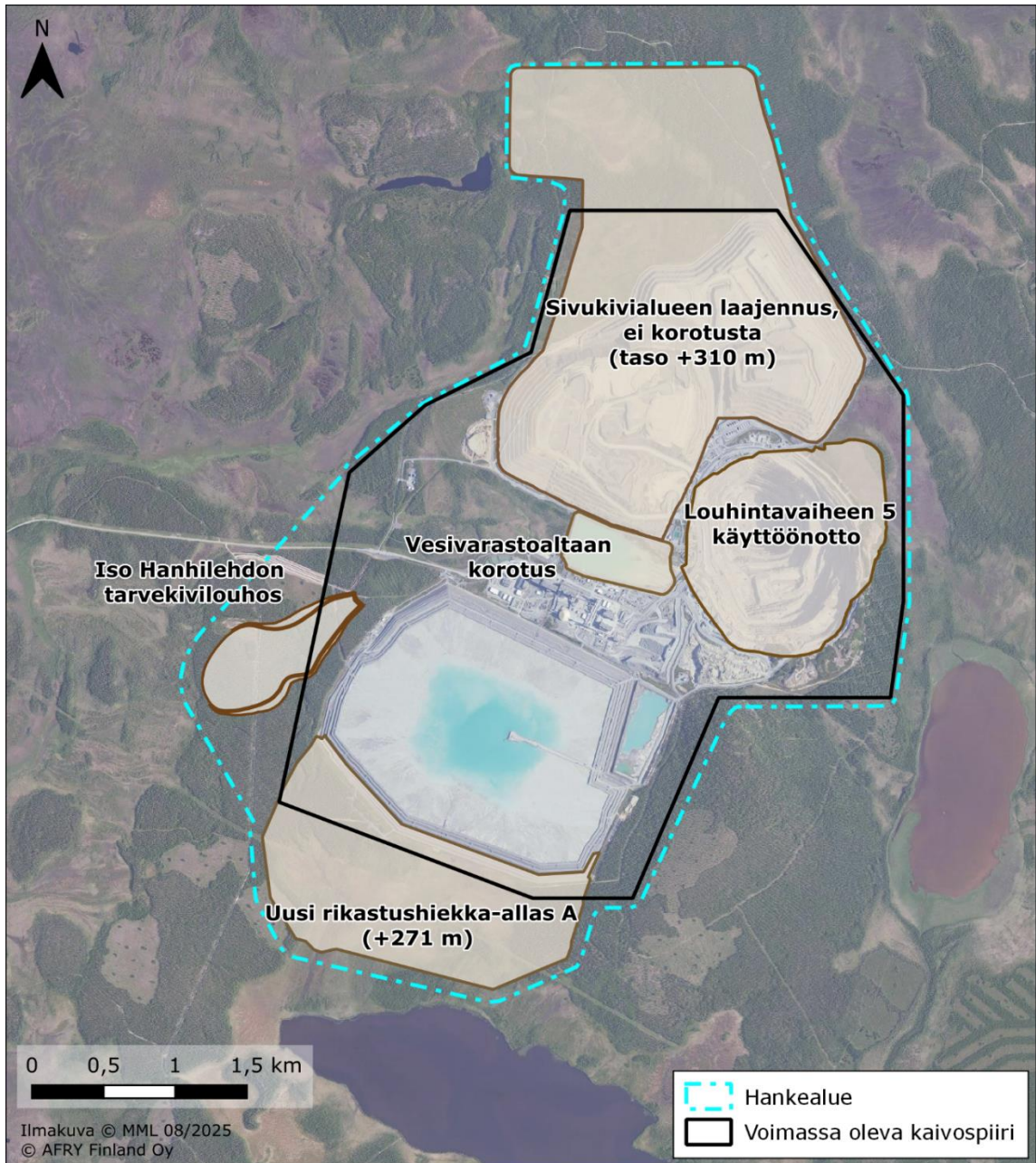
2.2.5 Poistettu hankevaihtoehto 1.2

Hankevaihtoehto 1.2 on poistettu arvioitavista hankevaihtoehtoista YVA-ohjelmasta saadun lausunnon jälkeen. Kyseessä oli hankevaihtoehtojen VE1.1 ja VE1.3 niin kutsuttu välivaihtoehto, joten mallinnusketjujen yksinkertaistamiseksi ja aikataulun nopeuttamiseksi kyseinen vaihtoehto jätettiin pois tästä YVA-selostuksesta. Hankevaihtoehto 1.2 voisi olla kuitenkin suunnittelun edetessä mahdollinen louhintavaiheen 5 toteutusvaihtoehto, ja vaikutuksiltaan se sijoittuisi vaihtoehtojen 1.1 ja 1.3 väliin.

2.2.6 Hankevaihtoehto 1.3

Hankevaihtoehto 1.3 (Kuva 2-7) sisältää louhintavaiheen 5 edellyttämät lisäykset kaivoksen toimintaan, kun hankevaihtoehdon 0+ mukaiset toiminnot ovat jo käytössä:

- Avolouhosta laajennetaan (55 ha), jolloin louhoksen lopullinen pinta ala olisi enintään 175 ha.
- Erillinen tarvekilouhos rakennetaan kaivosalueen ulkopuolelle Iso Hanhilehtoon, jotta saadaan patorakentamiseen tarvittavaa kiviainesta n. 60 Mt.
- Sivukivialuetta laajennetaan n. 2,2 km², mutta korkeus pysyy nykyisen ympäristöluvan mukaisessa maksimitasossa +310 metriä.
- Rakennetaan uusi rikastushiekka-allas A2 tasolle +271 m.



Kuva 2-7. Hankevaihtoehdon VE1.3 mukaiset lisätoiminnot louhintavaiheen 5 loppuun saattamiseksi.

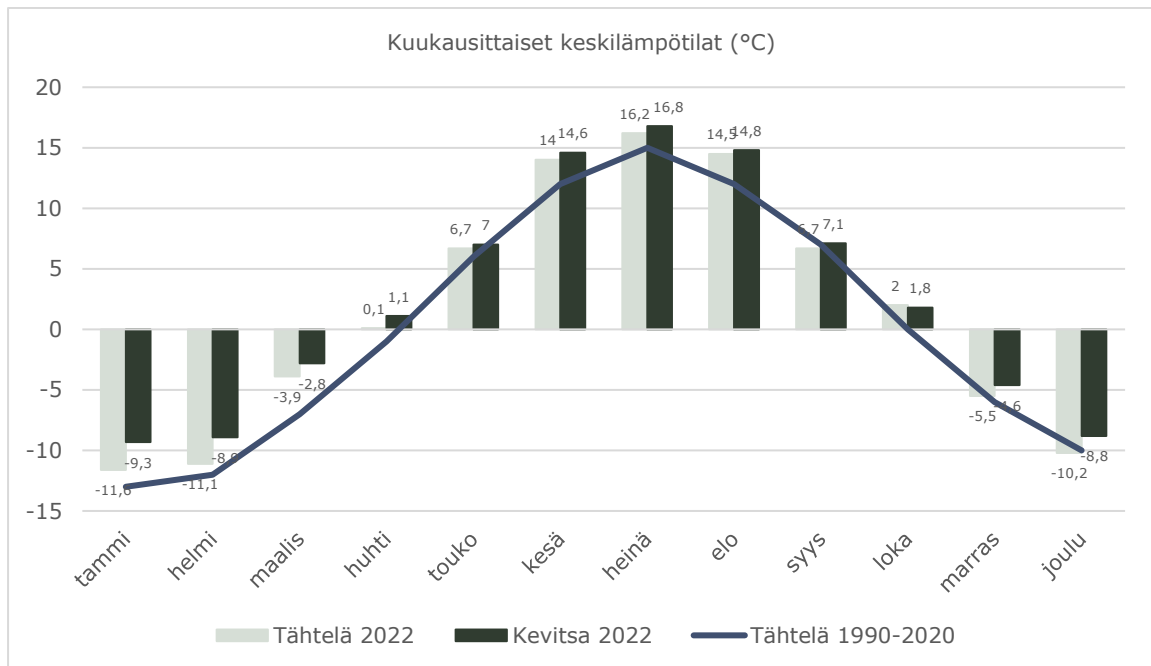
3 Alueen nykytila, tiivistelmä

3.1 Ilmasto ja ilmanlaatu

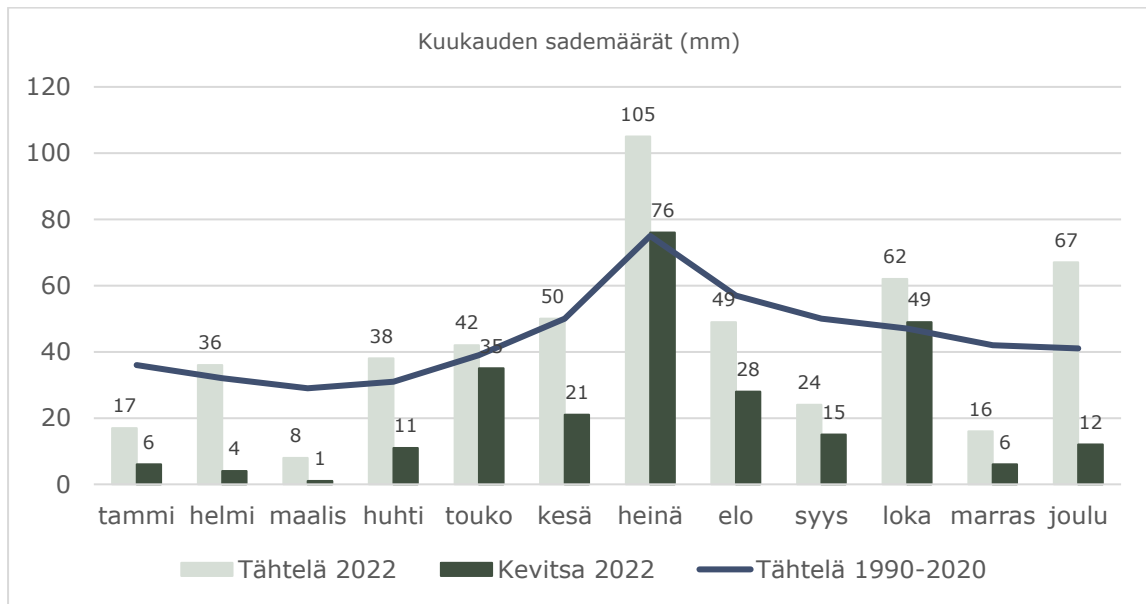
3.1.1 Ilmasto

Sodankylä kuuluu Keski-Lapin ilmastoalueeseen ja pohjoisboreaaliseen ilmastovyöhykkeeseen. Ilmasto on vahvasti mantereista ja suo- sekä vesistöalueet tasaavat kasvukauden lämpötiloja. Vuoden keskilämpötila on Keski-Lapin alueen eteläisissä osissa 0 asteen (°C) ja Kittilän ja Sodankylän pohjoisreunalla noin -1 asteen tuntumassa. Vuotuinen sademäärä alueella on keskimäärin 500–600 millimetriä, josta lähes puolet tulee lumena. Pysyvä lumipeite saadaan keskimäärin lokakuun lopussa ja lumipeite pysyy maassa 6,5–7 kuukautta. Keskimääräinen lumensyvyys on 60–70 cm, mutta alueelliset vaihtelut ovat suuria. Vallitseva tuulensuunta alueella on eteläkaakko. (Ilmasto-opas, 2022)

Kevitsan kaivoksella on oma säähavaintoasema, joka mittaa jatkuvatoimisesti lämpötilaa, sademäärää sekä tuulen suuntaa ja nopeutta. Ilmatieteen laitoksen Tähtelän sääasema sijaitsee noin 50 km kaivosalueelta etelään. Kuukausittaiset keskilämpötilat vuonna 2022 ja kuukausittaiset sademäärät on esitetty kuvissa 3-1 ja 3-2. Kevitsan säähavaintoasema ei mittaa lumena tulevaa sadantaa luotettavasti.



Kuva 3-1. Kuukausittaiset keskilämpötilat Tähtelän sääasemalla ja Kevitsan säähavaintoasemalla vuonna 2022. Kuvassa on esitetty myös Tähtelän sääaseman pitkän ajan keskiarvot vuosilta 1990–2020. Kevitsan säähavaintoaseman mittaustulokset näyttävät, että lämpötila kaivosalueella on korkeampi kuin Tähtelän mittausasemalla 50 km päässä kaivosalueesta vuodenajasta riippumatta. (Ilmatieteen laitos, 2023 ja Eurofins Ahma Oy, 2023)



Kuva 3-2. Kuukauden sademäärät Tähtelän sääasemalla ja Kevitsan säähavaintoasemalla vuonna 2022. Kuvassa on esitetty myös Tähtelän sääaseman pitkän ajan keskiarvot vuosilta 1990–2020. Kevitsan säähavaintoaseman mittaustulokset näyttävät, että sademäärät kaivosalueella ovat vähäisempiä kuin Tähtelän mittausasemalla 50 km päässä kaivosalueesta vuodenaajasta riippumatta. (Ilmatieteen laitos 2023 ja Eurofins Ahma Oy 2023)

Ilmastonmuutoksen vaikutukset alueella merkitsevät lämpötilojen nousua ja sademäärän kasvua. Ilmasto-opas.fi sivustolla (2023) on laskettu ilmastonmuutosarvioita maakuntatasolle ilmastolliseen vertailukauteen 1981–2010 verrattuna. Lämpötilojen ennustetaan nousevan alueella vuoden kaikkina kuukausina, mutta eniten marras-helmikuun välillä vertailukauteen verrattuna. Sademäärien arvioidaan kasvavan alueella vuosisadan aikana 7–20 prosenttia verrattuna jaksoon 1981–2010. Tällöin vuodessa sataisi keskimäärin 570–640 mm.

3.1.2 Ilmanlaatu ja pölylaskeuma

Lähimmät ilmanlaadun havaintoasemat sijaitsevat noin 120 kilometrin päässä, paitsi Sodankylän observatorio, johon sijoittuu vain otsonihavainnointi. Seudun ilmanlaadun taustapitoisuustasoja voidaan siis arvioida vain suuntaa antavasti.

Kevitsan kaivoksen lähiympäristössä ilmanlaadun voidaan arvioida olevan pääosin hyvä. Mitatut pitoisuudet ovat lähellä taustailmanlaadun havaintoasemilla havaittuja pitoisuuksia. Kevitsan kaivoksen aiheuttamasta pölyämisestä on kuitenkin tullut lähialueilta viime vuosina yksi varsinainen yhteydenotto, mutta asia on esiintynyt huolenaiheena myös sidosryhmäkeskusteluissa.

Ilmatieteen laitos mittasi 6.1.–28.12.2021 välisenä aikana hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuuksia kahdessa mittauspisteessä, joista toinen sijaitsi kaivosalueella ja toinen kaivosalueen koillisella portilla (Ilmatieteen laitos

2022). Lisäksi samoista mittauspisteistä kerättiin hiukkasten vuorokausinäytteitä joka neljäs päivä koko vuoden ajan. Kaivosalueen mittauspisteessä mitattiin keskimäärin selvästi korkeampia hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia kuin portin mittauspisteessä. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet vaihtelivat vuoden tarkastelujaksolla voimakkaasti molemmissa mittauspisteissä. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien vuosikeskiarvo oli kaivosalueen mittauspisteessä $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja portin mittauspisteessä $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, raja-arvon ollessa $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Terveysvaikutusperusteinen vuorokausiohjearvo $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittyi toukokuussa kaivosalueen mittauspisteessä ja heinäkuussa portin mittauspisteessä. Muuna aikana ohjearvoon verrattavat vuorokausipitoisuudet olivat alle 75 % ohjearvosta kummassakin mittauspisteessä. Hiukkasten sisältämien arseenin ja raskasmetallien pitoisuustasot olivat yleensä selkeästi korkeampia kaivosalueella kuin portin mittausasemalla.

Kevitsan kaivoksen lähialueella on tarkkailtu pöylaskeumaa vuodesta 2011 lähtien. Vuoden 2024 laskeumamittauksissa kokonaislaskeumat olivat yleisesti ottaen pieniä ja suurimman osan ajasta kaikilla havaintopaikoilla kokonaislaskeuma oli alle $2 \text{ g}/\text{m}^2/\text{kk}$. Koko havaintojakson kaikkien laskeumamittausten keskiarvo oli noin $0,8 \text{ g}/\text{m}^2/\text{kk}$. Lainsäädännössä ei ole asetettu hiukkaslaskeumalle ohje- tai raja-arvoja. Tulokset eivät ylittäneet yhdessäkään näytteessä tasoa $10 \text{ g}/\text{m}^2/\text{kk}$, jota on aikaisemmin pidetty laskeuman aiheuttaman viihtyvyyshaitan rajana.

3.2 Asutus, elinkeinot, maanomistus ja kaavoitus

3.2.1 Asutus

Hankealueella ei sijaitse asuin- tai lomarakennuksia, mutta aivan alueen länsireunalla sijaitsee yksi Boliden Kevitsan omistama lomarakennus Kevitsantien varrella. Yksi lomarakennus sijaitsee hankealueen länsipuolella Sippiöaavan läheisyydessä noin kilometrin etäisyydellä hankealueen rajasta. Lisäksi hankealueen eteläpuolella sijaitsevan Saiveljärven etelärannalla sijaitsee kaksi lomarakennusta noin 1,5 kilometrin etäisyydellä hankealueen rajasta. Muut lomarakennukset sekä lähimmät asuinrakennukset sijaitsevat yli kolmen kilometrin etäisyydellä hankealueen länsipuolella Kitisen ja Vajusen rannoilla.

3.2.2 Talous ja elinkeinot

Hankkeen lähiympäristön maankäyttö painottuu poronhoitoon kahden paliskunnan alueelle. Poronhoidon ja kaivostoiminnan lisäksi lähiympäristön maankäyttömuotoja ovat maa- ja metsätalous. Alueen elinkeinoiniin kuuluu myös matkailu. Sodankylässä on korkea työllisyysaste ja alueella työllistävät

kaivostoiminnan lisäksi mm. terveys- ja sosiaalipalvelut, rakentaminen sekä julkinen hallinto ja maanpuolustus.

3.2.3 Poronhoito

Kaivoshanke sijaitsee kokonaisuudessaan Oraniemen paliskunnan alueella. Paliskuntien rajalla ja Sattasniemen paliskuntaan on louhintavaiheen 5 rajauksesta lähimmillään noin kolme kilometriä. Oraniemen paliskunnan alueen pinta-ala on 3892,7 km² ja suurin sallittu eloporomäärä 6000. Poronomistajia paliskunnassa on 123 (Paliskuntain yhdistys 2025). Paliskunnalta saadun tiedon mukaan vuoden 2024 poronomistajien lukumäärä oli 132. Noin 60 prosenttia Oraniemen paliskunnan maista on Sodankylän kunnan alueella.

Poroista saatava elinkeinotuotto sisältää poronlihantuotannon lisäksi liitännäiselinkeinoja. Sodankylän alueella sijaitsee esimerkiksi kaksi poroteurastamoja, 6 poroelintarvikejalostuslaitosta, kymmeniä poronlihanleikkaamoja sekä useita poromatkailuyrityksiä (mm. Luosto, Sodankylä ja Vuotso-Kiilopää). Useat alueen porotalousyrittäjät ovat myös monialayrittäjiä, ja esimerkiksi Sodankylän poroheinän tuotanto tapahtuu Sodankylän alueella, ollen omavaraista.

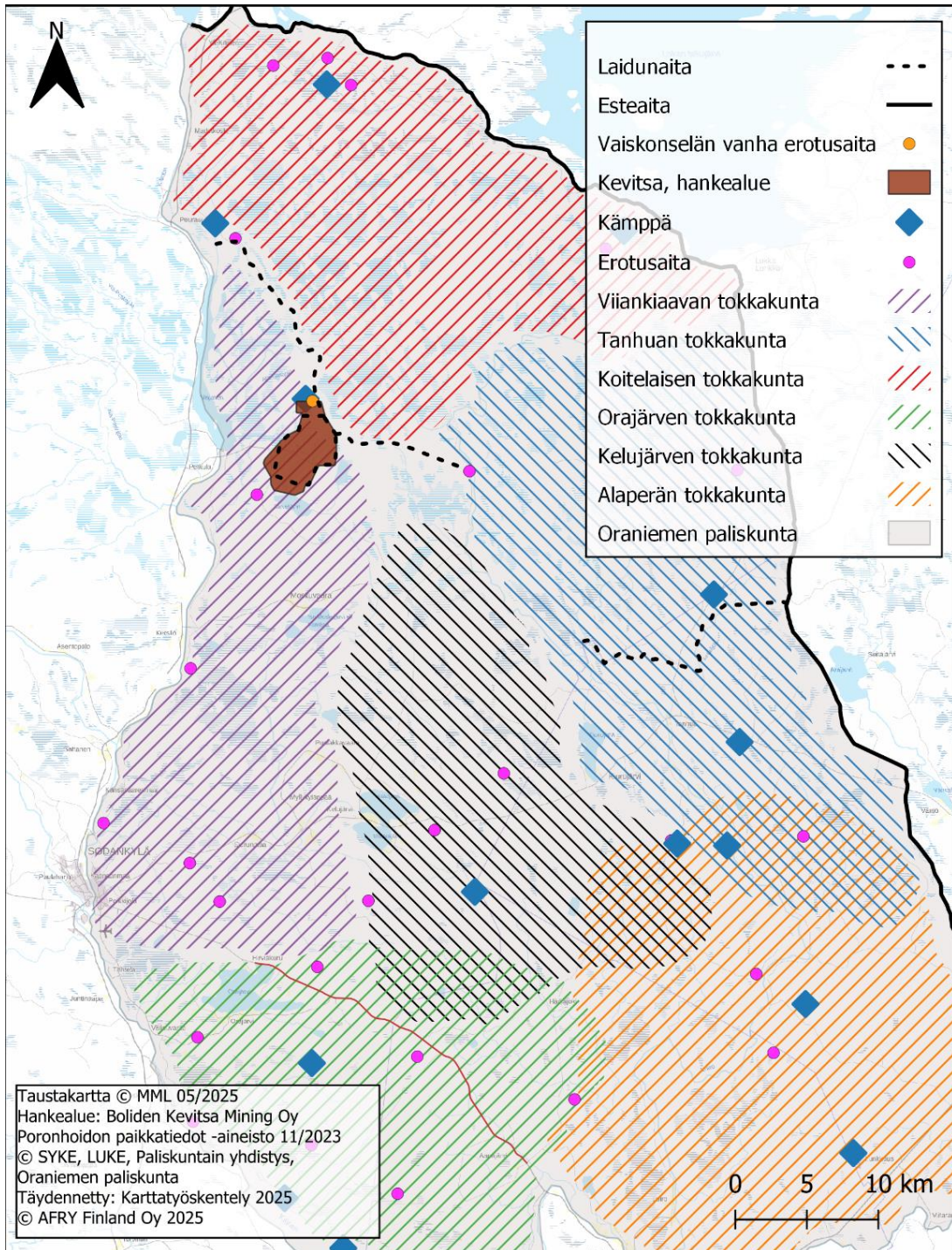
Kevitsan kaivoksella on kahdenkeskiset sopimukset paliskuntien kanssa. Kaivostoiminta on tuonut porotalouteen liitännäistöitä kuten laidunaitojen siirtoja, poroaitojen ja karkottimien rakennusta, vanhojen aitojen poistoja sekä kulkuaukkojen tekoa. Paliskunta myös ylläpitää ja huoltaa Kevitsan kaivoksen omistamia aitoja.

Oraniemen paliskunta jakautuu kuuteen pienempään työnjohdolliseen alueeseen, eli tokkakuntaan. Paliskunnan pohjoisosassa sijaitsee yksi laaja alue (Koitelainen), keskisessä paliskunnassa kolme aluetta (Viiankiaapa, Kelujärvi ja Tanhua) ja eteläisellä alueella on kaksi tokkakuntaa (Orajärvi ja Alaperä) (Kuva 3-3). Tokkakuntien alueilla on omat työnjohtajansa ja kullakin alueella on omat poronhoitomallit ja toimintatavat (keskustelut paliskunnan kanssa 2025). Kevitsan kaivos sijoittuu Viiankiaavan tokkakunnan reunamille, Koitelaisen tokkakunnan rajalle.

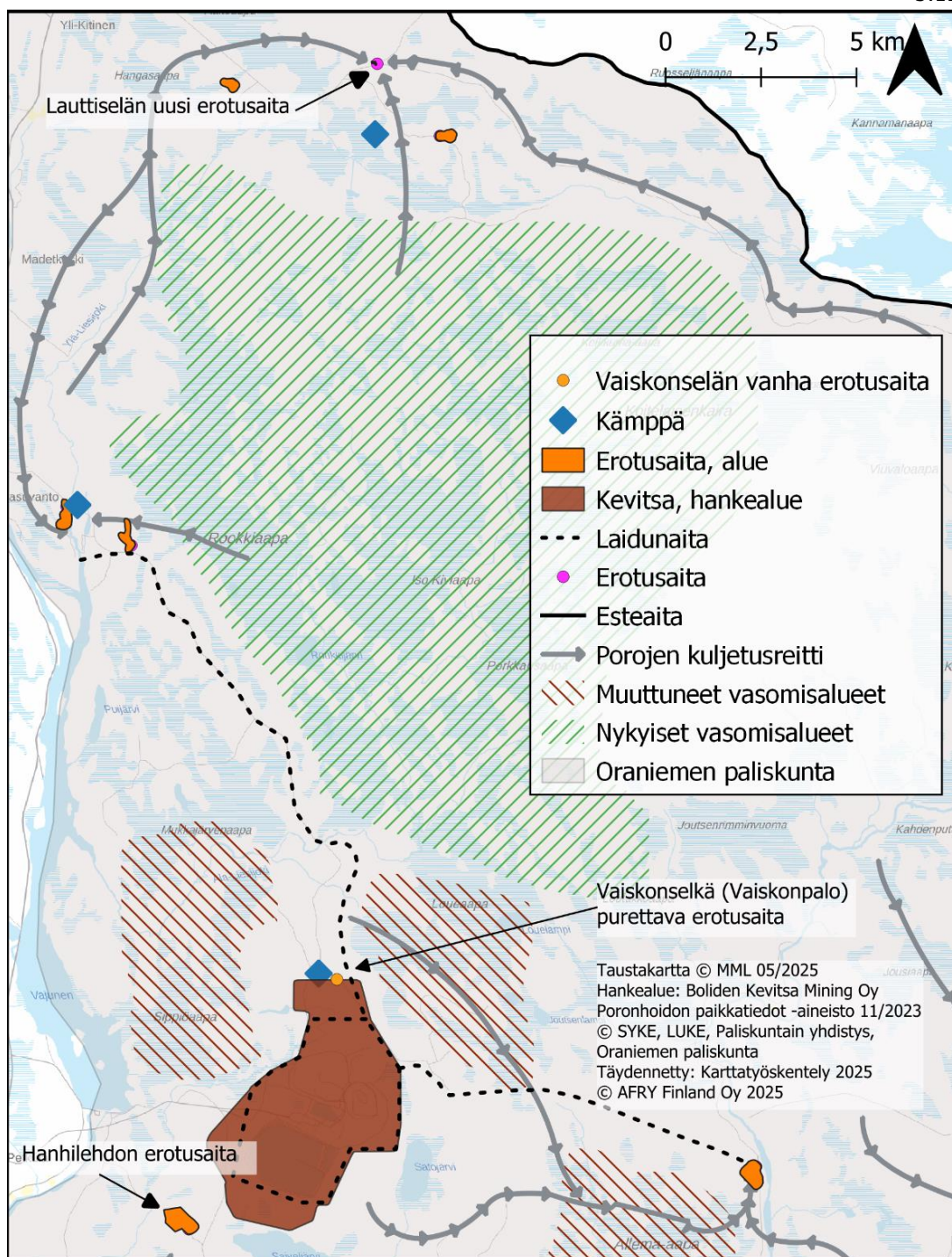
Suurin erotuspaikka paliskunnassa on Kyläselkä. Muita erotuspaikkoja ovat Routusvaara, Kersilö, Nallukka, Matero, Niemiselkä, Kommatti ja Tulinenjärvi (Paliskuntain yhdistys 2025). Lisäksi Kevitsan kaivostoiminnan seurauksena on rakennettu Hanhilehdon erotusaita kaivoksen eteläpuolelle, jossa erotetaan vuosittain noin 600 poroa. Vaiskonpalo (Vaiskonpalo) erotusaita, joka sijaitsee heti kaivoalueen pohjoispuolella, on poistunut käytöstä ja korvattu hanketoimijan puolesta uudella Lauttisselän erotusaidalla, joka sijaitsee noin

24 kilometriä pohjoiseen Kevitsan pohjoisrajalta. Lauttisselän vuosittainen erotusmäärä on noin 600 poroa (Kuva 3-4)

Sekä Oraniemen että Sattasniemen paliskunnassa on korostettu valtion maiden merkitystä laidunalueina, koska yksityiset maanomistajat eivät pidä porojen laiduntamisesta tai liikkumisesta omilla maa-alueillaan vahinkojen pelossa (paliskuntien kanssa käydyt keskustelut 2025). Merkittävä maanomistaja sekä Kevitsan kaivosalueella, että molempien paliskuntien alueella on valtio. Nykytilassa myös metsätyöt, erityisesti valtion mailla tapahtuvat hakkuut ja maa-alueiden myyminen pienentävät ja pirstovat laidunalueita.



Kuva 3-3. Oraniemen paliskunnan tokkakuntien sijainnit merkitty kartalle suuntaa antavina. Vapaana olevat porot vaeltavat voivat laiduntaa myös laajemmilla alueilla. Erityisesti Koitelaisen tokkakunta pohjoisessa on eriytynyt muusta paliskunnasta, ja tokkakunnan porot kiertävät pääosin paliskunnan pohjoisilla alueilla.



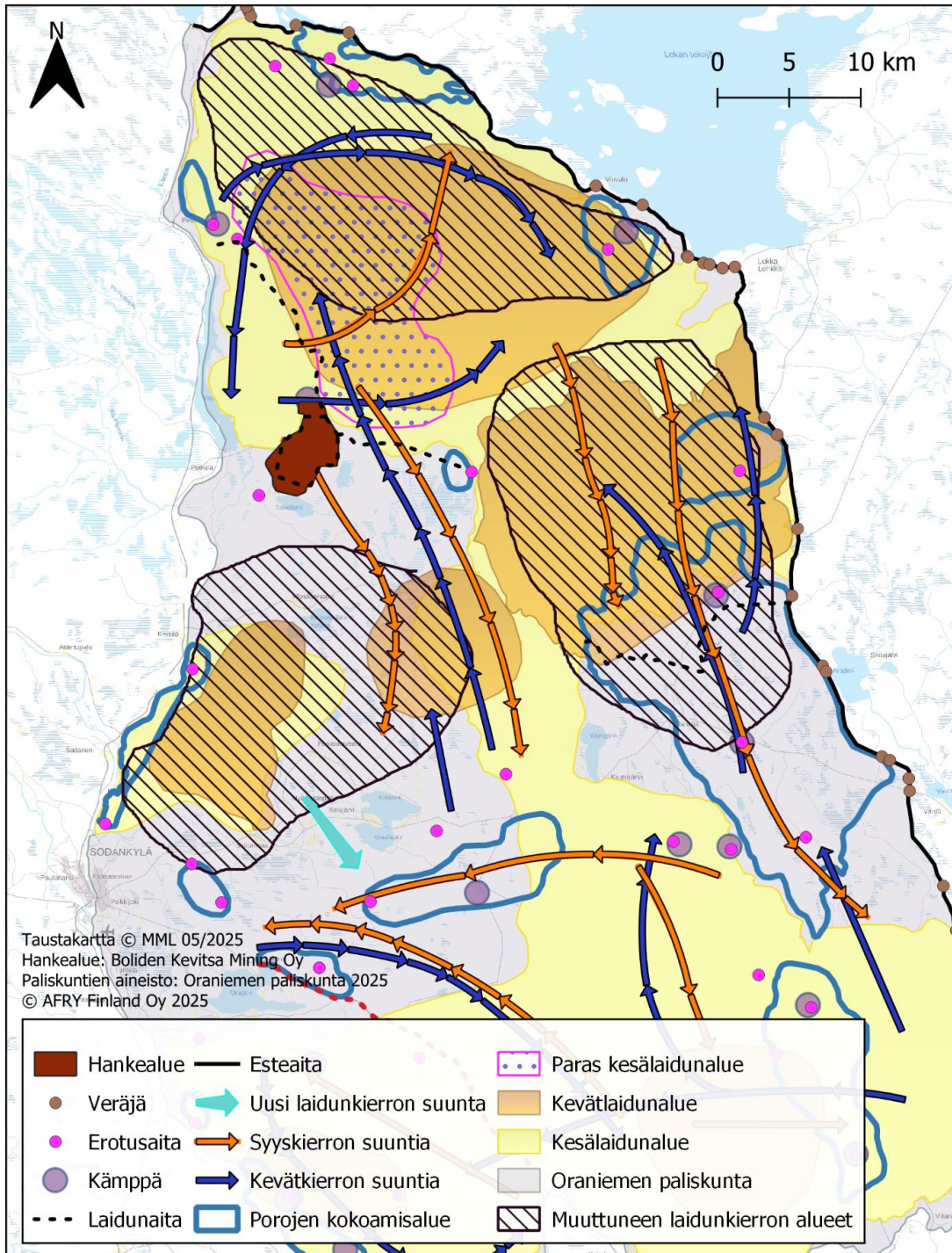
Kuva 3-4. Kevitsan kaivosalueen lähellä sijaitsevia poronhoidon rakenteita ja porojen kuljetusreittejä sekä vasomisaalueita (merkitty suuntaa antavasti). Paliskunnan mukaan kaivostoiminnan alettua kaivosalueen lähellä sijaitsevilla vasomisaalueilla porot vasovat nykytilassa vain harvoin. Kaivosalueen välttäminen on johtanut uusien erotusaitojen rakentamiseen. Vanha Vaiskonselän (Vaiskonpalo) erotusaita ei ole enää käytössä.

Oraniemessä ei ole koko paliskunnan tasolla selkeää vuodenaikojen mukaista laidunkiertoa, vaan paliskunnan eri osien tokilla ja tokkakunnilla on omat laidunkiertonsa elinalueellaan, minkä takia talvi- ja kesäkauden laitumet sijoittuvat yleisesti tarkasteltuna osittain samoille alueille. Kevitsan kaivoksen toiminnan alettua vuonna 2012, laidunkierto ja porojen sekoittuminen

tokkakuntien kesken on paliskunnan mukaan vähentynyt erityisesti pohjoisempien tokkakuntien osalta. Etenkin Koitelaisen tokkakunnan erotukset ovat muutoksen myötä painottuneet nykytilassa yhä pohjoisemmaksi (keskustelu paliskunnan kanssa 2025). Talvikaudella lähes kaikki Oraniemen paliskunnan porot ovat lisäruokinnan piirissä, joko tarha- tai maastoruokinnassa. Laidunkiertoa on kuvattu kartalla 3-5.

Vasomisalueita Kevitsan kaivosalueen lähellä sijaitsee laajoilla aapasoilla, kuten Viiankiaavalla (kaivosalueen eteläpuolella) ja Loueaavasta pohjoiseen. Nykytilassa vasomisalueet ovat jo muuttuneet ja kaivoksen lähellä sijaitsevilla entisillä vasoma- ja suoalueilla, kuten Sippiöaavalla (kaivoksen länsipuolella), Huutamoaavalla ja Loueaavalla (kaivoksen pohjoispuolella) sekä Allema-aavalla (kaivoksen ja Satovaaran itäpuolella) vasoo nykytilassa vain silloin tällöin yksittäisiä poroja, vaikka yksittäisinä vuosina osa poronomistajista on paimentamalla pyrkinyt viemään poroja esimerkiksi Allema-aavalle. Paliskunnan mukaan porot liikkuvat näiltä alueilta pois.

Kaivostoiminnan vaikutuksia on kohdistunut paliskuntaan lisääntyneestä ihmistoiminnasta, liikenteestä ja kaivostoiminnalle tyypillisistä melu-, pöly-, ja värinävaikutuksista. Paliskunnan mukaan porot välttävät kaivosaluetta, mikä on vähitellen muokannut paliskunnan luontaista laidunkiertoa yhä tokkakuntakohtaisemmaksi.



Kuva 3-5. Oraniemen paliskunnan kevät- ja kesälaidunalueita. Kartalla esitetty myös laidunkierro suuntia ja muuttuneita laidunkierro alueita. Paliskunnan mukaan laidunkierro ei nykytilassa kierrä kuten ennen. Pohjoisen tokkakunta on jäänyt erilleen, kun paliskunnan keskiosista porot suuntaavat enemmän etelään.

Kevitsan kaivoshanke sijoittuu Oraniemen paliskunnan alueelle. Nykytilassa Sattasniemen paliskuntaan kohdistuu pääasiassa vaikutuksia Kevitsan kaivostoimintaan liittyvästä liikenteestä, joka kulkee Kevitsantietä vt 4:lle ja suuntautuu edelleen Sattasniemen paliskunnan läpi vt 4 pitkin pääasiassa etelään kohti Rovaniemeä.

3.2.4 Maanomistus

Kevitsan kaivoksen nykyinen kaivospiiri sijoittuu kokonaisuudessaan Kevitsa Mining Oy:n omistamalle maalle. Kaivosaluetta ympäröivät maa-alueet ovat pääosin Metsähallituksen omistamaa monikäyttömetsää. Kaivosalueen itä- ja koillispuolella on valtion omistamaa Natura 2000 -aluetta. Lähimmät yksityisomistuksessa olevat tilat sijaitsevat Kevitsantien pohjoispuolella noin kilometrin etäisyydellä sekä Saiveljärven etelärannalla lähimmillään noin 1,1 kilometrin etäisyydellä.

3.2.5 Alueiden virkistyskäyttö

Alueella harrastetaan metsästystä, kalastusta, marjastusta ja sienestystä sekä lintutarkkailua

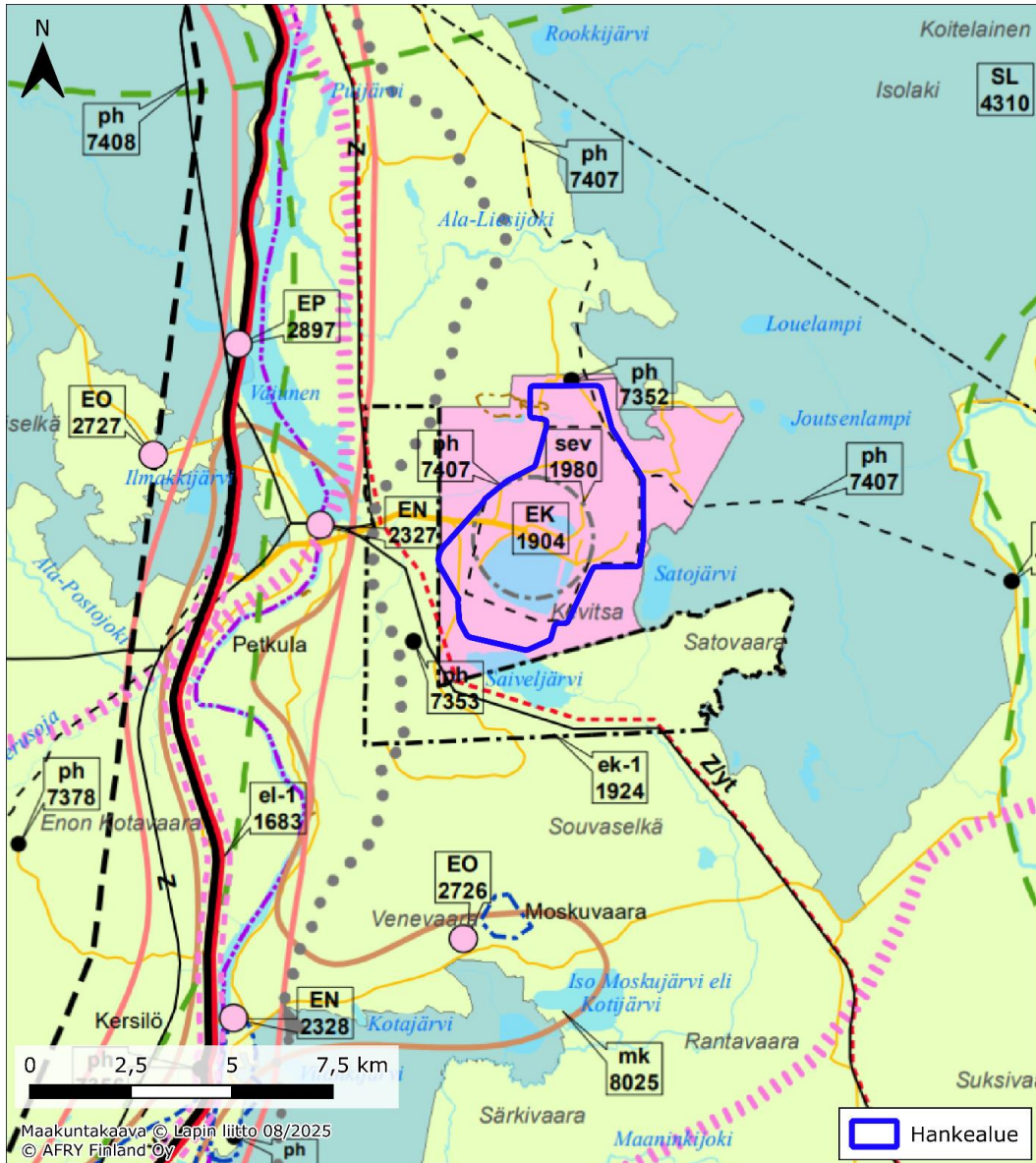
3.2.6 Maakuntakaava

Hankealueella on voimassa Pohjois-Lapin maakuntakaava 2040 (Kuva 3-6), jonka Lapin liiton hallitus on määrännyt 26.8.2024 (§ 102) tulemaan voimaan maankäyttö- ja rakennuslain 201 §:n mukaisesti ennen kuin se on saanut lainvoiman. Maakuntakaavan tavoitteena on piirtää suuntaviivoja pohjoisimmalle Lapille ja se koskee Inarin, Sodankylän ja Utsjoen kuntia. (Lapin liitto 2025)

Maakuntakaavassa hankealueelle ja sen ympäristöön on osoitettu seuraavat maakuntakaavamerkinnot (suluissa alueen tai kohteen numero):

- Kevitsan kaivosalue (EK 1904)
- Kevitsan potentiaalinen kaivostoiminta-alue (ek-1 1924)
- Sodankylän ja Inarin metsätalous- ja poronhoitovaltainen alue (M-1 4561)
- Seveso-alueet, suojavyöhyke (sev)
 - o Kevitsan ja Orica Finland Oy (sev 1980)
- Mineraalipotentialinen vyöhyke
- Poronhoidon kannalta erityisen tärkeä alue/kohde/aita (ph)
 - o Vaiskonselän poroaita (ph 7352)
 - o Hanhilehdon poroaita (ph 7353)
 - o Oraniemen paliskunnan laidunkierto-/esteaita (ph 7407)
- Koitelaisen luonnonsuojelualue (SL 4310)
- Arvokas harjualue tai muu geologinen muodostuma
- Voimajohto (z)
- Voimajohto, yhteystarve (z/yt)
- Moottorikelkkailureitti
- Paliskunnan raja / esteaita
- Luontaiselinkeinoalueen raja (lt)
- Jäämeren käytävä (LK 8451)

- Maaseudun kehittämisvyöhyke: Petkula-Kersilö-Moskuvaara-Sattanen (mk 8025)



Kuva 3-6 Ote Pohjois-Lapin maakuntakaava 2040:stä (Lapin liitto 2025b).

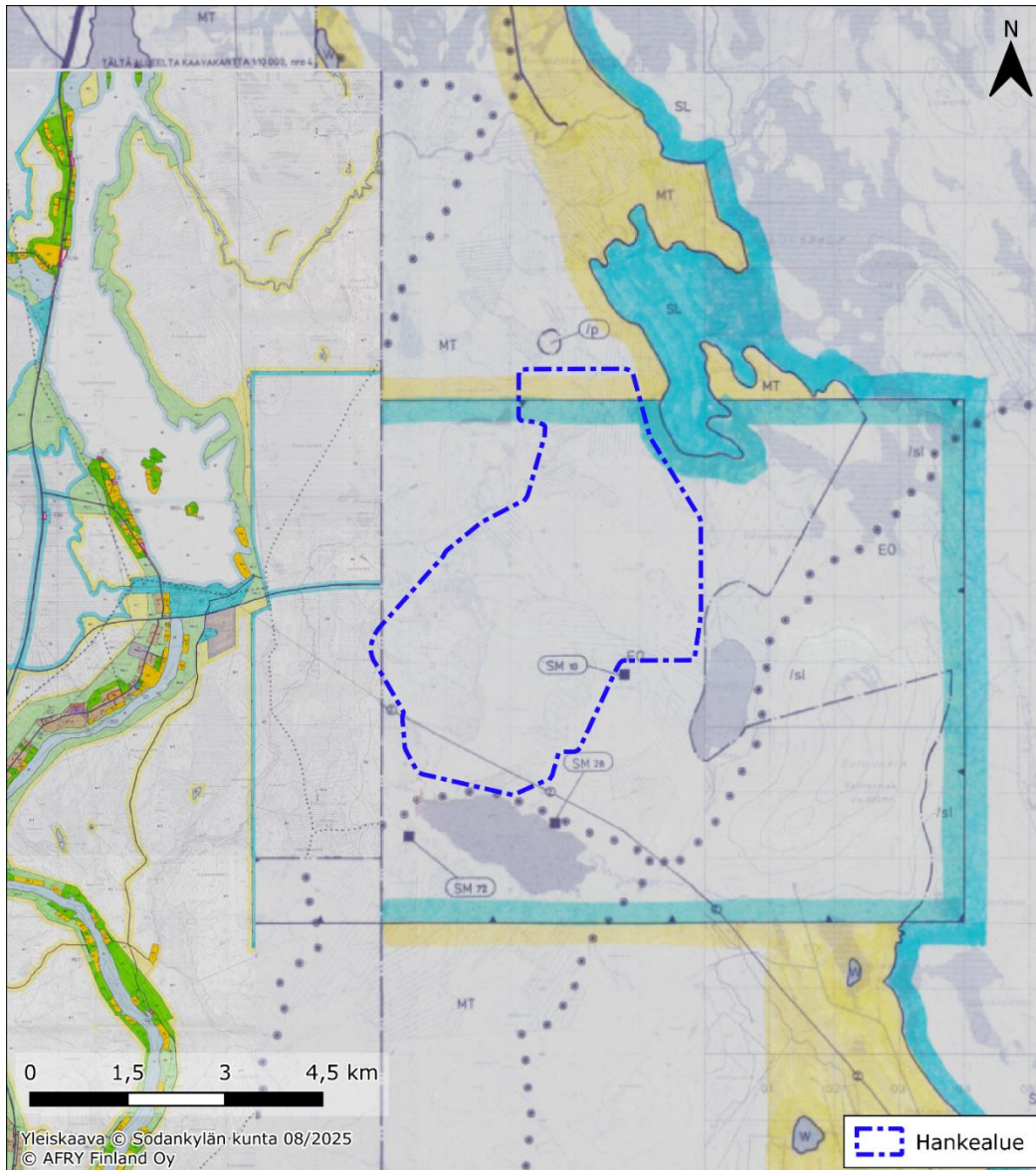
Sodankylän alueella vireillä olevia maakuntakaavoja ovat Lapin turvallisuus- ja liikennevaihemaakuntakaava 2050, Ikkarin kaivoshankkeen vaihemaakuntakaava sekä Sakatin vaihemaakuntakaava. (Lapin Liitto 2025b)

3.2.7 Yleiskaava

Hankealueella on voimassa Lapin ympäristökeskuksen 7.9.2001 vahvistama Lokka-Koitelainen-Kevitsa osayleiskaava (Kuva 3-7). Osayleiskaavassa hankealue on osoitettu maankamaran ainesten ottoalueeksi (EO).

Hankealueen itäpuolelle, ulottuen osittain hankealueelle, on osoitettu lisämerkintä, jolla osoitetaan EO-alueeseen kuuluvaa Koitelaisen luonnonsuojelualuevarausta (/sl). Hankealueen etelä- ja itäpuolella sekä kauempana lännessä kulkee moottorikelkkareitti. Hankealueen eteläosaa viistää johto tai linja (z). Hankealueella sijaitsee yksi muinaismuistoalue (SM). Lisäksi hankealueen eteläpuolelle Saiveljärven pohjoisrannalle on osoitettu toinen muinaismuistoalue. Hankealueen pohjois-, länsi- ja eteläpuolelle on osoitettu maa- ja metsätalousaluetta (MT). Itäpuolelle on osoitettu luonnonsuojelualue (SL). Hankealueen pohjoispuolella on osoitettu lisämerkintä, jolla osoitetaan porotalouden käyttöalueita, joiden metsän ja maapohjan käsittelyä koskevista suunnitelmista on pyydettävä paliskunnan lausunto (/p).

Hankealueella tai sen välittömässä läheisyydessä ei ole vireillä olevia yleiskaavoja. Lähin vireillä oleva yleiskaava on noin 13 kilometrin etäisyydellä Kevitsan hankealueen etelä-lounaispuolella sijaitseva Sakatin kaivosalueen osayleiskaava.



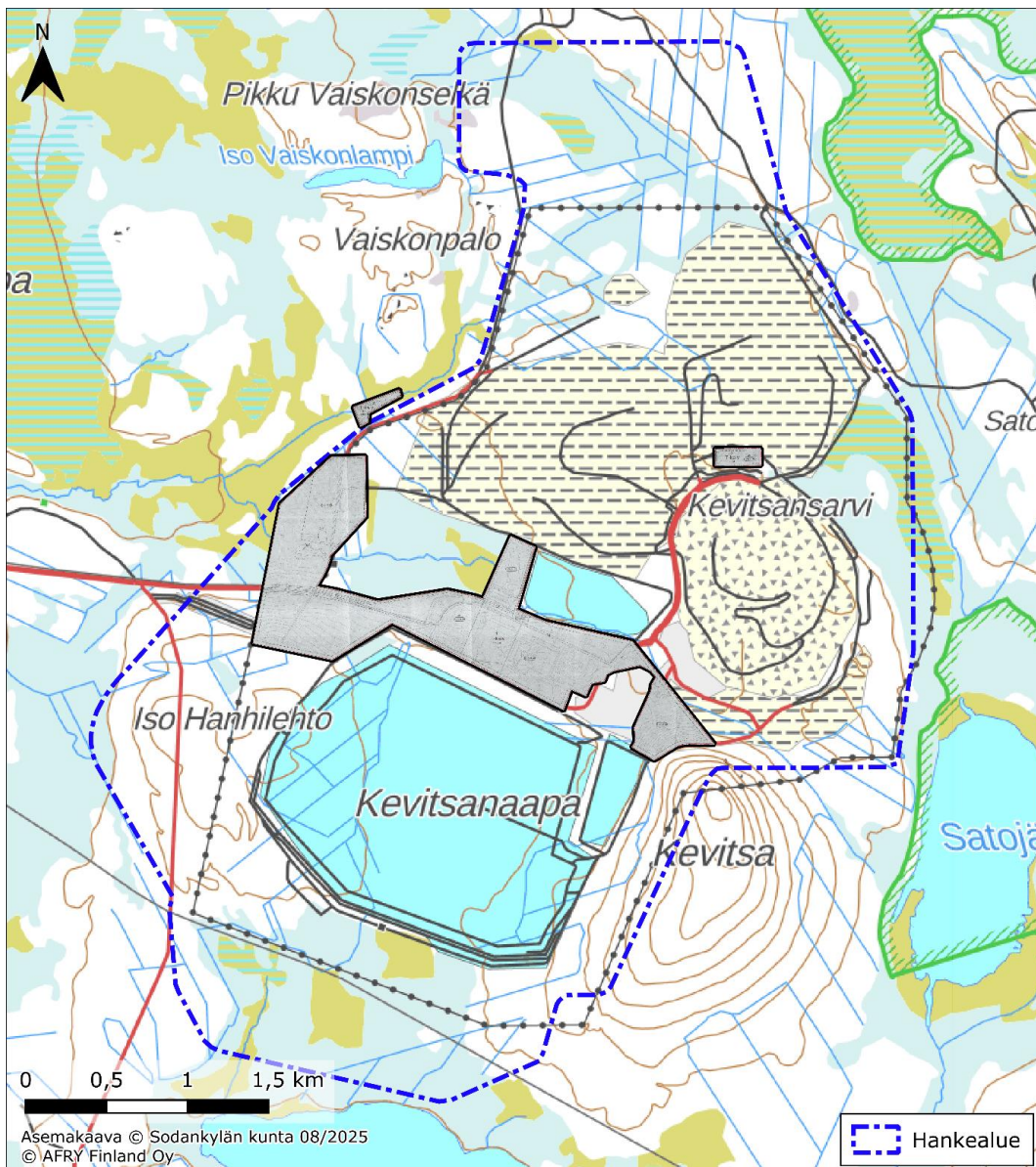
Kuva 3-7 Ote Lokka-Koitelainen-Kevitsa osayleiskaavan karttaosista 1 eteläosa ja 3 Petkula–Ylä Postojoki. Hankealue on osoitettu kuvassa sinisellä pistekatkoviivalla.

3.2.8 Asemakaava

Pääosa hankealueesta on asemakaavoittamatonta aluetta. Hankealueen keskiosassa on voimassa Kevitsan kaivoksen asemakaava, joka on hyväksytty Sodankylän kunnanvaltuustossa 11.5.2017 (Kuva 3-8). Asemakaava-alue on osoitettu teollisuus- ja varastorakennusten korttelialueeksi, jolle saa sijoittaa kaivostoimintaan liittyviä rakennuksia (T-kaiv). Asemakaava-alueen länsiosaan on osoitettu luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeä alue (luo) sekä alueen osa, jolla sijaitsee muinaismuistolailalla rauhoitettu kiinteä muinaisjäännös (sm). Lisäksi kaava-alueelle on osoitettu sähkölinjaa varattu alueen osa (z) ja ohjeelliset ajoyhteydet (ajo).

Kaavamerkintöjen lisäksi Kevitsan kaivoksen asemakaavassa on osoitettu viisi asema-kaavamääräystä, jotka liittyvät rakennusten ja piippurakenteiden korkeuteen, rakennusten väriin, rakentamisen aikaiseen meluun sekä tärinän huomiointiin alueen työtilojen suunnittelussa. Melun osalta määrätään, että "alueen rakentamisessa tulee huomioida (VNp 993/92) mukaiset yleiset sisätiloja koskevat melutason ohjearvot. Päätöksen mukaisesti melun A-painotettu keskiäänitaso Laeg saa opetus ja kokoontumistiloissa olla enintään 35 dB ja toimistohuoneissa enintään 45 dB. Ohjearvot eivät koske teollisuuskäytössä olevia tiloja." (Sodankylän kunta 2025)

Hankealueella tai sen lähiympäristössä ei ole vireillä olevia asemakaavoja. Lähin vireillä oleva asemakaava on Kelukoskenmaan asemakaava noin 25 kilometriä hankealueen eteläpuolella.



Kuva 3-8. Kevitsan kaivoksen asemakaava on esitetty kuvan keskiosassa (harmaa-alue) maastokartan päällä. Hankealue on esitetty sinisellä pistekatkoviivalla ja nykyinen kaivospiiri harmaalla pisteviivalla.

3.3 Maisema ja kulttuuriympäristö

Kevitsan kaivos sijaitsee matalien metsäisten vaarojen ja laajojen avosoiden ympäröimällä alueella. Kitisen jokilaakson maasto on alavaa, tasaista ja soista. Vaaraselänteet ovat suhteellisen matalia.

Kaivoksen lähialueella ei ole arvokkaita maisema-alueita tai kulttuuriympäristöjä. Tarkasteltavilla alueilla ei ole tiedossa olevia kiinteitä muinaisjäännöksiä tai muita kulttuuriperintökohteita.

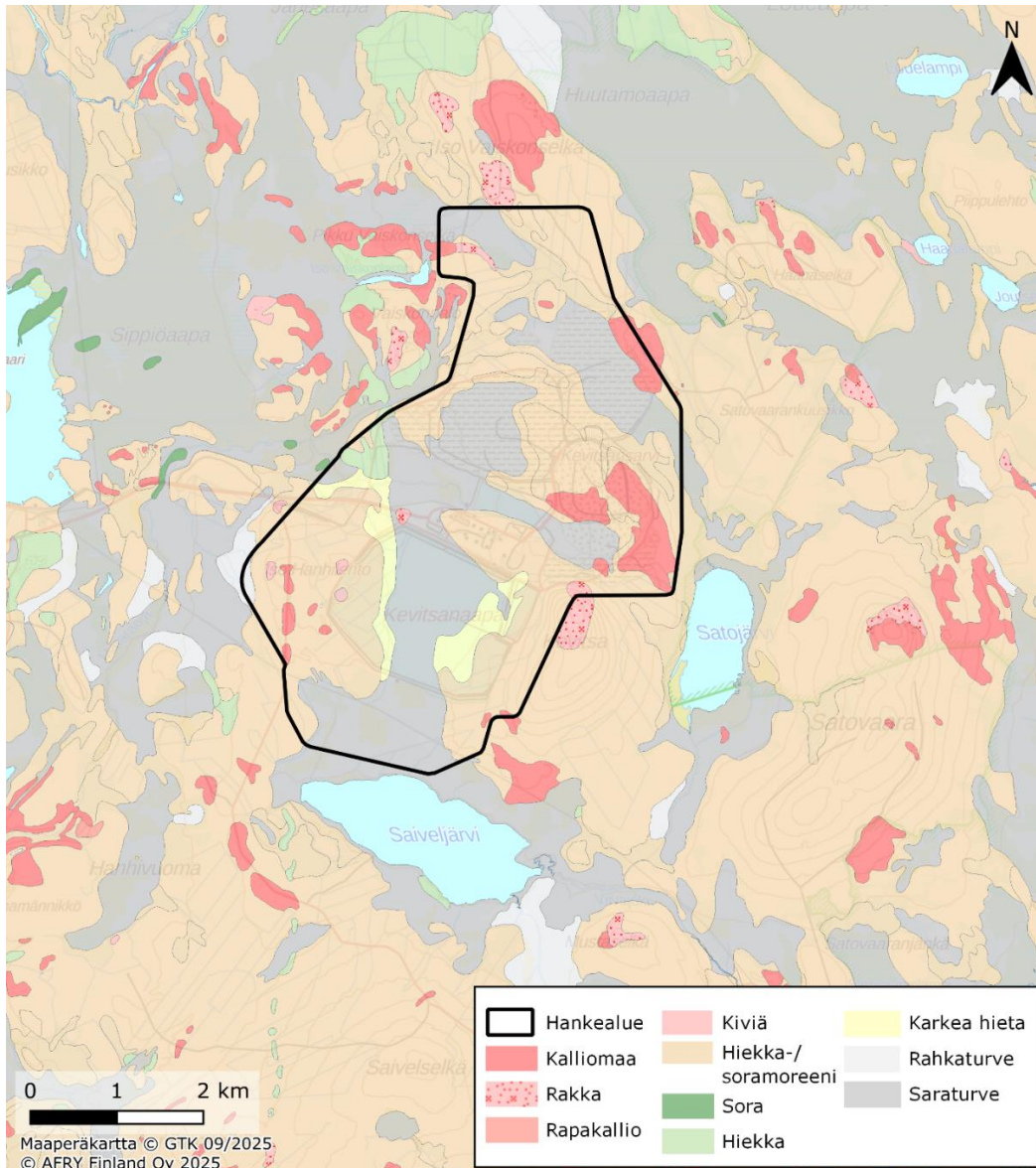
3.4 Maa- ja kallioperä

3.4.1 Maaperä

Kevitsan kaivoksen ympäristössä on laajoja suoalueita, joiden keskellä kohoaa yksittäisiä vaaroja. Kallioalueita on sekä vaaroilla että laaksoissa.

Alue sijaitsee Keski-Lapin jäänjakajavyöhykkeellä ja jäänjakajavyöhykkeille tyypillisesti alueella esiintyy myös rapakalliota, erityisesti Mataraojan ympäristössä ja Kevitsansarven alueella. Alueella esiintyy päällekkäisiä moreenipatjoja, joiden välissä tavataan lajittuneita hiekka- tai sorakerroksia. Alueelta on tunnistettu myös katkonaisia harjujaksoja. Maaperätutkimusten mukaan maaperä on pääasiassa silttistä hiekkamoreenia, osin hiekkamoreenia ja soraista hiekkamoreenia (Kuva 3-9).

Alueen maaperässä esiintyy luontaisesti kohonneina pitoisuuksina kobolttia, kromia, kuparia ja erityisesti nikkeliä.



Kuva 3-9 Hankealueen ja lähiympäristön maaperäkarta.

3.4.2 Kallioperä

Kevitsan alueen kallioperäkarta on kuvassa 3-10. Kevitsan kerrosintruusio kuuluu Keski-Lapin vihreäkivialueeseen ja on osa Matarakosken muodostumaa, joka koostuu pääosin hienorakeisista veteen kerrostuneista fylliiteistä ja mustaliuskeista (Mutanen 1997). Intruusion pinta-ala on noin 16 km² ja syvyys tämän hetken arvion perusteella vähintään 1 000 m. Intruusion yleisimpiä kivilajeja ovat ultramafinen (> 90 % rauta-magnesiummineraalit) oliviinipyrokseeniitti, muuttunut oliviinipyrokseeniitti, websteriitti, duniitti ja gabrot.

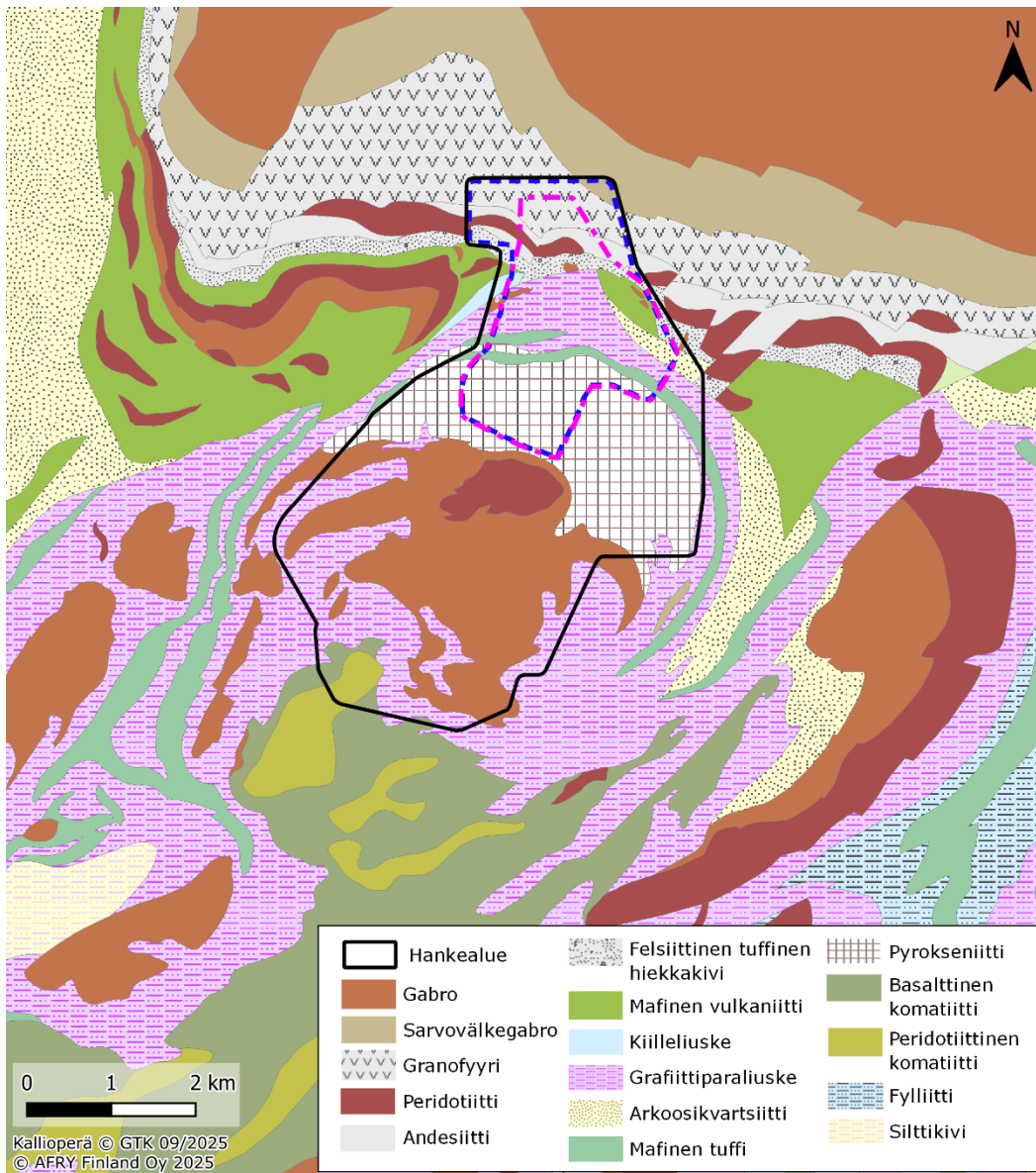
Oliviinipyrokseeniitti on ultraemäksinen kivilaji ja mineraaleista se sisältää erityisesti oliviinia, klinopyrokseenia ja ortipyrokseenia. Muuttuneessa oliviinipyrokseeniitissa alkuperäiset magmaattiset mineraalit (pyrokseenit ja

oliviini) ovat korvautuneet sekundaarimineraaleilla, kuten amfiboleilla, serpentiineillä talkilla, kloriitilla ja karbonaateilla. Oliiviiniwebsteriitti on puolestaan orto- ja klinopyrokseenista koostuva pyrokseeniitti. Duniitti eroaa edellä mainituista korkean oliiviinipitoisuutensa (vähintään 90 %) perusteella. Gabro on emäksinen syväkivilaji, jonka päämineraaleina ovat runsaskalsiuminen plagioklaasi ja klinopyrokseeni.

Intruusiossa sijaitseva malmiesiintymä on suuri ja suhteellisen matalapitoinen Ni-Cu-PGE-malmi, jossa metallit ovat sitoutuneena lähinnä oliiviinipyrokseeniitissä esiintyviin sulfidimineraalipirootteisiin. Nikkelin ja kuparin lisäksi malmissa esiintyy myös kobolttia, platinaa, palladiumia ja kultaa. Malmion kaade vaihtelee myötäillen eteläosissaan loivaa magmaattista kerroksellisuutta, kun taas keskiosissaan se on pohjois-luodesuuntaisten siirrosten pirstoma.

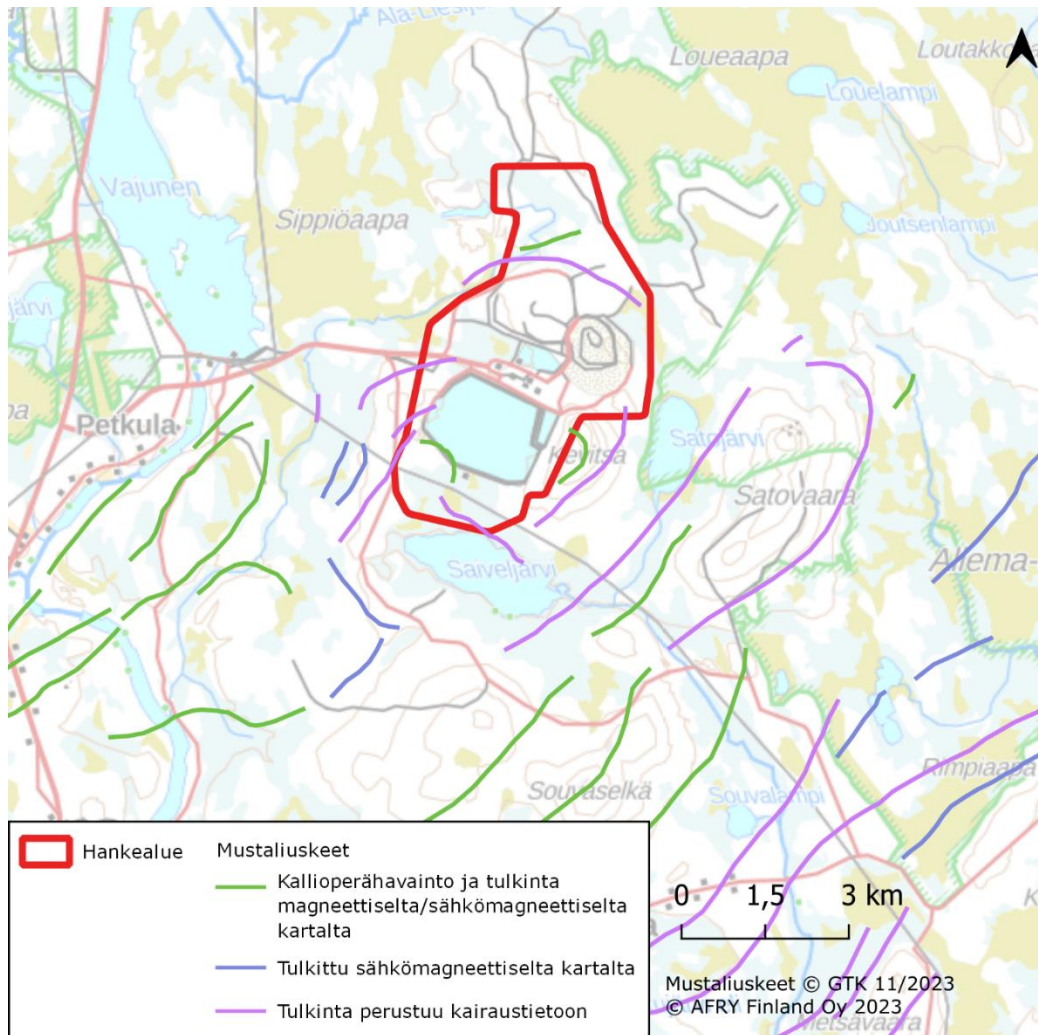
Malmiesiintymän yleisimmät sulfidimineraalit ovat hieno- ja keskirakeiset magneettikiisu (FeS), kuparikiisu (CuFeS_2) ja pentlandiitti ($(\text{Fe},\text{Ni})_9\text{S}_8$). Esiintymän pintaosissa pentlandiitti on korvautunut osin milleriitillä (nikkellisulfidi, NiS) ja heazlewoodiitilla (nikkellisulfidi, Ni_3S_2). Platina ja palladium esiintyvät yleensä sulfosuoloissa, kuten tellurideissa ja arsenideissa.

Kevitsan intruusion keskellä sijaitsee ultramafinen duniittiyksikkö, joka leikkaa magmaattista kerroksellisuutta. Intruusiossa on myös runsaasti ksenoliitteja, sivukiven palasia, jotka ovat joutuneet intruusion muodostaneen magman sekaan. Intruusiota halkovat myös useat mafiset juonet, jotka ovat intruusiota nuorempia. Myöhemmät prosessit kallioperässä ovat muuttaneet intruusion kivilajien mineraalikoostumusta. Yleisintä on oliiviinin ja pyrokseenien amfiboliittituminen. Lisäksi paikoin oliiviini on serpentiiniytynyt. Muuttumistuloksina tavataan myös aktinoliittia, kloriittia, talkkia, karbonaattia ja magnetiittia (Lappalainen ja White 2009).



Kuva 3-10. Hankealueen lähiympäristön kallioperä.

Hankealueen kallioperässä esiintyy mustaliuskeita (Kuva 3-11). Mustaliuskeet ovat alkuperältään merenpohjaan kerrostunutta liejua, joka sisältää hiiltä (grafiittia) ja rikkiä. Mustaliuskeen takia alueen maaperä ja pohjavedet sisältävät luontaisesti kohonneita metalli- ja rikkipitoisuuksia.



Kuva 3-11. Mustaliuskeiden esiintyminen hankealueen ympäristössä.

Kevitsan intrusiivikivet ovat yleensä eheitä. Poikkeuksena on louhoksen lounaispuolella oleva serpentiniitti. Kevitsassa kallioperän pintaosa on rapautunutta ja sen hydraulinen johtavuus on suurempaa kuin rapautumattoman kallion. Rapautuneen kallion mediaanipaksuus on 20 m (Pöyry Finland Oy, 2011). Rapautuneen pintaosan alapuolella kallion hydraulinen johtavuus pienenee merkittävästi.

3.5 Pohjavesi

3.5.1 Pohjaveden pinnankorkeus ja virtaus

Kaivosalueen silttinen hiekkamoreeni johtaa vettä huonosti ja maapeite on ohut, joten pohjaveden muodostumisolosuhteet ovat heikot.

Kevitsan alueella kallioperän pintaosa on rapautunutta ja sen hydraulinen johtavuus on suurempaa kuin rapautumattoman kallion. Rapautuneen kallion mediaanipaksuus on 20 metriä. Hydraulisten johtavuuksien testeissä suurimmat mitatut vedenjohtavuudet sijoittuvat kallion yläosiin. (Pöyry

Finland Oy, 2011) Rapautuneen pintaosan alapuolella kallion hydraulinen johtavuus pienenee merkittävästi. Rapautuneen pintakallion merkitys näkyy myös louhosseinämien RQD-tarkasteluissa, joissa rikkonaisuus keskittyy louhoksen reunoille, missä seinämät ovat pintakalliolla. Hydraulinen johtavuus ja RQD ovat syvyysriippuvuudeltaan selkeästi samankaltaisia.

Pohjavedenpinta noudattelee maanpinnan topografiaa. Pohjavesipinta esiintyy yleensä 0–5,5 metrin syvyydellä maanpinnasta. Kevitsansarven alueella ja muiden mäkien sekä vaarojen rinteillä pohjavesi virtaa kohti suoalueita. Suoalueilla pohjaveden virtaus noudattaa pitkälti pintaveden virtaussuuntaa.

3.5.2 Pohjavesialueet ja talousveden otto

Kaivosalueen läheisyydessä ei sijaitse luokiteltuja pohjavesialueita. Lähin luokiteltu pohjavesialue, Moskuvaaran pohjavesialue (12758279, luokka 1), on noin kuuden kilometrin päässä hankealueen eteläpuolella. Moskuvaaran pohjavesialueella sijaitsee yksi vedenottamo ja pohjavesialueella on paikallisesti suuri merkitys, sillä se on ainoa vedenottamo, joka toimittaa vettä Moskuvaaran kylän alueelle. Vettä otetaan Moskuvaaran pohjavesialueelta noin 4000 m³ /vuosi.

Hankealueen ympäristössä kauempana pohjavesialueita sijaitsevat Kitisen varrella sekä Sattasen varrella hankealueesta 10–20 km luoteeseen (Peurasuvanto ja Almanpalo) ja lounaaseen (Kersilönkangas, Ahvenjärvenkangas, Pahalaaksonmaa, Myllymaa, Lohijoenmaa ja Pitkäkoskenvaara).

Lähimmät talousvesikaivot sijaitsevat Moskuvaarassa (6 kappaletta).

3.5.3 Pohjaveden laatuun vaikuttavia tekijöitä

Pohjaveden pitoisuuksiin vaikuttavat monet tekijät, joista osa on luontaisia ja osa kaivosalueen toiminnoista johtuvia.

Rikastushiekka-alueen A suotovesi on Kevitsan altaan lähistöllä selkeästi keskeinen tekijä, joka on ollut myös huomion kohteensa lukuisissa selvityksissä. Muita tärkeitä tekijöitä ovat mm. maa- ja kallioperän luonnolliset pitoisuudet sekä ilmastotekijät.

Pohjaveden laadussa vuodenaikaisvaihtelua sekä satunnaisempaa vaihtelua. Satunnaisvaihtelusta on kyse silloin kun lyhyellä aikavälillä tavallista voimakkaampi pohjaveden muodostuminen laimentaa aineiden pitoisuuksia pohjavedessä. Vähäinen imeytyminen vaikuttaa tietysti päinvastoin. Pitkällä aikavälillä voidaan havaita myös muutostrendejä, mutta niitä ei voi mitata yksittäisen vuoden sisällä johtuen vuodenaikaisvaihtelusta.

Talvikaudet vaikuttavat pohjaveden pitoisuuksiin usealla eri tavalla. Roudan muodostuessa pitoisuudet yleensä kasvavat, sillä jäähän sitoutuu lähinnä puhdasta vettä, jolloin maaperän sulaksi jäävä huokosvesi rikastuu liuenneista aineista, mikä voi heijastua myös pohjaveden laatuun. Pohjaveden muodostuminen vähenee sadannan tullessa lumena. Maan jäätyminen voi myös muuttaa maanpinnan läheisten pohjavesien virtausta. Veden happipitoisuus vaihtelee usein kesä- ja talvikausien välillä. Periaatteessa kylmään veteen liukenee enemmän happea, mutta toisaalta routakannen alla hapen saatavuus voi olla lähtökohtaisesti vähäistä ja hapen kuluminen voi edelleen jatkua. Happipitoisuuden vaihtelu taas vaikuttaa aineiden saostumiseen pohjavedestä ja myös aineiden uudelleenliukenemiseen maaperästä.

Orgaanisen aineksen hajoamisesta voi aiheutua vedenlaatumuutoksia sekä pinta- että pohjavesissä. Yleisimmin tämä näkyy ravinne- ja kiintoainepitoisuuksissa, mutta esimerkiksi mustaliuskealueilla ja niiden tuntumassa tämä voi heijastua metallien pitoisuusvaihteluina. Orgaanisen aineksen hajoamiseen suoraan tai epäsuorasti liittyvät pohjaveden tai pintaveden pitoisuusnousut näkyvät usein voimakkaimmin loppukesän tai syyskauden pitoisuuksissa, mutta pitoisuusnousut voivat olla myös vuosia kestäviä jatkumoit.

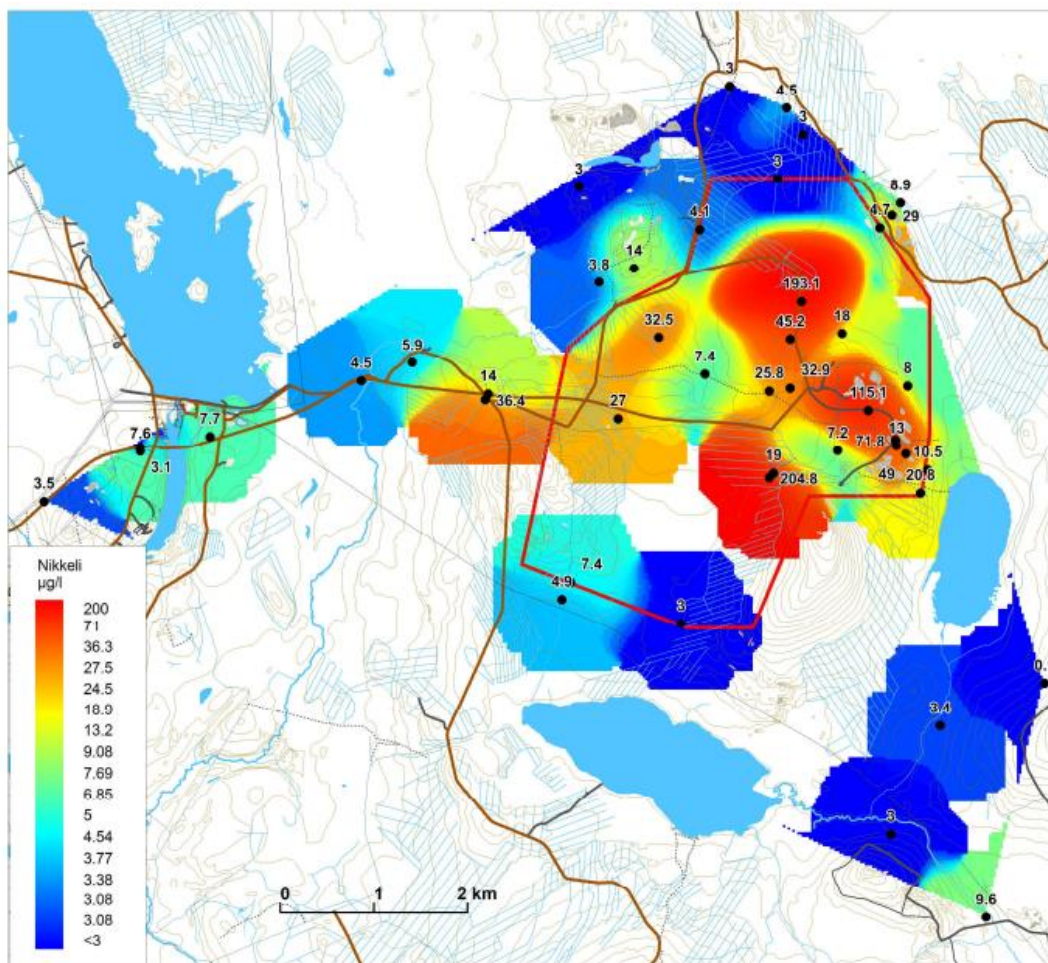
Mustaliuskealueilla pohjavesissä on tyypillisesti kohonneita määriä metalleja ja sulfaattia. Myös Kevitsan alueen pohjavesissä metallien taustapitoisuudet ovat korkeita. Soiden ja maaperän hapettomissa kerroksissa näistä saostuu metallisulfideja ja tuloksena alueen turvekerrostumiin tai maaperään muodostuu jokseenkin rannikkoseudun sulfidimaita vastaavia piirteitä. Metalleja voi kuitenkin olla sitoutuneena myös soiden ylempiin ja hapekkaampiin kerroksiin, joskin sitoutumistapa on erilainen (esimerkiksi adsorptio tai rautasaostumat ja niihin kersaostuneet metallit). Kun suota kuivatetaan tai suon pohjaveden pinnan taso laskee lähialueen maankäyttömuutosten seurauksena, turve alkaa hajota ja turpeeseen sitoutuneita metalleja vapautuu tai turvekerrosten alle tai väleihin muodostuneet sulfidimineraalikerrokset hapettuvat. Tämä näkyy pohjaveden ja usein myös pintaveden laadussa. Kaivosalueen rakentamiseen liittyvät ojitukset ja muu maarakentaminen aiheuttavat usein ympäröivien turvemaiden kuivumista, mikä puolestaan vapauttaa turpeeseen sitoutuneita ravinteita ja metalleja veteen. Myös maaperään eri tavoin sitoutuneita metalleja voi vapautua maarakentamisessa.

3.5.4 Pohjaveden taustapitoisuudet

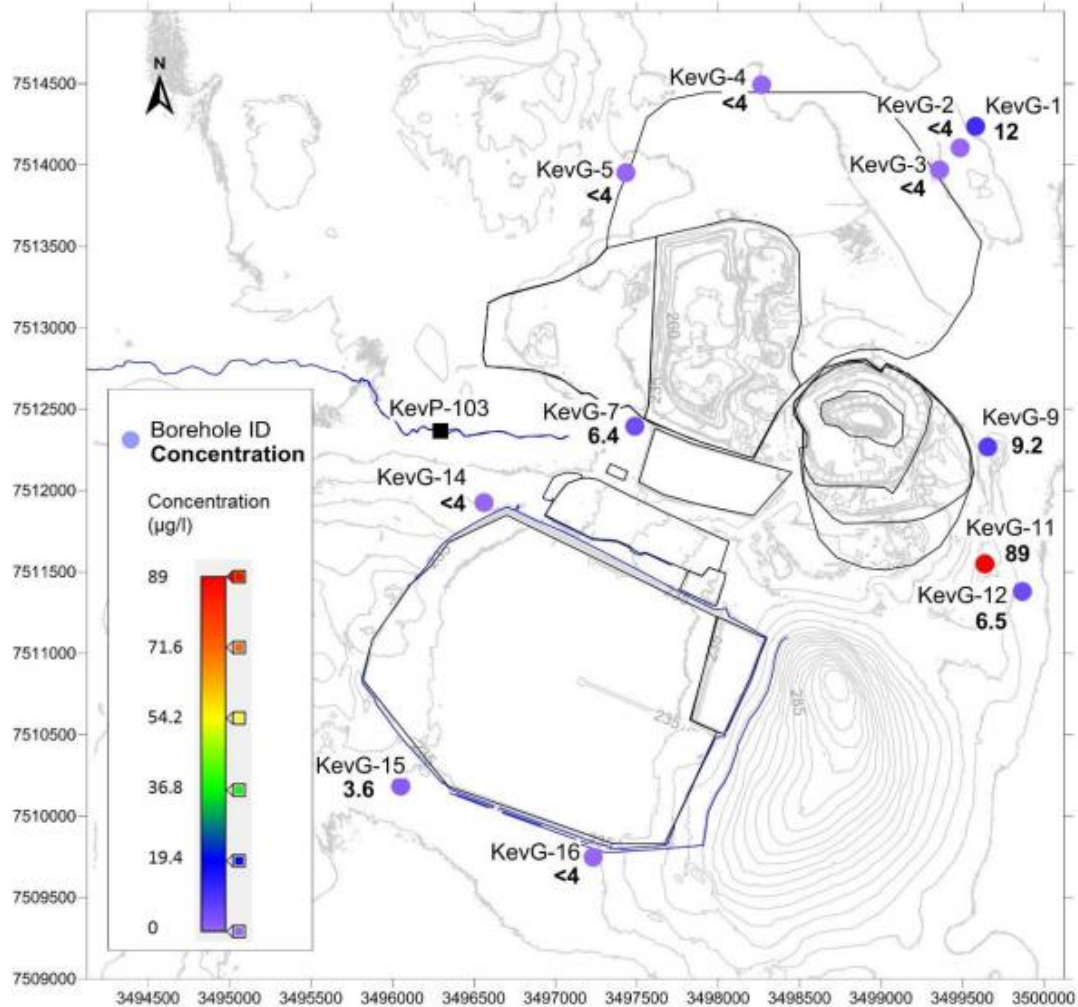
YVA-selostuksessa vuodelta 2011 (Pöyry Finland Oy 2011) keskimääräiset taustapitoisuudet Kevitsan alueen pohjavesissä olivat sulfaatille 9,4 mg/l,

kloridille 1,4 mg/l, nikkeli 20,3 µg/l ja koboltille 11,2 µg/l. Kevitsan alueen pohjavesien taustapitoisuus ei kuitenkaan ole yksiselitteinen asia, sillä luontainen vaihtelu alueella on suurta. Korkeimmillaan luontaiset pitoisuudet ovat olleet malmion alueella: nikkelpitoisuus on ollut korkeimmillaan 208 µg/l ja kobolttipitoisuus 89 µg/l. Myös tulotien varrella (rikastushiekka-altaan luoteispuolella) ovat taustapitoisuudet olleet korkeita (nikkeli 36,4 µg/l ja koboltti 6,4 µg/l). Pääsääntöisesti voidaan todeta, että kohonneita metallipitoisuuksia on ollut luontaisesti malmion ja mustaliuskeiden alueilla.

Alla olevilla kartoilla (Kuva 3-12 ja Kuva 3-13) näkyvät kobolttipitoisuudet pohjavesiputkissa ja kairanreiissä ennen kaivoksen toiminnan aloittamista.



Kuva 3-12. Nikkelpitoisuus pohjavedessä ennen kaivoksen toiminnan alkua (Pöyry Finland Oy 2011).



Kuva 3-13. Kobolttipitoisuus kairanrei'issä vuonna 2010 (ennen kaivoksen toiminnan alkamista). Golder Associates 2022.

3.5.5 Pohjaveden pitoisuudet, nykytila

Tässä kappaleessa esitettävät tarkkailutulokset perustuvat pääosin vuoden 2024 tarkkailuraporttiin (Eurofins Ahma Oy 2025d). Lisäksi esitetään joitakin tämän koosteen laadinnan yhteydessä tehtyjä tulkintoja. Koosteessa kuvataan ensisijaisesti kloridi-, sulfaatti- ja nikkelipitoisuuksia ja jossain määrin tyypipitoisuuksia, jotka ovat suotovesivaikutusten indikaattoreita ja runsaimmin esiintyviä haitta-aineita.

Tuloksia tarkasteltaessa on syytä huomioida seuraavat seikat:

- Alueen pohjaveden taustapitoisuudet eivät edusta keskimääräistä pohjavettä Suomessa. Kallioperän mineralisaation vaikutus heijastuu myös maaperään ja pohjavesiin. Alueella on runsaasti mustaliuskeita, jotka tyypillisesti lisäävät pohjaveden sulfaatti- ja metallipitoisuuksia.

Huomioita sivukivialueen ympäristöstä:

Sivukivialueen ympäristön pohjavesiputkissa pH on vuosina 2015–2024 pH vaihdellut välillä 5,7–7,7 ja näytteenottotulokset olivat tavanomaisella tasolla myös vuonna 2024.

Tarkkailuputkessa KevG-7 sivukivialueen ja vesivarastoaltaan välissä on havaittu nousua kloridin, sulfaatin, nikkelin ja sähkönjohtavuuden osalta vuodesta 2016 lähtien. Pintavesivaikutusta ei ole suljettu pois tämän putken osalta ja sivukivialueella on mm. suoritettu vaiheittaisen sulkemisen muotoilu- ja peittämistoimenpiteitä, mikä voi saattaa liikkeelle kiintoainesta ja siihen eri tavoin sitoutuneita aineita.

Pohjavesiputkea KevG-7 lukuun ottamatta sähkönjohtavuudet sivukivialueen ympäristön pohjavesiputkissa vuonna 2024 olivat alle 20 mS/m, kloridipitoisuus 0,25–2,3 mg/l, sulfaattipitoisuus 1,7–7,4 mg/l, kokonaistyyppipitoisuus 0,03–0,2 mg/l ja nikkelpitoisuus 0,7–23 µg/l. (Eurofins Ahma Oy 2025d)

Huomioita rikastushiekka-altaiden ympäristöstä:

Rikastushiekka-altaiden ympäristössä tarkkailtavana oli vuonna 2024 yhteensä 35 pohjavesiputkea ja kaksi pohjavesipurkaumaa. Alueen tarkkailupisteiden määrää ja tarkkailun tiheyttä on lisätty johtuen alueella havaituista pitoisuusmuutoksista. Rikastushiekan läjittämisen edetessä paine-ero rikastushiekka-altaan pinnan ja ympäröivän alueen välillä on kasvanut, mikä heijastuu myös suotovesien määrään. Ensin luoteispuolella ja sittemmin lounaispuolella on todettu tarve tehostaa suotovesien talteenottoa. Rikastushiekka-altaan TSFA luoteispuolella on aloitettu suojaumpppaus vuonna 2021, ja lounaispuolella keväällä 2024.

Suojaumpppauksessa tuotetaan keinotekoisesti pienialainen pohjaveden alenema, jota kohti veden liike maaperässä ja/tai rikkonaisessa pintakalliossa suuntautuu. Suojaumpppauksissa talteenotettu vesi ohjataan kaivoksen vesikiertoon, mistä ylimääräinen vesi poistuu käsittelyn kautta purkuun.

Tarkkailualueet on jaettu kolmeen osaan pohjaveden virtaussuuntien (Golder Associates 2018).

Luoteispuolen pohjavesiputkista KevG-14, KevG-30 ja KevG-48 sijaitsevat suojaumpppauksen aleneman alueella, toisin sanoen alueella, johon ohjataan erityisesti rikastushiekka-altaan suotovettä, mistä se pumpataan talteen. Näitä putkia ei siis voi tarkastella ympäristön tilaa kuvaavina. Kuitenkin näissäkin putkissa sulfaatin, nikkelin ja koboltin pitoisuuksissa on ilmennyt laskua. Kloridin osalta tilanne vaihtelee putkien välillä, mutta tässä on muistettava, että kysymyksessä on talteenoton tarkkailu, ei ympäristötarkkailu. Eri aineiden välinen ero voi siihen, että patoalueen turvekerroksista on suojaumpppauksen

alkuvuosina poistunut suotovedestä turpeeseen ja moreeniin sitoutuneita aineita ja nyt talteenotettavan veden laatu edustaa suuremmalta osin suotovettä. Suojapumppausaleneman ulkopuolella varsinaisessa ympäristötarkkailussa (esimerkiksi putkissa KevG44 ja KevG.45) vuoden 2024 liukoisen nikkelin keskipitoisuus on ollut noin 10 µg/l suuruusluokassa ja sulfaattipitoisuus alle 20 mg/l.

Suojapumppausaleneman ulkopuolella pohjavesiputkissa korkeita sulfaattipitoisuuksia on havaittu edelleen rikastushiekka-altaan länsireunan patoalueen pisteissä KevG-31, KevG-60 ja KevG-61. Täällä vuoden 2024 sulfaatin keskipitoisuus on korkeimmillaan 410 mg/l. Nikkelin keskipitoisuus 2024 on muita länsilaidan pisteitä huomattavasti korkeampi 147 µg/l. Länsilaidan tarkkailupisteistä pohjaveden kulkeutumissuunta on patolinjan suuntainen, kohti luoteispuolen kulkeutumisreittiä tai lounaispuolen kulkeutumisreittiä ja suurelta osin kohti suojapumppausalueita.

Putkesta KevG-31 on huomioitava, että se on pintavesivaikutteinen. Tämä on pääteltävissä poikkeuksellisen voimakkaasta veden pinnankorkeuden vuodenaikaisvaihtelusta. Putken ympäristöön kertyy vettä ja pintaveden kulkeutuminen aiheuttaa nopeita pitoisuusvaihteluita. Teoreettisesti kuvattuna pintavesivaikutus pohjavesiputkessa voi olla joko pitoisuuksia kasvattava tai laimentava.

Pohjois- ja luoteispuolen putkilla pH-arvot ovat vuonna 2024 vaihdelleet välillä 5,4–7,0. Suojapumppauksen alkamisen jälkeen pH laski hetkellisesti, mutta tasoittui vuosina 2023–2024. (Eurofins Ahma Oy 2025d) Kevitsan alueella on mustaliuskeita ja tällaisille alueille pH-alenemat ovat tyypillisiä kuivatuksen yhteydessä.

Lounaisen suotautumisreitit pohjavesiputkissa KevG-15, KevG-32 ja KevG-41 eivät sovellu ympäristötarkkailussa tulkittaviksi, sillä ne sijaitsevat suojapumppauksen aleneman alueella, mihin suotovirtauksia erityisesti ohjataan. Aleneman muodostuminen näkyy selvästi putkien pinnankorkeusseurannassa pumppauksen alkaessa. Sijainti suojapumppausaleneman alueella näkyy myös mm. kloridin, sulfaatin ja nikkelin pitoisuuksissa, jotka ovat pumppauksen alkamisenkin jälkeen samassa suuruusluokassa tai aiempaakin korkeampia.

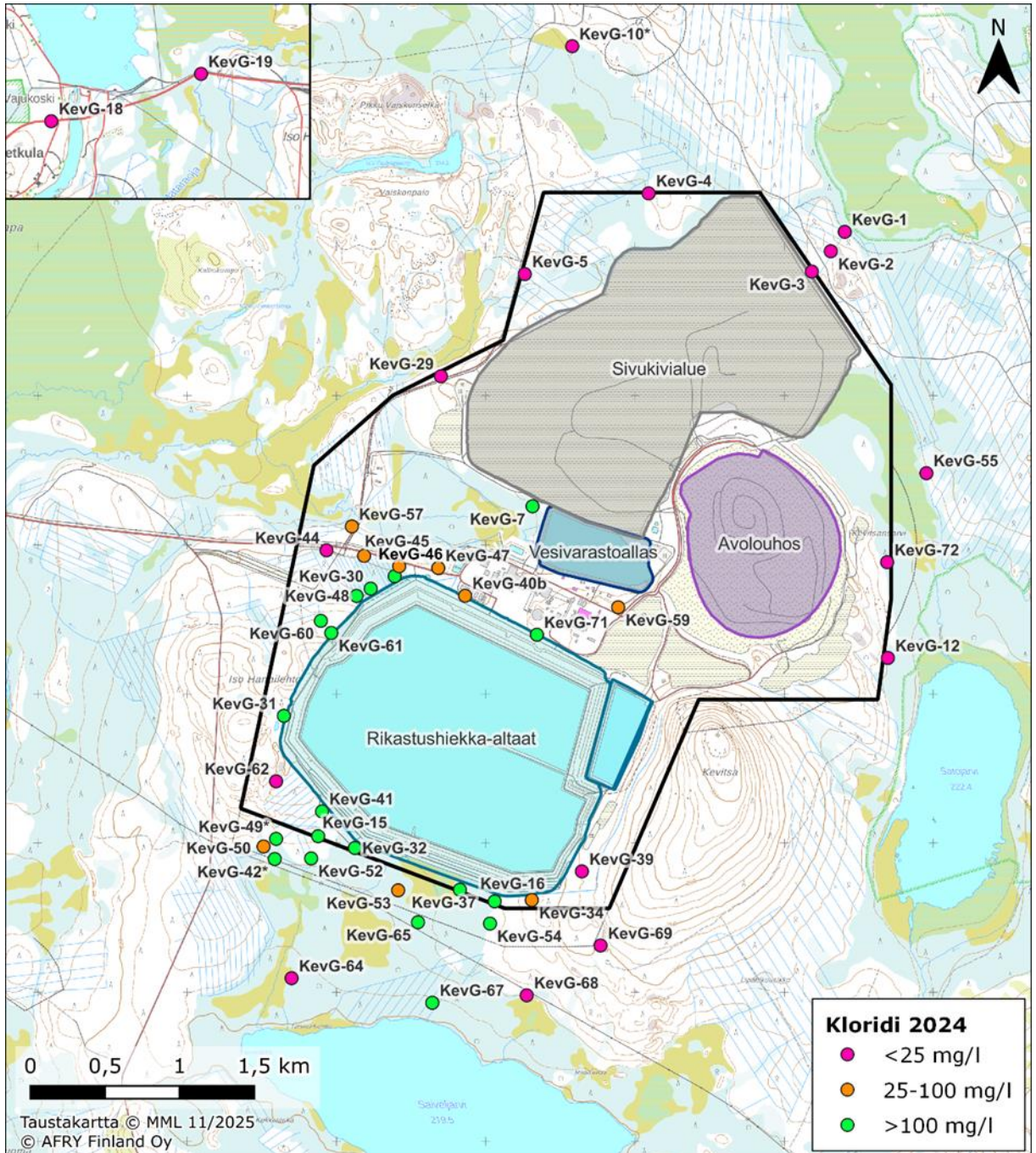
Lähimmistä suojapumppausaleneman ulkopuolisista tarkkailupisteistä KevG-49* erottuu muista ympäristön tarkkailupisteistä korkeampien pitoisuuksiensa takia. Kyseessä on luontainen pohjaveden maanpinnalle purkautumisen ympäristö, jossa vuodenaikaisvaihtelu on huomattavan suurta. Sulamisveden aiheuttava laimeneminen keväällä on suuri ja vastaavasti jäänmuodostuksen aiheuttama liuenneiden aineiden pitoisuuksien konsentroituuminen sulaan veteen on huomattavan suuri talvella. Sulfaatin vuosikeskiarvo pisteellä

KevG49* oli vuonna 2024 267 mg/l, sulfaatin 414 mg/l ja nikkelin 295 µg/l. Ainakin pitoisuuksien kasvu vaikuttaa taittuneen, mutta suojapumppausten todellista vaikutusta ei pidä arvioida yksittäisen vuoden perusteella. Toinen poikkeava ympäristötarkkailun piste on KevG-52, joka sijaitsee välittömästi suojapumppausaleneman eteläpuolella. Pistettä ei ainakaan toistaiseksi tulkiteta suojapumppausaleneman alueella sijaitseväksi, koska vuoden 2024 pinnankorkeusmittaukset ovat selkeän aleneman sijasta vaihtelevia aikaisempaan tasaiseen korkeuteen verrattuna. Kloridin (267 mg/l), sulfaatin (260 mg/l) ja liukoisen nikkelin (295 µg/l) vuosikeskiarvot 2024 muistuttavat kuitenkin enemmän pisteen KevG-49 pitoisuuksia kuin muita lounaisen kulkeutumisreitien pitoisuuksia.

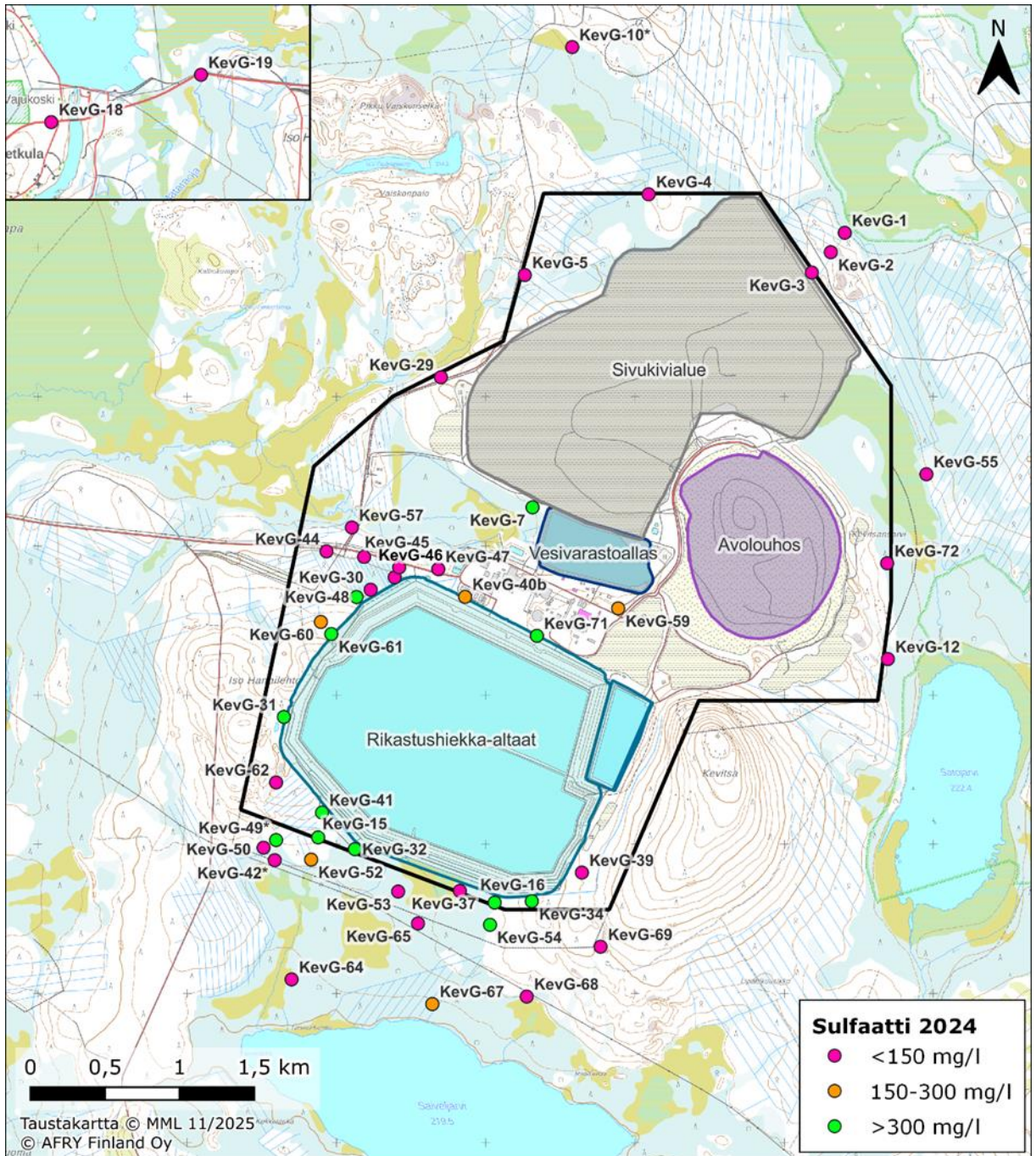
Muissa suojapumppauksen alenema-alueen ulkopuolisissa pisteissä lounaisella kulkeutumisreitillä kloridipitoisuuden vuosikeskiarvo 2024 on 2-50 mg/l, sulfaatin <1-17 mg/l ja nikkelin (liukoinen) 5-102 µg/l.

Kaakkoisella kulkeutumisreitillä patoalueen tarkkailuputkissa KevG-16, KevG-34, KevG-37 ja KevG-39 kloridipitoisuuden vuosikeskiarvo 2024 on 1-328 mg/l, sulfaatin 3-668 mg/l ja nikkelin (liukoinen) 2-79 µg/l. Patoalueesta etäämmällä sijaitsevilla putkissa KevG-53-54 ja KevG-65-67 kloridipitoisuuden vuosikeskiarvo 2024 on 15-133 mg/l, sulfaatin 33-200 mg/l ja nikkelin (liukoinen) <1-18 µg/l.

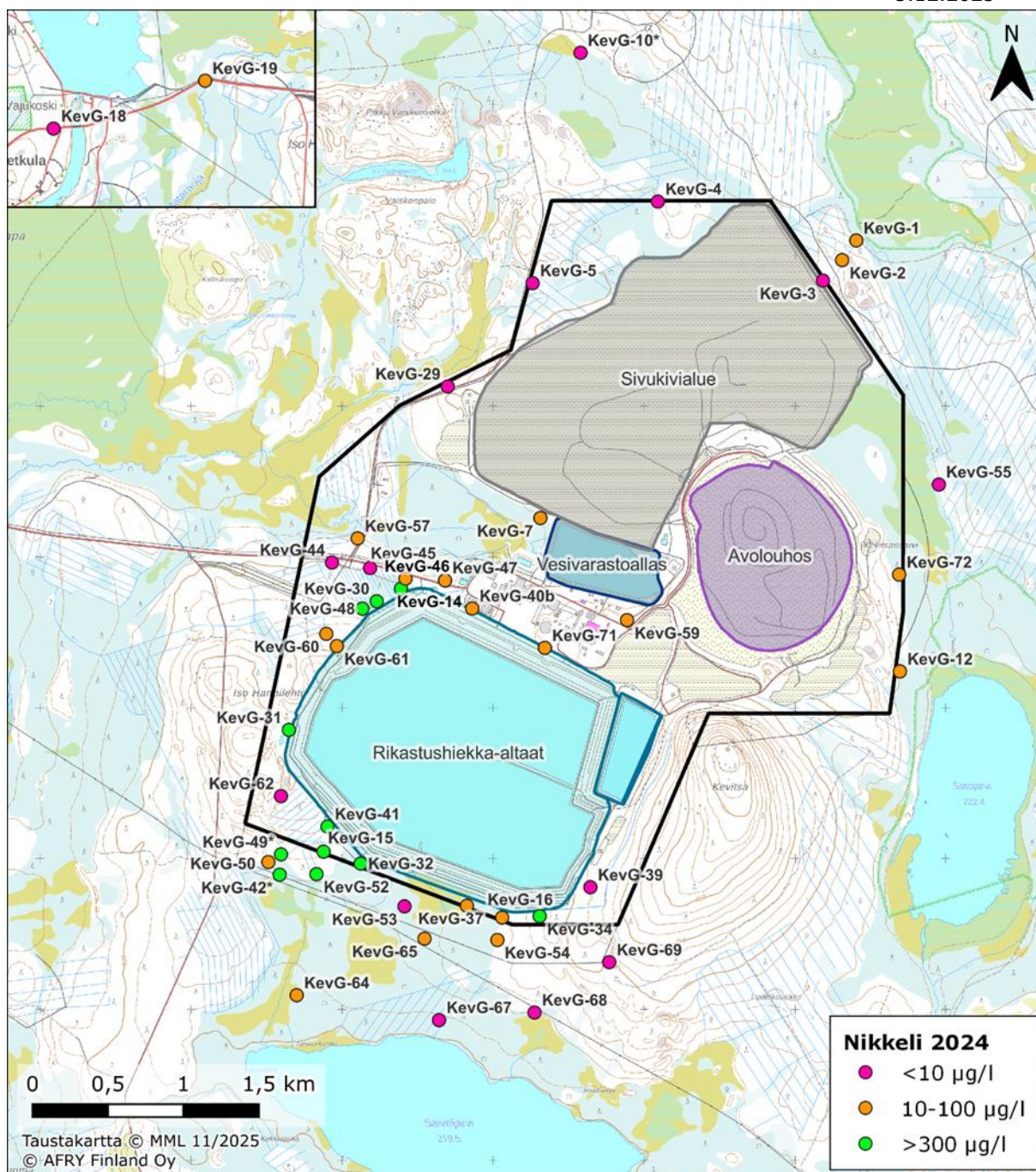
Pitoisuustasot 2024 esitetään kartalla seuraavasti: kloridi (Kuva 3-14), sulfaatti (Kuva 3-18) ja nikkeli (Kuva 3-16).



Kuva 3-14. Pohjaveden tarkkailupisteiden kloridipitoisuudet kaivosalueella vuoden 2024 keskipitoisuuden mukaan luokiteltuina. (Huomioitavaa: rikastushiekka-alueen luoteispuolen tarkkailuputket KevG-14, KevG-30 ja KevG-48 sekä lounaispuolet putket KevG-15, KevG-32 ja KevG-41 sijaitsevat suojapumppausten alenema-alueella eivätkä siten varsinaisesti sovelu ympäristötarkkailuun.)



Kuva 3-15. Pohjaveden tarkkailupisteiden sulfaattipitoisuudet kaivosalueella vuoden 2024 keskipitoisuuden mukaan luokiteltuina. (Huomioitavaa: rikastushiekka-alueen luoteispuolen tarkkailuputket KevG-14, KevG-30 ja KevG-48 sekä lounaispuolet putket KevG-15, KevG-32 ja KevG-41 sijaitsevat suojapumppausten alenema-alueella eivätkä siten varsinaisesti sovellu ympäristötarkkailuun.)



Kuva 3-16. Pohjaveden tarkkailupisteiden nikkelpitoisuudet kaivosalueella vuoden 2024 keskipitoisuuden mukaan luokiteltuina. (Huomioitavaa: rikastushiekka-alueen luoteispuolen tarkkailuputket KevG-14, KevG-30 ja KevG-48 sekä lounaispuolet putket KevG-15, KevG-32 ja KevG-41 sijaitsevat suojapumppausten alenema-alueella eivätkä siten varsinaisesti sovellu ympäristötarkkailuun.)

3.6 Vesistöt

Tässä kappaleessa keskitytään ensisijaisesti Mataraojaan ja Saiveljärveen, jotka ovat vastaanottavia vesistöjä sen jälkeen, kun vesien kokoaminen, käsittely ja johtaminen Kitiseen päättyvät kaivoksen sulkemisen jälkeisenä aikana. Vaihtoehdossa VE1.3 myös Iso-Vaiskonlampi vastaanottaa kaivosalueen vesiä sulkemisen jälkeen.

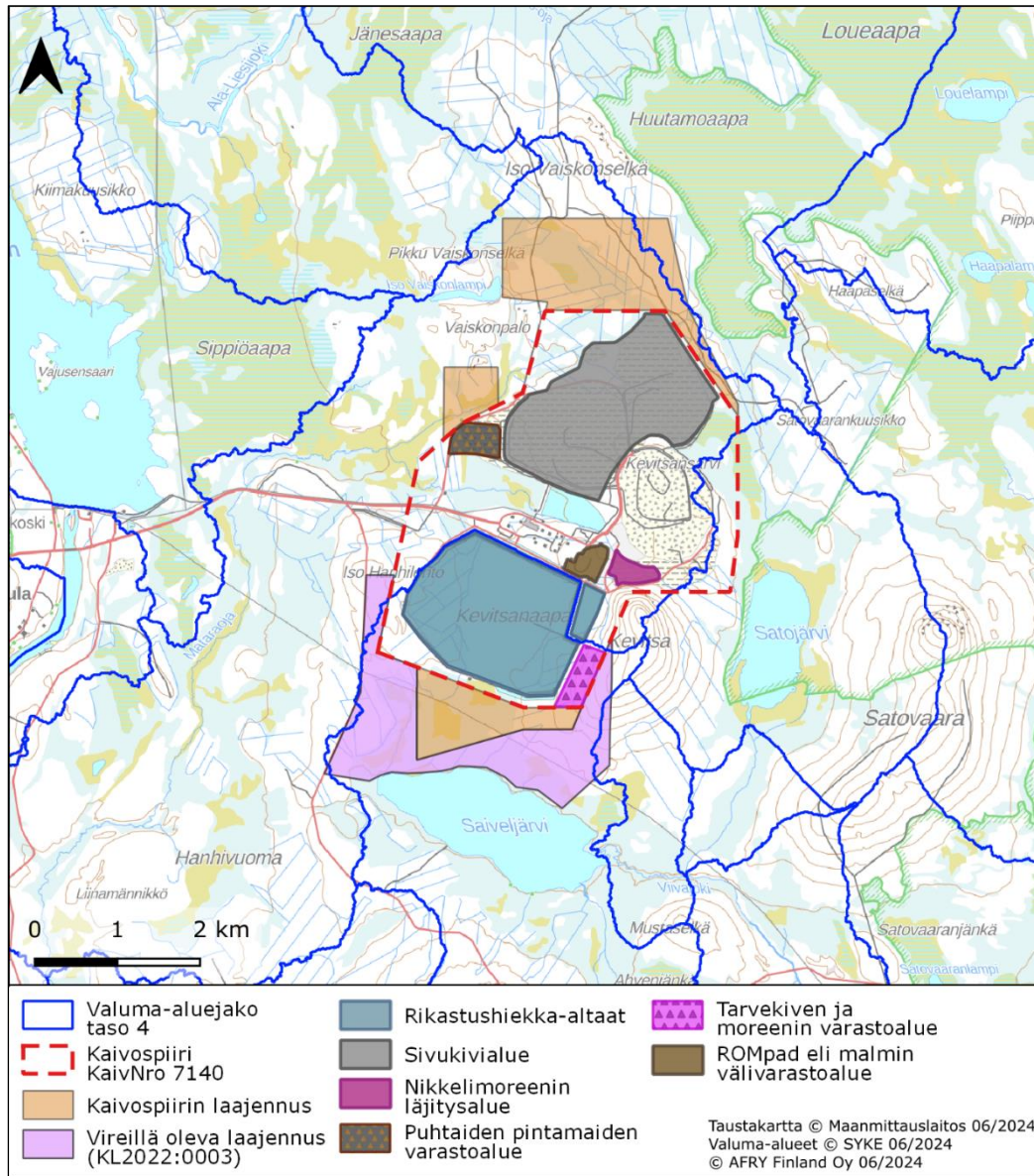
3.6.1 Vesistöt, valuma-alueet ja virtaamat

Kevitsan kaivosalue sijaitsee Kemijoen vesistöalueen (65) Kitisen alueella (65.8). Kaivoksen toiminta sijoittuu Mataraojan 3. jakovaiheen valuma-alueelle (1990 jako, 65.829) ja Moskujärvien valuma-alueelle (1990 jako, 65.893) (SYKE 2024b). Valuma-aluejaon uuden luokituksen (SYKE 2024b) perusteella kaivoksen toiminta-alue sijoittuu 4. tason valuma-alueille FI1-65.08.325, FI1-65.08.371 ja FI1-65.08.374 sekä valuma-alueiden FI1-65.08.241, FI1-65.08.240 ja FI1-65.08.248 läheisyyteen (Kuva 3-17). Mataraoja virtaa Kevitsan kaivosalueen kohdalla länteen ja sitten etelään, laskien Kitiseen. Pintavalutuskenttä ja tasausallas sijaitsevat teoreettisesti Mataraojan valuma-alueella, mutta vesienjohtamisjärjestelyjen takia ne ovat kaivoksen toiminnan aikana osa kaivoksen vesienhallintajärjestelmää.

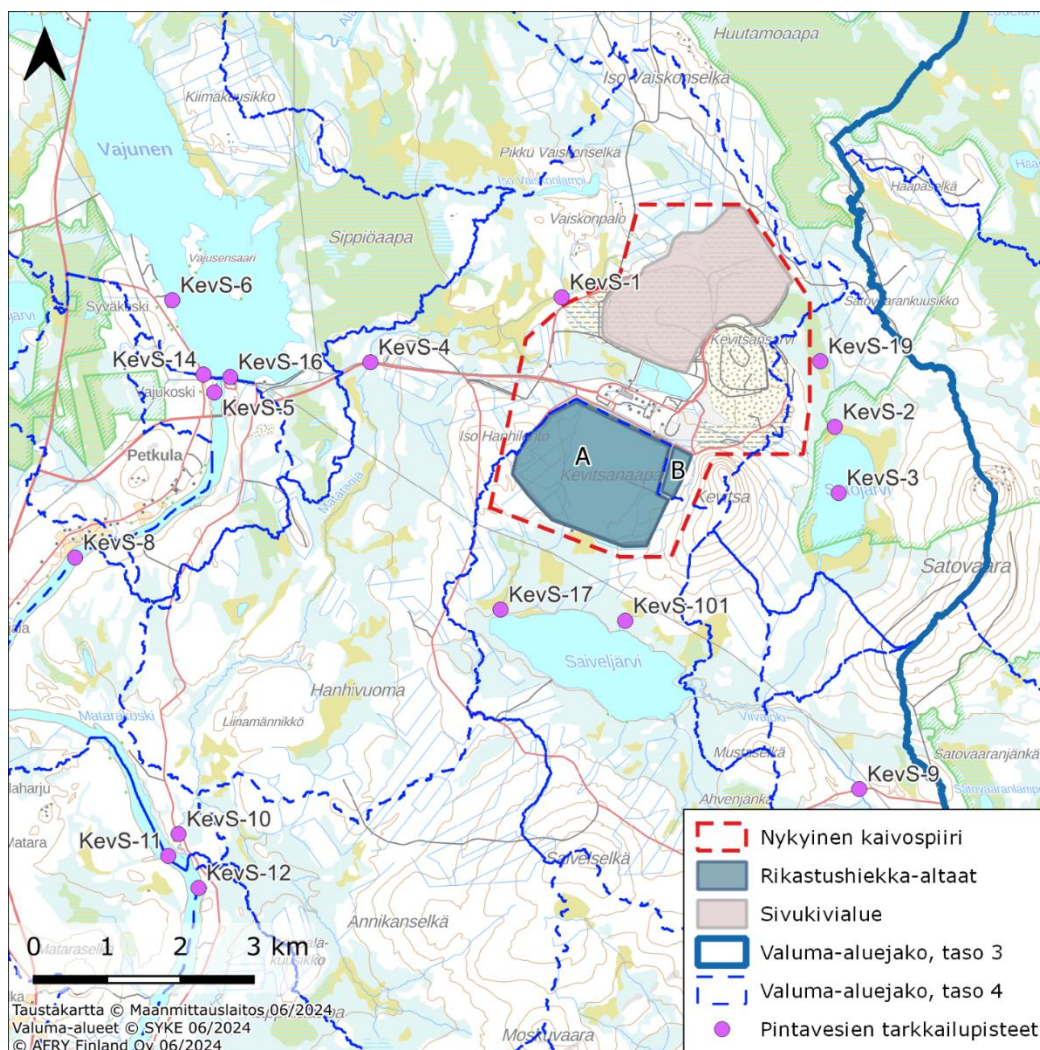
Kaivosalueen itäpuolella oleva Satojärvi ja eteläpuolella oleva Saiveljärvi sijaitsevat Moskujärvien valuma-alueella (1990 jako, 65.893) (SYKE 2024a). Satojärveen laskee oja järven pohjoispuolella. Saiveljärveen puolestaan laskee oja järven luonteisosassa. Valuma-alueiden 1990-jaon perusteella rikastushiekka-alueen eteläosat sijaitsevat teoreettisesti osin samalla Moskujärvien valuma-alueella ja Saiveljärven ja siihen laskevan ojan pohjoispuolella. Kaivoksen toiminnan aikana ne ovat kuitenkin kaivosalueen vesienjohtamisjärjestelmän piirissä. Satojärven ja Saiveljärven vedet laskevat Viivajokeen ja sen kautta Kelujoen kautta Kitiseen. Uuden valuma-alueuokituksen perusteella Satojärvi sekä siihen laskeva oja sijaitsevat 4. tason valuma-alueella FI1-65.08.374, Satojärvestä Viivajokeen laskeva Sato-oja valuma-alueella FI1-65.08.240, Saiveljärvi ja siihen laskeva oja sekä niiden pohjoispuolella sijaitseva rikastushiekka-alue valuma-alueella FI1-65.08.371, sekä Saiveljärvestä laskeva Viivajoki valuma-alueilla FI1-65.08.241 ja FI1-65.08.248.

Valuma-aluejako on esitetty kartalla kuvassa 3-17 ja Kevitsan pintavesitarkkailun havaintopisteet kartalla 3-18.

Kun kaivosalueen vesien kokoaminen, käsittely ja johtaminen Kitiseen päättyy sulkemisen jälkeen, vastaanottavia vesistöjä ovat Mataraoja ja Saiveljärvi.



Kuva 3-17 Valuma-alueet Kevitsan ympäristössä. On huomioitava, että kartalla kuvattu valuma-aluejako kuvaa luonnontilan mukaista valuma-alueiden jakaantumista (Syke 2024b). Sulkemisen jälkeen valumasuunnat noudattavat luonnollisia valuma-alueita, ellei niiden ohjautumista muuteta rakenteilla.



Kuva 3-18 Kevitsan kaivoksen vesistötarkkailupisteet. On huomioitava, että kartalla kuvattu valuma-aluejako kuvaa luonnontilan mukaista valuma-alueiden jakaantumista (Syke 2023).

Mataraojan virtaamaa mitataan jatkuvatoimisella pinnankorkeuden mittausasemalla pisteillä KevS-4 ja KevP-160. Mittausaseman KevS-4 yläpuolella sijaitsee karkeasti noin kolmasosa Mataraojan valuma-alueesta. Virtaama on pieni, pohjoishaaran keskivirtaama on 0,06 m³/s ja maantiesillan pisteen keskivirtaama 0,07 m³/s. Alivirtaama (NQ) on kummallakin pisteellä nolla ja ylivirtaama (HQ) pohjoishaarassa 0,2 m³/s ja sillan kohdalla 1,2 m³/s. Mataraojan keskivirtaama ojan alajuoksulla ennen sen laskua Kitiseen oli Suomen ympäristökeskuksen Vesistömallijärjestelmän (WSFS-VEMALA, SYKE 2025c) mukaan vuosina 2010–2024 noin 0,7 m³/s.

Satojärven ja Saiveljärven pinnankorkeutta seurataan jatkuvatoimisella mittalaitteistolla, jotta voidaan seurata aiheuttaako kaivostoiminta vedenpinnan korkeuden alenemista järvellä. Pinnankorkeusdatan perusteella Satojärven pinnankorkeuden alenemista ei ole ollut havaittavissa tai mahdolliset vaikutukset peittyvät suurempien vuodenaikaisvaihteluiden alle.

3.6.2 Veden laatu Mataraojassa

Mataraojan vedenlaatua tarkkaillaan kuukausittain näytepisteillä KevS-1, KevS-4 ja KevS-10. Pisteet sijaitsevat Mataraojan latvan alueella, kaivoksen yläpuolella (KevS-1), Mataraojan sillan kohdalla, kaivoksen alapuolella (KevS-4) ja Mataraojan suun sillan kohdalla (KevS-10). Mataraojaan ei tule kaivostoiminnasta johtuvia suoria päästöjä, mutta mahdollisten poikkeavien päästöjen sekä suotovesien talteen ottamatta jäävän osan varalta veden laatua on tarkkailtu kolmelta pisteeltä. (Eurofins Ahma Oy 2024b) Taulukossa 3-1 on esitetty Mataraojan vedenlaatu vuodesta 2020 maaliskuuhun 2025.

Huomattava osa Mataraojan valuma-alueesta on metallimineralisaation aluetta. Alueella on sekä mustaliuskeita että korkeita raskasmetallipitoisuuksia omaavia mafisia syväkiviä. Koska Kevitsa sijoittuu jääkauden jäänjakaja-alueelle, myös maaperä edustaa pitkälti paikallista kallioperää. Matara-ojan luonnollisella valuma-alueella on pohjavesissä ennen kaivostoiminnan alkamista mitattu mm. huomattavan korkeita nikkeli- ja kobolttipitoisuuksia. Suurimpien luontaisten pitoisuuksien mittaushaikat ovat kuitenkin nykyisen kaivospiirin sisäpuolella ja kaivoksen sisäisen vesikierron alueella. Mataraojan vesimäärä on pieni, ja erityisesti vähävetisinä aikoina häiriintymättömien vesinäytteiden ottaminen on ollut vaikeaa. Oja myös jäätyy usein talvisin pohjaan asti, ja koska jää muodostuu pääasiassa puhtaasta vedestä, voivat talviaikaiset pitoisuusnousut olla seurausta myös veden määrän pienemisestä haitta-aineiden konsentroituessa sulaksi jäävään osaan vettä.

Ojan veden happipitoisuus myös putoaa talvisin varsin alas, mikä todennäköisesti liuottaa ojan pohjasaostumia ojan yläosissa. Keskimäärinkin happitilanne Mataraojan latvan ja sillan alueella on ollut vain välttävällä tasolla. Mataraojan suun alueella happitilanne on ollut keskimäärin hyvällä tasolla.

Mataraojassa havaitut pH-arvot ovat olleet neutraalin tuntumassa (latva), neutraaleja (silta) tai lievästi emäksisiä (ojan suu). Sähkönjohtavuus on ollut kaikilla pisteillä hieman korkeampi (13–16 mS/m) kuin sisävesille tyypillinen taso. Alkaliteetti on ollut kaikissa pisteissä hyvä. Kiintoaineen määrä on ollut samalla matalalla tasolla Mataraojan latvan (KevS-1) ja suun (KevS-10) alueella. Mataraojan sillan (KevS-4) kohdalla on havaittu hieman näitä korkeampi keskimääräinen kiintoainepitoisuus, ja ajoittain on havaittu kohonneita kiintoainepitoisuuksia (maksimi 66 mg/l). Samassa pisteessä KevS-4 on havaittu myös selvästi kohonneita sameusarvoja, kun muilla pisteillä on havaittu keskimäärin lievää sameutta. Näytepisteen KevS-4 kohdalla vesitilavuus on ajoittain erittäin pieni, jolloin näytteenoton yhteydessä kiintoainesta sekoittuu herkästi näytteisiin (Eurofins Ahma Oy 2024b). Veden väri on viitannut Mataraojan sillan (KevS-4) alueella keskimäärin runsashumuksisuuteen ja muissa pisteissä keskihumuksisuuteen. Kemiallinen hapenkulutus (ka 8–9 mg/l) on ollut kaikissa kolmessa

keskimäärin samalla tasolla. Kokonaisravinteiden määrät ovat viitanneet kaikissa kolmessa pisteessä keskimäärin karuun veteen.

Taulukko 3-1 Vedenlaatu Mataraojassa (latva KevS-1, silta KevS-4 ja suun silta KevS-10) 01/2020–03/2025 (SYKE 2025b).

	Syv.	Lämpö-tila	Happi kyllästys	Happi liukoinen	pH	Sähk. joht.	Alkalini-teetti	Kiintoaine	Sameus	Väri-luku	CODMn	DOC
	m	°C	Kyll.%	mg/l		mS/m	mmol/l	mg/l	FNU	mg/l Pt	mg/l	mg/l
KevS-1 Mataraojan latva, kaivoksen yläpuoli												
ka	0,5	5,6	59,2	7	7,1	13	1,1	1	1	53	9	8
min	0,2	0,0	19,00	3	5,3	2	0,0	0,5	0,4	14	3	3
max	1	22,4	85	11	7,4	27	2,2	15	6	190	32	21
n	71	71	70	70	71	71	71	71	71	71	71	66
KevS-4 Mataraojan silta, kaivoksen alapuoli												
ka	0,2	5,3	60,4	8	7,0	13	1,0	4	10	145	8	7
min	0,1	0,0	20,00	2	6,3	3	0,2	0,5	1,0	26	3	2
max	1	17,8	93	12	8,4	21	1,9	66	79	1300	28	21
n	73	71	70	72	73	73	73	73	73	73	73	72
KevS-10 Mataraojan suun silta												
ka	0,2	4,6	82,6	11	7,4	16	0,8	1	2	60	8	6
min	0,1	0,0	62,00	7	6,7	4	0,2	0,5	0,5	16	2	3
max	1	16,0	100	13	7,9	25	1,4	4	16	240	21	16
n	69	68	68	69	69	69	69	69	69	69	69	66

	Syv.	N	NO2+3-N	NH4-N	P	PO4-P	Kloro- fylli-a	Kovuus Ca+Mg	SO4	Cl		
	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mmol/l	mg/l	mg/l		
KevS-1 Mataraojan latva, kaivoksen yläpuoli												
ka	0,5	228	3,5	5,3	4,4	1,2		0,6	3,5	1,6		
min	0,2	25	2,0	2,0	1,5	1,0		0,1	0,3	0,5		
max	1	810	31	22	28	4		1	16	3		
n	71	71	71	71	71	71		71	71	71		
KevS-4 Mataraojan silta, kaivoksen alapuoli												
ka	0,2	234	5,6	4,8	4,8	1,2	0,5	0,6	3,5	4,1		
min	0,1	97	2,0	2,0	1,5	1,0	0,5	0,1	0,3	0,2		
max	1	790	70	24	13	4	1	1	12	8		
n	73	73	73	73	73	73	1	73	73	73		
KevS-10 Mataraojan suun silta												
ka	0,2	156	5,5	4,7	4,6	2,0	0,5	0,7	27,5	1,2		
min	0,1	25	2,0	2,0	1,5	1,0	0,5	0,2	3,6	0,2		
max	1	360	15	14	12	5	1	1	53	2		
n	69	69	69	69	69	69	1	69	69	69		
	Syv.	Ca	Mg	Mn	Na	Cd liuk.	Cr	Cu	Pb liuk.	Ni	Ni liuk.	Fe
	m	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
KevS-1 Mataraojan latva, kaivoksen yläpuoli												
ka	0,5	14,0	6,6	416,9	2,0	0,005	0,9	1,2	0,03	3,9	3,7	619,0
min	0,2	1,3	1,3	11,0	0,6	0,005	0,1	0,1	0,01	1,1	0,5	150,0
max	1	26	13	4500	3,1	0,012	6,4	7,6	0,24	17	14	3900
n	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
KevS-4 Mataraojan silta, kaivoksen alapuoli												
ka	0,2	11,8	6,6	743,6	2,5	0,01	0,54	0,6	0,01	3,4	3,2	4556,2
min	0,1	2,5	1,5	17,0	1,0	0,01	0,14	0,03	0,01	1,0	0,9	515,0
max	1	22	12	4500	4,0	0,02	3,6	5,1	0,08	50	45	36000
n	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
KevS-10 Mataraojan suun silta												
ka	0,2	21,3	4,5	97,2	2,1	0,005	0,6	0,2	0,01	1,3	1,2	756,8
min	0,1	4,9	1,5	10,0	0,9	0,005	0,3	0,03	0,01	0,7	0,7	290,0
max	1	35	7	830	2,8	0,005	1,3	1,3	0,05	2,5	2,5	4700
n	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69

Sulfaattipitoisuudet ovat olleet latvan (KevS-1) ja sillan (KevS-4) alueella (ka 3,5 mg/l) samalla tasolla, mutta tätä tasoa selvästi korkeampia Mataraojan suun (KevS-10) alueella (ka 27,5 mg/l). Jokisuun läheisyydessä kohonneita sulfaattipitoisuuksia on havaittu vuodesta 2009 lähtien ja syyksi kohonneisiin sulfaattipitoisuuksiin on arveltu mm. metsäojituksia sekä malminetsinnän

yhteydessä tehtyjä tutkimusojia. Koska alueella on mustaliuskeita ja vastaavia aineksia sisältävää maaperää, kuivatus voi lisätä sulfidimineraalien hapettumista maaperässä, aiheuttaen sulfaattikuormaa.

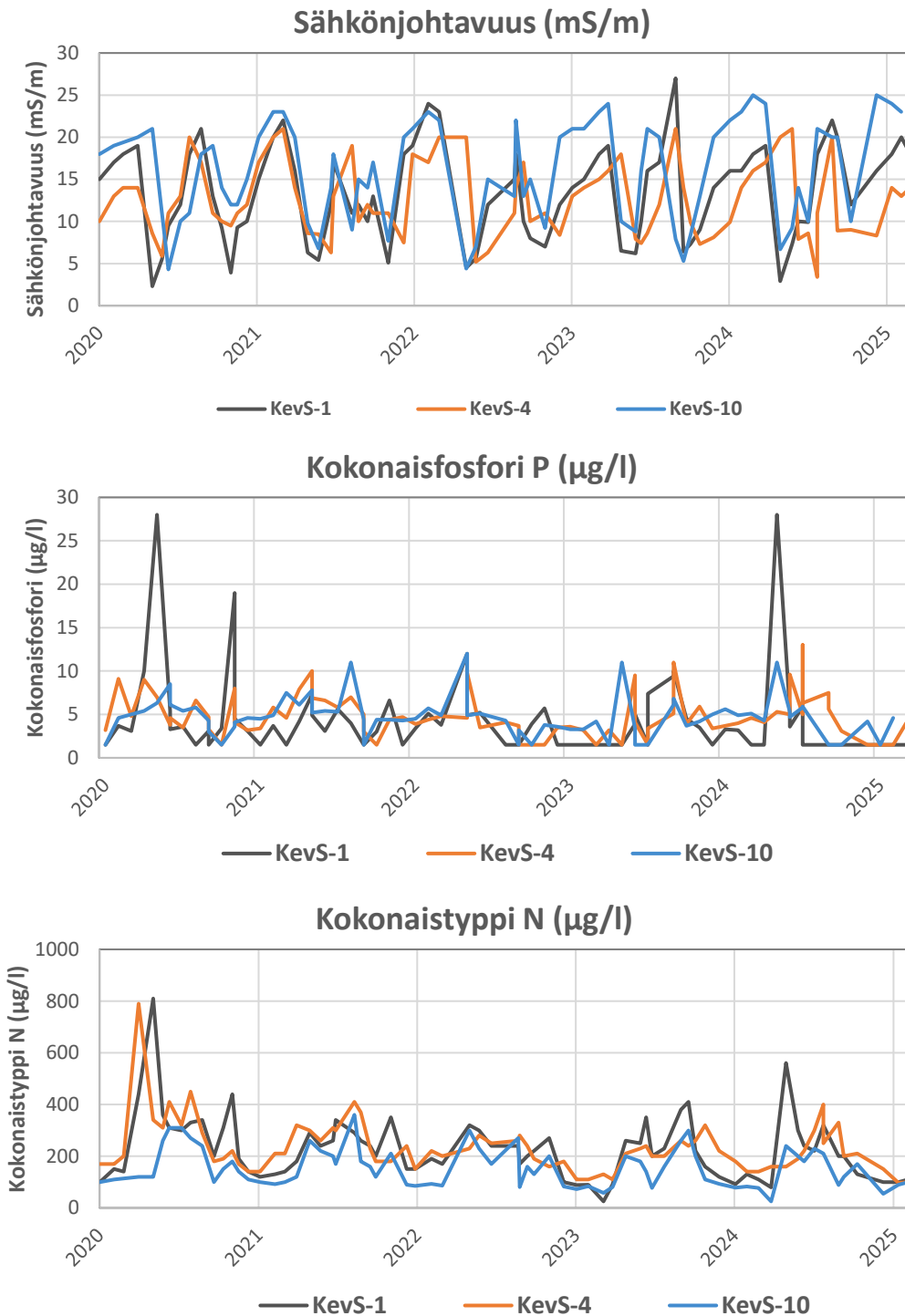
Matarajoen kloridipitoisuuden on havaittu olleen taustapitoisuutta korkeampi, ja tämän on arveltu liittyneen ojan vesimäärän muutoksiin ja konsentraation kasvuun (Eurofins Ahma Oy 2024b). Kloridipitoisuudet olivat Matarajoessa keskimäärin 1,2–4,1 mg/l vuosina 2020–2025.

Liukoisen kadmiumin määrä (0,005–0,02 µg/l) on ollut todella matala kaikissa Matarajoen pisteissä. Kaikista kolmesta pisteestä on mitattu matalia liukoisen lyijyn pitoisuuksia, jotka ovat olleet alle ympäristölaatunormien tason. Liukoisen nikkelin pitoisuudet ovat olleet Matarajoen latvan (KevS-1, ka 3,7 µg/l), sillan (KevS-4, ka 3,2 µg/l) ja sillan suun alueella (KevS-10, ka 1,2 µg/l) matalampia kuin biosaatavan nikkelin ympäristölaatunormi (AA-EQS, 5 µg/l). Matarajoen sillan alueelta kaivoksen alapuolelta on havaittu yksittäinen ympäristölaatunormin (MAC-EQS, 34 µg/l) ylittävä liukoisen nikkelin pitoisuus (45 µg/l). Mittaus ajoittui kevättalveen ja jääkannen alaiseen tilaan, heikon happipitoisuusjakson jälkeen. Samaan aikaan myös raudan pitoisuus oli vedessä poikkeuksellisen korkea ja tulkinta tilanteesta oli, että todennäköisesti rautapitoisia pohjasaostumia liukeni heikon happitilanteen seurauksena veteen. Ei ole kuitenkaan suljettu pois sitäkään mahdollisuutta, että pohjasedimenttiä sekoittui veteen näytteenoton aikana. Rautasaostumien pysyvyys heikkenee happitilanteen heikentyessä ja rautasaostumissa on nikkelpitoisilla alueilla tyypillisesti kersaastunutta nikkeliä.

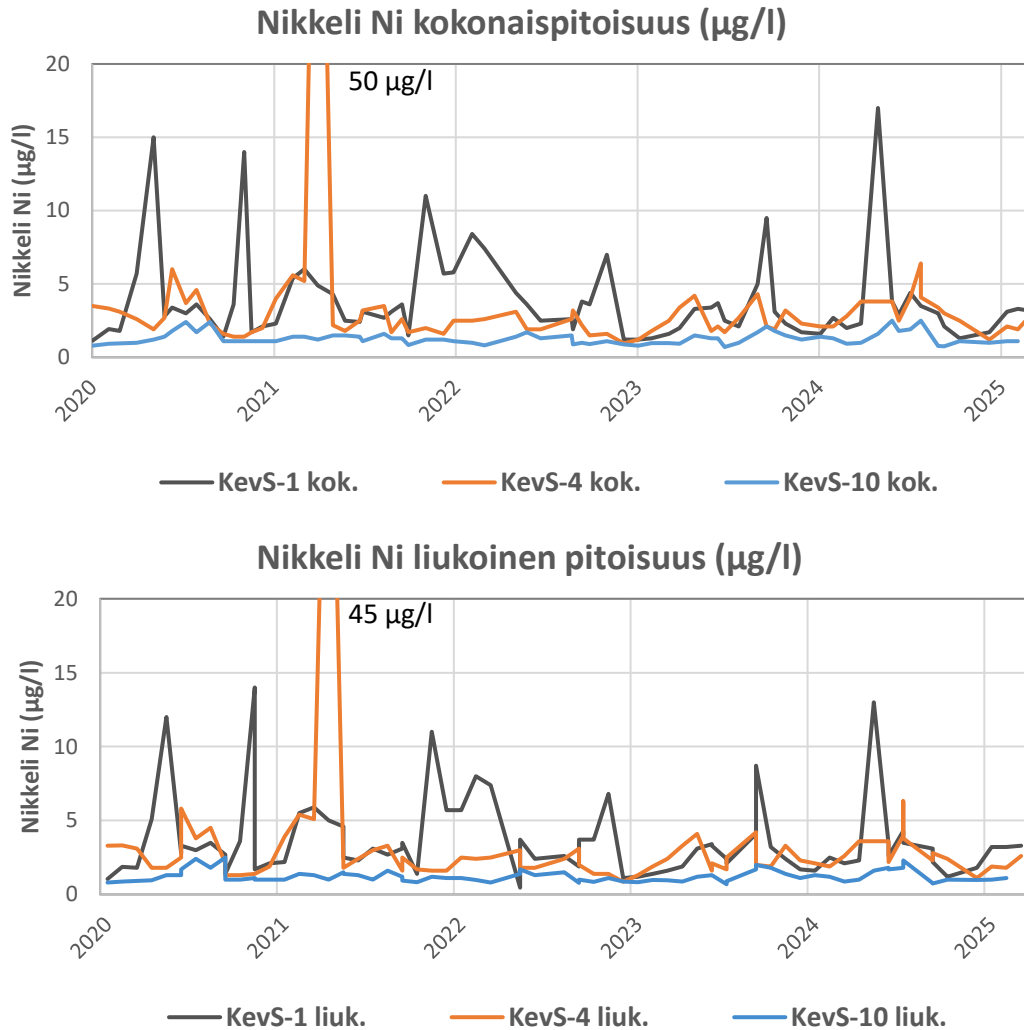
Muiden metallien (kromi, kupari) pitoisuudet ovat olleet pieniä. Mataraojan latvan (KevS-1) ja sillan (KevS-4) alueella on havaittu ajoittain kohonneita rauta- ja mangaanipitoisuuksia. Pitoisuuksien vaihtelu vaikuttaa liittyvän happitilanteen vaihteluun Mataraojassa. Talvikaudella jääkannen alla happitilanne heikkenee, minkä takia rauta- ja mangaanisaostumia purkautuu vapauttaen myös niihin kiinnittyneitä muita metalleja. Saostumien alkuperä lienee valuma-alueen mustaliuskeissa. Suoalueilta tuleva vesi on happamampaa ja happipitoisuus alhaisempi kuin Mataraojassa, minkä takia rautaa ja mangaania todennäköisesti saostuu Mataraojassa.

Kuvissa 3-19 ja 3-20 on esitetty Mataraojan latvan (KevS-1), sillan (KevS-4) ja suun alueen veden (KevS-10) sähkönjohtavuuden, kokonaisravinteiden (P, N) sekä nikkelin kokonais- ja liukoisten pitoisuuksien kehitystä vuosina 2020–2025 (maaliskuu). Mataraojan latvan alueen vedessä on mahdollisesti havaittavissa nousua sähkönjohtavuudessa verratessa vuosien 2020–2025 tasoa (2–27 mS/m) tasoon vuosien 2009–2010 tasoon (4–18 mS/m). Korkeimmat sähkönjohtavuusarvot on mitattu vuosina 2022 ja 2023. Mataraojan sillan alueen vedessä on aiemmin havaittu yksittäinen kohonnut sähkönjohtavuus vuonna 2014 (51 mS/m), mutta sillan tai suun alueen

vedessä ei erotu nousutrendiä. Kokonaisravinteiden määrät ovat pysyneet tasaisina vuoden 2020 korkeampien pitoisuuksien jälkeen Mataraojan latvan (KevS-1) ja sillan (KevS-4) pisteillä. Mataraojan suun alueen veden (KevS-10) kokonaisravinteet on pysynyt samalla tasolla vuosien 2020–2025 ajan. Nikkelin määrä on ollut pienimmillään Mataraojan suun läheisyydessä (KevS-10). Mataraojan latvan (KevS-1) ja sillan (KevS-4) läheisyydessä pitoisuuksissa on havaittu enemmän vaihtelua ja ajoittaisia kohonneita arvoja.



Kuva 3-19 Sähkönjohtavuus ja kokonaisravinteiden määrä (P, N) Mataraojan latvan alueella kaivoksen yläpuolella (KevS-1), sillan alueella kaivoksen alapuolella (KevS-4) ja suun sillan alueella (KevS-10) vuosina 01/2020–03/2025 (SYKE 2025a).



Kuva 3-20 Nikkelin kokonaispitoisuudet (yllä) ja liukoiset pitoisuudet (alla) Mataraojan latvan alueella kaivoksen yläpuolella (KevS-1), sillan alueella kaivoksen alapuolella (KevS-4) ja suun sillan alueella (KevS-10) vuosina 01/2020–03/2025 (SYKE 2025a).

3.6.3 Veden laatu Iso-Vaiskonlammissa

Ison Vaiskonlammen tarkkailu on aloitettu vuoden 2024 huhtikuussa. Näytteitä on otettu kerran kuukaudessa. Taulukossa 3-2 on esitetty vedenlaadun tulokset vuoden 2025 toukokuuhun asti. Veden happipitoisuus on vaihdellut erinomaisesta välttävään, ollen keskimäärin tyydyttävällä tasolla. Veden pH on pääosin lievästi emäksinen, ja sähkönjohtavuus on keskimäärin sisävesille tyypillisellä tasolla. Veden kiintoainepitoisuus on matala. Veden värin ja kemiallisen hapenkulutuksen perusteella vesi on humuspitoista. Kokonaisravinteisuudeltaan vesi on karua.

Liukoisen kadmiumin määrä (<0,01–0,012 µg/l) on ollut todella matala Isossa Vaiskonlammissa. Myös liukoisen lyijyn pitoisuudet ovat olleet pieniä, ja alle ympäristölaatunormien tason. Liukoisen nikkelin pitoisuudet ovat olleet

matalampia kuin biosaatavan nikkelin ympäristölaatunormi (AA-EQS, 5 µg/l).
Muiden metallien (kromi, kupari) pitoisuudet ovat olleet matalia.

Taulukko 3-2 Vedenlaatu Iso Vaiskonlammessa (KevS-26) 04/2024–05/2025 välisenä aikana (SYKE 2025b).

	Syv.	Lämpö-tila	Happi kyllästys	Happi liukoinen	pH	Sähk. joht.	Alkalini-teetti	Kiinto-aine	Sameus	Väri-luku	CODMn														
	m	°C	Kyll.%	mg/l		mS/m	mmol/l	mg/l	FNU	mg/l Pt	mg/l														
KevS-26 Iso Vaiskonlampi																									
ka	0,7	0,7	69,4	9	7,2	6,8	0,6	1,7	1,8	130	18														
min	0,2	0,2	51,00	7	6,7	0,5	0,3	1,0	0,8	89	12														
max	1,0	1,0	99	10	7,8	10	0,8	3,2	3,1	190	27														
n	14	14	14	14	14	16	14	5	14	14	14														
Syv.		N		NO2+3-N		NH4-N		P		PO4-P		Kovuus Ca+Mg	SO4		Cl										
m		µg/l		µg/l		µg/l		µg/l		µg/l		mmol/l		mg/l		mg/l									
KevS-26 Iso Vaiskonlampi																									
0,7		289		34,6		18,4		6,8		2,8		0,3		2,0		0,8									
0,2		220		12,0		6,0		4,2		2,1		0,2		1,1		0,5									
1,0		350		69		39		10		3,8		0,5		3,2		1,0									
14		14		11		9		14		3		14		15		13									
Syv.		K		Ca		Mg		Mn		Na		Cd, liuk.		Cr		Cu		Pb, liuk.		Ni		Ni, liuk.		Fe	
m		mg/l		mg/l		mg/l		µg/l		mg/l		µg/l		µg/l		µg/l		µg/l		µg/l		µg/l		µg/l	
KevS-26 Iso Vaiskonlampi																									
0,7		1,1		8,8		2,8		137		1,4		<0,01		1,1		1,0		0,04		2,6		2,4		821	
0,2		0,5		4,6		1,6		23,0		0,9		<0,01		0,7		0,6		0,02		2,1		0,6		550	
1,0		1,6		13		4,1		330		2,0		0,012		1,5		1,4		0,09		3,2		3,0		1300	
14		14		14		14		14		14		14		14		14		14		15		15		14	

3.6.4 Veden laatu Saiveljärvessä

Saiveljärven vedenlaatua tarkkaillaan kuukausittain näytepisteellä KevS-7 ja Saiveljärveen laskevan ojan KevS-17 vedenlaatua huhti-, kesä-, heinä-, elo- ja lokakuussa. Taulukossa 3-3 on esitetty Saiveljärven ja siihen laskevan uoman vedenlaatu vuosina 2020–2024. Saiveljärvi on matala ja sen vedenlaatua luonnehtii talviaikainen hapettomuus ja kesällä selvät leväkukinnat. Humuksisuutta ja orgaanisten aineiden määrää kuvaajien suureiden perusteella järvi on runsashumuksinen. (Eurofins Ahma Oy 2024b)

Saiveljärvi ei maastohavaintojen mukaan jäädy koskaan pohjaan saakka, vaan syvimmissä kohdassa on aina myös talvisin vapaata vettä. Laaja-alaisella jäätymisellä voi kuitenkin sopivissa olosuhteissa olla vaikutusta veden ainepitoisuuksiin. Jää muodostuu pääasiassa puhtaasta vedestä, jolloin

talviaikaiset pitoisuusnousut olla seurausta myös vapaan veden määrän pienemisestä eikä haitta-aineiden määrän muuttumisesta.

Saiveljärvässä (sekä sen laskujoella Viivajoella) on ollut havaittavissa viime vuosina sulfaatti- ja kloridipitoisuuksien, ja sitä kautta sähkönjohtavuuden nousevat trendit. Kehitys on havaittu alkaneen loppuvuodesta 2018 ja vuoden 2025 alkuun asti tarkkailun perusteella nousevat trendit olivat pääsääntöisesti jatkuneet. (Eurofins Ahma Oy 2024b)

Saiveljärveen laskevalta vähävetiseltä norolta on mitattu muihin pisteisiin verrattuna suurempia kloridi-, sulfaatti- ja nikkelpitoisuuksia läpi tarkkailun. Noron vedet peilaavat noron valuma-alueella olevien mustaliuskeiden vaikutusta sekä mahdollisesti Kevitsan mineralisaation suunnalta kertyviä pohjavesiä ja/tai rikastushiekka-altaan suotovesiä.

Saiveljärvässä on havaittu ajoittain hapettomuutta, ja keskimäärin happitilanne on ollut välttävällä tasolla. Saiveljärveen laskevassa norossa happitilanne on ollut keskimäärin tyydyttävällä tasolla. Saiveljärvässä havaitut pH-arvot ovat olleet happamasta (5,8) emäksiseen (7,4), mutta järveen laskevassa uomassa on havaittu huomattavasti matalampia pH-arvoja (3,7–4,7). Saiveljärven sähkönjohtavuus on ollut sisävesille tyypillisellä tasolla, mutta selvästi kohonneella tasolla järveen laskevassa uomassa. Järven alkaliteetti eli veden kyky vastustaa pH:n muutoksia on ollut keskimäärin hyvä, mutta norossa alle määritysrajan (<0,01 mmol/l) eli puskurikyky oli huono. Kiintoaineen määrä on vaihdellut järvässä hieman enemmän, kuten myös sameus. Saiveljärven veden väri on viitannut humuspitoiseen veteen. Norossa veden väri on vaihdellut värittömästä humuspitoiseen. Kokonaisravinteiden määrät ovat viitanneet Saiveljärvässä keskimäärin lievästi rehevään veteen. Norossa kokonaisravinteiden määrä on viitannut keskimäärin karuun veteen. Myös nitraatti- ja nitriittitypen sekä ammoniumtypen määrässä on havaittu ajoittain kohonneita arvoja Saiveljärvässä ja norossa ammoniumtypen suhteen.

Taulukko 3-3 Vedenlaatu Saiveljärvessä (KevS-7) ja siihen laskevassa ojassa (KevS-17) vuosina 01/2020–03/2025 (KevS-7) ja 2020–2024 (KevS-17) (SYKE 2025b).

	Syv.	Lämpö-tila	Happi kyllästys	Happi liukoinen	pH	Sähk. joht.	Alkalini-teetti	Kiinto-aine	Sameus	Väri-luku	CODMn	DOC
	m	°C	Kyll.%	mg/l		mS/m	mmol/l	mg/l	FNU	mg/l Pt	mg/l	mg/l
KevS-17 Saiveljärveen laskeva oja												
ka	0,2	10,7	73	8,0	4,2	71	0,01	0,9	0,7	21	5,3	5,1
min	0,1	0,0	7,0	1,0	3,7	37	0,01	0,5	0,2	6,0	2,4	2,8
max	0	24,1	100	12	4,7	110	0,01	6,6	4,3	55	10	8,6
n	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
KevS-7 Saiveljärvi												
ka	1,0	6,0	60	7,1	6,9	10	0,28	1,8	2,9	72	11	8,7
min	0,2	0,0	8,0	1,2	5,8	4	0,04	0,5	0,5	39	4,3	6,1
max	1	21,9	110	13	7,4	15	0,54	7,0	10	150	23	19
n	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58

Syv.	N	NO ₂ +3-N	NH ₄ -N	P	PO ₄ -P	Klorofylli-a	Kovuus Ca+Mg	SO ₄	Cl
m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mmol/l	mg/l	mg/l
KevS-17 Saiveljärveen laskeva oja									
0,2	256	2,6	47,9	11,2	1,2		2,7	114	133
0,1	94	2,0	2,0	5,9	1,0		1,4	49	85
0	890	10	250	21	5,1		11	190	200
26	26	26	26	26	26		26	26	26
KevS-7 Saiveljärvi									
1,0	501	84,4	63,1	16,9	2,9	10,5	0,4	7,5	13,3
0,2	200	2,0	2,0	1,5	1,0	3,6	0,2	3,1	5,6
1	850	370	320	39	10	27	0,6	12	22
58	58	58	58	58	58	19	58	58	58

Syv.	K	Ca	Mg	Mn	Na	Cd, liuk.	Cr	Cu	Pb, liuk.	Ni	Ni, liuk.	Fe
m	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
KevS-17 Saiveljärveen laskeva oja												
0,2	3,8	53,9	33,5	160,5	28,2	0,02	0,2	0,7	0,1	37	36	1267
0,1	1,9	27,0	17,0	77,0	12,0	0,01	0,1	0,3	0,03	20	20	250
0	13	230	140	330	120	0,05	0,7	2,3	0,3	68	68	8100
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
KevS-7 Saiveljärvi												
1,0	0,8	8,0	4,3	116,0	3,3	0,01	0,49	0,48	0,04	2,4	2,29	849
0,2	0,3	3,0	1,9	7,6	1,3	0,01	0,24	0,19	0,01	1,4	0,11	190
1	1,2	12	7	350	5	0,01	2,40	1,40	0,13	4,4	4,30	2900
58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58

3.6.5 Veden laatu Satojärvessä

Satojärvi ei ole kaivosalueen vesiä vastaanottava vesistö kaivoksen toiminnan aikana eikä sulkemisen jälkeen. Satojärven tarkkailu on ollut tärkeää erityisesti siitä syystä, että avolouhoksen kuivatuksesta aiheutuvan pohjavesialeneman seurauksena Satojärven valuma-alueen kokoon on saattanut kohdistua muutoksia. Vastaavasti tilanne voi palautua toiminnan päätyttyä pohjaveden pinnantasojen palautuessa ennalleen. Tuolloin myös pohjavesivirtauksia voi kohdistua jossain määrin Satojärveen sellaisilta alueilta, joilta pohjavesi virtaa tällä hetkellä kohti louhosta, ja jossa pohjaveden pinnantas on erittäin alhaalla.

Taulukossa 3-4 on esitetty Satojärven ja sen yläpuolisen ojan vedenlaatu vuosina 2020–2024. Satojärvi on matala ja vedenlaatua luonnehtii talviaikainen hapettomuus ja kesällä selvät leväkukinnat. Humuksisuutta ja orgaanisten aineiden määrää kuvaavien suureiden perusteella järvi on runsashumuksinen. (Eurofins Ahma Oy 2024b) Satojärvi jäätyy usein talvisin pohjaan saakka. Yläpuolisessa ojassa happitilanne on ollut keskimäärin Satojärveä huonompi, ollen sekä keskimäärin että maksimipitoisuuksien osalta vain välttävällä tasolla.

Satojärvessä pH-arvot ovat vaihdelleet lievästi happamasta emäksiseen. Veden pH-arvoihin ≥ 8 on tyypillisesti yhdistynyt korkeimmat mitatut klorofylli-a-pitoisuudet, joten pH:n nousu saattaa näissä tapauksissa liittyä poikkeavan suureen lperustuotantoon. Satojärven yläpuolisella ojalla pH-arvot ovat olleet keskimäärin lievästi happamia. Sähkönjohtavuudet ovat olleet hieman korkeampia yläpuolisessa ojassa, keskimäärin taso on luonnonvesille tyypillinen. Alkaliteetti on ollut molemmissa vesissä hyvä.

Kiintoaineen määrässä on havaittu vaihtelua erityisesti Satojärven osalta (1,0–25 mg/l), mutta pääsääntöisesti pitoisuudet ovat pysyneet melko matalina. Sekä ojan että järven vesi on ollut tummaa ja rautapitoista humusvettä. Kokonaisravinteiden määrät ovat viitanneet Satojärvestä keskimäärin rehevään veteen ja yläpuolisessa ojassa lievään rehevyyteen. Satojärven klorofylli-a-pitoisuus viittasi keskimäärin rehevyyteen. Myös nitraatti- ja nitriittityypen sekä ammoniumtyypen määrässä on havaittu ajoittain kohonneita arvoja Satojärvestä.

Sulfaatti- ja kloridipitoisuudet ovat olleet sekä Satojärvestä että siihen laskevassa ojassa pieniä. Liukoisen kadmiumin pitoisuuden taso on ollut sekä Satojärvestä että ojassa matala ja alle ympäristölaatunormien. Liukoisen lyijyn pitoisuudet ovat olleet molemmissa alle ympäristölaatunormien tason.

Taulukko 3-4 Vedenlaatu Satojärvestä (KevS-3) ja sen yläpuolisessa luonnonojassa (KevS-2) vuosina 2020–2024 (SYKE 2025b).

	Syv.	Lämpötila	Happi kyllästys	Happi liukoinen	pH	Sähkö- joht.	Alkalini- teetti	Kiinto- aine	Same- us	Väri- luku	CODMn
	m	°C	Kyll.%	mg/l		mS/m	mmol/l	mg/l	FNU	mg/l Pt	mg/l
KevS-2 Satojärven yläpuolinen luonnonoja											
ka	0,3	8,9	45	5,3	6,9	11	1,0	3,5	4,1	130	19
min	0,2	0,0	9,0	1,3	6,6	4,2	0,2	0,5	0,9	48	6,7
max	1,0	20,3	65	9,3	7,2	26	2,8	13	13	210	31
n	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
KevS-3 Satojärvi											
ka	0,5	10,9	76	8,2	7,5	7,0	0,6	6,4	6,1	143	16
min	0,2	0,2	1,0	0,1	6,7	3,0	0,2	1,0	1,2	33	8,8
max	1,0	21,7	100	14	8,8	20	1,8	25	29	620	24
n	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22

	Syv.	N	NO2+3-N	NH4-N	P	PO4-P	Klorofylli-a	Kovuus Ca+Mg	SO4	Cl			
	m	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mmol/l	mg/l	mg/l			
KevS-2 Satojärven yläpuolinen luonnonoja													
ka	0,3	470	3,8	31,8	21,5	6,4		0,5	1,3	0,8			
min	0,2	120	2,0	2,0	5,4	1,0		0,2	0,3	0,2			
max	1,0	1200	15	380	140	33		1,4	3,0	1,7			
n	22	22	22	22	22	22		22	22	22			
KevS-3 Satojärvi													
ka	0,5	750	6,5	179	41,6	6,7	16,2	0,3	1,2	0,6			
min	0,2	370	2,0	2,0	14,0	1,0	2,4	0,1	0,6	0,2			
max	1,0	1900	27	1600	160	61	65	0,9	3,3	1,5			
n	22	22	22	22	22	22	13	22	22	22			
	Syv.	K	Ca	Mg	Mn	Na	Cd, liuk.	Cr	Cu	Pb, liuk.	Ni	Ni, liuk.	Fe
	m	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
KevS-2 Satojärven yläpuolinen luonnonoja													
ka	0,3	1,4	12,4	5,6	317,3	1,4	0,005	1,1	1,6	0,04	5,5	5,1	1816
min	0,2	0,3	3,9	2,2	35,0	0,8	0,005	0,3	0,2	0,01	2,6	1,9	720
max	1,0	4,5	30	16	1300	3	0,005	2,8	5,0	0,2	12	11	3500
n	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
KevS-3 Satojärvi													
ka	0,5	0,9	6,8	3,8	225,0	1,4	0,005	0,7	0,8	0,04	2,4	2,3	3488
min	0,2	0,3	2,4	1,8	0,8	0,7	0,005	0,3	0,3	0,01	1,1	1,1	150
max	1,0	2,3	21	9	1400	3	0,005	1,7	1,9	0,1	6,2	6,0	23000
n	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22

Satojärveen laskevassa ojassa on ollut havaittavissa kohonneita nikkelpitoisuuksia, mutta itse Satojärvestä nousua ei ole havaittu. Keskimääräinen nikkelpitoisuus Satojärven yläpuolisella ojalla (2020–2024 keskiarvo kokonaispitoisuudelle 5,5 µg/l ja liukoiselle pitoisuudelle 5,1 µg/l) on ollut hieman korkeammalla tasolla kuin biosaatavan nikkelin ympäristölaatunormi (AA-EQS, 5 µg/l), ja mitatut maksimipitoisuudet ovat olleet matalampia kuin ympäristölaatunormi (MAC-EQS 34 µg/l). Valtioneuvoston asetuksen 1022/2006 mukaisia ympäristölaatunormeja ei virallisesti kuitenkaan sovelleta vesilain 587/2011 mukaisiin ojiin tai noroihin, joten vertailu on viitteellinen ja tehty suuruusluokan havainnollistamiseksi.

Satojärvi ei ole toiminnan aikana eikä sulkemisen jälkeen kaivosalueen vesien vastaanottaja. Kaivostoiminnan mahdollisen vaikutuksen mekanismi Satojärveen on ensisijaisesti toiminnan aikaisen louhoskuivatuksen vaikutus Satojärven valuma-alueen kokoon.

3.7 Kasvillisuus ja eläimistö

Nykyisen kaivostoiminnan ympäristössä oleva kasvillisuus muodostuu pääasiassa nuorista tasarakenteisista mäntyvaltaisista kasvatusmetsistä ja erilaisista soista (avoimet aapasuot ja puustoiset räme- ja korpisuot). Soistuneet ja alavan maan metsät on suurelta osin ojitettu. Alueen lähellä on pääosin luonnontilansa hyvin säilyttäneitä ja monimuotoisia suokokonaisuuksia.

Kevitsan kaivostoimintaan liittyen on tehty useita selvityksiä alueen ympäristöolosuhteista. Kaivoksen toiminnan vaikutuksia seurataan Lapin ELY-keskuksen hyväksymän tarkkailuohjelman mukaisesti.

Kasvillisuus- ja eläimistötiedot on poimittu Kevitsan kaivoksen toiminta-ajan pidentämisestä koskevasta YVA-selostuksesta, jonka liitteenä tämä sulkemissuunnitelma on. YVA-selostuksessa tietoa on useista eri lähteistä.

3.7.1 Suojelualueet

Kevitsan kaivospiirin itäpuolella sijaitsee laaja Koitelaisen Natura2000-alue (FI1301716, 43 938 ha), joka osin rajautuu kaivosalueeseen. Pomokairan Natura2000 -alue (FI1301712) sijaitsee kaivosalueesta noin 5,5 kilometrin etäisyydellä sen länsipuolella. Viiankiaavan Natura2000 -alue ja siihen sisältyvät suojelu- ja suojeluohjelma-alueet sijaitsevat Kevitsan kaivosalueen eteläpuolella noin 11 kilometrin etäisyydellä. Kevitsan kaivosalueen läheisyydessä on em. lisäksi valtion suojelualueita. Ilmakkiaavan (SSA120158) ja Pomokairan-Tenniöaavan (SSA120157) soidensuojelualueet sijaitsevat 6–8 kilometriä kaivosalueen länsipuolella. Kaivoksen kuljetusten liikennereitti sivuaa Ilmakkiaavan soidensuojelualueutta Petkulan kylän pohjoispuolella.

3.7.2 Erityiset luontotyypit ja kasvilajisto

Erittäin uhanalaisista luontotyypeistä (EN) lähialueella tavataan vanhaa kuivaa kangasta, välipintalettoa, rimpilettoa, lettonevaa, juolasarakorpea ja vanhaa havupuuvaltaista tuoretta kangasta.

Vaarantuneista luontotyypeistä (VU) tavataan aitokorpia, lehtokorpia, varpukorpia, kangaskorpia, lettokorpia, metsäkortekorpea, rimpilettoa, rimpistä koivulettoa, lettorämeitä ja varttunutta kuivaa kangasta,

Puutteellisesti tunnetuista luontotyypeistä (DD) mainittakoon paunikkoräme.

Silmälläpidettävistä (NT) luontotyypeistä alueella esiintyy havumetsävyöhykkeen puroja ja pikkujokia, kangasrämettä, korpisrämettä, lettonevaa, lettonevarämettä, rämelettoa, rimpilettoa, muurainkorpea,

ruohokorpea, sarakorpea ja sisämaan tulvametsiä. On myös varttuneita havupuuvaltaisia tuoreita kankaita ja varttuneita kuivahkoja kankaita.

Kevitsan kaivoksen ympäristössä on runsaasti serpentiinikallioluontotyyppisiä, jotka ovat luonnonsuojelulain 65 §:n mukaan suoraan suojeltuja ilman erillistä päätöstä.

Uhanalaisista ja huomionarvoisista lajeista alueella esiintyy erityisesti serpentiiniluontotyyppiin kuuluvia lajeja-

Lähdeluontotyyppiin kuuluvia kohteita on erityisen paljon Saiveljärven eteläpuolella. Kaivospiirin alueella on kaksi lähettä, Saiveljärven pohjoispuolella sijaitsevalla ojitetulla suolla yksi ja Kevitsanvaaran ja Satojärven välissä yksi. Vaiskonlammen pohjoispuolelle laskevan uoman varressa on lähde, samoin Huutamoaavan länsireunalla.

Lähimmät metsäkeskuksen määrittämät metsälain tarkoittamat erityisen tärkeät elinympäristöt ovat Sippiöaavalle ja Loivosen varteen sijoittuvat kangasmetsäsaarekkeet.

3.7.3 Linnut ja muut eläinlajit

Kaivospiirin alue on suurimmaksi osaksi ihmistoiminnan vaikutuksen piirissä, eikä sinne sijoitu luonnontilaisia ympäristöjä, joilla olisi erityistä arvoa alueen linnustolle. Kaivoksen lähiympäristöön sijoittuu laajoja suoalueita, jotka ovat sekä alueellisesti, että valtakunnallisesti arvokkaita lintukohteita. Merkittävimmät linnustoarvot keskittyvät kaivoksen itäpuolella sijaitsevalle Koitelaisen Natura 2000-alueelle, mukaan lukien Satojärven alue.

Luontodirektiivin liitteen IV(a) lajeista lähialueella tavataan saukkoja, viitasammakoita ja jättisukeltajia. Lepakkoja tai kirjojokikorentoja alueella ei ole tavattu.

3.8 Liikenne, melu ja värinä

3.8.1 Liikenne

Alueen liikenne jakautuu kaivosalueen sisäiseen liikenteeseen ja maantieliikenteeseen. Maantieliikenne koostuu raskaasta liikenteestä ja työntekijöiden työmatkaliikenteestä. Rikasteet, toiminnassa tarvittavat kemikaalit ja muut tuotteet kuljetetaan rekka- ja säiliöautoilla. Osa työmatkaliikenteestä tapahtuu linja-autokuljetuksina. Alueen sisäinen liikenne koostuu pääasiassa erilaisista työkoneista.

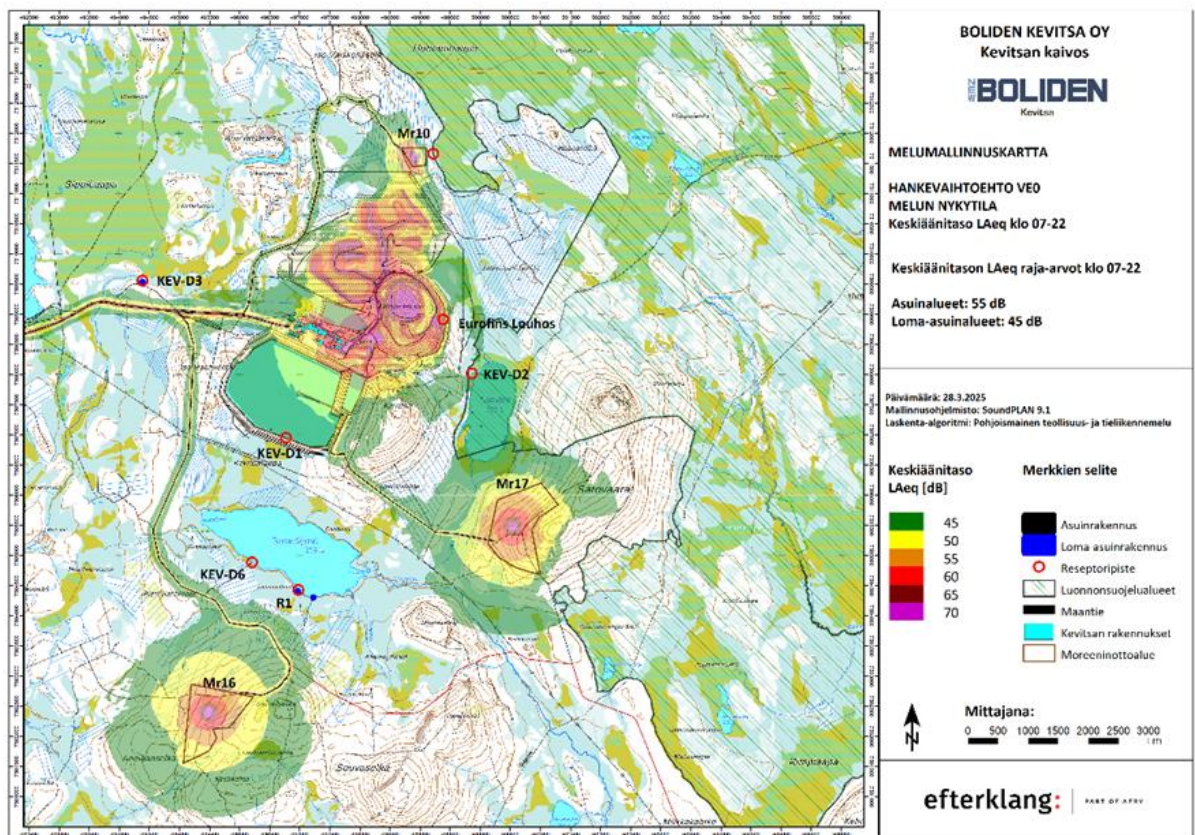
Liikennöinti kaivokselle tapahtuu kaivosalueen länsipuolella kulkevan yhdystien 9711 (Kevitsantie) kautta. Kevitsantieltä liikenne ohjautuu

valtatielle 4 (Ivalontie), jolta kaivosliikenne suuntautuu pääasiassa etelään, kohti Sodankylää. Valtatieltä 4 on yhteys Kevitsantielle myös Petkulantien kautta, mutta kaivosliikenne käyttää ensisijaisesti Kevitsantien ja valtatie risteystä. Rikastekuljetusten reitti kulkee valtatie 4 pitkin Sodankylän ja Rovaniemen kautta Kemijokseen. Kemistä rikaste kuljetetaan edelleen raidekuljetuksina Bolidenin Harjavallan tehtaille tai laivakuljetuksena Ruotsin Rönnskärin tehtaille.

3.8.2 Melu ja värinä

Melun ja värinän osalta nykytilaan vaikuttaa olemassa oleva kaivostoiminta ja kaivosalueelle kohdistuva liikenne.

Meluvaikutukset ovat suurimmillaan sivukivialueella, teollisuusalueella ja tulotieillä. Myös rikastushiekka-altaan korotusten rakentamisesta aiheutuu melua. Vaihteittainen sulkeminen aiheuttaa melua myös läheisillä moreeninottoalueilla. Melun leviämisyöhykkeet nykytilassa (VE0) esitetään kuvassa 3-21.



Kuva 3-21. Melun leviämisyöhykkeet keskiäänitasolla LAeq klo 07–22, nykytila VE0 moreeninoton kanssa. (AFRY Finland Oy 2025b).

Tärinävaikutuksia nykytilassa muodostuu lähinnä louhinnan räjäytysten sekä liikenteen seurauksina. Louhintaräjäytyksistä aiheutuu värinän lisäksi myös

ilman värähtelyä, jota kutsutaan ilmanpaineaalloksi. Värähtely on pienitaajuista ja se toteutuu osittain ihmisen kuuloalueella ja osittain sen alapuolella.

4 Kaivannaisjätteet ja jätealueluokat

4.1 Karakterisointien laajuus ja menetelmät

Kaivannaisjätteen ympäristökelpoisuus määräytyy mineralogisista ja kemiallisista ominaisuuksista, mahdollisten haitta-aineiden liukenemisesta ja ainesten haponmuodostuspotentiaalista. Säädösvaatimuksia sivukiven testaukselle on esitetty kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013) liitteessä 1. Kaivannaisjätteiden karakterisointitietoja tulee verrata pysyvän kaivannaisjätteen määritelmään (VNA 190/2013, Liite 1).

Kuningasvesiuutto edellytetään tehtäväksi myös Valtioneuvoston asetuksen maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007, ns. PIMA-asetus) liitteessä 1. Tätä asetusta sovelletaan pintamaiden karakterisoinnissa.

Kaivannaisjätteiden (sivukivien ja rikastushiekkojen) hapettumista, hapontuottokykyä ja metallien mobilisoitumista on tutkittu monenlaisilla staattisilla ja kineettisillä kokeilla useiden vuosien ajan. Sulkemissuunnitelman laadintaan ja päivittämiseen liittyvät analyysit on esitetty taulukossa 4-1. Testituloksia tulkitaan erikseen ja yhdessä toisia täydentävinä, jolloin saadaan kattava kuva Kevitsan kaivoksen jätejakeiden käyttäytymisestä pitkällä aikavälillä ja erilaisissa laimenemis- ja hapettumisolosuhteissa.

Rikastushiekkojen laatua seurataan automaattisesti tuotannon tarkkailussa, jossa näytteistä tutkitaan mm. kuparin, sulfidisen nikkelin, kokonaisnikkelin ja kokonaisrikin pitoisuudet. Velvoitetarkkailussa rikastushiekoille (A ja B) tehdään ABA-testi 12 kertaa vuodessa ja NAG-testi sekä metallipitoisuusmääritys neljä kertaa vuodessa. Sivukivien tuotannon tarkkailussa näytteistä tutkitaan kuparin, sulfidisen nikkelin, kokonaisnikkelin ja kokonaisrikin pitoisuudet. Sivukiville tehdään velvoitetarkkailun mukaan kuukauden kokoomanäytteistä ABA-testi ja metallipitoisuusmääritys 12 kertaa vuodessa, sekä NAG-testi neljä kertaa vuodessa.

Pintamaiden ominaisuuksia on tutkittu vuosina 2006–2010, 2022 ja 2024. Niiden tutkimiseen on käytetty NAG-testiä, metallipitoisuusmäärityksiä, rakeisuusmääritystä sekä vedenjohtavuuden määrittystä.

Taulukko 4-1 Kevitsan kaivannaisjätteiden täydentävässä karakterisoinnissa ja tutkimuksessa käytettyjä menetelmiä. Sulkemissuunnitelman päivittämisen yhteydessä tehdyt analyysit 2016 -jatkuu (työn suorittaja: MEM, Mining Environment Management)

Analyysi	Tarkemmat menetelmät
Täydentävät staattiset perustestit	NAG, ABCC, ANC, XRF/ICP
Mineralogia	XRD, SEM (EDX MLA), optinen mineralogia, liberaatioanalyysi, XRM
Uutot	huuhtomis-pH/EC, 2:1 deionisoitu vesi, ABCC uute, NAG uute
Lyhytkestoiset kolonnikokeet (ylösvirtaus)	L:S 0.2-10
Peräkkäiset uutot	pH, REDOX, KCl
Liuenneiden aineiden pH-vaikutuskokeet	NAG-uutteen takaisintitraus
Sorptioanalyysi	2:1 uuttokokeiden pH takaisintitraus
Oxitop-hapenkulutuskokeet	
Oxitop-karbonaatiokokeet	
CO ₂ -karbonaatioreaktiokolonnit, virtaussuunta ylös	
Räätälöidyt kineettiset uuttokolonnit (Kokeita on tehty myös esim. rikastushiekan eri raekokofraktioille)	
Uuttokokeet tasapainotilassa	
Rikkonaisuuden arviointi	
Korkearikkisen rikastushiekka-altaan TSFB tilan tarkastelu 2023 (AFRY Finland Oy)	
Korkearikkisen rikastushiekan peräkkäisuuotot	0,01 M asetaattihappouutto, 0,5M hydroksyyliammoniumkloriduuutto, 8,8 M vetyperoksidi ja 1 M ammonium asetaatti, kuningasvesi

4.2 Pintamaan ominaisuudet

4.2.1 Pintamaan kemialliset ominaisuudet

Pintamaalla tarkoitetaan maaperän pintakerroksessa sijaitsevia maalajeja, kuten turvetta ja kivennäismaalajeja (esim. moreenia). Näitä maa-aineksia irrotetaan kaivosalueen rakentamisen yhteydessä, kun alueelta poistetaan maakerroksia. Maa-aineksia hyödynnetään rakentamisessa ja maisemoinnissa. Maa-aines, jota ei hyödynnetä, läjitetään ja varastoidaan sille varatuille läjitysalueille odottamaan hyödyntämistä.

Moreeninäytteiden pitkäaikaista hapontuottopotentiaalia ja siihen liittyvää metallisten alkuaineiden liukoisuuspotentiaalia on tutkittu NAG-testillä, jonka tuloksena todettiin Kevitsan kaivosalueen moreenien metallien liukoisuuspotentiaalien olevan pieni (0–3 %). Esimerkiksi nikkelin on todettu olevan sitoutuneena moreenin silikaatteihin, ja vain vajaa viidesosa nikkelistä on sulfidisessa muodossa. Moreenin rikkipitoisuus on keskimäärin alle 0,02 % ja tutkitut näytteet ovat olleet pääosin happoa tuottamattomia. Käytännön tarpeita varten moreenin kelpoisuutta rakentamiskäyttöön seurataan nikkelpitoisuuden avulla.

Kaivosalueen moreeni on kemiallisilta ominaisuuksiltaan alueelle tyypillistä. Siihen vaikuttaa mineralisaation läheisyys sekä alueen kallioperä. Malmin läheisyys näyttäytyy moreenin kohonneina kupari-, kromi- ja nikkelipitoisuuksina. Vuonna 2007 ja 2010 tehdyissä määrittelyissä (n=63) koboltin keskipitoisuus kuningasvesiuutosta analysoituna oli 26 mg/kg, kromin 236 mg/kg, kuparin 173 mg/kg ja nikkelin 186 mg/kg. Kaikkien näiden osalta alueellinen luontainen vaihtelu on suurta ja pitoisuudet ylittävät paikoin VNA 214/2007:n kynnsarvot, joita sovelletaan myös kaivannaisjäteasetuksen (190/203) mukaisessa luokittelussa pysyväksi jätteeksi.

Vuonna 2022 louhosalueen välittömässä läheisyydessä tehdyssä maa-ainesten tutkimuksessa suurin koboltin pitoisuus oli 27 mg/kg, kuparin 150 mg/kg ja nikkelin suurin pitoisuus 350 mg/kg. Rikin pitoisuus oli kaikissa laboratorioanalyysissä alle 50 mg/kg, lukuun ottamatta yhtä kokoomanäytettä, jossa pitoisuus oli 160 mg/kg. (Boliden Kevitsa Mining Oy 2022).

Vuonna 2024 tehdyssä moreenitutkimuksessa kuningasvesiuutolla määritetyt 20 moreeninäytteen antimoni-, kadmium-, lyijy, arseeni, elohopea, sinkki ja vanadiinipitoisuudet jäivät alle VNA 214/2007 kynnsarvon. Merkittävimpiä pitoisuuksia havaittiin koboltin, kromin, kuparin ja nikkelin osalta. Tutkituissa näytteissä pitoisuudet olivat suurempia syvemmissä maakerroksissa. (Geobotnia Oy 2024). Vuoden 2024 tutkimuksessa laskettiin myös alueen taustapitoisuudet (SSTP= suurin suositeltu taustapitoisuus) GTK:n Maaperän taustapitoisuudet -palvelun avulla (aluevalinnassa näytemäärä oli 217). Taustapitoisuusarvot laskettiin palvelussa tutkimusalueen (N:499256 E:7509848 EUREF TM35FIN) ja siitä mitatun 5 km ympyrän säteellä.

Moreeninäytteiden pitoisuusvaihteluita:

- koboltti 12–67 mg/kg (SSTP 29 mg/kg)
- kromi välillä 130–770 mg/kg (SSTP 270 mg/kg)
- kupari 35–480 mg/kg (SSTP 74 mg/kg)
- nikkeli 52–770 mg/kg (SSTP 150 mg/kg)

4.2.2 Otteita pintamaan geoteknisistä ominaisuuksista

Vuoden 2024 tutkimuksissa (Geobotnia Oy 2024) turpeen alla todettiin olevan silttistä hiekkamoreenia (siHkMr) tai hiekaista silttimoreenia (hkSiMr) 0,6–5,5 m Tutkittujen näytteiden moreenien vedenjohtavuus oli välillä $1,2 \cdot 10^{-9}$... $6,05 \cdot 10^{-9}$ m/s tiivistysasteella 92 %. Tutkitut näytteet soveltuvat fysikaalisilta ominaisuuksiltaan käytettäväksi tiivisrakenteissa (voimassa olevan ympäristöluvan mukaisella vaatimuksella tarkasteltuna, kts. luku 1.4.1). soveltuvat käytettäväksi tiivistekerroksessa. (Geobotnia Oy 2024)

Kevitsan alueen turpeen vedenläpäisevyyttä tutkittiin seitsemältä eri syvyydeltä otetulla turvenäytteellä vuonna 2006. Tutkittujen turpeiden vedenläpäisevyydet olivat erittäin pienet: 50 kPa kuormituksella vedenläpäisevyydet olivat noin $1,5 \cdot 10^{-10}$ m/s ja 200 kPa kuormituksella n. $1,5 \cdot 10^{-11}$ m/s. Näytteiden välillä ei havaittu suuria eroja (Oulun yliopisto 2007).

Turpeen ominaisuuksia on myös arvioitu liittyen haitta-aineiden kulkeutumiseen pohjavedessä (Golder, 2018a ja 2022). Rikastushiekan alapuolisen turpeen vedenläpäisevyyden on arvioitu muuttuvan vuoden 2012 arvosta ($6,8 \cdot 10^{-7}$ m/s) arvoon $1,0 \cdot 10^{-11}$ m/s vuoteen 2033 mennessä tiivistymisen johdosta. Vesialtaan alapuolisen turpeen vedenjohtavuuden arvioitu muutos on arvosta $1,0 \cdot 10^{-7}$ m/s (vuosi 2012) arvoon $1,0 \cdot 10^{-11}$ m/s vuoteen 2033 mennessä.

4.3 Sivukivet

Sivukivien mineralogialla, geokemiallisia ominaisuuksia ja pitkäaikaikäyttäytymistä on tutkittu monin eri menetelmin, useissa eri yhteyksissä. Kaivoksen tuotannontarkkailusta saadaan mineralogista ja geokemiallista tietoa sivukivijakeista. Näiden tuloksia voidaan verrata jätejakeiden velvoitetarkkailusta saatavaan tietoon. Lisäksi sivukiville on tehty ympäristövaikutusten arvioimiseksi erillistä karakterisointityötä (mm. 2019, 2025), jonka avulla pyritään määrittämään erityisesti kivien pitkäaikaikäyttäytymistä. Kivien täydentävä kineettinen testaus jatkuu edelleen.

Sivukivien alkuaineiden kokonaispitoisuusmäärittämisä kuningasvesiuutolla on kertynyt kaivoksen elinkaaren aikana kymmeniä tuhansia, ottaen huomioon kaivoksen sisäisesti tekemät tutkimukset ja velvoitetarkkailu.

4.3.1 Sivukivien jaottelu

Kaivoksen tuotannossa louhittavat kivet luokitellaan malmiksi tai sivukiveksi metallipitoisuuksien perusteella. Tämän jälkeen sivukivet on luokiteltu rikkipitoisuuden perusteella kolmeen alla esitettävään luokkaan. Luvussa 4.3.8 esitellään sivukivelle myös uusi luokittelu, jota ei ole vielä otettu käyttöön, mutta joka on huomioitu sulkemissuunnitelmassa esitettyjen mallinnustenkin lähtötiedoissa.

Nykyisin (2025) käytössä olevat sivukiviluokat ovat olleet käytössä toiminnan alusta alkaen:

- Rikkiä <0,3 % tarvekivi (Usable Waste Rock USW),
- Rikkiä 0,3–0,8 % normaali sivukivi (Unusable Waste Rock UNW)
- Rikkiä >0,8 % kapseloitava sivukivi (Capsuled Waste Rock CW)

Näiden luokitusten perusteella sivukiviä hyödynnetään ja sijoitetaan alueelle eri tavalla. Luvan mukaisesti kaivospiirin alueella tehtävässä rakentamisessa saa hyödyntää rakentamisteknisesti sopivaa sivukiveä. Tältä tarvekiveltä edellytetään myös, että sulfidisen rikin kokonaispitoisuus on alle 0,3 %. Sivukiveä, jonka rikkipitoisuus on enintään 0,8 %, voidaan hyödyntää rakentamiseen liittyvissä täytöissä, kun ko. kiviaines sijoitetaan pysyvästi maavesi- tai pohjavesipinnan alapuolelle. Kapseloitavaksi luokiteltava sivukivi (CW; rikkipitoisuus yli 0,8 %), sijoitetaan sivukiven läjitysalueen sisäosiin. Toiminnan alkuvaiheessa se on sijoitettu vähemmän rikkiä sisältävän sivukiven ympäröimäksi ja kapselit on katettu moreenilla. Nykyisin kapseloitava sivukivi kapseloidaan tiiviillä moreenilla ja kapseloinnissa on sallittua käyttää myös kaivosalueen nikkelipitoista moreenia. Nykyisellä kapselointitavalla pyritään estämään kapseloitavan sivukiven hapettumista jo tuotannon aikana, ennen sivukivialueen lopullista peittämistä. Näin pienennetään sivukivialueelle muodostuvaa ns. varastokuormaa, joka koostuu hapettumistuotteista.

4.3.2 Sivukivien näytteenotto ja analyysit (jätejakeiden tarkkailu)

Kaivoksella louhittavasta kentästä muodostetaan tietokoneavusteinen 3D-malli tuotannon suunnittelua varten, timanttikairaus ja RC (reverse circulation eli käänteishuuhtelu) -näytteiden perusteella. Velvoitetarkkailua varten kootaan kuukausinäytteet timanttikairaus- ja RC-näytteistä punnitsemalla kutakin sivukivijaetta yhtä suuri määrä, jotta näytteiden painotus on sama. Varsinainen näyte muodostetaan homogenisoinnilla.

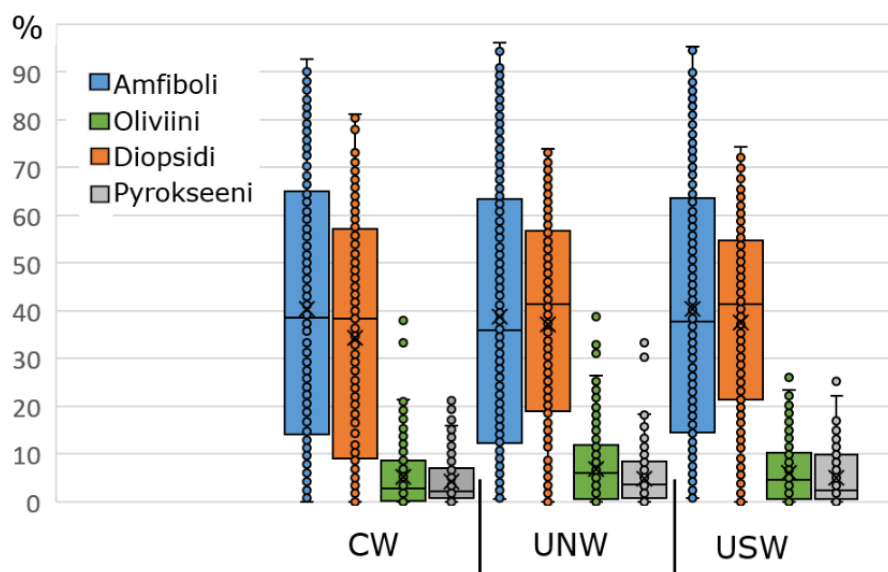
Sivukivijakeista otetuista velvoitetarkkailun näytteistä analysoidaan rikkipitoisuus, hiilen kokonaispitoisuus sekä karbonaattisen ja ei-karbonaattisen hiilen pitoisuudet, hapontuotto- ja neutralointipotentiaali sekä niiden suhde ABA-testillä. Näytteistä tutkitaan lisäksi kuningasvesiuutolla ja ICP-MS- sekä ICP-OES-tekniikoilla alkuaineiden kokonaispitoisuuksia. ABA-testaus ja kokonaispitoisuudet määritetään kuukausittain. Neljä kertaa vuodessa tehdään myös yksivaiheinen NAG-testi.

4.3.3 Sivukivien mineralogiset ominaisuudet

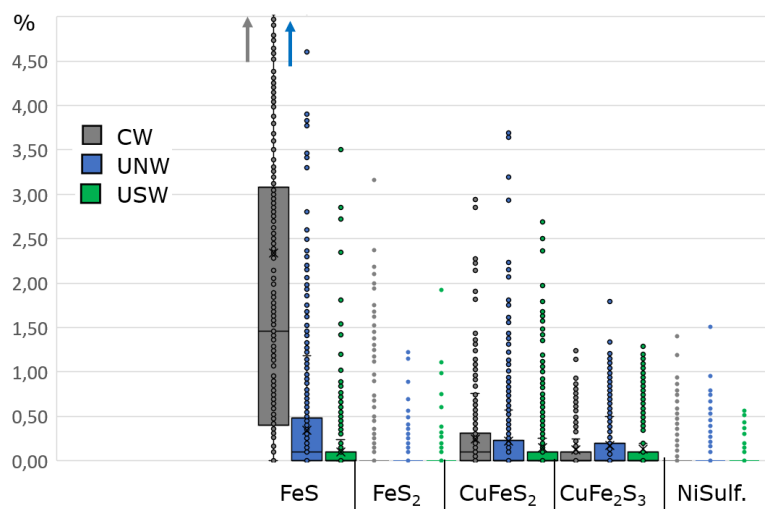
Kevitsan kaivoksen sivukiviä koko toiminnan aikana ovat oliviinipyrokсениitti, muuttunut oliviinipyrokсениitti, oliviiniwebsteriitti, gabbro sekä duniitti. Näistä oliviinipyrokсениitti, oliviiniwebsteriitti, sekä duniitti ovat ultramafisia kiviä, joiden mineralogia poikkeaa toisistaan vähän. Päämineraaleina ovat klino- ja ortopyrokseenit, oliviini, sekä amfibolit. Muuttumisen tuloksena muodostuu lisäksi serpentiiniä, talkkia, kloriittia ja karbonaattia. Gabbroa on kokonaisuudessaan <5 % kaikista kivistä ja siinä voi esiintyä edellä mainittujen mineraalien lisäksi suuremmassa määrin plagioklaasia. Kiisupitoisempi sivukivi on oliviinipyrokсениittia ja/tai -websteriittia.

Sivukivien kivilaji- tai mineralogiset erot eivät liity niiden luokitteluperusteeseen eri jättejakeiksi

Sivukivien mineraloginen koostumus neljän yleisimmän mineraalin osalta esitetään kuvassa 4-1. Tieto perustuu kaivoksella tehtävään XRD-analyysiin ja siinä on mukana 2202 mittausta vuosilta 2015–2023. Mineralogiset erot ovat suhteellisen pieniä eri sivukivijakeiden välillä. Lisäksi kivissä on vähäisempiä määriä muita ei-sulfidisia mineraaleja. Näiden määrän vaihtelussa ei myöskään ollut merkittäviä eroja sivukivijakeiden välillä. Erot liittyvät sulfidimineralogiaan (Kuva 4-2).

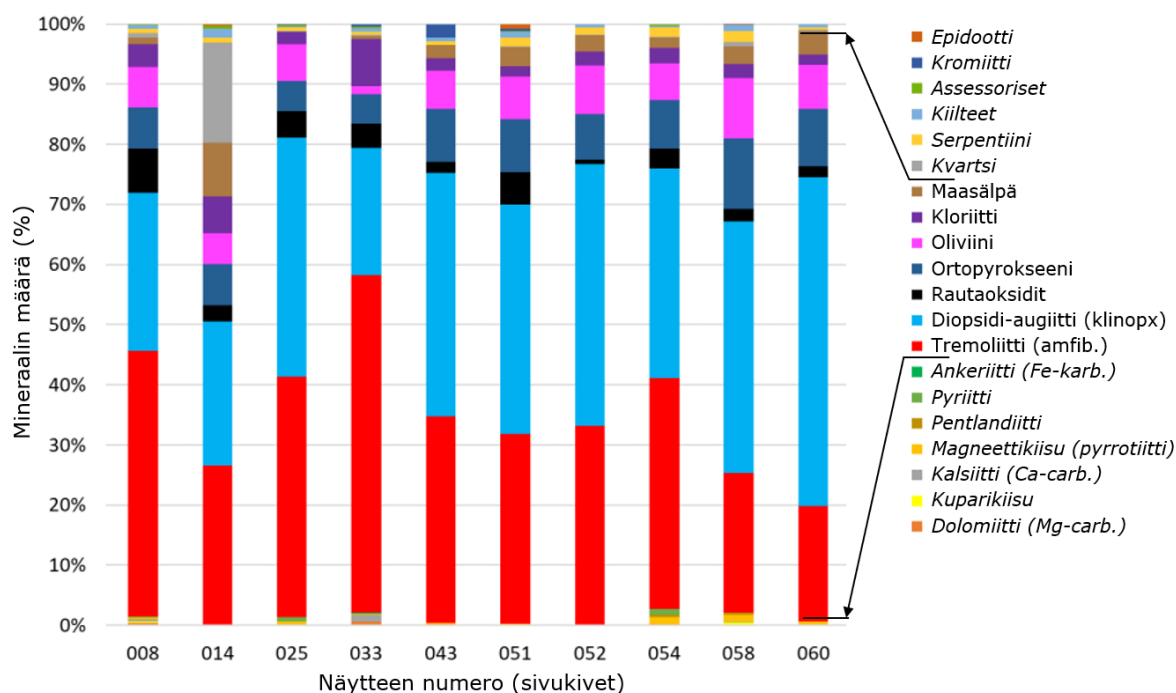


Kuva 4-1. Sivukivien mineralogia 4 yleisimmän mineraalin osalta eri sivukivijakeissa. Amfibolina raportoidaan pääsääntöisesti sarvivälkettä, pyrokseeneina on diopsidin lisäksi pääsääntöisesti hypersteeniä ja enstatiittia. Tulokset ovat kaivoksen XRD-mittauksia tuotannontarkkailusta 2015–2023 (yhteensä 2202 mittausta).



Kuva 4-2. Sulfidimineraalien määrä eri sivukivijakeissa. FeS sisältää heksagonisen ja monokliinisen pyroitiitin, sekä troiliitin, FeS₂ pyriitin ja markasiitin, lisäksi kuparikiisun ja kubaniitin määrät, sekä nikkelisulfidien määrä (Fe- ja Ni-pitoisen pentlandiitin sekä milleriitin summa). Ääriarvot jatkuvat FeS mineraalien osalta CW ja UNW jakeissa asteikon ulkopuolelle. Tulokset ovat kaivoksen XRD-mittauksia tuotannontarkkailusta 2015–2023 (yhteensä 2202 mittausta).

XRD-menetelmä soveltuu rutiininomaisesti tehtäviin mittauksiin. Tätä täydentämään MEM (2019) on raportoinut SEM-EDX -menetelmällä tehdyn tutkimuksen tuloksia. Tutkimuksen (MEM 2019) mukaan päämineraaleina ovat tremoliitti noin 34 %, diopsidi/augiitti noin 36 %, ortopyrokseeni (enstatiitti, joka on XRD-tuloksissa raportoitu "pyrokseenit" ryhmässä) noin 8 % ja oliiviini (forsteriitti) noin 6 %. Tremoliitti on amfiboli mineraali, joten sen voidaan katsoa kuuluvan XRD:lla analysoituun "amfiboli" -luokkaan, vaikka tulosten perusteella kivissä amfibolina oli pääsääntöisesti sarvivälkettä. Kuvassa Kuva 4-3 esitetään SEM-EDX tulokset.

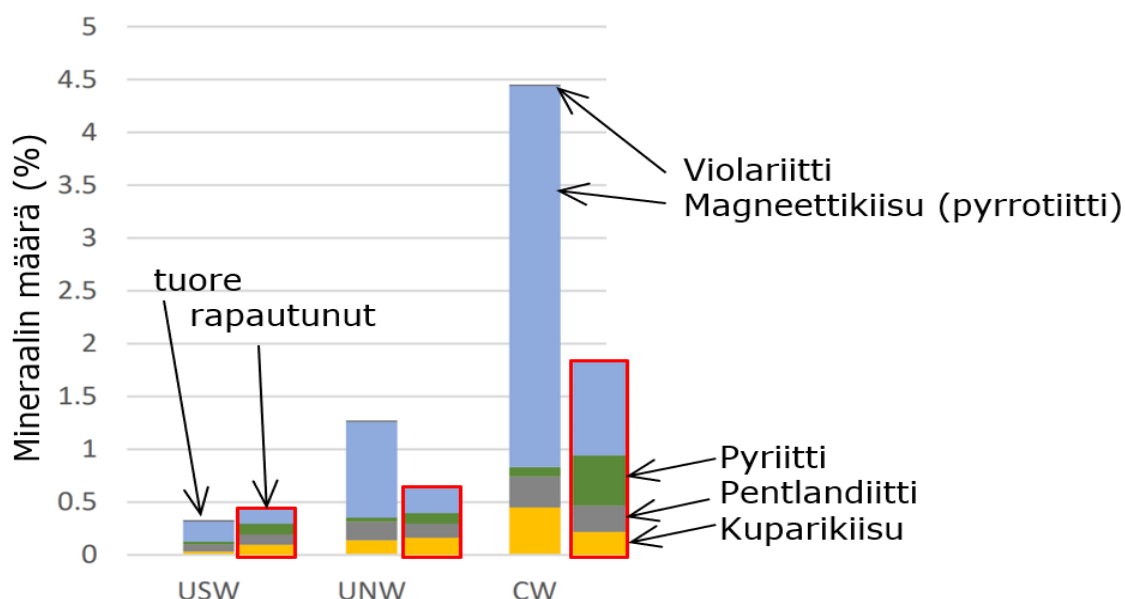


Kuva 4-3. Sivukivien mineralogia SEM-EDX perusteella (MEM, 2019, muokattu).

SEM-EDX-tutkimuksessa vahvistettiin myös, että Kevitsan sivukivien mineraaleilla on erilaiset jauhautumisominaisuudet ja niitä rikastuu eri raekokoluokkiin. Tämä voi vastaavasti vaikuttaa niiden pitkäaikaiskäyttämiseen. Hienojakoisimpaan ainekseen valikoituu erityisesti kiilteitä. Klinopyrokseenia on suurempina osuuksina karkeammissa rakeissa ja ortopyrokseenia hienommissa. Sulfideista erityisesti pentlandiitti eriytyy hienoimpaan raekokoluokkaan, kun taas rautasulfidit jakaantuvat tasaisemmin. Myös karboanattiset mineraalit ovat suurempina osuuksina läsnä hienoaineksessa.

Sulfidimineraalien määriä tuoreessa ja rapautuneessa sivukivissä. Tuloksista havaitaan, että sulfidien määrä vähenee rapautumisen seurauksena. Violariitti rapautuu helposti, samoin magneettikiisu. Tarvekivessä (USW) sulfidit rapautuvat heikommin kuin muissa sivukiviluokissa, mikä saattaa liittyä siihen, että hapettumisreaktioiden kehitys on tyypillisesti hidasta vähäsulfidisessa

kivessä, missä ei muodostu mittavia määriä hapettumista edelleen kiihdyttäviä hapettumistuotteita.



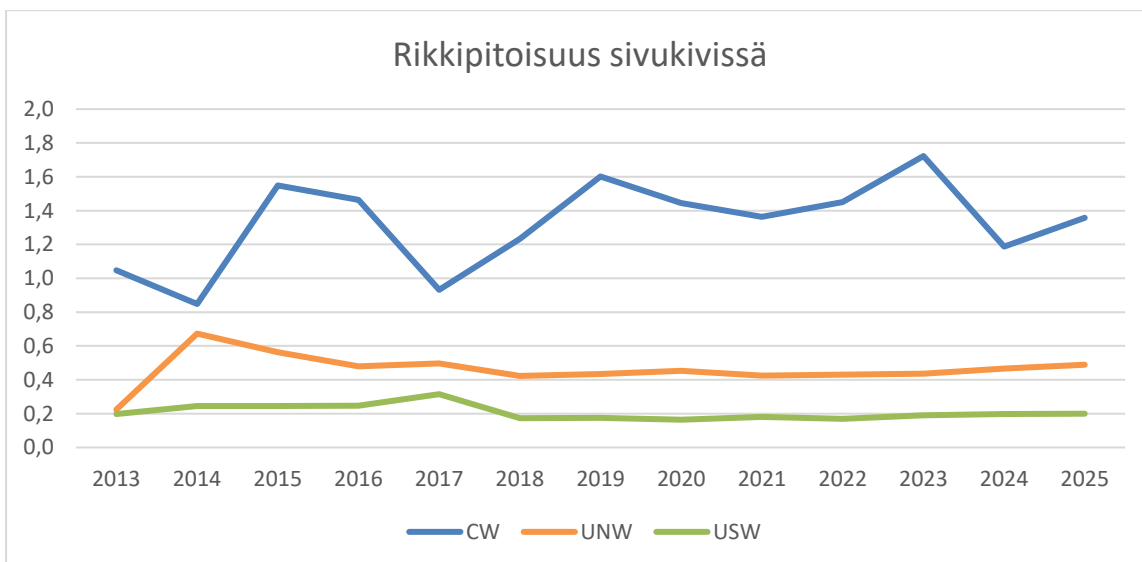
Kuva 4-4. Sulfidimineraalien määrä sivukivijakeissa tuoreissa näytteissä (vasen palkki) ja rapautuneissa näytteissä (oikea palkki). Tuoreet näytteet on tutkinut Petrolab (SEM-EDX) ja rapautuneet ALS (MLA) (MEM 2019, Liite G, muokattu).

4.3.4 Sivukivien rikkipitoisuus, hapontuottokyky ja neutralointipotentiaali

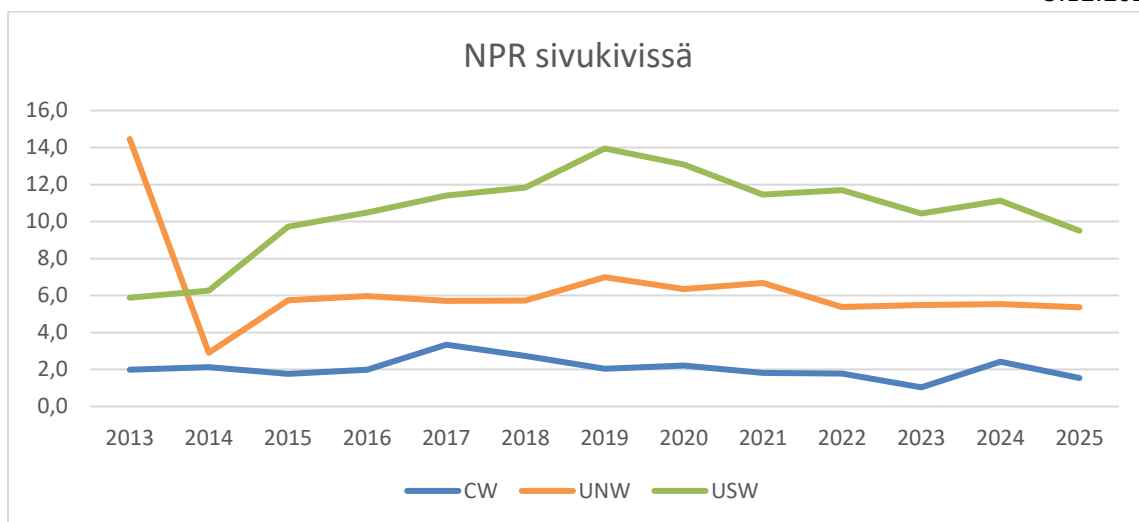
Rikkipitoisuus (sulfidinen rikki) ja neutralointipotentiaali toimivat osana pysyvän kaivannaisjätteen määritelmää (VNA 190/2013), yhdessä kuningasvesiliukoisten alkuainepitoisuuksien kanssa. Näin ollen nämä ominaisuudet tutkitaan kaikista kaivannaisjätteistä ja niitä myös seurataan. Taulukossa 4-2 on esitetty sivukivijakeista vuonna 2024 otettujen ja tutkittujen näytteiden rikkipitoisuudet, hiilen kokonaispitoisuudet, karbonaattisen ja ei-karbonaattisen hiilen pitoisuudet, neutralointi- ja hapontuottopotentialit sekä niiden suhteet (NPR), ja näiden vuotuiset keskiarvot. Kuvassa 4-5 näytetään rikkipitoisuuden kehitys koko tarkkailujakson ajalta, sekä kuvassa 4-6 NPR-luvun kehitys samalta jaksolta. Sulfidisen rikin pitoisuus sekä neutralointipotentiaalisuhde ovat osa pysyvän jätteen määritelmää ja vaikuttavat siten jäteluokitukseen kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) puitteissa.

Taulukko 4-2 Sivukivien ABA-testin tulokset sivukivien velvoitetarkkailusta (12 näytettä/vuosi) vuonna 2024.

Vuosi	Jätelaatu ja tilastollinen merkitys	S (%)	C (%)	C karb.	C ei karb.	AP	NP	NPR
2024	CW keskiarvo	1,19	0,5	0,34	0,17	37	82	2,4
2024	CW minimi	0,55	0,19	0,05	0,11	17	36	0,6
2024	CW maksimi	1,91	1,27	1,1	0,21	60	160	4,0
2024	UNW keskiarvo	0,47	0,39	0,24	0,15	15	72	5,5
2024	UNW minimi	0,23	0,18	0,05	0,11	7	57	2,8
2024	UNW maksimi	0,73	0,66	0,51	0,18	23	110	10,0
2024	USW keskiarvo	0,2	0,35	0,2	0,15	6	68	11,1
2024	USW minimi	0,16	0,24	0,1	0,11	5	57	7,7
2024	USW maksimi	0,27	0,56	0,38	0,19	8	82	13,0



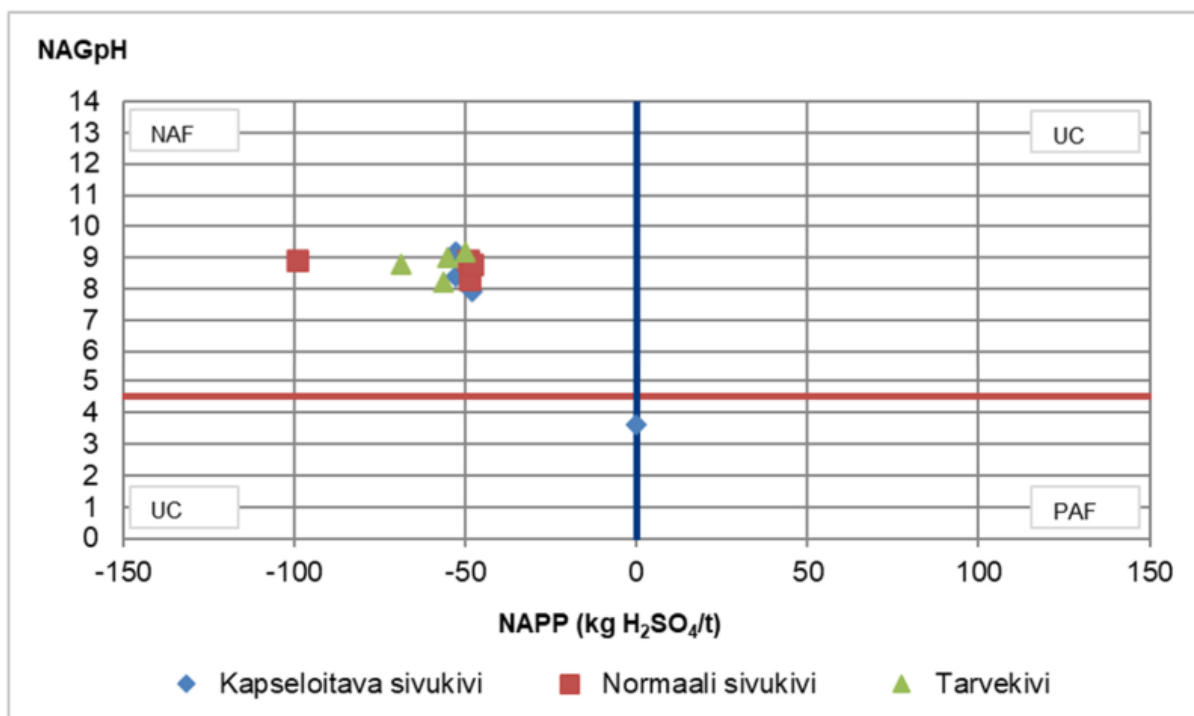
Kuva 4-5. Velvoitetarkkailuun sisältyvien sivukivijakeiden rikkipitoisuus ABA-testin tulosten perusteella. 2013–2014 tulos perustuu kolmeen näytteeseen ja vuodesta 2015 eteenpäin 12 näytteeseen. Vuoden 2025 osalta käytössä tammi-maaliskuun tiedot.



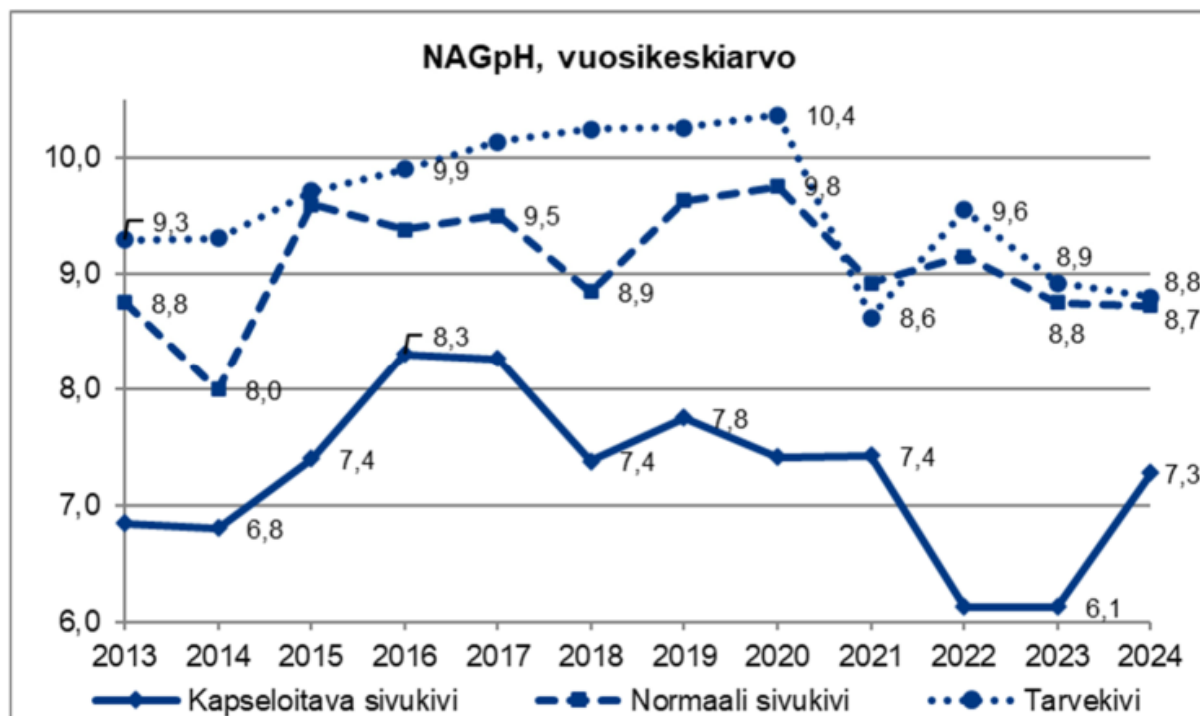
Kuva 4-6. Velvoitetarkkailuun sisältyvien sivukivijakeiden neutralointipotentiaalisuhde (NPR) eli neutralointikapasiteetti jaettuna hapontuottokapasiteetilla, ABA-testin tulosten perusteella. 2013–2014 tulos perustuu kolmeen näytteeseen ja vuodesta 2015 eteenpäin 12 näytteeseen. Vuoden 2025 osalta käytössä tammi-maaliskuun tiedot.

NAG-loppuliuksen pH:n ja NAPP-lukujen perusteella vuonna 2024 tehty sivukivien jaottelu (ks. kappale 4.3.8) esitetään kuvassa 4-7. NAG-testin perusteella potentiaalisesti happoa tuottavina pidetään näytteitä, joiden NAG-pH on <4,5.

NAG-pH arvon vuosikeskiarvon kehitys koko tarkkailujakson aikana on esitetty kuvassa 4-8. Vaikka vuosikeskiarvo on selkeästi >4,5 kaikissa sivukiven jätejakeissa, niin esimerkiksi vuonna 2023 yhdessä kapseloitavan sivukiven näytteessä NAG pH oli <4,5. Vuoden 2024 kaikkien sivukivinäytteiden NAG pH oli selkeästi yli 4,5.



Kuva 4-7. Sivukivien NAG-testin tulokset (NAG-pH), sekä NAPP arvot vuodelta 2024 (velvoitetarkkailu, Eurofins Ahma Oy 2025), sekä näytteiden viitteellinen tulkinta ei happoa tuottavaksi (NAF), potentiaalisesti happoa tuottavaksi (PAF), sekä epävarmaksi (UC). Nettohapontuottopotentiaali (NAPP) lasketaan hapontuotto ja neutralointipotentiaalin erotuksena.



Kuva 4-8. Sivukiven NAG-pH arvojen kehitys tarkkailujakson aikana eri jätejakeissa (velvoitetarkkailu, Eurofins Ahma Oy 2025). Luvut ovat määrittäytulosten vuosikeskiarvoja. NAG-pH:n ollessa >4,5 kivi on happoa tuottamatonta (NAF).

Happoa tuottavien mineraalien analyysi

Erityistarkastelussa (MEM, 2019a) arvioitiin hapontuottokapasiteetti laskennallisesti rikkipitoisuuden ja erityisesti sulfidisen rikin määrän perusteella (Taulukko 4-3). Laskennassa otettiin huomioon, että nikkelistä noin 300 ppm esiintyy silikaattisena, mikä määrä vähennettiin nikkelin kokonaispitoisuudesta arvioitaessa NiS:n määrää. Kuparin oletettiin esiintyvän täysin sulfidisena. Happamuutta muodostava osuus kokonaisrikistä on kupari-, nikkeli- ja kobolttisulfidien summaa suurempi (MEM 2019a).

Taulukko 4-3. Keskimääräinen rikkipitoisuus ja rikin esiintyminen sulfideissa eri sivukiviluokissa (MEM 2019a)

Jätetyyppi	rikki-pitoisuus (%)	rikki-pitoisuus (mg/kg)	FeS-rikki (mg/kg)	NiS-rikki (mg/kg)	CuS-rikki (mg/kg)	Cu-Ni-CoS (mg/kg)
Tarvekivi	0,17	1700	1100	300	200	600
Normaali sivukivi	0,5	5000	3900	500	600	1100
Kapseloitu sivukivi	1,3	13000	11700	600	600	1300
Louhosseinämän malmi	1,61	16000	10300	2400	3300	5700

Yhteenveto sivukivien hapontuotto-ominaisuuksista:

- CW eli kapseloitava sivukivi kuvattiin ABA-testin tulosten perusteella mahdollisesti happoa tuottavaksi. Näytteiden rikkipitoisuudet vaihtelivat välillä 0,55–1,91 % ja NPR-luvut välillä 0,6–4,0. NAG-testin perusteella kokoomanäytteet määriteltiin hapontuotoltaan kategorioihin ”ei happoa tuottava” ja ”epävarma”.
- UNW eli normaali sivukivi määriteltiin ABA-testin tulosten perusteella happoa tuottamattomaksi. Näytteiden rikkipitoisuudet vaihtelivat välillä 0,23–0,73 % ja NPR-luvut olivat kaikissa näytteissä > 3, poikkeuksena 07/2024 näytteen NPR-luku 2,8. Myöskään NAG-testin perusteella kivi ei ollut happoa tuottavaa. Normaali sivukivi (UNW) on sijoittunut NAF-happoa tuottamattomien kivien kategoriaan koko tarkkailuhistorian ajan.
- USW eli tarvekivi määriteltiin ABA-testin tulosten perusteella happoa tuottamattomaksi (NAF). Näytteiden rikkipitoisuudet vaihtelivat välillä 0,16–0,27 % ja NPR-luvut olivat > 3 kaikissa näytteissä. Myös NAG-testin perusteella tarvekivi happoa tuottamattomaa. Tarvekivi (USW) on sijoittunut happoa tuottamattomien kivien kategoriaan koko tarkkailuhistorian ajan.

Nettohapontuottopotentialia tarkasteltaessa ABA- ja NAG-testien perusteella on huomioitava, että testi ei huomioi hapontuotto ja neutralointikyvyn suhteen

muuttumista ajan myötä. Voikin olla, että esimerkiksi neutralointipotentiaali kuluu loppuun nopeammin kuin hapontuottopotentiaali vaikka se laskennallisesti olisi kyvykäs neutraloimaan kaiken hapontuoton. Pitkäaikaistestauksen tulokset (kolonnikoe tai kosteuskammikoe) antavat tietoa kaivannaisjätteen käyttäytymisen muutoksista pitkällä aikavälillä, huomioiden mm. vähitellen etenevän hapettumisen. Lisäksi on huomioitava, että kaivannaisjätteessä voi tapahtua myös karbonaatiota, jossa hiili tulee ilmakehän hiilidioksidista. Näin ollen neutralointikyky voi myös lisääntyä pitkällä aikavälillä. Myös Kevitsan kaivannaisjätteissä on tätä mahdollistavia MgO-pitoisuuksia.

Hapontuotto- ja neutralointiominaisuuksia tarkasteltaessa on huomioitava, että neutraaleissa tai emäksisissäkin olosuhteissa voi esiintyä metallipitoista valumaa. Osalla metalleista tai puolimetalleista liukoisuusminimi on hyvin korkeassa tai hyvin matalassa pH:ssa. Esimerkiksi nikkeli on tällainen metalli. Tällöin merkittävin saostumismekanismi voi olla kersaostuminen, ja kersaostajan saatavuus voikin olla yhtä tärkeä suotovesilaadun muodostumista kontrolloiva tekijä kuin hapontuotto- ja neutralointiominaisuudet.

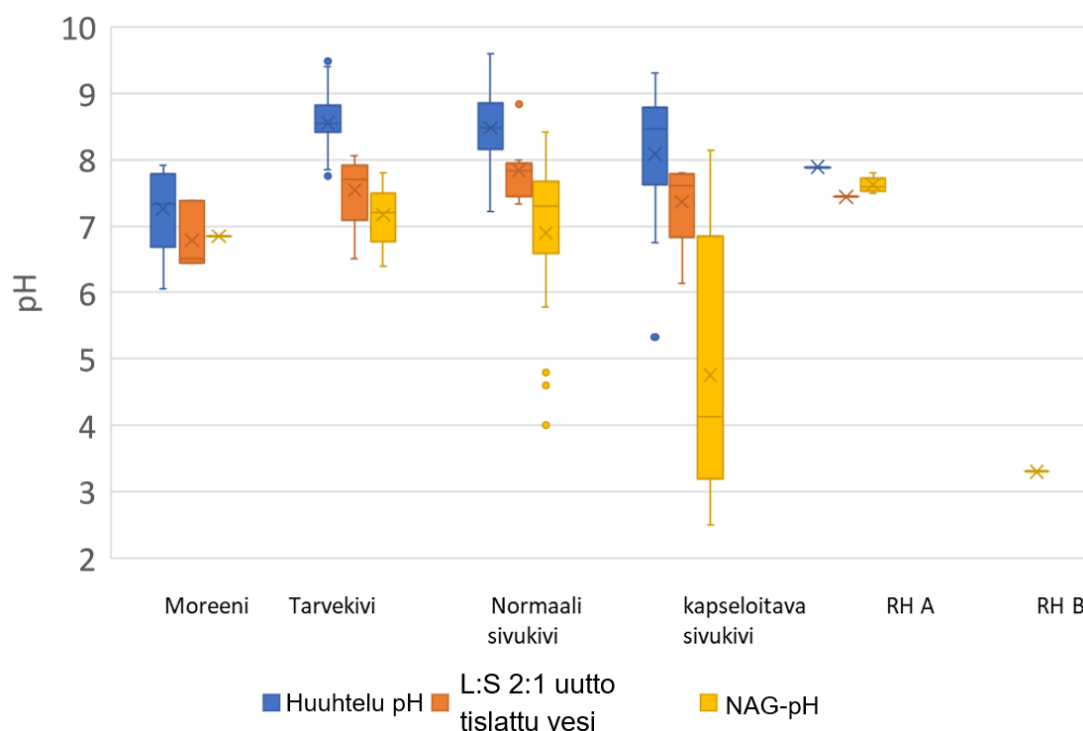
4.3.5 Hapontuottokyvyn ja neutralointikapasiteetin laajennettu testaus

Haponneutralointikapasiteetti tulokset eri lähteistä on koottu taulukkoon 4-4 ja kuvaan 4-9. Haponneutralointikyvyn määrittäminen titraamalla pH 6 heijastaa näytteessä olevien karbonaattien puskurikykyä ja on siten vertailukelpoinen karbonaattisen hiilen määrän ja karbonaattien määrän arvion kanssa. Tulosten perusteella kokonaisneutralointikapasiteetti korreloi selvästi karbonaattisen hiilen määrän kanssa kaikissa tarkastelluissa jätetyypeissä, kun taas mineralogian perusteella arvioitu karbonaattien määrä edustaa vain noin puolta todellisesta puskurikapasiteetista. Em. tarkastelun perusteella karbonaattisen hiilen määrä antaa riittävän luotettavan kuvan puskurikapasiteetista silloin, kun suoraa haponneutralointikapasiteetin määrittäytulosta ei ole käytettävissä (MEM 2019).

Taulukko 4-4. Eri menetelmillä määritetty hapon neutralointikapasiteetti (MEM 2019).

Jätetyyppi	Moreeni	Tarvekivi USW	Norm. Sivukivi UNV	Kapse- loitava sivukivi CW	RH A
Karbonaattinen C (lask.) (%)	0,05	0,16	0,24	0,15	0,23
C _{carb} : Karbonaatti-ANC (lask.) (kg CaCO ₃ evk./t)	4,17	13,67	19,91	12,80	19
ANC pH:hon 7.5 (kg H ₂ SO ₄ eq/t) via ABCC	0	9,56	11,44	8,39	9,3
ANC pH:hon 6 (kg H ₂ SO ₄ eq/t) via ABCC	1,17	15,04	18,58	13,57	20
ANC pH:hon 4.5 (kg H ₂ SO ₄ eq/t) via ABCC	3,50	18,99	24,04	17,86	26
Karbonaatit m-% (mineraloginen analyysi XRD/SEM)	0,10	0,44	0,86	0,62	1,1
Karbonaatit m-% ANC (lask.kg CaCO ₃ ekv./)	1,00	4,51	8,80	6,20	11

Verrattaessa kolmella eri tavalla tehtyjä uuttokokeita: näytteiden huuhtelu, 2:1 (L:S) uutto ja NAG-testi, voidaan todeta, että molemmissa tislattulla vedellä tehdyissä uutoissa pH asettui lähes neutraalille tai lievästi emäksiselle tasolle, kun taas NAG-testin pH-jakauma on huomattavasti laajempi etenkin kapseloitavassa sivukivessä. Myös rikastushiekka B erottuu huomattavasti muita alhaisemmalla NAG-uuton pH:lla (Kuva 4-9; MEM 2019). NAG-testien loppu-pH on ollut usein emäksinen, sillä NAG-testin lopussa tehtävä kuumennusvaihe ajaa reaktiota emäksisempään suuntaan poistamalla hiilidioksidia liuoksesta, mikä puolestaan edistää karbonaattien liukenemista.



Kuva 4-9. Eri kaivannaisjätelajien pH-jakaumat eri menetelmillä (MEM 2019, muokattu).

4.3.6 Sivukiven alkuainepitoisuudet

Kiven kuningasvesiliukoiset pitoisuudet ovat osa kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2103) pysyvän jätteen määritelmää, jossa pitoisuuksia verrataan PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) kynnsarvoihin. Tästä syystä kyseisiä kynnsarvoja käytetään jätekarakterisoinnin vertailukohtana. PIMA-asetuksen alemmat ja ylemmät ohjearvot ovat tarkastelussa mukana suuruusluokan kuvaajana, eikä niillä ole merkitystä jäteluokittelussa. Taulukossa 4-5 on esitetty sivukivijakeiden alkuaineiden kromin (Cr), kuparin (Cu) ja nikkelin (Ni) kokonaispitoisuuksien keskiarvot, minimi ja maksimit eri sivukivijakeissa vuonna 2024. Näitä muuttujia tarkkaillaan säännöllisesti sivukivistä. Muiden PIMA-asetuksessa mainittujen metallien pitoisuuksia on selvitetty laajemmin vuosina 2013–2014, ja niiden tulokset on esitetty pitoisuuskeskiarvona taulukossa 4-5. Lisäksi taulukossa on esitetty kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2024.

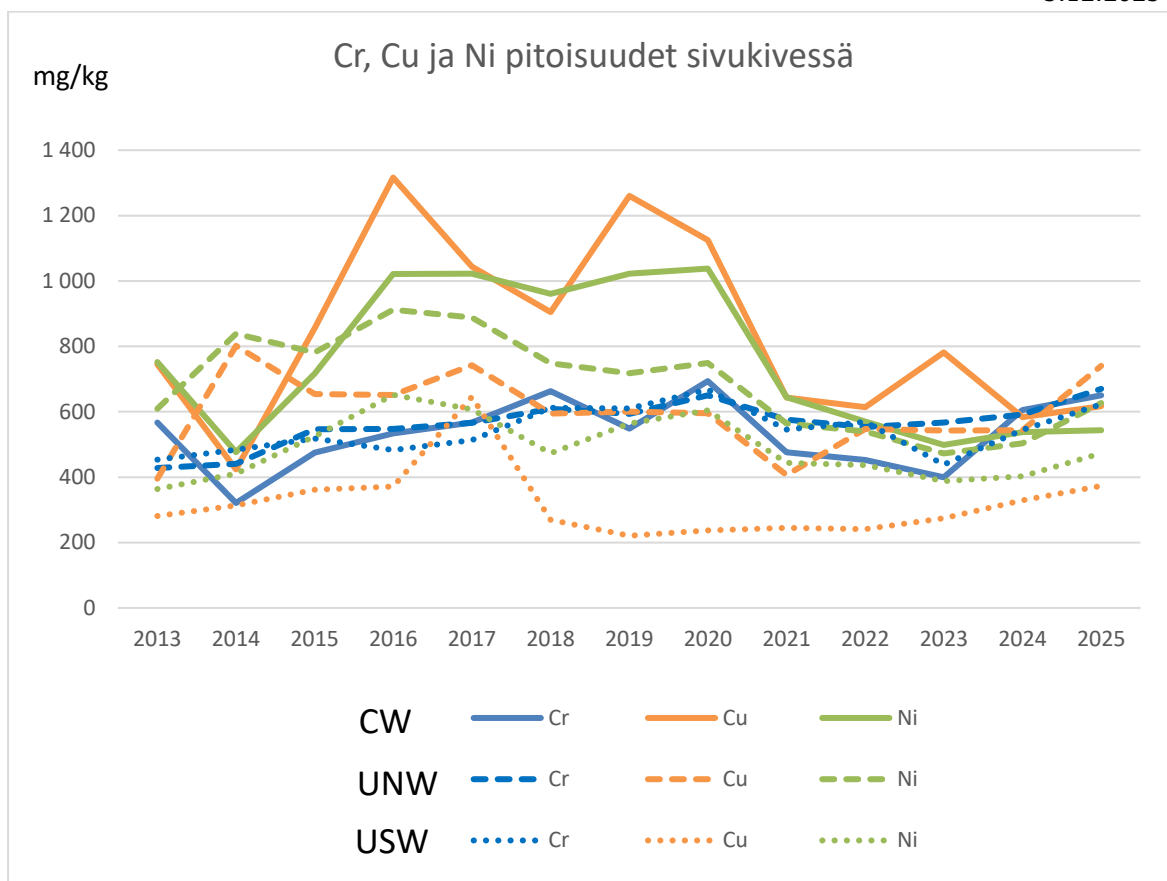
Sivukivet sisältävät malmiesiintymälle tyypillisiä metalleja, kuten kromia, kuparia ja nikkeliä. Näiden pitoisuudet ovat pääsääntöisesti alhaisimmat tarvekivessä, mutta kaikissa kivijakeissa (USW, UNW ja CW) em. metallien pitoisuudet ylittävät PIMA-asetuksen kynnsarvot.

Kuvassa 4-10 esitetään metallien pitoisuudet eri sivukiven jättejakeissa koko velvoitetarkkailun ajalta. Vuosina 2021–2024 pitoisuudet ovat olleet pienempiä verrattuna koko tarkkailuajalta mitattuihin pitoisuuksiin, erityisesti

kapseloitavan sivukiven (CW) osalta. Verrattuna koko velvoitetarkkailuajana mitattuihin pitoisuuksiin, niin vuosina 2016–2020 havaitaan kupari- ja nikkelpitoisuuksien olleen suuremmillaan kapseloitavassa sivukivessä (CW), ja vuosina 2014–2017 nikkelpitoisuus on ollut suurimmillaan normaalissa sivukivijakeessa (UNW). Viime vuosina tarvekiven (USW) nikkelpitoisuus on ollut selkeästi muita jättejakeita matalampi. Normaalissa ja kapseloitavassa sivukivessä nikkelpitoisuudet ovat samankaltaisia. Tämä johtuu mahdollisesti rauta-sulfidimineraaleista (jotka muuttavat Ni/S suhdetta). Kuparia on ollut hieman enemmän kapseloitavassa sivukivessä kuin normaalissa.

Taulukko 4-5. Sivukivien (CW = kapseloitava sivukivi, UNW = normaali sivukivi, USW = tarvekivi) kuningasvesiuuttoliuoksen metalli- ja metalloidipitoisuudet (velvoitetarkkailun tuloksia), sekä vertailu PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) kynnys- ja ohjearvoihin. PIMA-asetuksen arvoista vain kynnysarvoja sovelletaan kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013) mukaisessa kaivannaisjätteen luokittelussa pysyväksi jätteeksi. Ylempi ja alempi ohjearvo esitetään vain suuruusluokan havainnollistamisen tueksi. Vuodesta 2015 velvoitetarkkailuun ovat kuuluneet vain Cr, Cu ja Ni. Näiden osalta tulokset näytetään koko tarkkailujaksolta kuvassa 4-10. KA=keskiarvo, Min = pienin mitattu pitoisuus, Maks. =suurin mitattu pitoisuus

		Metallit										
		As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
	yksikkö	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
	Kynnys-arvo	5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
	Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
	Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400
CW	2024 KA				605	583		538				
CW	2024 Min				310	340		310				
CW	2024 Maks.				1200	1000		930				
UNW	2024 KA				592	543		503				
UNW	2024 Min				390	420		330				
UNW	2024 Maks.				1000	690		670				
USW	2024 KA				544	329		403				
USW	2024 Min				340	230		270				
USW	2024 Maks.				790	620		560				
Keskiarvotulokset 2013–2014												
CW	2013–2014 KA	2	0,1	89	444	585	-	614	2	<0,1	41	25
UNW	2013–2014 KA	2	0,05	73	435	599	-	724	1	<0,1	36	29
USW	2013–2014 KA	1	0,04	50	468	297	-	387	1	<0,1	42	20
Keskiarvotulokset 2013–2024												
CW	2013–2024 KA				525	858		772				
UNW	2013–2024 KA				556	590		694				
USW	2013–2024 KA				536	316		489				



Kuva 4-10. Kromi-, kupari- ja nikkelipitoisuuden (vuoden keskiarvo) kehitys sivukivissä (CW = kapseloitava sivukivi, UNW = normaali sivukivi, USW = tarvekivi) koko velvoitetarkkailujakson ajalta.

4.3.7 Tuotannon tarkkailu ja nikkelin esiintyminen

Sivukivijakeista on otettu tuotannon tarpeita varten näytteitä, joista on analysoitu kokonaisnikkelin, sulfidisen nikkelin, kuparin, sekä rikin pitoisuudet. Analysoinnissa on käytetty pöytämallista XRF-laitetta. Analysoitujen pitoisuuksien painotetut keskiarvot sekä näytemäärät esitetään taulukossa 4-6.

Taulukko 4-6. Tuotannon tarkkailun tuloksia vuosilta 2021–2024 (sivukivien velvoitetarkkailun vuosiraporteista), sekä tuotannon tarkkailun (TT) keskiarvon (2021–2024) vertailu velvoitetarkkailun (VT) vastaaviin lukuihin. Lisäksi on annettu sulfideihin sitoutuneen nikkelin määrä kokonaisnikkelistä. Velvoitetarkkailun tulokset poikkesivat tuotannon tarkkailusta (vuosikeskiarvot): Ni osalta 14–36 %, kuparin osalta 3–23 % ja rikin osalta -7–32 %.

Näyte	Vuosi	Ni (kok.) %	Ni (sit. S) %	Ni(S)/Ni(kok.) %	Cu %	S %	Näytemäärä kpl
CW - TT	2021	0,073	0,065	89	0,084	1,56	594
CW - TT	2022	0,073	0,056	77	0,077	1,36	547
CW - TT	2023	0,053	0,046	87	0,064	1,62	560
CW - TT	2024	0,065	0,051	78	0,063	1,17	573
UNW - TT	2021	0,088	0,06	68	0,062	0,45	1631
UNW - TT	2022	0,075	0,049	65	0,058	0,48	1284
UNW - TT	2023	0,066	0,047	71	0,052	0,44	2027
UNW - TT	2024	0,059	0,033	56	0,038	0,24	2423
USW - TT	2021	0,074	0,034	46	0,021	0,18	2779
USW - TT	2022	0,064	0,033	52	0,033	0,23	2647
USW - TT	2023	0,058	0,03	52	0,028	0,19	3934
USW - TT	2024	0,068	0,046	68	0,058	0,46	2172
keskiarvot							
CW-TT	2021–2024	0,066	0,055	83	0,072	1,43	2274
CW-VT	2021–2024	0,056			0,066	1,37	48
UNW-TT	2021–2024	0,072	0,047	65	0,053	0,40	7365
UNW-VT	2021–2024	0,052			0,051	0,43	48
USW-TT	2021–2024	0,066	0,036	54	0,035	0,27	11532
USW-VT	2021–2024	0,042			0,027	0,18	48

Tuotannon analyysien sekä sivukivijakeiden muiden analyysien tulokset (vrt. velvoitetarkkailu) ovat lähellä toisiaan. Kapseloitavan sivukiven tuotannon analyysissä nikkelin sekä kuparin kokonaispitoisuuksien painotetut keskiarvot ovat jonkin verran korkeampia kuin velvoitetarkkailun sivukivijakeista tutkituissa näytteissä. Nikkelin kokonaispitoisuuden vaihtelu on suhteellisen

vähäistä eri sivukivijakeiden välillä (suurin arvo 70 % pienintä suurempi), vaikka rikkipitoisuudessa on huomattava ero (suurin arvo 690 % pienintä suurempi). Tämä johtuu nikkelin esiintymisestä myös silikaattimineraaleissa, erityisesti oliviinissa. Sulfidisen nikkelin määrittäminen on lähinnä suuntaa antava eikä kerro tarkasti nikkelin spesiaatiota, kuitenkin tuloksista nähdään sama trendi: sulfidisen nikkelin osuus kokonaisnikkelistä on noin 83 % CW kivessä, noin 65 % UNW kivessä ja 54 % USW kivessä. Matalan rikin kivissä suurempi osuus nikkelistä on siis silikaatteihin sitoutuneena. Silikaatteihin sitoutunut nikkeli irtoaa kivistä sulfidista nikkeliä heikommin rapautumisen tuloksena. Tuotannon tarkkailun suuren näytemäärän vuoksi voidaan siitä saatavia analyysituloksia pitää tilastollisesti velvoitetarkkailua edustavimpina.

Myös alueellisiin geologisiin piirteisiin viitaten on syytä olettaa, että silikaattimineraalien nikkeliipitoisuus on huomattava. Häkli (1971) mukaan ultramafisten kivien päämineraalit (oliviinit, pyrokseenit ja amfibolit) voivat sisältää huomattavia määriä nikkeliä (esim. 1330 ppm Suomen peridotiiteissa keskimäärin). Julkaisun perusteella mineralisoituneilla alueilla, erityisesti kun nikkelisulfidien osuus sulfidimineraaleista on suuri, myös silikaattimineraalit ovat poikkeuksetta nikkeliipitoisempia kuin mineralisoitumattomilla alueilla.

Taulukossa 4-7 näytetään nikkelin sitoutumiseen keskittyneen erikoistutkimuksen tuloksia (MEM 2019a), joiden perusteella tuoreissa kivissä nikkelistä 68–80 % esiintyy sulfidisessa muodossa, ja loput silikaateissa. Rapautuneissa kivissä sulfidien osuus on pienempi (40–73 %), koska sulfidit hapettuvat silikaatteja nopeammin ja siten nikkeli pääsee liukenemaan suotoveteen helpommin.

Taulukossa 4-7 viimeisellä rivillä on tuotannon tarkkailun tuloksia nikkelin sitoutumisesta, sekä suluissa MEM tutkimuksen rapautuneen ja tuoreen kiven keskiarvo. Kummankin aineiston perusteella nähdään selkeästi, että sulfidisen nikkelin osuus kokonaisnikkelistä kasvaa sulfidipitoisuuden kasvaessa, eli tarvekivessä ja normaalissa sivukivessä ei ole ainoastaan kapseloitavaa sivukiveä matalammat kokonaisnikkeliipitoisuudet, vaan myös suurempi osa nikkelistä on huonosti suotoveteen hapettumisen seurauksena liukenevassa muodossa.

Taulukko 4-7. Nikkelin esiintyminen Kevitsan sivukivikäytöissä, silikaatti- ja sulfidifaasien osuudet (MEM 2019a). Lisäksi viimeisellä rivillä on annettu sulfidisen nikkelin osuus kokonaisnikkelistä tuotannon tarkkailun tuloksien mukaan (Taulukko 4-6, vuosien 2021–2024 keskiarvo). Suluissa viimeisellä rivillä on ylemmiltä riviltä laskettu sulfidisen nikkelin keskiarvo vertailun helpottamiseksi.

Nikkelin esiintyminen	Tarvekivi (USW)		Normaali sivukivi (UNW)		Kapseloitava sivukivi (CW)	
	rapautunut	tuore	rapautunut	tuore	rapautunut	tuore
Sulfidimuodossa (%)	40	68	68	75	73	80
Silikaattimuodossa (%)	60	32	32	25	27	20
Sulfidinen Ni (%)	54 (54)		65 (72)		83 (77)	

Sulkemissuunnittelun tueksi tehdyn näytteenoton analyysitulosten ja kaivoksen blokkimallin perustana olevan aineiston tilastollisen analyysin tulokset keskeisimmistä alkuaineista ja niiden esiintyvyydestä on esitetty taulukossa 4-8. Tarvekivessä on alhaisin rikkipitoisuus ja metallien pitoisuudet. Nikkelistä ja koboltista n. 300 mg/kg esiintyy ei-sulfidisessa muodossa (silikaateissa), kupari puolestaan esiintyy pääasiassa sulfidisena.

Taulukko 4-8. Ainepitoisuuksia sulkemissuunnittelun analyysien ja kaivoksen blokkimalliaineiston tilastollisesta analyysistä (MEM 2019). Kunkin metallin osalta esitetään sulfideihin sitoutunut määrä.

Jätetyyppi	S (%)	Ni mg/kg	Ni (sit. NiS) mg/kg	Cu mg/kg	Cu (sit. CuS) mg/kg	Co mg/kg	Co (sit. CoS) mg/kg	Karbo-naatit C _{carb} d (%)
Tarvekivi	0,17	600	300	300	280	60	30	0,17
Normaali sivukivi	0,5	800	500	600	550	75	45	0,23
Kapseloitava sivukivi	1,3	800	600	850	800	120	60	0,2
Louhosseinämän malmi	1,5	2,4	2,2	3,1	3,0	110	100	0,1

4.3.8 Sivukivien luokittelu

Kapseloitavassa (CW) sivukivessä rikkipitoisuus on pääsääntöisesti >1 %, mikä yksinään riittää luokitteluun ei-pysyväksi. Lisäksi neutralointipotentiaalisuhde on pääsääntöisesti <3 ja kivessä on kuningasvesiliukoisia metallipitoisuuksia, jotka ylittävät PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) kynnysarvot, joten tätä sivukiveä ei voida luokitella pysyväksi jätteeksi.

Tavanomaisessa sivukivessä (UNW) ja tarvekivessä (USW) luokittelu ei-pysyväksi perustuu kuningasvesiliukoisiin metallipitoisuuksiin. Sivukivien

Sivukivien jätenumero on 01 01 01, "metallimineraalien louhinnassa syntyvät jätteet". sivukiville ei ole olemassa vaarallisen jätteen jätenumeroa.

Jos jäteluettelon mukaisesta luokituksesta halutaan poiketa, on se mahdollista (jätelaki 646/2011 ja YM, 2019). Tällaisessa tapauksessa jäteluettelon vaaraton jäte voidaan poikkeusmenettelyllä luokitella vaaralliseksi, jos sillä on jokin vaaraominaisuus. Päätöksen luokittelusta poikkeamisesta voi yksittäistapauksessa jätelain (646/2011) 7 §:n mukaan tehdä ympäristölupaviranomaisena tässä tapauksessa aluehallintovirasto (AVI). Jäsenmaiden on ilmoitettava EU:n komissiolle kaikki yleiset ja yksittäistapauksessa tehdyt kansalliset poikkeukset EU:n jäteluokitukseen. AVI:n on toimitettava kopiot kaikista tekemistään 7 §:n mukaan tehdyistä poikkeuspäätöksistä Suomen ympäristökeskukselle (SYKE), joka kokoaa puolen vuoden välein yhteenvedon Suomessa tehdyistä luokituspoikkeuksista ympäristöministeriölle. Komission tarkastelee tehtyjen ilmoitusten perusteella, tulisiko vastaava muutos tehdä EU:n jäteluetteloon (YM, 2019).

Kapseloitavalle sivukivelle määritettiin vaaraominaisuus HP7 nikkelisulfidin perusteella vuonna 2022 jätehuoltosuunnitelman päivityksen yhteydessä. Tuolloin vaaraominaisuuksien arvioinnissa ei ollut käytettävissä tietoja esimerkiksi sulfidisen nikkelin osuudesta kokonaisnikkelistä ja arvio tehtiin konservatiivisesti puutteellisilla tiedoilla. Tuolloisen luokittelun pohjalta on annettu lupapäätös (joka on muutoksenhaun alainen). Myöhemmässä vaaraominaisuuksien arvion tarkistuksissa on käytetty nikkelin esiintymismuotojen tietoja, jolloin vaaraominaisuuksien arvioinnin tulos kapseloitavan sivukiven osalta on ei-vaarallinen. Tässä YVA-yhteydessä ei ole tarkasteltu, mikä luokittelu on voimassa, huomioiden täytöntöönpanosäännöt.

4.3.9 Sivukivialueelta koottavat vedet

Vuonna 2024 sivukivialueelta pumpattiin vesiä vesivarastoaltaalle yhteensä 0,96 Mm³. Mittaushistorian korkein pumppausmäärä 1,31 Mm³ mitattiin vuonna 2020. (Eurofins Ahma Oy 2025c)

Sivukivialueelta koottavan veden pH on ollut melko tasainen. Viimeisen viiden vuoden aikana vuosikeskiarvo on vaihdellut välillä 7,7 - 7,9. Vuonna 2024 yksittäisten näytteiden kokonaisnikkelipitoisuudet vaihtelivat välillä 0,9–2,7 mg/l, mikä on samassa suuruusluokassa edellisten vuosien kanssa. Nikkelipitoisuudet ovat jokseenkin puolittuneet huippuvuosien 2015-2016 lukemista. Vuonna 2024 sulfaattipitoisuudet vaihtelivat yksittäisissä näytteissä välillä 1700-4000 mg/l (keskiarvo 2666 mg/l). Sulfaattipitoisuuksissa on lievä noususuuntaus. Typen keskipitoisuus oli vuonna 2024 33,1 mg/l ja kloridin 184 mg/l. (Eurofins Ahma Oy 2025c)

4.4 Sivukiven uudelleenluokittelu 2025

4.4.1 Uudelleenluokittelun yleiset perusteet

Kevitsan kaivoksella tarvitaan huomattavia määriä kiviainesta rakentamiseen. Tarvitaan enemmän kiveä kuin nykyistä tarvekiveä (USW) muodostuu. Tämän takia on tehty tarkasteluja tarvekivimääritelmän uudistamisen tueksi (MEM 2024, 2025d). Nykyisin käytössä olevaa sivukiven luokittelua ei ole optimoitu haitta-aineiden vapautumisriskien näkökulmasta vaan luokittelu perustuu rikki- ja nikkeli- pitoisuuksiin.

Ympäristön kannalta rikki- ja nikkeli- pitoisuus tai edes sulfidisen rikin pitoisuus ei ole yksiselitteisesti haitallisin ominaisuus. Rautasulfidien hajoamistuotteista erilaiset raudan oksihydroksidit voivat jopa edistää haitta-aineiden pidättymistä. Sulfideihin sitoutunut nikkeli taas pääsääntöisesti tarkoittaa hapettumisreaktioiden kautta vapautuvissa olevaa nikkeliä, joka voi päätyä suotovesien mukana ympäristöön.

MEM:n edellä mainituissa selityksissä on havaittu, että on mahdollista rajata tavanomaisesta sivukivestä (UNW) uusi sivukiven alaluokka, ympäristösivukivi (EW, environmental waste rock), joka voi täydentää nykyistä tarvekiveä (USW). Tälle kivelle sallitaan suurempi rikki- ja nikkeli- pitoisuus, mutta sulfidisen nikkelin pitoisuutta rajataan melko tiukasti. Samaan aikaan varmistetaan, että neutralointipotentiaali on riittävä tuottamaan sellaiset olosuhteet, joissa nikkeliä ja muita haitta-aineita pidättyy tehokkaasti.

Nikkeli päätyy huokosveteen suurimmaksi osaksi nikkeli- pitoisista sulfideista, jotka hajoavat hapettumisen kautta. Vastaavasti huokosveteen päätyy esimerkiksi kuparia kupari- pitoisista sulfidimineraaleista. Eri aineiden pidättymisteho on erilainen erilaisissa pH-olosuhteissa. Kupari pidättyy melko tehokkaasti neutraalilla pH-alueella, mutta nikkelin optimaalinen pidättäminen edellyttäisi todella korkeaa pH:ta. Tästä huolimatta pH kuitenkin vaikuttaa nikkelin pidättymiseen sekä suoraan että välillisesti. Välillisesti pidättymistä tehostaa, se, että rautasulfidien hapettumisessa vapautuvasta raudasta muodostuvat oksihydroksidit kersaostavat myös nikkeliä.

4.4.2 Uusi luokittelurajaus

Nykyisin voimassa olevan lupamääräyksen mukaisesti, kaikki sivukivi, jossa on $< 0,3$ % rikkiä esitetään käytettävän jatkossakin tarvekivenä (USW). Tämän lisäksi, mikäli rikki- ja nikkeli- pitoisuus on välillä $0,3-0,55$, sivukiveä voidaan käyttää täydentävänä tarvekivenä (ympäristösivukivi, EW), mikäli sulfidisen nikkelin ja NNP:n ehdot toteutuvat. Vanhaa tarvekiveä (USW) täydentävän ympäristösivukiven (EW) määrittelyssä on huomioitu rikki- ja nikkeli- sulfidipitoisuudet sekä nettoneutralointipotentiaali (NNP):

- Rikkiä 0,3–0,55 %
- Nikkelisulfidi (NiS) < 500 mg/kg
- NNP > -10 kg CaCO₃/t

Selvitysten lopputulos on, että sulfidisen nikkelin pitoisuuden ollessa alle 500 mg/kg ja NNP-arvon ollessa suurempi kuin -10 kg CaCO₃/t, metallien päätyminen suotoveteen ei ole mittavampaa kuin nykyisellä tarvekivellä (USW).

4.4.3 Uuden luokittelun käyttäminen

Tässä sulkemissuunnitelmassa ja siihen liittyvissä mallinuksissa on huomioitu uudelleenluokittelun tarvekiven käyttö. Sivukivialueen mallin osalta uuden ympäristösivukiven (EW) vastaavan pitkäaikaiskäyttäytymiseltään vanhaa tarvekiveä (USW), mikä on testaustulosten valossa perusteltua. Sivukivialueen uloin 5 m kerros on oletettu tarvekivestä ja/tai ympäristösivukivestä rakennetuksi. Osa mallinuksista on suoritettu jo ennen uudelleenluokitteluratkaisua ja ennen kuin ympäristösivukiven (EW) ja tavanomaisen sivukiven (UNW) määräsuhteet olivat käytettävissä.

Rikastushiekka-alueen mallissa rakennettavat pato- ja tukipengerrakenneosat on oletettu rakennettavaksi ympäristösivukivestä (EW).

4.5 Rikastushiekat

4.5.1 Rikastushiekkojen jaottelu rikkipitoisuuden perusteella

Kaivostoiminnasta muodostuu kahdenlaista rikastushiekkaa: rikastushiekka-altaalle A1 sijoitetaan matalarikkinen (rikkipitoisuuden tavoitearvo enintään 0,8 %) ja rikastushiekka-altaalle B1 korkearikkinen rikastushiekka. Rikastushiekka A on vaahdotusvaiheiden rikastushiekkaa, jonka rikkipitoisuutta madalletaan tuottamalla rikastushiekkaa B. Rikastushiekka B on siis rautasulfidirikastetta. Ympäristölupamääräys ei sisällä mainintaa, onko kyseessä kokonaispitoisuus vaiko sulfidisen rikin pitoisuus. Pitoisuusraja on kuitenkin tulkittu kokonaisrikkipitoisuudeksi ympäristölupahakemuksen täydennyksen perusteluista, jotka ovat taustoituksena lupapäätökselle nro 79/2014/1.

Vuoden 2024 tuotannon tarkkailun perusteella matalarikkisen ja korkearikkisen rikastushiekan kokonaisrikkipitoisuuden vuosikeskiarvot olivat 0,73 % ja 16,9 %. Sulfidista rikkiä näissä oli 0,4 % ja 15,6 %.

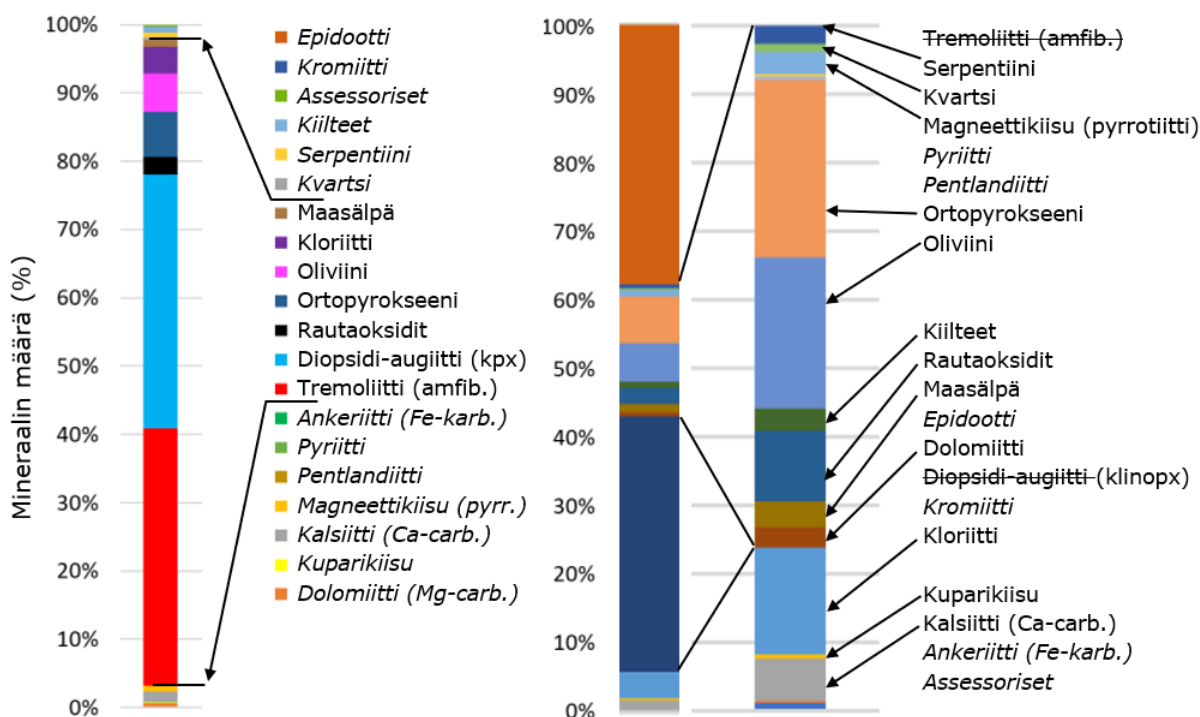
Ei-sulfidinen rikki koostuu lähinnä sekundäärisistä sulfaattimineraaleista, joita saostuu rikastushiekan rapautumistuotteista sekä rikastamalla käytettävästä

kaivosalueen kiertovedestä ja pH:n säätökemikaaleista. Sekundääriset sulfaattimineraalit eivät ole potentiaalisia hapon tuottajia, kuten sulfidimineraalit, mutta niistä vapautuu jonkin verran sulfaattia. Kevitsan tapauksessa sekundäärisiksi sulfaatin lähteiksi on tunnistettu magnesium- ja kalsiumsulfaatit (MEM 2025b). Rikastushiekkojen mineralogia

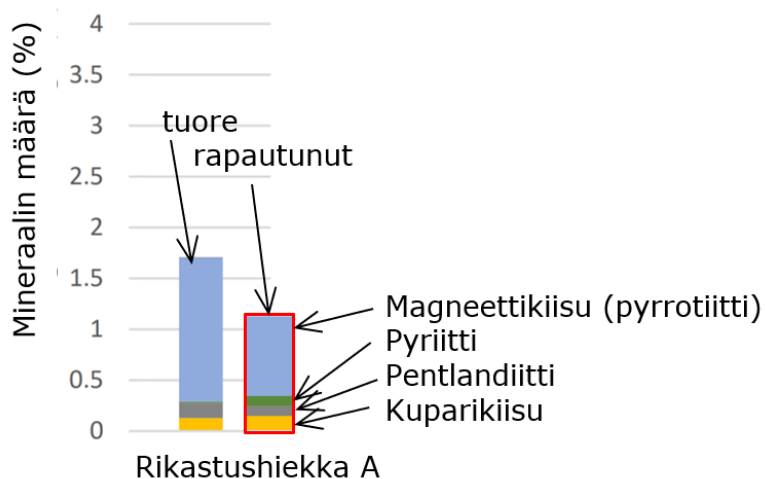
Rikastushiekka A:n keskeisimpiä mineraaleja ovat diopsidi ja tremoliitti. Keskeisiä mineraaleja ovat myös oliviini, ortopyrokseeni ja kloriitti. Sulfidimiraalien kokonaismäärä on vähäinen, mutta tärkeimmät sulfidimineraalit ovat magneettikiisu (pyrrotiitti), rikkikiisu (pyriitti) ja pentlanditti.

Rikastushiekka A:n mineralogia esitetään kuvassa 4-11. Vasemmalla kuvassa on SEM-EDX-tutkimuksen tuloksia ja kuvassa oikealla on MEM Ltd:n kokoaman tietokannan perusteella määritetty mineraalikoostumus. Näissä tuloksissa annetaan vasemmanpuoleisessa pylväässä esitettynä rikastushiekan mineralogian kokonaisuudessaan. Oikeanpuoleisesta pylvästä on poistettu tärkeimmät mineraalit (tremoliitti ja diopsidi), jotta pienemmissä määrissä esiintyvien mineraalien määrät olisi helpompi erottaa. Kuvaan on merkitty kursivilla mineraalit, joiden määrä on niin pieni, että niitä on hankala erottaa kuvasta.

Kuvassa 4-11 esitetään tärkeimpien sulfidimineraalien pitoisuus tuoreessa ja rapautuneessa rikastushiekassa. Näytteenvalinnalla on merkitystä kokonaispitoisuuksien kannalta (esim. pyriitin suurempi määrä rapautuneissa kivissä ei selity mitenkään muuten). Kuitenkin nähdään, että magneettikiisu on selkeästi rikkikiisua yleisempi rautasulfidi ja se rapautuu kivistä suhteellisen helposti. Rautasulfidien rapautuminen vapauttaa rautaa, joka voi muodostaa sorptiokykyisiä rauta-(oksi)-hydroksidi mineraaleja.



Kuva 4-11. Rikastushiekan A mineralogia SEM-EDX tutkimuksen mukaan (vasemmalla) ja tietokannan tietoihin perustuvan kuvaajan mukaan (oikealla; MEM, 2019). Oikealla olevissa pylväissä vasemmanpuoleinen edustaa todellista mineralogian, oikeanpuoleisessa on poistettu tärkeimmät mineraalit tremoliitti ja diopsidi. Kursiivilla on merkitty mineraalit, joiden määrä on niin pieni, että se on vaikea havaita.



Kuva 4-12. Rikastushiekan A kiisumineralogia tuoreissa ja rapautuneissa näytteissä (MEM 2019a; muokattu).

Heikosti kiteytyneitä sekundäärimineraaleja (huokosvedestä muodostuvia sakkoja) ei pääsääntöisesti pystytä määrittämään mineralogisin menetelmin, vaikka ne ovatkin kiintoainetta.

Rikastushiekka B poikkeaa selkeästi muista jätejakeista korkean kiisupitoisuuden takia. Tärkeimmät mineraalit ovat samoja kuin sivukivissä eli amfibolit ja pyrokseeni. SEM-EDX- ja XRD-tulosten välillä on eroja, amfibolia on tulkittu sekä sarvivälkkeeksi että tremoliitiksi. Rikastushiekassa B on

rautamonosulfidia keskimäärin noin 20 %. Lisäksi siinä on huomattava määrä talkkia (noin 7 %). Rautamonosulfidi käsittää heksagonisen ja monokliinisen magneettikiisun ja lisäksi troiliitin (kun Fe:S on hyvin lähellä 1:1). Heksagonista magneettikiisua on tyypillisesti enemmän kuin monokliinista.

4.5.2 Rikastushiekkojen näytteenotto ja analyysit tarkkailun puitteissa

Rikastushiekoista A ja B otetaan tuotannon tarpeita varten näytteitä 10–15 minuutin välien rikastushiekka-altaille johtavista putkista automaattisin näytteenottimin. Näistä muodostetaan ensin 12 tunnin kokoomanäytteet, joista muodostetaan edelleen viikko- ja kuukausikokoomanäytteet, joita käytetään velvoitetarkkailussa.

Kuukausi- ja kokoomanäytteistä määritetään rikkipitoisuus, hiilen kokonaispitoisuus sekä karbonaattisen ja ei-karbonaattisen hiilen pitoisuudet. Näytteille tehdään myös ABA-testit, eli määritetään näytteiden haponmuodostus- ja neutralointipotentiaalit sekä lasketaan niiden suhde (NPR). Haponmuodostuspotentiaali on laboratoriossa laskettu kokonaisrikkipitoisuudesta, kun taas neutralointipotentiaali on määritetty titraamalla. Neutralointipotentiaali on tulosten perusteella määritetty myös laskennallisesti karbonaattisen hiilen kokonaispitoisuudesta. Neljä kertaa vuodessa kokoomanäytteistä tutkitaan lisäksi kuningasvesiuutolla ja ICP-MS ja ICP-OES-tekniikoilla alkuaineiden kokonaispitoisuuksia sekä tehdään yksivaiheinen NAG-testi. Neutralointipotentiaalisuhteen vuosikeskiarvot ovat olleet välillä 1,8–3,1.

4.5.3 Rikastushiekkojen geokemialliset ominaisuudet jätejakeiden tarkkailussa

Rikkipitoisuus (sulfidinen rikki) ja neutralointipotentiaali toimivat osana pysyvän kaivannaisjätteen määritelmää (VNA 190/2013), yhdessä kuningasvesiliukoisten alkuainepitoisuuksien kanssa.

Rikastushiekassa A (matalarikkinen rikastushiekka) Vuosien 2020–2024 tarkkailussa rikin kokonaispitoisuuden vuosikeskiarvo on vaihdellut välillä 0,72–0,84 % Sulfidisen rikin pitoisuus on saatavilla vain vuosilta 2023 ja 2024, jolloin vuosikeskiarvot ovat olleet 0,34 ja 0,4 %. Pitkällä aikavälillä (2013–2025) rikkipitoisuuden vuosikeskiarvo on vaihdellut välillä 0,59 (2020) ja 0,89 (2022) vaihtelun pysytellessä samalla tasolla ilman merkittävämpää trendiä. Neutralointikapasiteetin vuosikeskiarvo on vaihdellut välillä 41–67 kg CaCO₃/t ja neutralointipotentiaalisuhde on vuosikeskiarvoina ollut 1,97–3,1. Neutralointipotentiaalisuhde on ollut aikajaksolla 2013–2025 matalimmillaan 1,85 ja korkeimmillaan 4,59. Neutralointipotentiaalisuhteessa on tällä aikavälillä havaittavissa lievä laskeva trendi.

Rikastushiekassa B (korkearikkinen rikastushiekka / rikkirikaste) Vuosien 2020–2024 tarkkailussa rikin kokonaispitoisuuden vuosikeskiarvo on vaihdellut välillä 12,6–16,9 %. Sulfidisen rikin pitoisuus on saatavilla vain vuosilta 2023 ja 2024, jolloin vuosikeskiarvot ovat olleet 12,7 ja 15,6 %. Myös korkearikkisessä rikastushiekassa rikin kokonaismäärä on pysynyt jokseenkin samana vuosien 2013–2025 aikana. Neutralointikapasiteetin vuosikeskiarvo on vaihdellut välillä 28–51 kg CaCO₃/t ja neutralointipotentiaalisuhde on vuosikeskiarvoina ollut korkeimmillaan 0,14 ja alimmillaan alle 0,1.

Rikastushiekassa A (matalarikkinen rikastushiekka) keskeisimpiä metallipitoisuuksia ovat kromi, kupari ja nikkeli. Kromin vuosien 2013–2024 keskiarvo on 598 mg/kg, kuparin 3 566 mg/kg ja nikkeli 11 544 mg/kg. Korkearikkisessä rikastushiekassa on myös huomattava määrä kobolttia, 498 mg/kg pitkän aikavälin keskiarvona. Kyseessä ovat kuningasvesiutosta mitatut pitoisuudet.

Rikastushiekassa B (korkearikkinen rikastushiekka kromin vuosien 2013–2024 keskiarvo on 451 mg/kg, kuparin 404 mg/kg ja nikkeli 995 mg/kg. Erittely esitetään alla (Taulukko 4-9).

Taulukko 4-9. Rikastushiekkojen A ja B kuningasvesiuttoluoksen metalli- ja metalloidipitoisuudet (velvoitetarkkailun tuloksia 2022–2024), sekä vertailu PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) kynnys- ja ohjearvoihin. PIMA-asetuksen arvoista vain kynnysarvoja sovelletaan kaivannais-jäteasetuksen (VNA 190/2013) mukaisessa kaivannaisjätteen luokittelussa pysyväksi jätteeksi. Ylempi ja alempi ohjearvo esitetään vain suuruusluokan havainnollistajana. Vuodesta 2015 velvoitetarkkailuun ovat kuuluneet vain Cr, Cu ja Ni. Näiden osalta tulokset näytetään koko tarkkailujaksolta.

		Metallit										
		As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
	yksikkö	mg /kg	mg /kg	mg /kg	mg /kg	mg /kg	mg /kg	mg /kg	mg/ kg	mg /kg	mg /kg	mg /kg
	Kynnysarvo	5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
	Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
	Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400
Keskiarvotulokset 2013–2014												
RH A	KA (2013–2014)	6	0,04	58	598	404	-	995	2	<0,3	43	25
RH B	KA (2013–2014)	36	0,32	498	451	3 566	-	11 544	6	<0,3	33	82
Keskiarvotulokset 2013–2024												
RH A	KA (2013–2024)				567	435		880				
RH B	KA (2013–2024)				420	3651		12763				

4.5.4 Rikastushiekkojen vaaraominaisuuksien arviointi

Rikastushiekkojen ympäristövaarallisuutta on arvioitu neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti (Taulukko 4-10Taulukko 4-10). Pitoisuuksissa on huomioitu osittain tiivistyneen hiekan kosteutta, mikä on keskimäärin 30 % (Golder Associates, 2017). Ominaisuuksia on tarkasteltu ympäristövaarallisen

jätteen (vaaraominaisuus HP 14), kriteerien mukaan siten, kuin ympäristöministeriön oppaassa "Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas 02/2019" on esitetty.

Oppaan liitteessä 9 on annettu eri metalleille pitoisuusrajat ja yhteenlaskussa alin huomioitava pitoisuus (Cut-off-arvo).

Taulukko 4-10. Rikastushiekkojen ympäristövaarallisuuden arviointi Neuvoston asetuksen (EU) 2017/997 mukaisesti vuosien 2014–2024 tarkkailutulosten (keskiarvo) perusteella. Pitoisuuksissa on huomioitu kosteus, 30 %. Metallionille sovellettava vaarallisen jätteen pitoisuusraja ja cut-off-raja on laskettu suhteessa metallionin osuuteen koko kyseisen metalliyhdisteen moolimassasta. Vahvennettu tulos on keskiarvo, suluissa esitetty mediaani ja lisäksi pitoisuuden vaihteluväli aikavälillä 2014–2024.

Alkuaine	Pitoisuusraja (mg/kg)				Sivukivilajit	
	Aquatic Acute 1, H400	Cut-off	Aquatic Chronic, H410	Cut-off	Rikastushiekka A	Rikastushiekka B
Sb			25 000	10 000		
As	250 000	1 000	2 500	1 000		
Cd	250 000	1 000	2 500	1 000		
Co (CoO)	200 000	790	2 000	790		
Co (CoCl ₂)	110 000	450	1 100	450		
Co (CoSO ₄)	95 000	380	9 500	380		
Cr(VI)	250 000	1 000	2 500	1 000	393 (391) 182-672	286 (278) 168-441
Hg	250 000	1 000	2 500	1 000		
Cu (CuSO ₄)	100 000	400	1 000	400	314 (289) 189-493	2604 (2562) 1260-4326
Cu (CuCl ₂)	120 000	470	12 000	4 700	314 (289) 189-493	2604 (2562) 1260-4326
Pb	250 000	1 000	25 000	1 000		
Ni (NiSO ₄)	95 000	380	950	380	651 (671) 343-861	9276 (8995) 4340-20440
Ni (NiS)	150 000	600	1 500	600	651 (671) 343-861	9277 (8995) 4340-20440
Zn (ZnCl ₂)	120 000	470	1 200	470		
Zn (ZnSO ₄)	100 000	4 000	1 000	400		
V (V ₂ O ₅)			14 000	5 600		

Metallipitoisuuksista **rikastushiekka A:lle** ainoastaan nikkelisulfaatin cut-off-rajat ylittyivät. Yhteenlaskukaavoja ei ole täten tarpeen soveltaa. On myös huomioitava, että nikkelistä osa on sitoutuneena silikaatteihin (noin 25 %) eikä kaikki sulfidinen rikki ole vaarallisimmassa mahdollisessa muodossa (NiSO₄) vaan sitoutuneena myös sulfideihin. Rikastushiekka A ei saa vaaraominaisuuksia, koska ympäristölle vaarallisten aineiden ja/tai yhdisteiden pitoisuudet eivät ylitä yksittäisten yhdisteiden osalta. Rikastushiekka A:n jäteluettelon mukainen jätenimike on 01 03 06 "muut kuin nimikkeissä 01 03 04 ja 01 03 05 mainitut rikastushiekat". EY:n CLP-asetuksen

liitteen VI taulukonmukaisen vaarallisten aineiden luettelon (EY 1272/2008), sekä Komission asetuksen N:o 1357/2014 sekä YM (2019) perusteella nyt tutkitulla rikastushiekka A:lla ei ole vaaraominaisuuksia ja se voidaan **luokitella vaarattomaksi jätteeksi**. Jätteen luokittelu perustuu varovaisuusperiaatteeseen.

Rikastushiekka B:n kuparisulfaatille, nikkelisulfaatille ja nikkelisulfidille alkuainemuotoon lasketut vaarallisen jätteen pitoisuusrajat ylittyvät kaikki selvästi. Yhteenlaskukaavoja ei ole täten tarpeen soveltaa. Rikastushiekka B voidaan em. taulukon mukaisen tarkastelun perusteella **luokitella suoraan vaaralliseksi jätteeksi** vaaraominaisuudella HP 14, ympäristölle vaarallinen jäte, sen kuparisulfaatin ja nikkelisulfaatin pitoisuuksien perusteella. Rikastushiekka B saa sen nikkeli-sulfaattipitoisuuden perusteella lisäksi vaaraominaisuuden HP 7, syöpävaarallinen jäte. Rikastushiekka B:n jäteluettelon mukainen jätenimike on 01 03 04* "sulfidimalmin käsittelyssä syntyvät happoa muodostavat rikastushiekat" (VNA 978/2021, EY:n CLP-asetuksen EY 1272/2008 vaarallisten aineiden luettelo, Komission asetus N:o 1357/2014 sekä YM (2019)). Jätteen luokittelu perustuu varovaisuusperiaatteeseen, eikä ympäristölle vaarallisuutta ole todennettu toksisuustestein.

4.5.5 Rikastushiekka-altailta koottavat vedet

Vuonna 2024 rikastushiekka-altaalta A pumpattiin vesiä vesivarastoaltaalle yhteensä 18,46 Mm³, mikä on toistaiseksi suurin yksittäisen vuoden määrä (Eurofins Ahma Oy 2025c).

Rikastushiekka-altaan pinnalta koottavien vesien pH-arvot vaihtelivat vuonna 2024 välillä 6,8–9,3, nikkelipitoisuudet välillä 0,02–0,13 mg/l ja sulfaattipitoisuudet välillä 630–1000 mg/l. Kokonaistyyppipitoisuuden vuosikeskiarvo 2024 oli 4,3 mg/l ja kloridin 700 mg/l. (Eurofins Ahma Oy 2025c)

Sulfaattipitoisuuksien lievä nouseva suuntaus on mahdollisesti tasaantumassa, mutta on liian aikaista kuvata tilannetta trendimuutokseksi. Typen ja nikkelin pitoisuudet ovat laskusuunnassa.

Suotovesien taustapumppaamoilta altaalle palautettujen suotovesien määrä oli vuoden 2024 1,84 Mm³, mikä on toistaiseksi suurin määrä. Vuonna 2024 taustapumppaamoilta otettujen näytteiden (kokonais)nikkelipitoisuudet vaihtelivat välillä 81–370 µg/l, sulfaattipitoisuudet välillä 640–1100 mg/l. Kokonaistyyppipitoisuus on pysytellyt jo useita vuosia noin 1mg/l tuntumassa. Kloridin pitoisuus on vaihdellut vuonna 2024 välillä 310 – 460 mg/l. Taustapumppaamojen vesissä nikkelipitoisuudet ovat olleet viime vuosina

laskusuuntaisia, mutta sulfaatti- ja kloridipitoisuudet noususuuntaisia. (Eurofins Ahma Oy 2025c)

Vuonna 2024 juurisalaojen vesistä otettujen näytteiden (kokonais)nikkelipitoisuudet vaihtelivat välillä 9-58 µg/l, sulfaattipitoisuudet välillä 950-1300 mg/l. Kokonaistyyppipitoisuus on vaihdellut vuonna 2024 välillä 1,2 – 1,6 mg/l ja kloridipitoisuus välillä 420 – 540 mg/l. Juurisalaojen pH on ollut neutraalin tuntumassa jokseenkin koko toiminta-ajan. Nikkelipitoisuuskissa on ollut aaltoilua pitkällä aikavälillä, mutta viime vuodet edustava laskusuuntaa. Sulfaattipitoisuudet ovat olleet useita vuosia samassa suuruusluokassa pitkän nousujakson jälkeen, kloridipitoisuudet ovat noususuuntaisia. (Eurofins Ahma Oy 2025c)

Rikastushiekka-altaan B ylitevesissä nikkelipitoisuudet vaihtelivat vuonna 2024 välillä 91 - 320 mg/l. Sulfaatin keskipitoisuus oli 708 mg/l, typen 2,9 mg/l ja kloridin 447 mg/l. Rikastushiekka-altaalla B nikkelipitoisuudet ovat alle puolet huippuvuosien lukemista. Sulfaattipitoisuuksissa on lievä noususuuntaus. (Eurofins Ahma Oy 2025c)

Juurisalaojavesiä lukuun ottamatta yllä kuvatuissa vesien laaduissa näkyy vuodenaikaisvaihtelua. Erityisesti lumen sulamiskausi heijastuu pitoisuuksissa laimenemisena, kun taas talvikauden jäätyminen konsentroi pitoisuuksia.

4.6 Kaivannaisjätteiden pitkäaikaiskäyttäytyminen

Sulkemissuunnittelukierroksen 2016–2019 yhteydessä aloitettiin monipuolinen tutkimusohjelma, sisältäen myös kineettisiä testejä. Testausta on täydennetty myöhemmin jatkotyöpaketeilla. Testauksia on raportoitu useissa eri pää- ja väliraporteissa (esim. MEM 2019, MEM 2025c).

4.6.1 Hapettumisnopeus

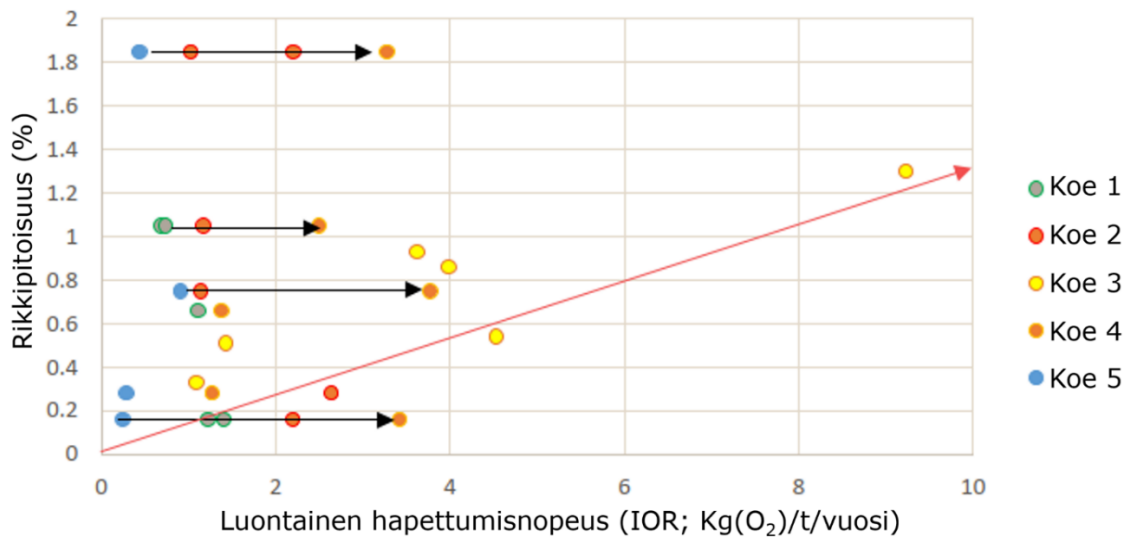
Eräs keskeisistä kineettisistä testauksista on hapettumisnopeuden tutkimus. Sulfidien hapettuminen ja happamuuden muodostuminen on kineettinen prosessi, johon vaikuttavaa joukko kullekin alueelle ominaisia tekijöitä, kuten sulfien esiintymismuoto ja pitoisuus, lämpötila sekä mm. partikkelikoko ja kosteus. Näin ollen hapettumisnopeutta ei voida pitää tietyn materiaalin yleisenä ominaisuutena. Hapettumisnopeuden arviointia tarvitaan kuitenkin kaivannaisjätteiden pitkäaikaiskäyttäytymisen ja sulkemisen jälkeisen vedenlaadun arvioimiseksi. Sulfidien hapettumisnopeutta Kevitsan kaivannaisjätteissä on tutkittu WTW OxiTop®-laitteistolla, jossa hapen kulumista seurataan manometrisesti. Koejärjestelyt on kuvattu taulukossa 4-11.

Taulukko 4-11. Sulfidien hapettumiskokeiden olosuhteet (MEM 2019)

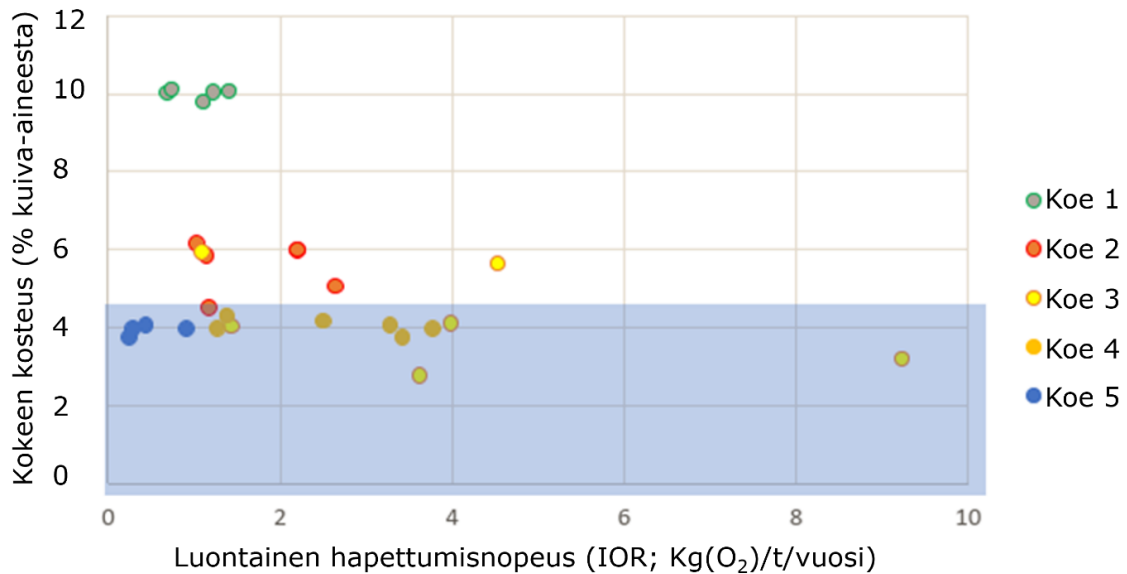
Koe	Näytteet	Raekoko <2,36 mm	Raekoko 2,36–22 mm	Kosteus-%	T °C
1	Tarvekivi Kapseloitava sivukivi Rikastushiekka A	40	60	10	20
2	Tarvekivi *2 Normaali sivukivi *2 Kapseloitava sivukivi *2	40	60	5–6	20
3	Normaali sivukivi *3 Kapseloitava sivukivi *3	40	60	3–6	20
4	Tarvekivi *2 Normaali sivukivi Kapseloitava sivukivi *2 Rikastushiekka A	40	60	~4	20
5	Tarvekivi *2 Normaali sivukivi *2 Kapseloitava sivukivi	40	60	~4	10

Kosteusolosuhteiden arvioitiin edustavan sivukiven läjitysalueen sulkemisen jälkeisiä olosuhteita. Rikastushiekka A:n (matalarikkisen rikastushiekan) testauksessa kosteus oli alhaisempi kuin kenttäolosuhteissa tiedetään olevan. Alemman kosteuden katsottiin simuloivan paremmin sulkemisen jälkeisiä olosuhteita.

Tulokset (Kuva 4-13 ja Kuva 4-14) osoittavat, että rikkipitoisuus yksinään ei määrää hapettumisnopeutta. Trendiviiva kuvaa osakoetta, jossa rikkipitoisuuden kaksinkertaistuminen kaksinkertaistaa myös hapettumisnopeuden. Trendiviiva lisättiin, koska analyysidata sellaisenaan on varsin konservatiivinen arvio rikkipitoisuuden ja hapettumisnopeuden välisestä suhteesta. On huomattava, että korkeamman rikkipitoisuuden kapseloitavan sivukiven näytteet ovat tasoitettun suoran ulkopuolella ja niiden hapettumisnopeus on samankaltainen huomattavasti alhaisemman rikkipitoisuuden näytteiden kanssa. Syy tähän saattaa olla mineraloginen, partikkelien pintojen erilaisuus, erot näytteiden biologisessa aktiivisuudessa tai laboratoriovirhe. Korkeamman rikkipitoisuuden kiviin hapettumisen tutkimista on jatkettu hapettumisnopeuden arvioimeksi tarkemmin.



Kuva 4-13. Oxitop-kokeissa mitatut hapettumisnopeudet (IOR) verrattuna kokonaisrikkipitoisuuteen (%). Nuolet kuvaavat hapettumisnopeuden kasvua kosteuden laskiessa kokeessa 4 verrattuna alempaan lämpötilaan kokeessa 5 ja korkeampiin kosteuksiin kokeissa 1 ja 2 (MEM 2019; muokattu).



Kuva 4-14. Hapettumisnopeuden (IOR) ja kokeen kosteusprosentin suhde toisiinsa. Sininen alue kuvastaa näytteitä, joissa kosteus oli samankaltainen näytteiden kenttäkosteuteen nähden (MEM 2019; muokattu).

Kenttänäytteenotossa (*sonic drilling program*) sivukivialueelta kerättyjen materiaalien sulfaatinmuodostumisnopeuksia on koottu taulukkoon 4-12. Sulfaattisen rikin määrän perusteella arvioitiin sulfidien hapettumisen etenemisaste olettaen, että kaikki sulfaatti on muodostunut louhinnan jälkeen eikä sulfaattia ole huuhtoutunut tai liennut huokosveteen lainkaan. Varovaisen arvioinnin perustaksi oletettiin, että kaikki materiaali oli noin vuoden ikäistä, todellisen iän ollessa 1–3 vuotta. Laskennalliset muodostumisnopeudet olivat merkittävästi alhaisemmat kuin laboratoriotulosten perusteella lasketut, mutta ovat lähellä lämpötilaskaalattuja nopeuksia. Kun otetaan vielä huomioon, että testatut materiaalit olivat vanhempia kuin 1 vuosi (louhittu yli 1 vuosi aiemmin), ovat

todelliset muodostumisnopeudet vielä laskennallisia nopeuksia alhaisempia. Taulukkoon 4-13 on koottu laskennallinen hapen kuluminen eri kaivannaisjätetyypeille OxiTop-kokeiden perusteella.

Taulukko 4-12. Kenttätulosten perusteella laskettu sulfaatin muodostumisnopeus (materiaalin ikä 1-3 v.) (MEM 2019).

Jätetyyppi	Keskim. S %	Keskim. sulfaattipitoisuus WRD-aineiston 2:1-uuttokokeissa (kg/t SO ₄)	Keskim. sulfaattipitoisuus, raekoko skaalattu (kg/t SO ₄)	Sulfaattien muodostumisnopeus WRD- aineiston perusteella kg/t SO ₄ /t/a (oletettu hapettuminen tapahtui noin vuoden aikana)
Tarvekivi	0,17	0,42	0,05	0,05
Normaali sivukivi	0,5	1,3	0,17	0,17
Kapseloitava sivukivi	1,3	2,34	0,3	0,3

Taulukko 4-13. Hapenkulutuksen yhteenveto eri olosuhteissa (MEM 2019).

Jätetyyppi	S % keskim.	Hapettumisnopeus ^{a)} kg O ₂ /t	Hapettumisnopeus ^{b)} kg O ₂ /t	Hapettumisnopeus ^{c)} kg O ₂ /t	Hapettumisnopeus ^{d)} kg O ₂ /t	Hapettumisnopeus ^{e)} kg O ₂ /t
Tarvekivi	0,17	1,5	0,3	0,1	0,17	0,07
Normaali sivukivi	0,5	4	0,8	0,3	0,3	0,12
Kapseloitava sivukivi	1,3	10	2	0,8	NA	NA
Rikastushiekka A	0,7	1,4	0,3	NA	NA	NA

a) laboratorion huoneen lämpötilassa, <22 mm

b) lämpötilakorjattu, <22

c) lämpötilakorjattu, raekoko skaalattu

d) laboratorio, 10°C, <22 mm

e) 10°C, raekoko skaalattu

4.6.2 Kineettiset kolonnit

MEM (2025c) on tutkituttanut Kevitsan kaivannaisjätteitä laatimansa ohjelman mukaisesti vuodesta 2019 alkaen ja kokeet ovat edelleen käynnissä. Kaikki testaus suoritetaan Geochemic Ltd:n laboratoriossa Iso-Britanniassa.

Vuoden 2025 raportissa (MEM 2025c) on käsitelty seuraavat kokeet:

- Neljä (4) vapaasti valuttavaa kolonnitestiä, joissa on näytteitä Kevitsan sivukivestä (käynnissä)
- Neljä (4) vapaasti valuttavaa kolonnitestiä, joissa on näytteitä Kevitsan rikastehiekasta (käynnissä)
- Yksi sarja tasapainokokeita Kevitsan matalarikkisestä rikastushiekasta (valmis)

- Yksi ylösvirtauskolonnikoe Kevitsan sekoitetusta rikastehiekasta (valmis)

Tähän mennessä kerätyt tiedot tukevat Kevitsan kaivannaisjätealueiden geokemiallisessa mallinnuksessa käytettyjä keskeisiä oletuksia ja syötteitä.

Keskeisiä johtopäätöksiä sivukivestä (MEM 2025c):

- pH-tulokset tukevat oletusta geokemiallisesta kokonaisuudesta, jossa on mukana karbonaattipuskuri. Tulokset osoittavat, että reaktiivisten karbonaattien läsnäolon vuoksi pH on pysynyt pääosin yli 8 kaikissa kolonneissa paitsi tavanomaisen sivukiven (UNW) karkearakeisessa kolonnissa. Siinäkin pH on kuitenkin ollut pääosin 7,75, vaikka aktiivista sulfidien hapettumista on tapahtunut koko kolonnin syvyydeltä. Karbonaattien liukenemisnopeus pystyy siis vastaamaan sulfidien hapettumisesta syntyvän happamuuden muodostumisnopeuteen avoimessa järjestelmässä, jossa hapen saanti ei ole rajoittava tekijä.
- Jatkuva kaliumin vapautuminen kaikissa sivukivikolonneissa testauksen aikana viittaa silikaattien rapautumiseen. Kaliumin lähde on todennäköisesti silikaatti, kuten kiille tai maasälpä. Silikaattirapautuminen saattaa tarjota lisäpuskurointia. Kaliumin vapautuminen saattaa myös liittyä mineraaliseen karbonaatioon, jossa CO₂ reagoi reaktiivisten silikaattien kanssa muodostaen sekundaarisia karbonaattimineraaleja.
- Näkyvän oranssin saostuman muodostuminen sivukivikolonneissa viittaa sekundaaristen rautahydroksidimineraalien muodostumiseen sulfidien hapettumisen seurauksena. Näitä sekundaarisia rautasaostumia pidetään tärkeinä metallien (kuten nikkelin, koboltin ja kuparin) vapautumisen säätelytekijöinä, koska niihin pidättyy kyseisiä metalleja neutraalin pH:n vallitessa.
- Testausaineisto tukee oletusta, että hienoaaines eli <22 mm fraktio ohjaa huokosveden laatua. Sulfaattien vapautumistiedot osoittavat, että <22 mm fraktiolla on kymmenkertainen sulfidien hapettumisnopeus verrattuna >22 mm fraktioon. Tämä johtuu siitä, että hienoaineksella on suurempi pinta-ala ja siten suurempi reaktiivisuus. Lisäksi hienoaineksen määrä vaikuttaa merkittävästi alkaliteettiin.
- Sivukiven geokemiallisessa mallinnuksessa tähän asti käytetyt happojen muodostumisnopeudet ovat konservatiivisia verrattuna testauksessa havaittuihin ja laskettuihin pitkän aikavälin arvoihin. Aiemmat mallinnukset todennäköisesti yliarvioivat todelliset sulfidien hapettumisnopeutta kenttäolosuhteissa.

- Testausjakson aikana useimmissa sivukivikolonneissa havaittu veden Ni/S-suhde vastaa hyvin mallinnuksessa käytettyä. Tavanomaisen sivukiven (UNW) karkeassa kolonnissa Ni/S-suhde on selvästi korkeampi, mutta vaikutus häviää hienoaineksen ollessa veden laatua entinen säätelevä tekijä.
- Tarvekivellä (USW) on merkittävästi alhaisemmat sulfaatti- ja metallien vapautumisnopeudet verrattuna muihin sivukivijakeisiin.
- Tulokset viittaavat siihen, että merkittävien sekundaaristen sulfaattimineraalien huuhtoutuminen (kalsium-/magnesiumsulfaatit) sivukivestä vaatii neste/kiintoaine-suhteen, joka on $>0,5$. Tämä johtuu kineettisistä tai liukoisuusrajoitteista.
- Tarvekiven ja tavanomaisen sivukiven (UNW:n ja USW:n) sekä tavanomaisen sivukiven ja kapseloitavan sivukiven (UNW:n ja CW:n) välillä on geokemiallinen jatkumo, joka perustuu pääasiassa kolmen tekijän pitoisuuksiin. Nämä tekijät ovat nikkelisulfidi, rautasulfidi ja karbonaatit. Toisin sanoen, sulfaattien ja metallien vapautumispotentiaali liittyy näiden kolmen parametrin yhdistelmään. Tämän sian osalta käynnissä on edelleen lisätestausta.

Keskeisiä johtopäätöksiä rikastushiekasta (MEM 2025c):

- Tulokset vahvistavat tulkinnan geokemiallisesta järjestelmästä, jota reaktiiviset karbonaatit puskuroivat riittävästi. pH pysyy pääosin 7,75 yläpuolella kaikissa pitkäaikaistesteissä, vaikka aktiivista sulfidien hapettumista tapahtuu suurimmassa osassa rikastushiekkaprofiilia.
- Samoin kuin sivukivikolonneissa, merkittävä ja jatkuva kaliumin vapautuminen kaikissa rikastushiekkakolonneissa viittaa silikaattien rapautumiseen (kaliumin lähde koostuu todennäköisesti silikaateista, kuten kiille tai maasälpä). Tämä prosessi voi tarjota lisäpuskurointia ja täydentää siten karbonaattien liukenemista. Tämä voi myös viitata mineraaliseen karbonaatioon, jossa CO_2 reagoi reaktiivisten silikaattien kanssa muodostaen sekundaarisia karbonaattimineraaleja.
- Karbonaattien liukeneminen sulfidien hapettumisesta syntyvän happamuuden puskuroimiseksi johtaa joidenkin metallien (Mn, Sr, Mg, Ca) vapautumiseen ja sekundääristen sulfaattimineraalien muodostumiseen, mikä vaikuttaa rikastushiekan suotoveden laatuun pitkällä aikavälillä.
- Mangaanin vapautuminen on merkittävästi vähäisempää rikastushiekasta kuin useimmista sivukivikolonneista. Partikkelikoko tai mineralogiset erot vaikuttavat merkittävästi mangaanin vapautumiseen. (Rikastushiekan lähtöaine on malmivyöhykkeessä, kun taas sivukiven ei.)

- Sulfaatin vapautumishuiput pienessä ja suuressa rikastushiekkakolonnissa ovat jokseenkin samat suhteutettuna materiaalin massaan. Tämä tulkitaan siten, että sulfidien hapettumista tapahtuu suurimmassa osassa molempia kolonneja syvyysuunnassa. Tämä puolestaan viittaa siihen, että happi voi todennäköisesti diffuusion kautta tunkeutua noin 0,3–0,4 metrin syvyyteen rikastehiekkaprofiilissa, tarkasteltuna testausolosuhteissa. Tämä havainto tukee aiempia oletuksia hapen tunkeutumispotentiaalista.
- Sulfaattipitoisuus ja keskeisten metallien (esim. Ni) pitoisuudet hapettumiselle altistuneen rikastushiekan huokosvedessä eivät todennäköisesti ole korkeampia kuin alkuperäiset pitoisuudet prosessilaitokselta rikastushiekkalietteen mukana purettavassa huokosvedessä. Tässä on tarkasteltu rikastushiekan hapettumisesta aiheutuvaa vaikutusta huokosveden laatuun noin 0,4 metrin paksuisessa pylväässä, kun veden imeytymisnopeus on noin 240 mm/vuosi. Rikastushiekkakerroksessa tapahtuu siis sekä aineiden vapautumista että pidättymistä.
- Rikastushiekka-altaan ranta-alueen (beach”) karkealla rikastushiekalla on samankaltainen sulfaattien vapautumisnopeus kuin kaikki raekoot sisältävällä rikastushiekanäytteellä, mutta metallien liukenemisprofiili on erilainen. Ni ja Co ovat alhaisempia, mutta Sr, Mn ja Se korkeampia. Data viittaa siihen, että karkealla rikastushiekalla voi olla hieman erilainen mineraloginen koostumus ja/tai karkea rakenne voi vaikuttaa merkittävästi huokosveden geokemiaan. Koska karkean rikastushiekan näytteet on asetettu testaukseen myöhemmin kuin sekoittunut rikastushiekka, on myös mahdollista, etteivät näytteet edusta samanlaista malmisyötettä, mikä malmissa on ollut vaihtelua tuolla aikavälillä. Koska sulfaattikuormitus on samankaltainen, ranta-alueen karkean rikastushiekan ja sekoittuneen rikastushiekan välillä, tulkitaan, että partikkelikoko ja mineralogiset erot eivät vaikuta sulfidien hapettumisnopeuteen.
- Ranta-alueen karkean rikastushiekan suuressa kolonnissa, testauksen alkuvaiheessa, sulfaattipitoisuudet ovat korkeampia kuin sekoittuneessa rikastushiekassa (ylösvirtaustesti) sekä rikastushiekka-altaan suotovesien tarkkailutiedoissa. Tämän kolonnin materiaali on kerätty myöhemmin kuin muut testit ja näytteeseen liittyy epäily materiaalin hapettuneisuudesta ennen testin alkua tai prosessiperäisen lähteen vaikutuksesta.
- Nikkelin kuormitusnopeus sekoittuneen näytteen suuressa kolonnissa on keskimäärin alhaisempi kuin pienessä kolonnissa, jopa hapettumisen edetessä pidemmälle. Myös nikkelin ja sulfaatin vapautumissuhde on alhaisempi. Tämä havainto viittaa siihen, että pienestä kolonnista arvioidut korkeat nikkelipitoisuudet voivat johtua profiilin paksuudesta,

mikä puolestaan viittaa viipymääjan tai REDOX-olosuhteiden vaikutukseen nikkelin vapautumisessa. Lyhyen kolonnin vapautumisnopeudet todennäköisesti yliarvioivat kenttäolosuhteissa tapahtuvaa vapautumista, missä rikastushiekan profiilit ovat paksuja (>10 m).

- Testaus osoittaa, että pidempi huokosveden viipymäaika johtaa todennäköisesti alhaisempiin nikkeliikuormiin rikastushiekkatonnia kohti, koska ajasta riippuvat sorptio- ja sekundaaristen mineraalien saostumisprosessit ehtivät tapahtua mittavammin. Molemmat suuret (korkeat) kolonnit vapauttivat saman verran rikkiä, mutta vähemmän nikkeliä kuin pienet (matalat) kolonnit. Rikastushiekka-alueella viipymääjat ovat pitkiä rikastushiekan alhaisen läpäisevyyden ja peittokerroksen aiheuttaman pienentyneen vedenimeytymisasteen vuoksi, mikä viittaa siihen, että nämä prosessit vaikuttavat merkittävästi metallien (erityisesti nikkelin) pitoisuuksiin suotovedessä.
- Tähänastiset rikastehiekkakolonniin tulokset tukevat periaatteessa aiempaa rikastushiekka-alueen PHREEQC-mallinnusta.
- Yleisesti ottaen suurten kolonniin testit sekä sekoitetulle että karkealle rikastushiekalle viittaavat siihen, että rikastushiekkaa voidaan mahdollisesti hyödyntää metallien vapautumisen hallinnassa sivukivistä, esimerkiksi yhteiskäsittelytekniikoiden avulla.
- Suunnittelematon jäätymistapahtuma syyskuussa 2022 ja toinen vastaava lokakuussa 2023 aiheuttivat nikkeli- ja sulfaattipitoisuuksien sekä sähkönjohtavuuden nousun 2–3 kuukauden ajaksi rikastushiekkakolonneissa. Tasainen suhde liuenneiden aineiden ja reaktioihin vähäisesti osallistuvan natriumin välillä viittaa siihen, että pitoisuuksien nousu johtui liuenneiden aineiden rikastumisesta sulaan veteen jäätymisen seurauksena, ei lisääntyneestä hapettumisesta. Vuoden 2023 jäätymistapahtuman jälkeen nikkelin ja sulfaatin pitoisuudet nousivat hetkellisesti suhteessa natriumiin, mutta ovat sittemmin laskeneet. On siis mahdollista, että tapahtuma aiheutti tilapäisen sulfidien hapettumisen lisääntymisen. Tulkinta liittyy teoriaan, hapen tunkeutumisen tilapäisestä tehostumisesta.

Yleisesti ottaen testausjakson aikana kerätyt tulokset tukevat aiemmin toteutettujen geokemiallisten mallinnusten lähestymistapoja, tarjoavat empiiristä dataa tulevien mallien syöttöparametrien tarkentamiseen ja viittaavat siihen, että käytetyt mallisyytteet ovat olleet konservatiivisia suhteessa kerättyyn empiiriseen aineistoon.

4.7 Kuitumineraalit ja radioaktiiviset aineet

4.7.1 Kuitumineraalit

Kuitumineraalien esiintyminen kaivostoiminnassa käsiteltävässä kiviaineksessa tulee selvittää, jotta voidaan arvioida, onko työntekijällä vaara altistua asbestipölylle. Sulkemissuunnitelman yhteydessä asiaa tarkastellaan ensisijaisesti sulkemisen toimeenpanotyön näkökulmasta. Ympäristöterveydellisiä seikkoja käsitellään yleisellä tasolla.

Asbesti on terveydelle haitallista ainoastaan hengitettynä, ja siksi ulkoalueilla olennaista on maanpinnasta ilmaan nouseva ja ihmisiä altistava asbesti. Hengittyvillä kuiduilla tarkoitetaan asbestikuituja, jotka ovat muodoltaan pitkulaisia ja kulkeutuvat syvälle hengitysteihin. Käytännössä tämä tarkoittaa yli 3–5 µm:n pituisia kuituja, joiden pituuden ja halkaisijan suhde on yli 3:1.

Välitön työterveysriski

Kevitsan kaivoksen louhoksella asbestikuitujen todennäköisimmät esiintymisalueet ilmassa ovat kaivoksen tuotantovaiheessa poravaunujen lähialueet, räjäytettyjen kenttien lastausalueet ja mobiilimurskaimen lähialue, mikäli louhitussa kentässä on esiintynyt kuitumaista asbestimineraalia (tremoliitti-aktinoliitti). Kauempana, kuten esim. sivukivialueella, pitoisuudet ovat työhygieenisissä pölymittauksissa olleet joko alle määritysrajan tai vaihdelleet välillä 11–14 % asbestille asetetusta kiinteästä raja-arvosta (0,1 kuitua/cm³, huom. uusi arvo 2025 vuoden lopussa 0,01 cm³). Esimerkiksi sivukivialueen mittauspisteessä vuonna 2023 mitattiin 0,012 kuitua/cm², mikä on 12 % edellä mainitusta raja-arvosta. Rikastushiekka-altaan A1 koilliskulmalta ja rikastushiekka-altaan B1 kaakkoiskulmalta mitattu asbestikuitupitoisuus on vuosina 2022 (syksy) ja 2023 (kevät) ollut < 0,010 kuitua/cm³. Asbestipitoisuudet ovat olleet selkeästi alle raja-arvon tehdyissä tutkimuksissa (TTL, 2022, 2023). Tutkimustulokset riippuvat päivästä ja niitä jatketaan suositusten mukaan 1–3 vuoden välein.

Louhosvedessä oleva asbesti

Boliden Kevitsa Mining Oy on toimittanut 7.7.2022 selvityksen kasteluvesien asbestiriskistä vastauksena selvityspyyntöön PSAVI/6964/2022 (16.6.2022). Louhoksen pohjalta pumpattavaa vettä, joka saattaa sisältää asbestikuituja käytetään kaivoksella kuivien kaivosteiden kasteluun. Louhosveden sisältämää asbestia voi kastellun pinnan kuivuessa uudelleen päätyä pölyn mukana ilmaan. Louhosvedestä on mitattu asbestipitoisuus 1,7 kuitua/ml. Työterveyslaitos käyttää WHO:n käyttämää määritysrajaa 1 milj. kuitua/litra, kun mitataan veden sisältämän asbestin terveydellistä haittaa ihmiselle. Louhosveden mitattu asbestipitoisuus 1,7 kuitua/ml (joka on 0,0017 milj. kuitua/litra) on selvästi alle tuon määritysrajan. Tältä pohjalta voidaan sanoa,

että asbestia on louhosvedessä hyvin vähän. Pölymittaukset kastelluilta ja kuivilta teiltä ei osoita kastelun lisäävän asbestikuitujen esiintymistä merkittävästi louhoksen ilmassa (TTL 2022, 2023).

Maaperästä ja rikastushiekka-alueelta leviävä asbesti

Varsinaisia maaperän asbestitutkimuksia ei ole Kevitsan kaivoksella tehty. Asbestiselvitysten pääpaino on ollut hengitysilmassa.

Asbestin haitalliset ilmapitoisuudet muodostuvat helpommin kiviaineksen työstämisolosuhteissa kuin läjitysolosuhteissa. Kaivosalueen toimintojen pölynhallinta on myös asbestimuotoisten kuitujen hallintaa.

4.7.2 Radioaktiiviset aineet

Kevitsan kaivoksen ulkoilman pölyjen ja vesijakeiden luonnon radioaktiivisten aineiden pitoisuutta on selvitetty vuosina 2013 ja 2015 (STUK 2013, 2015). Tuolloin luonnon radioaktiivisten aineiden pitoisuudet on todettu olevan niin alhaisia, ettei ole tarvetta työntekijöiden tai väestön säteilyaltistuksenarvioinnille.

Boliden Kevitsa Mining Oy:n Kevitsan kaivoksella on luonnonsäteilylle altistavaa toimintaa koskeva luonnonsäteilyaltistuksen selvitysvelvollisuus, koska kaivoslaissa tarkoitettu kaivostoiminta, ja muiden malmien kuin uraanimalmin louhinta ja rikastus ovat säteilylain perusteella selvitysvelvollista toimintaa (säteilylaki 859/2018 145–146 ja 151 §, asetus 1034/2018 52 §, määräys STUK S/6/2022 3–7 §).

Boliden Kevitsa Mining Oy teki säteilylain 146 §:n mukaisen selvityksen luonnonsäteilyaltistuksesta ja STUK on todennut selvityksen täyttävän säteilylaissa asetetut vaatimukset (STUK 11/6504/2019).

Selvityksessä Boliden Kevitsa Mining Oy:n katsottiin täyttäneen säteilylainsäädännön asettamat selvitysvelvoitteet luonnonsäteilyn osalta koskien Kevitsan kaivosta. Boliden Kevitsan malmissa, sivukivissä, rikastushiekkoissa ja rikasteissa olevien luonnon radioaktiivisten aineiden U-238, Th-232 ja näiden hajoamistuotteiden (Ra-226, Pb-210, Th-228, Ra-228) aktiivisuuspitoisuudet ovat niin pieniä (< 1 Bq/g), että luonnonsäteilyaltistusta ei ole tarpeellista erikseen arvioida. Lisäksi määritetyt K-40 aktiivisuuspitoisuudet ovat niin pieniä, että niiden perusteella luonnonsäteilyaltistuksen viitearvoa suurempi altistus ei tulisi kyseeseen. Selvitystä käsitellessään STUK on olettanut, että selvityksessä esitetyt mitatut arvot (aktiivisuuspitoisuudet) ovat edustavia.

STUK teki Kevitsan kaivokselle 27.6.2023 tarkastuskäynnin (säteilylaki 176 §), jonka tarkoituksena oli tehdä radioaktiivisuuden tarkastusmittauksia Kevitsan kaivoksella, ja varmistaa, että toiminta vastaa STUKille toimitettua selvitystä

luonnonsäteilyaltistuksesta. Mitatut vapaat annosekvivalenttinopeudet $H^*(10)$ olivat alhaisia (0,02–0,07 $\mu\text{Sv/h}$), eikä materiaaleista havaittu aiheutuvan annosnopeuden lisäystä taustasäteilyyn verrattuna. Vesinäytteiden analyysitulokset on esitetty taulukossa 4-14.

Taulukko 4-14. Tarkastuksella otettujen vesinäytteiden analyysitulokset. Mittaustulosten epävarmuudet ovat näytteestä ja menetelmästä riippuen 10-35 % (kattavuuskertoimella $K=1$). (STUK 2023)

Vesinäyte	Kokonais alfa (Bq/l)	Ra-226 (Bq/l)	U-238 ($\mu\text{g/l}$)	Th-232 ($\mu\text{g/l}$)
Vesivarastoallas	0,04	<0,02	0,28	0,03
Rikastushiekka-allas	<0,02	<0,02	0,18	<0,02
Purkuvesi	0,03	<0,03	0,12	<0,02

4.8 Vesien käsittelyssä muodostuvat sakat

Vesienkäsittelysakkojen oletetaan sisältävän vastaavia haitta-aineita, mitä prosessivedet ja suotovedet sisältävät. Koska kriittisimmät alkuaineet ovat nikkeli, kromi, kupari ja rikki, näiden odotetaan esiintyvän myös vesienkäsittelysakoissa.

Vesienkäsittelyaltaisiin johdetun veden sisältämä kiintoaines laskeutuu altaiden pohjalietteeksi. Altaat tyhjennetään tarpeen mukaan lietteestä, jotta veden viipymä altaissa on aina riittävän pitkä. Poistettavan pohjalietteen määrää ei voida ennalta tarkalleen arvioida, mutta määrä arvioidaan vähäiseksi.

ETP-altaan metallipitoisten hydroksidisakat luokituvat vuoden 2022 (AFRY Finland Oy, 2022b) perusmäärittelytutkimuksen mukaan jäteluettelon luokkaan 19 08 14 "muut kuin nimikkeessä 19 08 13 mainitut teollisuuden jätevesien muussa käsittelyssä syntyvät lietteet" (VNA 978/2021, liite 3), eli ne ovat vaarattomia jätteitä.

4.9 Jätealueiden luokitus

Kevitsan kaivannaisjätealueiden luokitukset on esitetty taulukossa 4-15.

Taulukko 4-15. Kevitsan kaivannaisjätealueiden luokitukset nykyisen ympäristöluvan mukaisesti.

Alue	Jätealueen luokitus
Sivukiven läjitysalue	Muu kaivannaisjätteen jätealue
Rikastushiekka-allas A	Suuronnettomuuden vaaraa aiheuttava jätealue
Rikastushiekka-allas B	Suuronnettomuuden vaaraa aiheuttava jätealue
Maanpoistomaiden läjitysalue, Mr-massat joiden Ni-pitoisuus > 150 mg/kg	Muu kaivannaisjätteen jätealue
Maanpoistomaiden läjitysalue, Mr-massat joiden Ni-pitoisuus < 150 mg/kg	Pysyvän kaivannaisjätteen jätealue

5 Kaivosalueen sulkemisen jälkeisen tilan käsitteellistäminen sekä keskeiset riskit ja mahdollisuudet

5.1 Kaivoksen sulkemisen jälkeisen tilan käsitteellinen kuvaus tiivistettynä, huomioiden eri hankevaihtoehdot

Tässä luvussa esitetään kaivosalueen sulkemisen jälkeinen käsitteellinen kuvaus, keskittyen hapen ja veden liikkumiseen kaivannaisjätealueilla sekä haitta-aineiden kulkeutumiseen.

Jo vaiheittaisen sulkemisen aikana pystytään vähentämään sekä veden että hapen kulkeutumista sivukivialueen valmiin täyttökorkeuden osiin, mistä syystä puhtaiden vesien osuus lisääntyy suhteessa kontaktivesiin. Kontaktivesillä tarkoitetaan tässä haitta-ainepitoisia vesiä, jotka ovat olleet kontaktissa kaivannaisjätteiden tai muun rapautuvan haitta-ainepitoisen mineraaliaineksen kanssa.

Sivukivialueilla muotoilun ja peittämisen jälkeen kaikissa vaihtoehtoissa:

- Pintavesien poisjohtaminen tehostuu sekä muotoilun että peiton päälle rakennettavien kanavarakenteiden seurauksena.
- Sadeveden ja hapen kulkeutuminen sivukiveen vähenee. Erityisen voimakkaasti vähenee hapen kulkeutuminen, jolloin sulfidimineraalien hapettuminen hidastuu ja vähäisempi sivukiveen suotautuva vesimäärä kuljettaa myös vähemmän hapettumisen ja rapautumisen tuotteita sivukivialueelta ulos. Tässä on huomioitava, että sivukivialueella on jo tuotannon aikana muodostuneita hapettumistuotteita eikä hapen kulkeutumisen minimoinnilla voida minimoida näiden liikkuvuutta.
- Jo tuotannon aikana tehtävä korkearikkisen sivukiven (kapseloitavan sivukiven, CW) kapselointi ja läjityksen sisään lopulta jäävät väliaikaisten luiskien peitot vähentävät hapettumistuotteiden muodostumista ja siten myös varastoitumista sivukivialueelle.

Rikastushiekka-alueilla muotoilun ja peittämisen jälkeen:

- Pintavesien poisjohtaminen tehostuu sekä muotoilun että peiton päälle rakennettavan kanavarakenteen avulla (Rikastushiekka-alue A1 ja A2)
- Sadeveden ja hapen kulkeutumista rikastushiekkaan vähennetään. Sulfidimineraalien hapettuminen hidastuu. Tässä on huomioitava, että rikastushiekka-alueella on varastoituneena jo tuotannon aikana muodostuneita hapettumistuotteita.
- Rikastushiekka-alueiden A1 ja A2 (VE1.3) patoalueilla hapen kulkeutuminen vähenee suhteessa enemmän kuin lakialueella, mikä on myös tarpeen, sillä hapen liikkuminen patoalueiden louheessa on

tehokkaampaan kuin lakialueella tiiviissä rikastushiekassa. Myös veden kulkeutumista vähennetään. Rikastushiekka-altaan A pohjoisella patoalueella, jossa läpisuotauma on rikastushiekka-alueen merkittävin mm. suurimman gradientin (vedenpinnan korkeuseron) takia, käytetään peittoa, jolla saavutetaan erityisen alhainen veden suotautuminen.

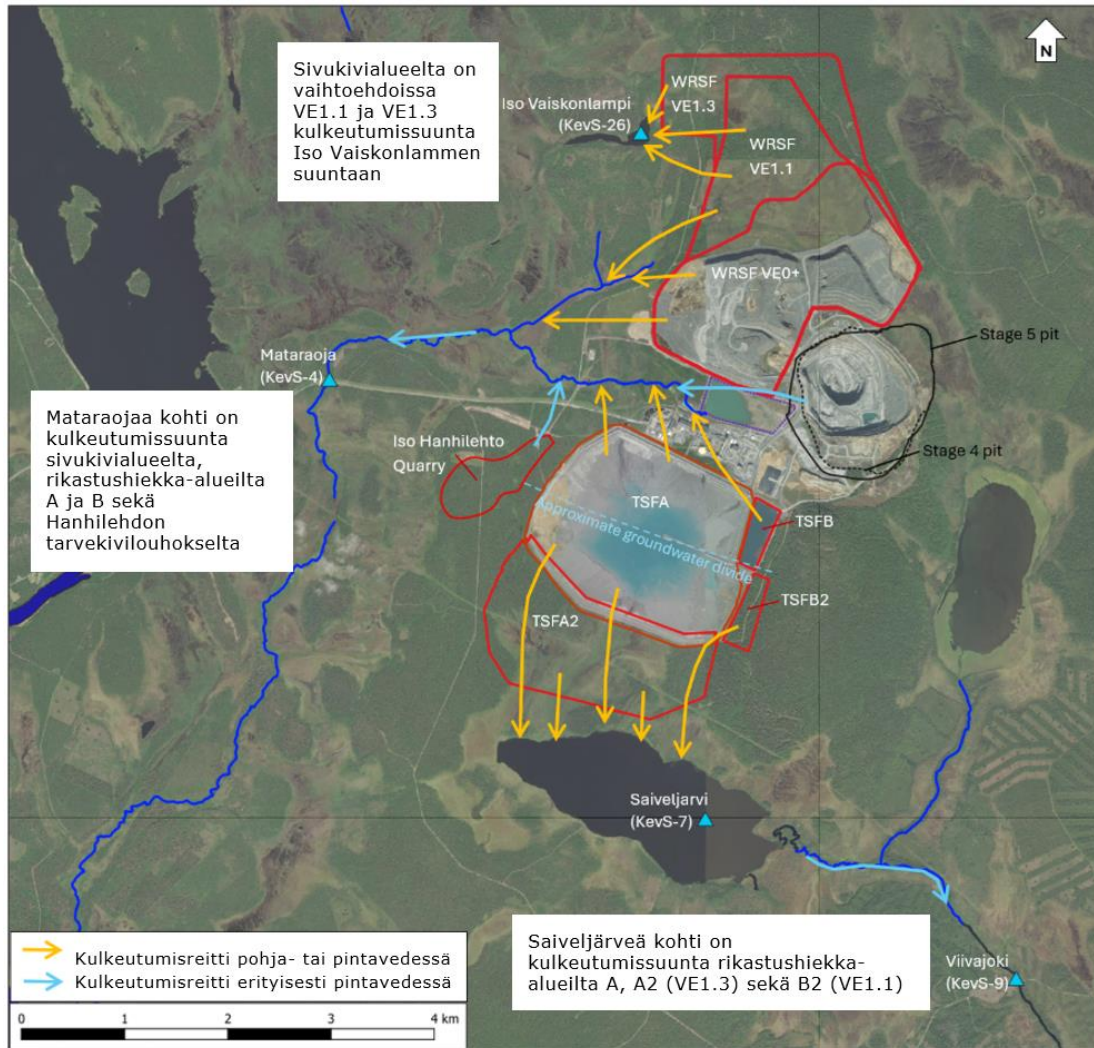
- Rikastushiekka-alueilla B1 (VE0, VE0+, VE1.3) ja B2 (VE1.1) on tiivis kalvorakenne. Aikaisemmassa sulkemissuunnitelmassa (2019) ja jo sitä edeltävässä ympäristöluvassa rikastushiekka-altaalle B1 on suunniteltu erityistiivis rakenne, joskin pohjankin tiivisrakenne hidastaa veden suotautumista rikastushiekan läpi. YVA:ssa on tarkasteltu konservatiivisesti vesi- ja moreenipeittoa, joissa vaikutus keskittyy hapen kulkeutumisen hallintaan.

Louhos ja tarvekilouhos

- Avolouhos täytyy sulkemien jälkeen vedellä. Avolouhokseen tulee painovoimaisestisuotovesiä sekä sivukivialueelta että -alueilta A1 ja B1. Lisäksi louhoksen täyttymisvaiheessa sen pohjaosiin johdetaan kaivosalueen kontaktivesiä ja pinnalle puhtaampia vesiä, jolloin kerrostuminen tehostuu ja ympäristön kanssa enemmän kontaktissa oleva pintaosan vesi on parempilaatuista.
- Tarvekilouhos täytyy vedellä toiminnan päätyttyä.

Suomen ilmastossa alueiden vesitase on aina positiivinen. Toisin sanoen, vettä sataa enemmän kuin sitä haihtuu. Sitä poistuu alueilta sekä pintavaluntana että pohjavesiteitse. Sama koskee kaivosaluetta, sekä toiminnassa olevaa että suljettua. Ylimäärävetä kertyy luontaisesti ja se poistuu luontaisilla tavoilla. Sen kulkeutumisen suuntia voidaan toki jossain määrin muokata esimerkiksi ojarakenteilla tai tiiviillä ja/tai kaltevilla pinnoilla.

Sulkemisen jälkeen vesiä ei enää johdeta käsittelyn kautta Kitiseen, pois lukien mahdollinen väliaikainen aktiivinen vesienkäsittely. Sulkemisen jälkeen vastaanottavia vesistöjä ovat lähivesistöt Mataraoja ja Saiveljärvi sekä vaihtoehtoisissa VE1.1 ja VE1.3 Mataraojan yläpuolinen Iso Vaiskonlampi. Sivukivialueelta sekä rikastushiekka-alueilta A1 ja A2 suotovesiä kulkeutuu lähinnä pohjavesiteitse, mutta kulkeutuminen myös pintavaluntana on sisällytetty tarkasteluun. Vastaavasti vesiä kulkeutuu rikastushiekka-alueilta A1, A2 (VE1.3) ja B2 (VE1.1) Saiveljärven suuntaan ja sivukivialueen pohjoisosista (VE 1.1 ja VE 1.3) Vaiskonlammen suuntaan. Avolouhoksesta ja tarvekilouhoksesta tapahtuva kulkeutuminen Mataraojan suuntaan oletetaan pääosin pintavesivirtaukseksi.



Kuva 5-1. Veden kulkeutumisuuanta sulkemisen jälkeen Kevitsan alueella. Kuva haitta-aineiden kulkeutumismallin konseptualisoinnista (WSP 2025). Kuvan sinisellä kolmiolla merkatut pisteet ovat haitta-aineiden kulkeutumisen tarkastelupisteitä.

5.2 Riskit ja mahdollisuudet

Kevitsan kaivoksen sulkemissuunnittelua ohjaavista alkuperäisriskeistä keskeisimpiä ovat vastaanottavien vesistöjen tilaan liittyvät riskit. Koska haitta-aineiden kulkeutumisriskit kytkeytyvät pohjaveteen, pinta- ja pohjavesiriskeillä on keskeinen kytkös. Alueturvallisuus ja sen ylläpito muodostavat aina keskeisen riskin kaivoksen sulkemistyössä. Poronhoidon kannalta sulkemiseen liittyy sekä riskejä että mahdollisuuksia. Sulkemistratkaisuilla voidaan vaikuttaa siihen, kuinka paljon liikkumien rajoituksia alueelle jää ja kuinka laidunkelpoista alue on sulkemisen jälkeen. Sulkemistoimenpiteillä voidaan myös edistää tai heikentää tulevan maakäytön mahdollisuuksia tai luonnon monimuotoisuutta.

Keskeiset alkuperäisriskit esitetään alla taulukoituna yksinkertaistettuun muotoon (Taulukko 5-1). Kyseessä on riskien tunnistus, ei niiden arviointi.

Taulukko 5-1. Sulkemissuunnitteluun vaikuttavia keskeisiä alkuperäisriskejä (riskit ilman lieventämistoimenpiteitä).

Alkuperäisriski	VE0	VE0+	VE1.1	VE1.3
Mataraojan tilan vaarantuminen	X	X	X	X
Saiveljärven tilan vaarantuminen	X	X	X	X
Vaiskonlammen tilan vaarantuminen			X	X
Hanhilehdon tarvekivilouhokseen muodostuvan louhosjärven haitallinen vaikutus Mataraojaan		X	X	X
Pohjaveden laadun heikkeneminen	X	X	X	X
Maastoesteiden lisääntyminen (suhteessa 2019 sulkemissuunnitelmaan)		X	X	X
Sulkemismateriaalien hankinnan haitalliset vaikutukset ympäristöön	X	X	X	X
Luonnollisesta poikkeava maisema	X	X	X	X
Luiskasortumariskit ja putoamisvaara	X	X	X	X
Vähäiseksi jäävät luontoarvot ja monimuotoisuus	X	X	X	X

Hankevaihtoehtoilla on pääsääntöisesti yhteiset alkuperäisriskit, vaikka jotkut riskeistä voivatkin näyttäytyä eri suuruisina eri hankevaihtoehtoissa. Sulkemissuunnittelun kannalta tämä tarkoittaa kaikille hankevaihtoehtoille yhteisiä tavoitteita ja sulkemisen ratkaisumalleja.

6 Vaatimukset ja tavoitteet

6.1 Lainsäädännöstä tulevat vaatimukset

Kaivoslain (621/2011) mukaan kaivosalue on toiminnan päättyessä viipymättä saatettava yleisen turvallisuuden vaatimaan kuntoon sekä huolehdittava sen kunnostamisesta, siistimisestä ja maisemoinnista (KaivosL143 §). Kaivosviranomaisen suorittaa kaivostoiminnan lopputarkastuksen kaivoksen sulkemisen ja alueen kunnostuksen jälkeen (KaivosL 146 §).

Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (390/2005) määrää tuotantolaitoksen osalta toiminnan lopettamisesta aiheutuvista velvoitteista ja sen mukaan tuotantolaitoksen käytöstä poistettavan osan rakenteet ja alueet on tarvittaessa puhdistettava ja huolehdittava vaarallisista kemikaaleista ja räjähteistä siten, ettei niistä aiheudu henkilö-, ympäristö- eikä omaisuusvahinkoja (KemTurL 133 §).

Ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaan luvanvaraisen toiminnan päätyttyä toiminnanharjoittaja vastaa edelleen tarvittavista toimista ympäristön pilaantumisen estämiseksi, toiminnan vaikutusten selvittämisestä ja tarkkailusta lupamääräysten mukaisesti (YSL 94 §). Jos lupa ei sisällä riittäviä määräyksiä toiminnan lopettamiseksi, on lupaviranomaisen annettava tätä tarkoittavat määräykset (YSL 94 §). Ympäristönsuojelulain mukaan voidaan kaatopaikkojen osalta esittää määräyksiä liittyen käytöstä poistamiseen ja sulkemiseen sekä siitä, kuinka kauan toiminnanharjoittajan on vastattava jätealueen jälkihoidosta, kuitenkin vähintään 30 vuotta (YSA 2014/713 20 §). Mikäli toiminnasta aiheutuu maaperän tai pohjaveden pilaantumista on toiminnanharjoittaja ympäristönsuojelulain mukaan velvollinen puhdistamaan maaperän ja pohjaveden (YSL 14 §, 16 § ja 17 §).

Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä (190/2013) 14 § mukaan kaivannaisjätteen jätealueen käytöstä poistamisesta ja sen jälkeen toteutettavasta jälkihoidosta määrätään ympäristöluvassa tai ympäristönsuojelulain 94 §:n 3 momentin nojalla annettavassa päätöksessä. Jätealuetta pidetään käytöstä poistettuna, kun valvontaviranomainen on tarkastanut jätealueen ja hyväksynyt käytöstä poistamisen todettuaan, että jätealue ja sen vaikutusalueella oleva maa-alue on palautettu tyydyttävään tilaan ja että annettuja lupamääräyksiä on noudatettu. (5.2.2015/102)

Toiminnanharjoittajan on huolehdittava siitä, että käytöstä poistetun kaivannaisjätteen jätealueen ja sen ympäristökuormituksen hallintaan tarpeellisia rakenteita ylläpidetään ja seurataan, tarkkailu on mahdollista ja tarvittaessa ylivuotokanavat ja patoaukot pidetään toiminnassa ja puhtaina. Toiminnanharjoittajan on myös viipymättä ilmoitettava vaaratilanteista

valvontaviranomaiselle ja ryhdyttävä toimiin onnettomuuksien tai ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi noudattaen mitä 11 §:ssä ja 12 §:n 2 momentissa säädetään.

Toiminnanharjoittaja vastaa kaivannaisjätteen jätealueen käytöstä poistamisen jälkeen tehtävistä jälkihoitotoimista sekä niihin liittyvästä seurannasta ja tarkkailusta niin kauan kuin tämä on tarpeen sen varmistamiseksi, että alueesta ei aiheudu ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa, alue on vakaa ja pysyvästi maisemoitu, alueesta ei aiheudu onnettomuuden vaaraa ja siitä aiheutuvaa ympäristökuormitusta tai vaikutusalueen pinta- tai pohjavesien tilaa ei ole enää tarpeen tarkkailla.

6.2 Yleiset vaatimukset

Kevitsan kaivoksen sulkemisen yleisiä päätavoitteita ovat:

1. Varmistetaan yleinen turvallisuus kaivostoiminnan muuttamilla alueilla.
2. Varmistetaan, että alueen kuormitus on lyhyellä ja pitkällä aikavälillä hyväksyttävällä tasolla eikä vaaranna ympäristöä tai ihmisten ja eläinten terveyttä. Pitkällä aikavälillä tämän tavoitteen tulee toteutua ilman aktiivisia käsittelytoimia.
3. Palautetaan käytöstä poistuvat alueet luonnonympäristöksi tai muuhun myöhempään maankäyttöön. Uusi maankäyttö on realistisella pohjalla ja yhdistyy ympäristöön ja alueen asukkaiden tarpeisiin.

6.3 Paikkakohtaiset tavoitteet

Paikkakohtaisten tavoitteiden yleisluontoinen kuvaus:

- Sulkemisen aikana ja sen jälkeen kaivosalueen vesiä vastaanottavien vesistöjen ekologinen tilaluokka ei saa heikentyä kaivosalueen muutosten seurauksena. Tulevaa ekologista tilaa arvioidaan kuitenkin ensisijaisesti kemiallisen tilan kautta. Näin ollen vastaanottavien vesistöjen kemialliselle tilalle asetetaan sellaiset numeeriset tavoitteet, joiden toteutuessa myöskään ekologisen tilan ei voida odottaa heikentyvän.
- Kevitsassa keskeisimmät sulkemisen jälkeiset tavoitteet ovat Mataraojan ja Saiveljärven hyvän kemiallisen ja ekologisen tilan (tilaluokan) säilyttäminen. Numeerisena tavoiteasetteluna käytetään vesiympäristön voimassaolevia, ja asetukseen lisättäväksi ehdotettuja ympäristölaatunormeja näissä kahdessa vesistössä. Ravinteiden osalta

raja-arvona käytetään fysikaalis-kemiallisen hyvän/tyydyttävän tilan raja-arvoa.

- Pohjavedelle ympäristölaatunormeja ei sovelleta kaivoksen lähiympäristössä, sillä lähistöllä ei ole luokiteltuja pohjavesialueita. Lähistöllä ei ole myöskään pohjaveden talouskäyttöä tai sen todennäköisiä tarpeita. Näin ollen tavoitteena on mahdollisimman vähäinen ero pohjaveden alkuperäisiin taustapitoisuuksiin Kevitsan alueella.
- Välillisesti vesistöihin ja pohjaveteen liittyvät tavoitteet tarkoittavat, että kaivosalue kokonaisuutena ei saa tuottaa sellaisia päästöjä, jotka vaarantaisivat kyseiset tavoitteet. Suurimpina kuormittajariskeinä näyttäytyvät sivukivialue ja matalarikkisen rikastushiekan rikastushiekka-allas, joten kokonaisuuden kannalta näiden alueiden sulkeminen on keskeisessä roolissa tavoitteiden saavuttamisessa. Myös louhosjärven rooli on tärkeä, sillä sen kautta kulkee myös huomattava osa kaivannaisjätealueiden vesistä.
- Epätarkempia tavoitteita ovat:
 - Pölyvaikutusten minimointi. Pölynhallinta tarkoittaa myös kuitumineraaliriskien hallintaa.
 - Edellytykset luonnon monimuotoiselle kehitykselle alueella.
 - Alueen yleinen turvallisuus, erityisesti sortumavaaran ja putoamisvaaran torjuminen.
- Radioaktiivisten aineiden hallinnalle ei ole Kevitsan kaivoksen tapauksessa tarvetta asettaa erityisiä tavoitteita, koska radioaktiivisten aineiden määrät ja säteily ovat alhaisella tasolla.

6.4 Tavoitteiden toteutumisen tarkastelupisteiden asettaminen

Tavoitteiden toteutumiselle asetetaan alapuolisiin vesistöihin tarkastelupisteet. Nämä pisteet toimivat tarkastelupisteinä myös suunnittelun aikaisissa laskelmissa ja malleissa. Pisteet on valittu toiminnan aikaisten tarkkailupisteiden joukosta.

Laadullisen tarkastelupisteen asettaminen pohjavesille on pintavesiä vaikeampaa. Tämä liittyy siihen, että kulkeutuminen on epätasaista ja esimerkiksi laajalle alueelle tehtävässä haitta-aineiden kulkeutumismallintamisessa yksityiskohtaisia tietoa joudutaan yleistämään ja keskiarvoistamaan. Nimenomaan edustavien ja lisäksi näytteenottoon soveltuvien tarkastelupisteiden löytäminen onkin yleensä haasteellista.

Mikäli pohjavedelle kuitenkin määritellään tarkastelupisteitä, ne valitaan huolella ja perustellen. Ympäristönsuojelulaissa (527/2014) todetaan seuraavaa:

"Ainetta, energiaa tai pieneliöitä ei saa panna, päästää tai johtaa sellaiseen paikkaan tai käsitellä siten, että:

- 1) tärkeällä tai muulla vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella pohjaveden laadun muutos voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle taikka pohjaveden laatu voi muutoin olennaisesti huonontua;
- 2) toisen kiinteistöllä olevan pohjaveden laadun muutos voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle taikka tehdä pohjaveden kelpaamattomaksi tarkoitukseen, johon sitä voitaisiin käyttää; tai
- 3) toimenpide vaikuttamalla pohjaveden laatuun muutoin saattaa loukata yleistä tai toisen yksityistä etua (pohjaveden pilaamiskiello).

Pohjaveden pilaamiskiellon näkökulmasta mahdolliset tavoitteet ja tarkastelupisteet olisi syytä sijoittaa siten, että ne antavat varhaista tietoa mahdollisista herkkiin kohteisiin suuntautuvista muutoksista. Tällaisia ovat esimerkiksi vedenhankintaan soveltuvat tai käytettävät alueet ja luontoarvoltaan merkittävät kohteet.

6.5 Tavoite, vaatimusmäärittely ja toteuttamistapa kaivannaisjätealueiden peittorakenteiden suunnittelussa

6.5.1 Tavoite, vaatimusmäärittely ja rakentamistapa käsitteinä

Peittosuunnittelun keskeisiä käsitteitä ovat tavoite, vaatimusmäärittely ja rakentamistapa.

- **Tavoite** on tunnistettuun tarpeeseen perustuva yleisluontoinen pyrkimys, kuten happaman ja metallipitoisen valuman minimointi ("design objective", INAP 2017). Tavoite puretaan usein pienempiin osiin olosuhteiden erityispiirteet huomioiden ("attributes", INAP 2017).
- **Vaatimusmäärittely** kohdistuu konkreettiseen toiminnalliseen ominaisuuteen, kuten peiton läpi suotautuvan veden määrään tai peiton läpi kulkeutuvan hapen määrään ("performance criteria", INAP 2017). Esimerkiksi peiton läpi kulkeutuvan hapen tai veden määrä vuodessa on vaatimusmäärittely. Vaatimusmäärittelyä asetettaessa tavoite on yleensä jo purettu osiin ja tiedetään, mitkä geokemialliset tekijät säätelevät haitta-aineiden liikkumista kyseisellä jätealueella vahvimmin.
- **Rakentamistapa tai kokoonpano** on sellainen määrittely peittorakenteesta, jonka avulla peitto voidaan rakentaa ("configuration", INAP 2017). Rakentamistavassa voidaan määritellä esimerkiksi tiiviskerroksen paksuus ja paikalleen asennetun kerroksen hydraulinen johtavuus.

Myös kaivannaisjätteen BREF-asiakirjassa (EC 2018) käytetään erillisinä käsitteinä tavoitteita, vaatimusmäärittelyjä ja toteuttamiskuvausta.

Erityisen tärkeää on huomioida, että peiton rakentamistapa ei ole peiton vaatimusmäärittely. Sama vaatimukset voivat yleensä täytyä useammalla erilaisella rakentamistavalla. Pelkästään rakentamistavasta ei voi suoraan päätellä peiton toiminnallisia ominaisuuksia, kuten veden tai hapen kulkeutumista peiton läpi. Toiminnallisten ominaisuuksien määrittelyyn tarvitaan myös tietoa peiton alapuolisista rakenteista ja materiaaleista sekä ennen kaikkea ilmastosta. Peittorakenteiden toiminta onkin voimakkaasti ilmastotekijöistä riippuva ja jopa vuotuiset sääolosuhteet vaikuttavat peiton läpi kulkeutuvan veden ja hapen määrään huomattavan paljon.

Erityisesti mainittakoon vielä, että peittokerroksen hydraulinen johtavuus ei ole sama asia kuin peiton vedenläpäisy, vaan hydraulinen johtavuus on yksi vedenläpäisyyteen vaikuttavista tekijöistä.

6.5.2 Tavoite, vaatimusmäärittely ja rakentamistapa tässä sulkemissuunnitelmassa

Tämä sulkemissuunnitelma on laadittu YVA-selostuksen liitteeksi ja siksi tämän sulkemissuunnitelman erityispiirteenä on hankevaihtoehtojen vertailu niiden sulkemisen jälkeisessä tilassa. YVA:n yhteydessä sulkemistoimenpiteitä ei ole tapana lukita lopullisesti, mutta jokaiselle hankevaihtoehdolle laadittaisiin vaihtoisia sulkemISRatkaisuja, sulkemisvaiheen osalta arvioitavien hankevaihtoehtojen määrä moninkertaistuisi. Asia on ratkaistu siten, että sulkemISRatkaisut kuvataan ensisijaisesti vaatimusmäärittelyinä ja toissijaisesti kuvataan vaihtoehtoisia teknisiä ratkaisuja, joilla vaatimusmäärittelyihin voidaan vastata. Tavoite- ja vaatimusasettelua sovelletaan seuraavasti:

- **Tavoitteet** ovat kaivannaisjätealueiden peittorakenteiden osalta yleisluontoisia. Vaiheittaisen sulkemisen ja peittojen avulla pyritään saamaan sivukivialue sulkemis- ja jälkihoitovaiheeseen mahdollisimman vähän hapettuneessa tilassa. Tällöin voidaan panostaa haitta-aineiden liikkuvuuden hallintakeinona hapen kulkeutumisen rajoittamiseen. Mikäli jäte ehtii hapettua, jätteeseen varastoituneen kuorman eli hapettumistuotteiden kulkeutumisen hallintaan tarvitaan alhaista vedenläpäisevyyttä, joka on Suomen ilmastossa vaativampi toteutettava kuin hapen kulkeutumisen rajoittaminen. Rikastushiekka-alueella ei voida tavoitella vaiheittaista sulkemista, mutta muutoin tavoitetila vastaa sivukivialuetta.
- Jätealeuiden peittojen **vaatimusmäärittelyt** esitetään seuraavissa muodoissa:

- nettosuotautuminen mm/a vedenläpäisyn määrittelynä
- happivuo mol/m²/vuosi hapen kulkeutumisen määrittelynä

Lisäksi voidaan esittää vaatimusmäärittelyjä eroosionhallinnasta esimerkiksi kanavarakenteiden osalta.

- **Esimerkit mahdollisista rakentamistavoista** kuvataan kerrospaksuuksina ja mahdollisina muina mitattavissa olevina ominaisuuksina. Tällaisia ominaisuuksia voivat olla esimerkiksi kerroksen hydraulinen johtavuus paikalleen asennettuna tai materiaalin määrittely mineraaliseksi tai orgaaniseksi.

Tässä sulkemissuunnitelmassa peittomäärittelyt ovat nimenomaan vaatimusmäärittelyjä. Peittoja ei siis määritellä niiden rakentamistavan kautta. Sen sijaan kuvataan esimerkkejä rakentamistavoista, joilla kyseinen vaatimusmäärittely toteutuu. Tällaisessa tarkastelussa ei suljeta pois muita mahdollisia rakentamistapoja, joilla sama vaatimusmäärittely toteutuu.

Sulkemisen jälkeisten ympäristövaikutusten arvioinnissa rakentamistavan määrittelyt eivät ole suoraan käyttökelpoista tietoa, vaan niistä on johdettava paikallisiin olosuhteisiin asetettuna toiminnalliset ominaisuudet. Vaatimusmäärittelyjä taas voidaan soveltaa suoraan mallien syötetietona ympäristövaikutusten arvioinnissa. Rakentamistapaa voidaan muuttaa tietyissä rajoissa muuttamatta merkittävästi toiminnallisia ominaisuuksia, toisin sanoen rakentamistapaa voidaan tietyissä rajoissa muuttaa luopumatta vaatimusmäärittelyn mukaisuudesta.

Vaatimusmäärittelyistä tulee huomioida myös niiden kytkeytyminen keskimääräisyyteen. Hapen ja veden kulkeutuminen peiton läpi vaihtelevat sääolosuhteiden mukaan.

7 Rakenteet ja sulkemISRatkaisut kaivosalueen eri osissa

7.1 Maanpoistomaiden läjitysalueet

7.1.1 Maanpoistomaiden läjitysalueiden kuvaus

Maanpoistoissa tulevia maa-aineksia voidaan läjittää kahdelle eri alueelle. Matalanikkelistä moreenia varastoidaan sivukiven läjitysalueen länsipuolella. Alueelle voidaan tarvittaessa varastoida erilleen myös maan pintakerrosten aineksia sekä turvetta. Tämä maanpoistomaiden läjitysalue sijaitsee osin turvepeitteisellä alueella, sivukiven läjitysalueen välittömässä läheisyydessä. Korkeamman nikkelpitoisuuden (>150 mg/kg) omaavaa moreenia varastoidaan avolouhoksen lounaispuolella.

7.1.2 Maanpoistomaiden läjitysalueiden sulkeminen

Maa-ainesten tarve kaivoksen sulkemisvaiheessa on huomattavan suuri ja nykyisen materiaalitaseen puitteissa maanpoistomaat päätyvät käyttöön kokonaisuudessaan. Mikäli ylijäämää ilmenisi, alhaisemman nikkelpitoisuuden maanpoistomaita olisi mahdollista hyödyntää kaavailtua laajemmin kaivosalueen luonnonmukaisten pinnanmuotojen tuottamisessa ja maisemoinnissa. Mikäli nikkelpitoisen moreenin osalta ilmenee ylijäämää, sitä voidaan hyödyntää peittorakenteiden alapuolisessa muotoilussa.

7.2 Sivukivialue

7.2.1 Sivukivialue ja sen pohjarakenteet

Sivukiven läjitysalueen lopullinen pinta-ala eri hankevaihtoehtoisissa on:

- VE0 350 ha
- VE0+ 350 ha
- VE1.1 420 ha
- VE1.3 550 ha

Sivukivialue sijaitsee osin Kevitsansarven vaaran länsiosan moreenialueella sekä pääosin Kevitsansarven pohjoispuolisella suolla. Maapohja muodostuu kolmesta maakerroksesta, joista ylin on turvekerros. Turpeen alla on löyhää silttistä hiekkamoreenia ja tämän alla keskitiivistä tai tiivistä silttistä hiekkamoreenia. Sivukivialueen reunoilla esiintyy paikoin soramoreenia ja vähäisiä sorakerroksia. Tällaisissa kohdissa vettä hyvin johtavien kerrosten kohdilla käytetään katkaisukerrosta.

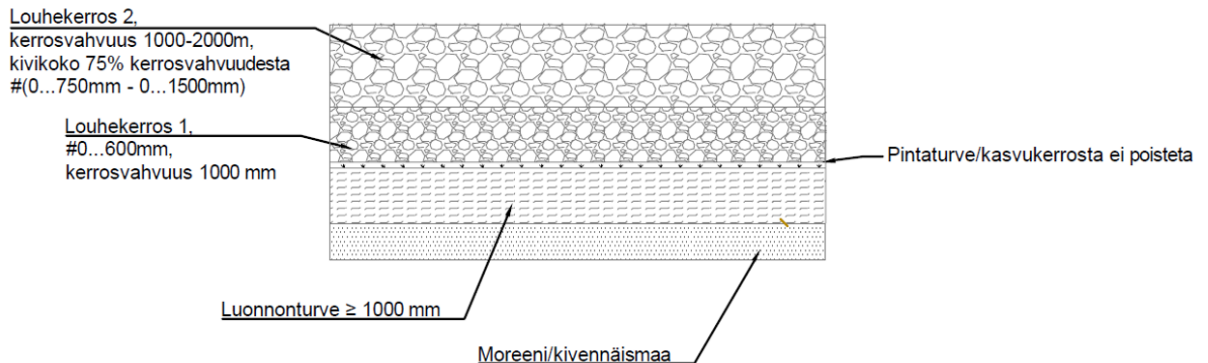
Sivukivialueen pohjarakenne riippuu pohjaolosuhteista (sekä olemassa olevalla sivukivialueella että mahdollisilla laajennusalueilla vaihtoehtoisissa VE1.1 ja VE1.3):

- **Luonnonturvetiiviste** (Kuva 7-1). Alueilla, missä luonnonturpeen paksuus on vähintään 1000 mm (750 mm sivukivialueen osassa 1A), tiiviste puristetaan paikalla olevasta turpeesta (tiivistyneen turvekerroksen paksuus ≥ 300 mm, $K \leq 10^{-10}$ m/s).
 - Osa-alueilla, joissa luonnollinen turvekerros on paksuimmillaan, esiintyy riski läjityksen aiheuttamalle liukupintasortumalle turvekerroksessa. Näillä alueilla käyttötapa ja mahdolliset maapohjaan kohdistuvat vahvistustyöt tarkennetaan erillisissä suunnitelmissa.
- **Rakennettu turvetiiviste** (Kuva 7-2). Alueilla, joissa luonnonturvetta on vähemmän kuin 1000 mm, lisätään turvekerrosta turvetiivistekerrokseen siten, että turvekerroksen kokonaispaksuus on vähintään yksi metri. Mahdollisia pohjanvahvistusmenetelmiä ovat mm. turpeen osittainen poistaminen tai stabilointi.
- **Bentoniittimattotiiviste luontaisella moreenialustalla** (Kuva 7-3), lisäksi voidaan soveltaa myös alueilla, missä turvepaksuus on alle 0,5 metriä (yllä mainitun asemasta).
- **Bentoniittimattotiiviste rakennetulla moreenialustalla** (Kuva 7-3), alueilla, missä on suoritettu alapuolisen kerroksen osalta massanvaihto.

Rakentaminen:

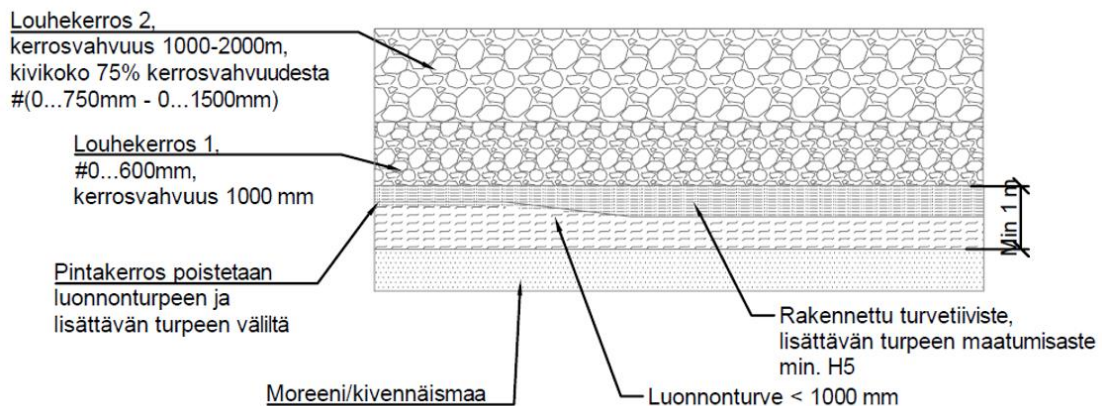
- Turvekerroksen alkutiivistäminen eli esikonsolidaatio (Kuva 7-1) on tehty levittämällä noin yhden metrin paksuinen louhekerros turpeen päälle tela-alustaisella puskukoneella, joka liikkuu louhekerroksen päällä. Seuraava yhden metrin louhekerros on levitetty noin 1–2 kuukauden kuluttua, puskukoneella louhekerroksen päällä liikkuen. Toinen kerros on jätetty reunaosalla noin 10 metrin vyöhykkeellä tekemättä, jotta läjityksen reunalle muodostuvat korkeat leikkausjännitykset eivät aiheuta turpeen syrjäytymistä.
- Esikonsolidaatiokerrosten on annettu puristaa turvetta kokoon noin 4–5 kuukautta, jonka jälkeen sivukiveä on voitu alkaa läjittää alkulouhekerroksen päälle korkeampina läjityskerroksina. Turpeen alkutiivistämiseen käytettäväksi louheeksi on valittu tavanomaista sivukiveä (UNV).
- Luonnonturvetiivisteiden ja rakennetun turvetiivisteiden liitoskohdassa kasvukerros on leikattu pois noin neljän metrin etäisyydelle liitoskohdasta ja rakennettu turve sijoitettu luonnonturpeen päälle (Kuva 7-2).

Turvetiiviste, luonnonturvetta vähintään 1000 mm



Kuva 7-1. Turvetiiviste luonnollisesta turvekerroksesta.

Rakennettava turvetiiviste, luonnonturvetta < 1000 mm

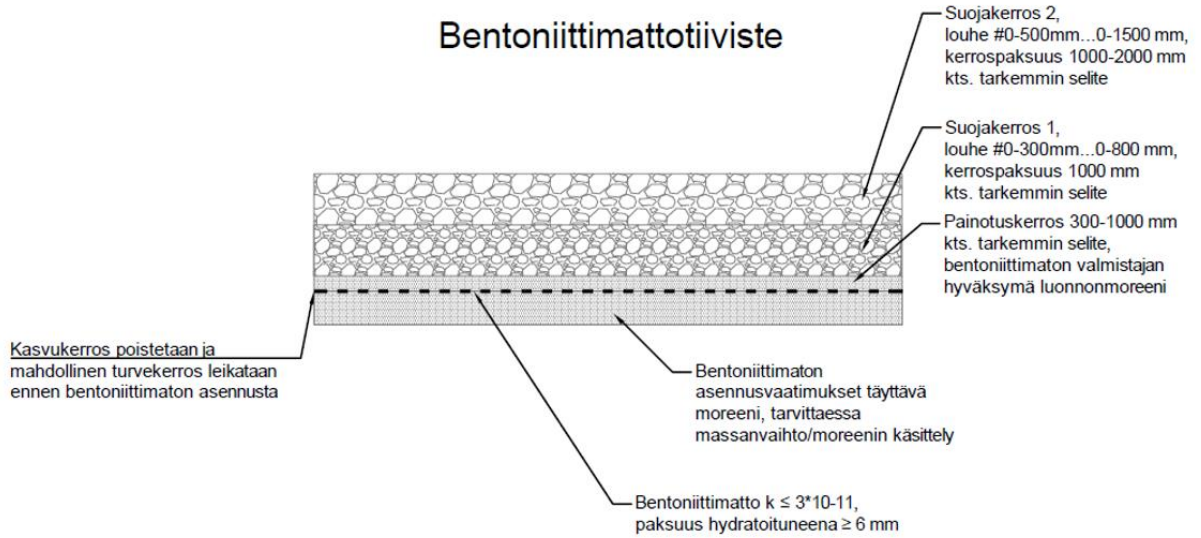


Kuva 7-2. Rakennettava turvetiiviste.

Laboratoriokokein on määritetty turpeen kokoonpuristuvuus- ja vedenläpäisevyysominaisuuksia suunnittelua varten. Turve puristuu kasaan kuormituksen vaikutuksesta ja kokoonpuristuminen pienentää turpeen vedenläpäisevyyttä eli mitä suurempi on yläpuolinen kuormitus, sitä tiiviimmäksi vedenläpäisevyyden osalta turve muuttuu. Turvenäytteille tehtyjen ödometrikokeiden perusteella turve painuu voimakkaasti jo pienillä kuormilla. Ödometrikoe tulosten perusteella (Geobotnia 2011)

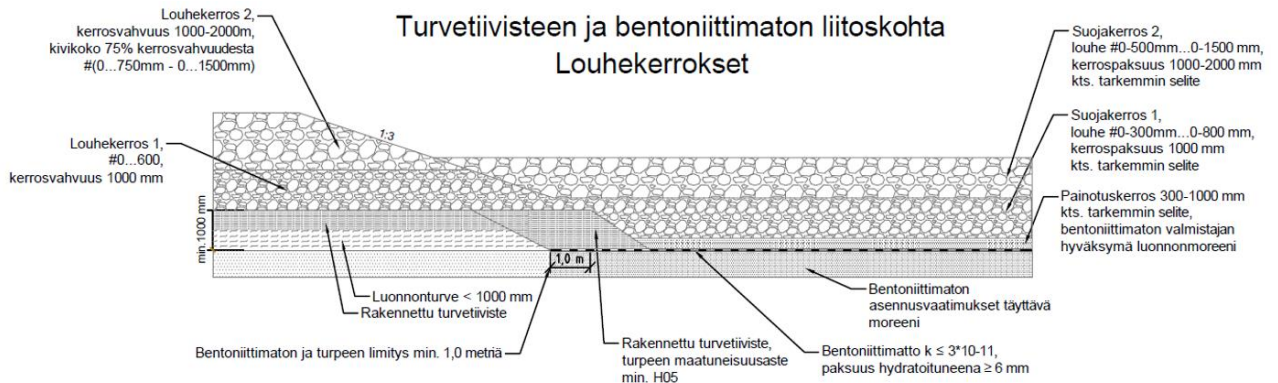
Täysin turpeettomilla alueilla pohjarakenteessa on bentoniittimatto (Kuva 7-3). Bentoniittimaton alla on oltava soveltuva asennuskerros ja päällä painotuskerros. Päälle asennetaan kaksi erilaisen karkeusasteen suojakerrosta.

Turve- ja bentoniittitiivisteiden liitoskohdissa rakennettu turvetiiviste ulottuu bentoniittimaton päälle. Liitoskohdan rakennekuva esitetään alla (Kuva 7-4).



- Bentoniittimattorakenteen päälle tulevien kerrosten vaihtoehdot:
- 300 mm moreenia -> pienlouhetta 1000 mm #0-300mm + 2000 mm #0-1500mm
 - 500 mm moreenia -> pienlouhetta 2000 mm #0-500mm, josta min. 75% #300mm
 - 1000 mm moreenia -> louhetta 2000 mm #0-800mm

Kuva 7-3. Bentoniittimattotiiviste.



Kuva 7-4. Turve- ja bentoniittitiivisteiden liitoskohta.

Sivukivialueen täyttösuunnittelussa huomioidaan eri sivukivijakeiden sijoitustarpeet, optimaalinen kuljetusmatka ja suunta louhinnan kussakin vaiheessa. Näin minimoidaan sivukiven kuljetuksista aiheutuvat ympäristöpäästöt (pöly ja pakokaasut) ja samalla läjitys toteutuu teknistaloudellisesti mahdollisimman edullisesti. Kevitsan kaivoksessa malmin lisäksi myös sivukiven kuljetuksessa louhoksesta hyödynnetään ns. trolley-assist -järjestelmää eli sähköavusteista järjestelmää.

Läjitäsalueen kokonaiskorkeus lopputilanteessa on ympäristöluvan (87/2019) mukaisesti N60 +310 m. Täytön lopputilanteessa kunkin läjitäsalueen

täyttötason pengerkorkeus on noin 10 m ja kunkin penkereen kaltevuus noin 37 astetta (1:1,3; kiven vierintäkulma). Penkereiden vähimmäisleveys läjitysalueen alaosassa on noin 20 m. Läjitysalueen luiskan kokonaiscaltevuudeksi muodostuu siten noin 17 astetta (1:3,3). Alueen jälkihoitoa varten varaudutaan muotoilemaan luiskia.

7.2.2 Sivukivialueen sulkeminen

Sivukivialueen sulkemistapa on sama kaikissa hankevaihtoehdoissa.

Jo tuotantovaiheen aikana tehtävät toimenpiteet:

- Korkearikkinen sivukivi eli CW-kivi ($S > 0,8 \%$) kapseloidaan sivukivialueen sisäisiin tiivissoluihin. Tähän voidaan hyödyntää kaivosalueella olevaa nikkelipitoista moreenia.
 - Kapseloinnin vaatimusmäärittely: happivuoto, joka on enintään $10 \text{ mol O}_2 / \text{m}^2 / \text{vuosi}$.
 - Menettely on ollut käytössä vuodesta 2019 alkaen.
 - Sivukivialueen vanhemmissa osissa CW-kivi on kapseloitu vain parempilaatuisilla sivukivijakeilla (mikä ei merkittävästi rajoita happivuotoa), mutta niiden päälle on asetettu tiiviimpi kerros, mikä jossain määrin vähentää veden kulkeutumista CW-kiveen.
 - Kapselointi tapahtuu 12 kk:n kuluessa (huomioiden talvikauden olosuhteet), jotta hapettumistuotteiden muodostuminen saadaan rajoitettua sille tasolle, mitä vaikutusmallinnuksissa on käytetty.
 - Malleissa ja vaikutusarvioissa on huomioitu, että huomattava osa CW-sivukivestä on jo läjitetty eikä jo läjitetyn materiaalin kapselointia voida muuttaa.
- Tarvekiveä (USW, sisältäen täydentävän ympäristösivukiven EW) sijoitetaan luiskien ja tasanteiden pintaan, peittorakenteiden alle, vähintään 5 m:n kerros.
 - Käynnissä on tutkimus tarvekiven käytön minimoimiseksi sivukivialueella, jotta tarvekiven erillislouhintaa patorakenteisiin voidaan vähentää. Alustavien tutkimustulosten perusteella 3 m olisi riittävä.
- Sivukivialuetta peitetään vaiheittain, niiltä osin kuin sivukivialueen osa-alueiden täyttyminen ja muu työskentely sivukivialueella peittämisen sallivat. Peittorakenteeseen kuuluu varsinaisen peiton lisäksi myös uomaverkosto.
- Peitetyillä sivukivialueella käynnistetään kasvittaminen heti peittämisen jälkeen. Kasvittaminen suoritetaan ensisijaisesti kylvöillä. Tarvittaessa myös muita menetelmiä voidaan soveltaa.

- Koska sivukivialueen vanhimmissa osissa CW-kiveä ei ole kauttaaltaan tiiviskapseloitu, vanhojen osien väliaikaisia luiskia eli myöhemmin läjityksen sisään jääviä luiskia, peitetään puolitiiviillä rakenteella.
 - Väliaikaisten luiskien peiton vaatimusmäärittely: hapen kulkeutuminen on $< 10 \text{ mol/m}^2/\text{vuosi}$
- Suotautumien talteenotto suoritetaan nykyisten suunniteltujen ojajärjestelyjen avulla. Peittorakenteiden vesienjohtamiskanavista (OKC 2024) koottava pintavesi kootaan aluksi samaan vesienkokoamisjärjestelmään suotovesien kanssa. Kun pintaveden laatu on riittävästi varmistettu ja pintavesien johtaminen ympäristöön mahdollistettu suunnittelun ja lupien puitteissa, sivukivialueella siirrytään eri vedenlaatujen erilliseen johtamiseen.

Varsinaisessa sulkemisvaiheessa tehtävät toimenpiteet:

- Edelleen peittämättä olevat osat sivukivialueesta peitetään ja samassa yhteydessä rakennetaan uomaverkosto pintavesien johtamista varten.
- Peitetyllä sivukivialueella käynnistetään kasvittaminen, joka suoritetaan ensisijaisesti kylvöillä. Tarvittaessa myös muita menetelmiä voidaan soveltaa.
- Suotovedet ja pintavalunta otetaan talteen erillisinä vesijakeina erillistä johtamista varten.

Sivukivialueen peittorakenteelle on esitetty vaatimusmäärittely, jota on käytetty myös suotovesien mallintamisessa. Mallinnustuloksia on puolestaan käytetty lähtötietona vaikutusarvioinnissa.

Sivukivialueen lopullinen peittorakenne sekä lakialueella että luiskissa:

- hapen kulkeutuminen peiton läpi $< 3 \text{ mol/m}^2/\text{vuosi}$
- peiton läpi kulkeutuvan veden määrä $< 140 \text{ mm/vuosi}$

Hapen ja veden kulkeutumisen vaatimusmäärittely ilmaistaan keskimääräisenä vuotena. Peiton toiminta on vuoden sääolosuhteista riippuva ja eri vuosien välillä voi esiintyä huomattavaa vaihtelua.

7.2.3 Toiminnalliset tavoitteet peittosuunnittelussa

Kevitsan kaivoksella sivukivialueen peittorakenteen tarkoitus on hidastaa hapen ja veden pääsyä jätealueelle. Täten se pienentää ympäristöön pääsevien suotovesien haitta-ainepitoisuuksia ja suotoveden määrää. Peittorakenteen toiminnalliset tavoitteet muodostuvat erilaisista osatavoitteista:

1. Pienentynyt vedenläpäisy
2. Vähäinen hapen kulkeutuminen (joka on suhteessa peittorakenteen kosteusolosuhteisiin)
3. Tyypillisen jäätymissyvyyden huomioiminen

Alhainen vedenläpäisy pyrkii ns. kontaktiveden minimointiin, toisin sanoen jätemateriaalin kanssa kontaktissa olevan veden määrän minimointiin. Vastaavasti alhainen vedenläpäisy tarkoittaa suurempaa pintavalunnan määrää. Sekä pintavalunnan että kontaktiveden määrään vaikuttavat kuitenkin sadannan määrä ja jakautuminen sekä haihduntaan vaikuttavat olosuhteet.

Hapen kulkeutumisen minimoinnilla pyritään estämään sulfidimineraalien hapettumista peiton alapuolisessa läjityksessä. On kuitenkin huomioitava, että peittämisen alkaessa osa sulfidimineraaleista on jo hapettunut. Osa hapettumistuotteista on poistunut läjityksestä suotovesien mukana, mutta osa on pidättynyt sivukivialueelle ns. varastokuormana. Ei voida siis ajatella, että hapettumistuotteiden mobilisaatio voidaan estää pelkästään estämällä hapen kulkeutumista: varastokuorman mobilisaatiota minimoidaankin minimoimalla vedenläpäisyä.

Jäätymissyvyys on tässä nostettu omaksi toimintatavoitteekseen, vaikka tavallaan kahden muun toimintatavoitteen toteutumatta jääminen voi olla tiiviskerroksen jäätymis-sulamissykliä seurausta. On kuitenkin muistettava myös se, että jäätymis-sulamissyklit eivät ole ainoa mahdollinen tiiviskerroksen toimintaa heikentävä tekijä.

7.2.4 Vaatimusten määrittely tavoitteiden mukaiseksi

Vedenläpäisy

- Vedenläpäisyn tavoite ilmaistaan muodossa % vuosisadannasta tai mm/a
- Kevitsan sivukivialueen peittorakenteen läpi suotautuvan määrä on arvioitu SPA-mallinnuksen avulla, käyttäen lähtötietoina mm. peittokerrosten fysikaalisia ominaisuuksia ja ilmastotietoa. Maaperä-kasvillisuus-ilmastomallinnuksen (SPA-mallinnuksen) tulos viedään lähtötietona geokemialliseen mallinnukseen, jonka tuloksena saadaan tiedot sivukivialueen varsinaisesta kuormasta.
- Vedenläpäisy eli suotautuma peiton läpi painottuu kesäkauteen. Talvella tai lumen sulamiskaudella suotautumista ei juuri tapahdu, koska peiton yläosa on jäässä eikä läpäise vettä.
- Peiton läpi suotautuvan veden määrä on osittain riippuvainen sadannasta, mutta sadanta ja läpisuotautuma eivät ole

yksiselitteisessä suhteessa toisiinsa: peiton läpi suotautuvan veden määrään vaikuttaa enemmän sateen jakaantuminen kuin sen kokonaismäärä. Pintavalunta peiton yläpuolella on korkeimmillaan äärisadantatilanteissa ja lumen sulamisvaiheessa.

Hapen kulkeutuminen

- Hapen kulkeutuminen peiton läpi ilmaistaan muodossa $\text{mol/m}^2/\text{a}$. Se määritellään laskennallisesti tai diffuusiomallin avulla. Tieto voidaan tuottaa SPA-mallinnuksen (*soil-plant-atmosphere-model*) yhteydessä, sillä mineraalisten peittorakenteiden osalta hapen kulkeutuminen on kytköksissä käytettävän peittomateriaalin vedelläkyllästyneisyyteen.
- Hapen kulkeutuminen toimii syötteenä geokemiallisessa mallinnuksessa samoin kuin peiton läpi suotautuvan veden määrä. Hapen kulkeutuminen tehostuu vedelläkyllästysasteen laskiessa eli peiton kuivuessa.
- Yhteenvetona voidaan todeta, että välillisesti hapen kulkeutumiseen vaikuttavat peiton vedenpidätysominaisuudet, sadanta, haihdunta sekä sateen jakautuminen. Peiton pintaosan jäätyessä hapen kulkeutuminen lähes estyy, joten myös merkittävin hapen kulkeutuminen painottuu sulan maan kauteen.

Jäätymissyvyys

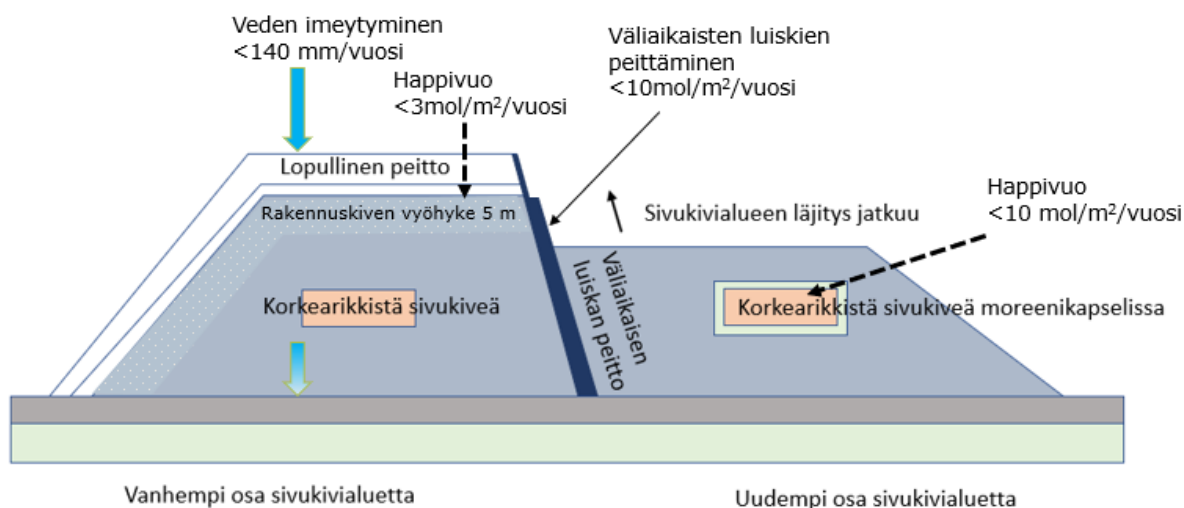
- Jäätymissyvyydellä tarkoitetaan sitä syvyyttä, jolle routa etenee peitossa sellaisen talven olosuhteissa, joita voidaan pitää tavanomaisena.
- Mineraaliin materiaaleihin perustuvat peitot ovat jossain määrin itsekorjautuvia, mutta erityisesti usein toistuva tiiviskerroksen jäätymissulamissykli yleensä heikentää peiton toimintaa.

Vaativuusmäärittelyjen toteutumista voidaan testata ja on Kevitsan sivukivialueella testattu pilottirakenteilla ja fysikaalisilla malleilla eli maaperä-kasvillisuus-ilmastomalleilla eli SPA-malleilla. Lyhenne tulee sanayhdistelmästä *soil-plant-atmosphere-model*. Pilottirakenteet toimivat myös mallien paremman kalibroinnin mahdollistajana tai verifiointiaineistona. Mallinnus on aina yksinkertaistettu versio todellisuuden monimutkaisista vaikutussuhteista, mutta malleilla voidaan tarkastella pilottijaksoja pidempiä aikajaksoja ja testata rakennetta sellaisissa ilmasto-olosuhteissa, joita koejaksolle ei satu.

7.2.5 Sivukivialueen peittorakenteet

Sivukivialueen peittorakenteilla on sovellettu suunnittelussa seuraavia toiminnallisia vaatimusmäärittelyjä (Kuva 7-5), keskimääräisen vuoden arvoina:

- Väliaikaisten luiskien peitto, hapen kulkeutuminen $< 10 \text{ mol/m}^2/\text{vuosi}$
- Korkearikkisen eli kapseloitavan sivukiven (CW) moreenikapseli, hapen kulkeutuminen $< 10 \text{ mol/m}^2/\text{vuosi}$
- Lopullinen peittorakenne, hapen kulkeutuminen $< 3 \text{ mol/m}^2/\text{vuosi}$
- Lopullinen peittorakenne, veden kulkeutuminen $< 140 \text{ mm/vuosi}$



Kuva 7-5. Sivukivialueen peittorakenteet ja niiden toiminnallinen määrittely.

Esimerkkejä rakennustavasta ovat mm. alla kuvatut rakenteet, joita pilottikokeineen kuvataan tarkemmin luvussa 8.2.1

Moreenirakenne alhaalta ylös:

- Kiilauskerros 200 mm
- Tiivistetty moreenikerros 300 mm
- Suojakerros moreeni 1200 mm
- Orgaaninen aines 50 mm

Bentoniittirakenne alhaalta ylös:

- Kiilauskerros 200 mm
- Bentoniitti
- Suojamoreenikerros 500 mm
- Orgaaninen kerros 50 mm

7.3 Rikastushiekka-alueet

7.3.1 Rikastushiekka-alueen pohjaolosuhteet

Rikastushiekka-allas A1 (nykyinen allas) sijoittuu Kevitsan länsirinteelle ja Iso-Hanhilehdon itärinteelle sekä niiden väliselle Kevitsanaapa-nimiselle suoalueelle. Allas B1 (nykyinen allas) sijoittuu altaan A1 koillisosalle, Kevitsan rinteeseen. Suoalueen pinta laskee loivasti kohti pohjoista. Itä- ja länsireunoilla maasto nousee voimakkaammin Kevitsan ja Iso-Hanhilehdon rinteillä.

Alue on lähes kauttaaltaan turvekerroksen peittämää lukuun ottamatta viereisten Kevitsan ja Iso-Hanhilehdon rinteitä. Turvekerros on paksuimmillaan etelä- ja keskiosalla rikastushiekka-allasta A1, paikoin yli 3,0 metriä. Turvekerros ohenee altaan itä- ja länsiosan reuna-alueita kohden.

Pintamaan ja turvekerroksen alla oleva pohjamaa on silttistä hiekkamoreenia, hiekkamoreenia tai hiekkaista silttiä. Moreeni on paikoin kivistä ja sisältää myös isohkoja lohkareita. Moreenikerrostuman yläosassa on noin 0,1–2,5 metrin paksuinen löyhä tai keskitiivis kerros. Löyhän moreenikerroksen alla, noin 0,2–5,3 metrin syvyydessä maanpinnasta, on keskitiivistä pohjamaa. Rakeisuudeltaan moreeni on lähes kauttaaltaan silttistä hiekkamoreenia. Tiiviin moreenin alapuolella on kallio. Kallio on tyypillisesti rikkonaista. Moreenin vedenläpäisevyys vaihtelee välillä $1,3 \times 10^{-6}$... $4,8 \times 10^{-10}$ m/s. Suuremmat vedenläpäisevyydet esiintyivät löyhässä pintamoreenissa. Pohjamoreenissa vedenläpäisevyys on kauttaaltaan tasolla 1×10^{-8} ... 1×10^{-9} m/s.

7.3.2 Rikastushiekka-allas A1 ja sen rakenteet

Rikastushiekka altaan A1 osalta kaikissa hankevaihtoehtoissa on mukana (jo lupahakemuksena vireillä oleva (PSAVI/8622/2024) siirtymä keskilinjakorotukseen ja tukipenger. Lopullinen korkeus vaihtelee hankevaihtoehtojen välillä ja vaihtoehdossa 1.3 rakennetaan korotustason nostamisen sijasta toinen matalarikkisen rikastushiekan allas A2 nykyisen altaan eteläpuolelle.

Yhteenveto:

- VE 0: rikastushiekka-allas A1:n korotustaso 270 m mpy
- VE0+: rikastushiekka-allas A1:n korotustaso 280 m mpy
- VE1.1: rikastushiekka-allas A1:n korotustaso 310 m mpy
- VE1.3: rikastushiekka-allas A1:n korotustaso 270 m mpy ja rikastushiekka-altaan A2 271 m mpy.

Siirtymä keskilinjakorotukseen ja tukipenkereen rakennus liittyvät GISTM-standardin käyttöönottoon (GISTM = Global Industry Standard on Tailings Management) ja sen yhteydessä suoritettuun vaatimustason nostoon.

Rikastushiekka-altaan A1 alkupato on harjakorkeudeltaan +238 m (vaihe 2) pohjois- ja eteläreunalla, sekä noin +244 m (osana vaihetta 4) itä- ja länsireunalla. Alkupato on tyypiltään vyöhykepato, ja se on rakennettu luontaisen moreenikerroksen päälle. Vyöhykepato koostuu ylävirran puolella heikosti vettäläpäisevästä moreenista ja alavirran puolella louhetukipenkereestä. Louhetukipenkereen ja moreenin välissä on suodatinrakenne, joka koostuu suodatinkankaasta, murskeesta 0/32 mm (paksuus 400 mm) ja pienlouheesta 0/200 mm (paksuus 600 mm). Alkupadon ylävirran puoleisen luiskan alareunaan on asennettu juurisalaoja, jonka tarkoituksena on alentaa läjitetyn rikastushiekan suotovesipinnan tasoa, vähentää suotoveden patoon kohdistamaa vedenpainetta ja nopeuttaa rikastushiekan tiivistymistä.

Vaiheesta 3 eteenpäin padon rakentaminen on toteutettu ylävirtaan korotuksina läjitetyn rikastushiekan päälle vaiheeseen 9 (harjakorkeus +259). Ylävirtaan korotukset ovat kolmen metrin korotuksia. Alkupadon ja ylävirtaan korotusten (vaiheet 3–9) kuiva- ja märkäluisen kaltevuus on 1:2. Ylävirtaan korotuksissa joka kolmannen korotuksen jälkeen (vaiheiden 5 ja 8 jälkeen) on vaakatasanne, joka on leveydeltään 5 m. Ylävirtaan korotuksissa harjaleveys on 8 m.

Keskilinjakorotukset on suunniteltu alkamaan tasosta +259, joka vastaa vaiheen 9 korotuksen harjan tasoa, ylöspäin. Keskilinjakorotukset sijoittuvat pääosin korotusvaiheen 6 sekä paikallisesti itä- ja länsipuolella vaiheen 7 ja 8 kohdalle. Keskilinjakorotukset on suunniteltu 3–4 metriä korkeina korotuspenkereinä, joiden harjan leveys on 8 metriä louhetäytön osalta. Louhetäytön päälle tehdään liikennöintikerros soveltuvasta murskeesta. Korotuspenkereiden märkäpuolen luiskakaltevuus on 1:1,5 ja kuivapuolen luiskakaltevuus on 1:3.

Rikastushiekka-altaalle A1 rakennetaan tukipenger, joka kiertää koko altaan. Tukipenger mahdollistaa altaan jatkokäytön (tilavuuden laajentamisen) ja parantaa altaan stabiliteettia. Tukipenkereen rakentaminen laajentaa rikastushiekka-aluetta nykytilanteeseen verrattuna noin 30 metriä ja pinta-ala kasvaa noin 10,8 hehtaaria (4 %), kun tarkastellaan pelkän tukipenkereen laajenemista. Kun laajenemisalueeseen huomioidaan tukipenkereen lisäksi keskilinjakorotuksen muutosten vaatimat rakenteet eli uusi huoltotie ja suotovesioja, alue laajenee noin 90 metriä nykytilanteeseen verrattuna ja pinta-alan lisäys on 37,2 hehtaaria (12 %).

A1-altaan pohjalle on jätetty pintamaat ja turve, niille alueille, joissa riittävän paksu turvekerros luontaisesti esiintyy (noin 66 % allasalueen pinta-alasta). Jätetäytön alla kokoonpuristuva turvekerros toimii altaan pohjalla tiivistekerroksena pohjamaareenin lisäksi. Aluehallintoviraston päätöksen (nro 30/11/1) mukaisesti kivennäismaa-alueilla ja alueilla, joilla turvepaksuus on alle 0,5 metriä, on parannettu pohjan tiiveyttä rakennetulla turvetiivisteellä tai bentoniittimatolla. Bentoniittimaton alla olevilta kivennäismaa-alueilta on poistettu kaikki pintamaakerrokset. Bentoniittimattorakenne on toteutettu vaiheittain. Bentoniittimaton asennusalueen pohjan tasaamisessa, maton asentamisessa ja painottamisessa on noudatettu tuotteen valmistajan laatuvaatimuksia.

Padon suotovesimäärän vähentämiseksi ja rikastushiekan kuivattamiseksi patojen määrän luiskan juuressa altaan sisäpuolella on juurisalaojat. Juurisalaojien avulla kuivatetaan rikastushiekkaa padon vieressä, jolloin hiekka tiivistyy. Patojen ulkopuolella on avo-oja suotoveden kokoamista varten. Rikastushiekka-alueella A on kaksi suotovesien taustapumppaamoja, joiden keräämät vedet pumpataan takaisin altaaseen.

7.3.3 Rikastushiekka-allas A2 (uusi allas) ja sen rakenteet

Rikastushiekka-altaan A2 pohjarakenne muodostuu seuraavasti (WSP 2024):

- Alueilla, joissa on moreenia tai <1 m turvetta, pohja tiivistetään savipohjaisella materiaalilla (Geosynthetic clay liner, GCL) ja bitumigeomembraanilla (BGM).
- Alueilla, joissa turvekerroksen paksuus on vähintään 1 m, turve tiivistetään painuttamalla sitä kiviaineksella. Lisätiivisteinä on GCL.
- Patoalueella käytetään BGM-tiivistettä, sillä GCL vaikuttaisi padon stabiliteettiin liikaa. Mikäli padon alapuolelle jäävä moreeni ei ole riittävän tiivistä, se vaihdetaan.

Turpeella on arvioitu saavutettavan hydraulinen johtavuus suuruusluokassa $2,5 \cdot 10^{-10}$ to $1,5 \cdot 10^{-11}$ m/s.

Tarvittaessa GCL-kerroksille asennetaan myös suojakerros ennen rikastushiekan läjitystä.

Rakennemäärittely on alustava ja pohjautuu pohjarakenteen vaihtoehtotarkasteluun (WSP 2023b).

Kivimurske tiivisteiden alapuolella toimii kuivatusrakenteena ja reittinä myös rikastushiekka-altaan A1 suotovesille yhteiseen kokoamisjärjestelmään.

Alkupato on kaavailtu louhepadoksi, jonka sisäreunalla on suodatinkerros sekä eroosiosuojaus. Suodatinkerroksen tehtävänä on estää hienoaieen

kulkeutumista rikastushiekasta louhepenkereeseen. Padon alapuoli alustavassa suunnittelussa varauduttu tiivistämään suotovesiojaan asti.

Patojen korotustavaksi oletetaan tässä vaiheessa ylävirtaan korotus, alustavasti 4,5 m korotuksina. Itäiselle ja luoteiselle patoalueelle asennetaan ylimääräinen tukipenger louheesta.

Yliteveden kokoamiseen rikastushiekka-altaan A2 pinnalta rakennetaan kaksi dekanttitornia, yksi pohjoisosaa ja toinen lounaisosaan allasta A2.

Rikastushiekka-altaan A1 suotovesien kokoamisjärjestelmän eteläinen osa puretaan ja rikastushiekka-altaiden A1 ja A2 suotovesien kokoamisjärjestelmät liitetään yhteen. Kokoamisaltaalta vedet pumpataan takaisin altaan pinnalle, mistä ylitevesiä poistetaan dekanttitornien kautta kaivoksen vesikiertoon tai vesikäsitteilyyn ja purkuun. Ympäristön rinteiltä tulevien vesien ohiohjaamiseksi rakennetaan eristysojat.

Altaan pohjaosan kuivatusjärjestelmän (salaojituksen) osalta on alustavasti tarkasteltu useita vaihtoehtoja tavanomaisesta putkikuivatuksesta, salaojamattoon ja kalanruotoverkostoon. Varsinainen suunnittelutyö tältä osin ei ole kuitenkaan vielä käynnistynyt.

7.3.4 Rikastushiekka-allas B ja sen rakenteet

Hankevaihtoehdoissa VE0, VE0+ ja VE1.3 rikastushiekka-allas B1 pysyy nykyisellä paikallaan. Hankevaihtoehdossa 1.1 nykyinen allas jää altaan A1 patorakenteen alle, jolloin tarvitaan uusi allas B2.

B1-altaan ensimmäisen vaiheen tilavuus on 0,73 Mm³ padon harjakorkeuden ollessa +241,0 metriä. Toisessa vaiheessa korotustaso on +247,0 m mpy. Lopullinen harjakorkeus on noin +251 m mpy ja läjitystilavuus noin 2,5 Mm³.

Allastilavuus 2,5 Mm³ saavutetaan korottamalla B1-altaan patoja tarvittavassa määrin. Patojen korotuksen yhteydessä allasta laajennetaan Kevitsan rinteelle, itään. Riittävän läjitystilavuuden vaatima patokorkeus on noin +251,0 m. Pohjoissivulla korotus tehdään alavirtaan, eli levennetään patopengertä edelleen. Länsi- ja eteläsivuilla (A1-allasta vasten) patokorotukset joudutaan tekemään A1-altaan puolelle, alavirtaan -menetelmällä. Patorakenteisiin kuuluu louhe ja sisäluiskien tiiviste.

B1-altaan pohjalle ja sisäpuolen patoluiskiinkin on asennettu moreenin päälle bentoniittimatto ja sen päälle bitumigeomembraani. Lisäksi on huolehdittu, että altaan pohjalla on kaksoiseristyksen alla vähintään 1,6 m hienoainesmoreenikerros. Allas B2 oletetaan yhteydessä allasta B1 vastaavaksi toiminnallisilta ominaisuuksiltaan. Tämä tarkoittaa joko samaa

rakennustapaa tai muuta rakennustapaa, jolla saavutetaan samankaltaiset ominaisuudet.

Jotta vältetään korotusosan tiivisteen (moreeni-, bentoniittimatto- ja bitumigeomembraanirakenne) haitallinen painuminen, halkeilu ja repeäminen, tehdään rikastushiekan päälle tuleva korotus esikuormittamalla. Esikuormituksessa rakennetaan tulevan korotusosan paikalle ennakkoon louhepenger, jonka paino on suurempi kuin tulevan korotusrakenteen. Penkereen painumaa (alla olevan rikastushiekan kokoonpuristumista) seurataan, ja kun se on pysähtynyt, poistetaan ylimääräinen louhe ja rakennetaan suodatin- ja tiivisterakenteet.

7.3.5 Rikastushiekka-alueiden vesienhallinta

Rikastushiekka-altaaseen A1 pumpataan vaahdotusprosessista matalarikkistä rikastushiekkaa, jota läjitetään spigottien avulla altaan reunuille (useaan eri purkupisteeseen samaan aikaan tapahtuva läjitys). Kiintoaine laskeutuu ja rikastushiekasta selkeytyvä vesi kertyy altaan keskelle. A1-altaan keskellä on lauttapumppaamo sekä kiinteä palautuspumppaamo (dekantointipumppaamo), joilla rikastushiekasta selkeytynyt vesi johdetaan vesivarastoaltaaseen tai prosessiin. Pumppaamoille on rakennettu tieyhteys pengertietä pitkin idästä. Kiinteää palautuspumppaamoa nostetaan ylemmälle tasolle patokorotusten yhteydessä.

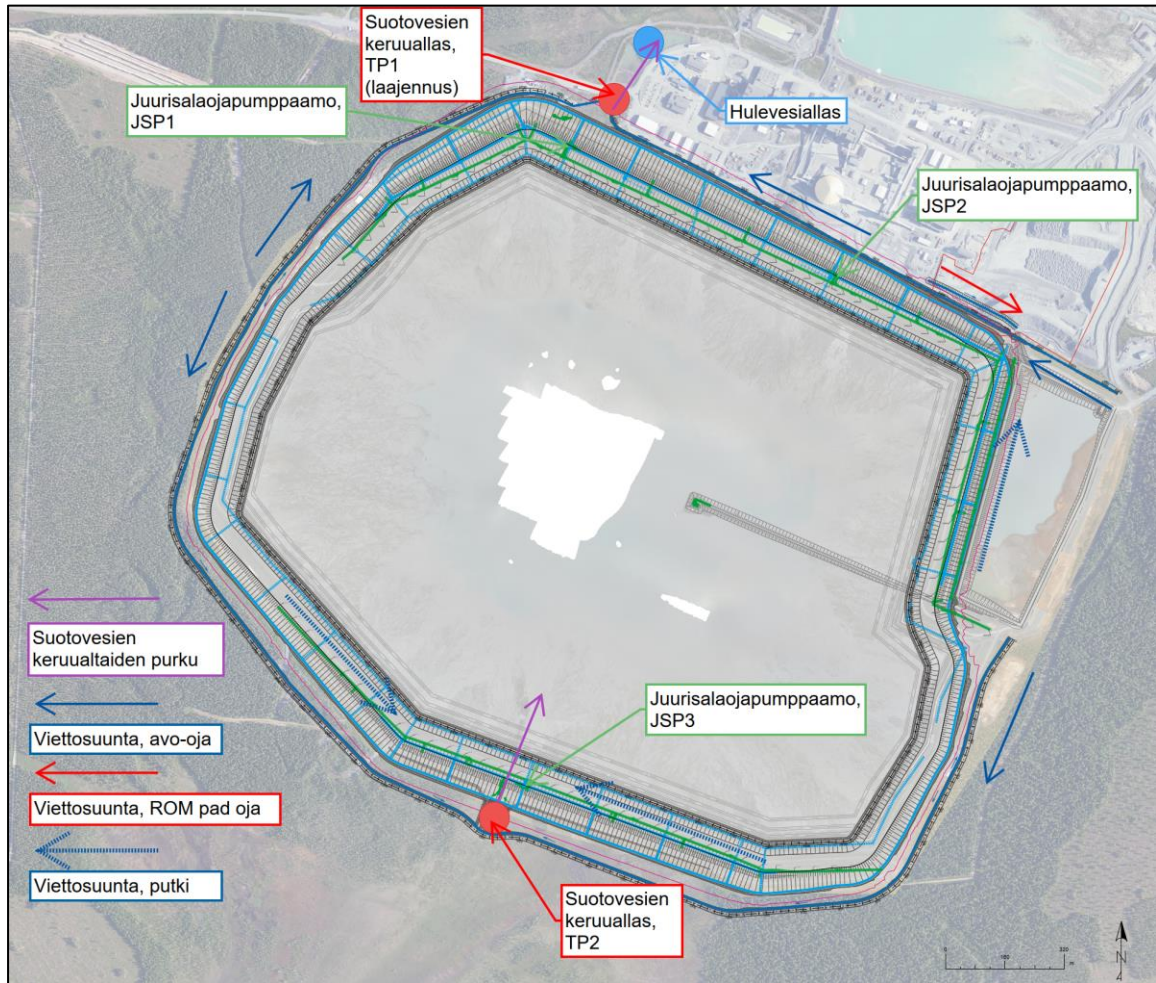
Rikastushiekka-altaan A1 patojen märkäpuolen luiskan juuressa eli altaan sisäpuolella on juurisalaojat. Juurisalaojien avulla kuivatetaan rikastushiekkaa padon vieressä, jolloin hiekka tiivistyy. Samalla vähennetään patoon kohdistuvaa vedenpainetta ja parannetaan patojen ja läjitetyn rikastushiekan stabiiliteettia. Lisäksi juurisalaojat vähentävät suotovesien määrää. Pohjoisen ja eteläisen padon juurisalaojat johdetaan omiin kokoojapisteisiinsä. Eteläisen juurisalaojan vedet pumpataan takaisin rikastushiekka-altaaseen.

Rikastushiekka-altailta A1 ja B1 muodostuvat suoto- ja aluevedet kootaan altaita ympäröiviin suotovesiojiin. Pohjoiselle taustapumppaamolle (TP1) johdetaan rikastushiekka-altaan A1 pohjoispuoliset suotovedet ja A1- ja B1-altaan välisen juurisalaojalinjan vedet, Hanhilehdon puoleisen suotovesiojan suotovedet, urakoitsijan varikkoalueen hulevedet sekä altaan luoteispuolen pohjaveden suojaumpausjärjestelmän vedet (A1-altaan luoteisosa). TP1 altaaseen kerätyt vedet johdetaan hulevesialtaan kautta vesivarastoaltaaseen. Rikastushiekka-altaan A1 eteläinen taustapumppaamo (TP2) kerää rikastushiekka-altaan A1 eteläpuoliset suotovedet sekä lounaispuolen pohjaveden suojaumpausjärjestelmän vedet. TP2 altaaseen kerätyt vedet palautetaan takaisin A1-altaaseen.

Rikastushiekka-altaan A1 suotovesien talteenottoa on tehostettu viime vuosina myös pohjaveden suojapumppauksin. Pohjaveden pinnan alentamiselle suojapumppauksin rikastushiekka-altaan A1 luoteispuolelle on saatu Pohjois-Suomen Aluehallintovirastolta lupa (499/2019) 1.3.2021 sekä lounaispuolella lupa (45/2024) 2.4.2024.

Rikastushiekka-altaan B1 vedet on aikaisemmin pumpattu rikastushiekka-altaaseen A1, mutta joulukuusta 2023 alkaen B1-altaan vedet on johdettu suoraan vesienkäsittelyyn. Rikastushiekka-altaan B1 pohjarakenne ja padot ovat tiiviitä, joten suotovesien muodostuminen B1-altaasta on hyvin vähäistä. Rikastushiekka-altaan A1 ja B1 välissä on salaojitettu juorusalaojaputki, joka samalla toimii B1-altaan vuodonilmaisuputkena. Juorusalaojaan kertyy myös rikastushiekka-altaan A1 suotovesiä, jotka johdetaan edelleen pohjoiselle taustapumppaamolle (TP1).

Tulevien keskilinjakorotusten ja tukipenkereen rakentamisen yhteydessä rakennetaan rikastushiekka-altaan A1 ympärille uusi suotovesioja, jolla kerätään rikastushiekka-altaasta tuleva suotovesi (Kuva 7-6). Suotovesioja pyritään ulottamaan hyvin vettä johtaviin rapautuneisiin kallion pintakerroksiin asti, jota esiintyy allasalueella ainakin paikoin. Suotovesiojasta vedet johdetaan suotoveden taustapumppaamoiden keruualtaisiin rikastushiekka-altaan pohjois- (TP1) ja eteläpuolelle (TP2). Eteläisen taustapumppaamon keruualtaasta (TP2) vesi pumpataan takaisin rikastushiekka-altaaseen A1 ja keruualtaasta (TP1) vesi virtaa painovoimaisesti hulevesialtaan kautta vesivarastoaltaaseen. Kuvassa 7-6 rikastushiekka-altaan A1 eteläpuolen suotovesiojan sijainti on alustava ja sen sijainti tarkentuu täydentävien pohjatutkimusten perusteella. Tutkimuksissa selvitetään erityisesti rapakallion esiintymistä. Suotovesiojan linjaus on huomioitu siten, että tarvittaessa on tilaa syventää ojaa erityisesti altaan eteläpuolella. Huoltotien sijainti päivittyy ojan sijainnin mukaan. Suotovettä kerätään talteen keskilinjakorotusten yhteydessä alkupadon juurisalaojalla, kuten nykyisin.



Kuva 7-6. Rikastushiekka-altaan A1 suunniteltu suotovesien keräysjärjestely, kun rikastushiekka-allasta korotetaan keskilinjaan menetelmällä.

Uudelle rikastushiekka-altaalle B2 (VE1.1) ei ole vielä yksityiskohtaista vesienhallinnan suunnitelmaa. B2-altaan vesienhallinta oletetaan tässä vaiheessa samankaltaiseksi kuin nykyisellä B1-altaalla.

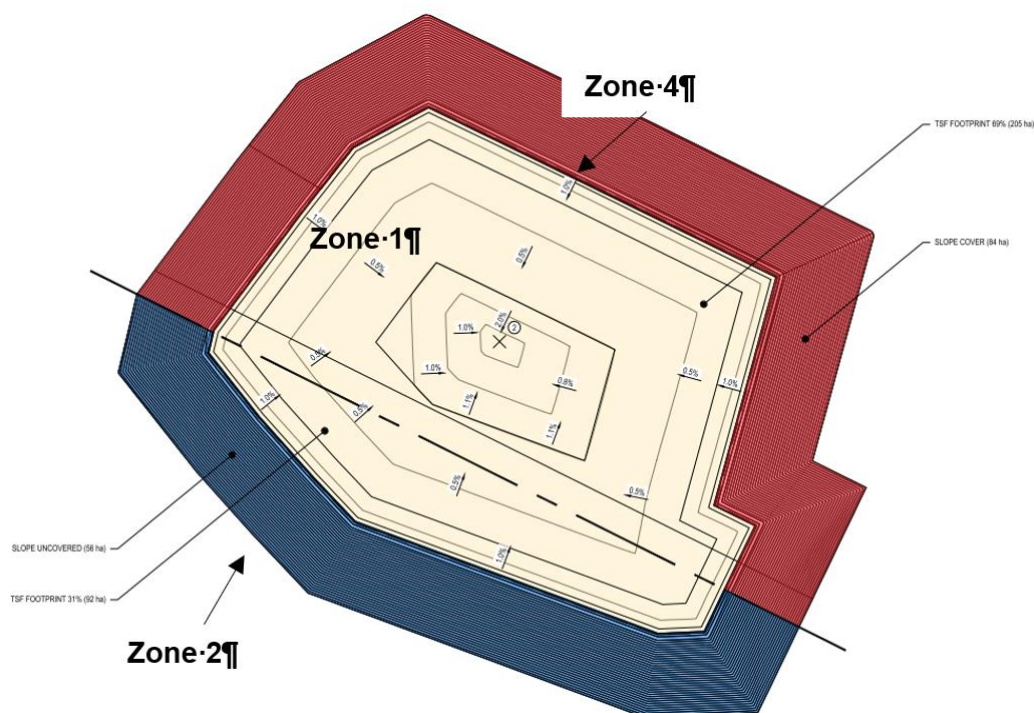
Altaalla A2 (VE1.3) on joitakin eroja altaaseen A1. Esimerkiksi pohjaeristeen alapuolinen louhe toimii rakenteellisten ominaisuuksien lisäksi kuivatuskerroksena varmistamassa, ettei pohjan alapuolelle kerry ja paineistua vettä. Altaan pinnan ylitevesi kootaan kahdella dekanttitornilla, jotka sijaitsevat altaan eri puolilla. Altaalle rakennetaan suotovesimalleista saatavaa tietoa hyödyntäen myös altaan sisäpuolinen kuivatusjärjestelmä. Suotovesien kokoamisajalle on laadittu mitoitus huomioiden lumen sulamis- ja äärivalumatilanteet. Lähistön rinnealueilta tuleville ulkopuolisille vesille on suunniteltu ohiohjausjastot. (WSP 2024)

7.3.6 Rikastushiekka-alueen A1 sulkeminen

Rikastushiekka-altaan A1 sulkemiskonsepti perustuu raportteihin OKC 2023, AFRY 2020, WSP 2024, OKC 2025 ja MEM 2025b.

Peittorakenteille on tarkasteluissa käytetty seuraavia toiminnallisia määritelmiä:

- Lakialueella hapen kulkeutuminen rikastushiekkaan on noin 5 mol(O₂)/m²/vuosi ja sadeveden suotautuminen keskimäärin noin 144 mm/vuosi.
- Patoalueilla hapen kulkeutuminen rikastushiekkaan on keskimäärin noin 1 mol(O₂)/m²/vuosi.
- Etelän puoleisilla patoalueilla (Kuva 7-7) sadevettä suotautuu peiton läpi keskimäärin noin 144 mm/vuosi.
- Pohjoisen puoleisilla patoalueilla (Kuva 7-7) suotautuu peiton läpi <25 mm/vuosi, mikäli sovelletaan erittäin matalan nettosuotautumisen peittoa tai noin 144 mm/vuosi, mikäli käytetään vastaavaa peittoa kuin etelärinteellä.



Kuva 7-7. Rikastushiekka-altaan A1 jako eri tarkasteluvyöhykkeisiin (zone). Zone 1 on lakialue, Zone 2 on eteläinen pato ja Zone 4 on pohjoispato. Vuonna 2019 mallissa oli alkupato omana vyöhykkeenään, mutta se ei ole enää erillinen tarkasteluvyöhyke, sillä siirtyminen keskilinjakorotuksiin jättää alkupadon uuden penkereen sisään. (Kuva: OKC 2025b, MEM 2019)

Mahdollisia rakentamistapoja:

- Lakialue: 0,3 m moreenia (jota tiivistetään, mutta jota ei malleissa ja vaikutusarvioissa arvioissa käsitellä tiivistyneenä)
- Etelärinne: 0,3 m tiivistetty moreenikerros ja 1,2 m tiivistämätön moreenikerros, pinnalla lisäksi 0,05 m orgaaninen pintakerros
- Pohjoisrinne:

- Vaihtoehto 1: 0,3 m tiivistetty moreenikerros ja 1,2 m tiivistämätön moreenikerros, pinnalla lisäksi 0,05 m orgaaninen pintakerros
- Vaihtoehto 2: Erittäin matalan nettosuotautuman (NP) peite, jonka vuosittainen suotautuma on noin 25 mm ja hapen tunkeutuminen $<1 \text{ mol/m}^2/\text{vuosi}$. Tämän vaihtoehdon toteuttamistapa on edelleen tarkemmin määrittelemättä.

Peittorakenteen toimivuuden mallinnuksessa on oletettu, että peittorakenteen rakennettavuus paranee ajan myötä, kun rikastushiekka tiivistyy ja pohjaveden pinta laskee toiminnan päättymisen jälkeen. Tämän vuoksi rikastushiekka-alueen sulkeminen oletetaan vaiheittaiseksi, ja alkavan patoalueilta. Lakialueella peittorakenne asennetaan vaiheittain, alkaen altaan reunaosista, jatkaen sisäänpäin, kohti vaikeimmin kuivatettavaa keskustaa.

Sulkemisen jälkeen rikastushiekka-alueelta A1 tulevat vedet (suotovedet ja pintavesi) ohjataan kontaktivesien kokoamisaltaaseen, kunnes pintaveden laatu paranee riittävästi ja se voidaan johtaa vapaasti ympäristöön. Keruualtaasta suotovesiä johdetaan louhoksen syvänteeseen kerrostumisen edesauttamiseksi, mutta alkuvaiheessa sulkemisen jälkeen vesiä voidaan johtaa myös vesienkäsittelylaitoksen kautta purkuun. Viimeistään louhoksen täyttymisen lähestyessä myös suotovedet johdetaan ympäristöön. Tässä vaiheessa suotovesien määrä on jo vähäinen verrattuna sulkemisen alkuvaiheeseen, jolloin rikastushiekka-altaan vedenpinnan taso yhä laskee.

7.3.7 Rikastushiekka-alueen A2 sulkeminen

Rikastushiekka-altaan A2 (VE1.3 YVA:ssa) osalta suunnittelu on vielä varhaisella konseptitasolla, mutta sulkeminen oletetaan samankaltaiseksi kuin rikastushiekka-alueella A1. Lakialueella hapen kulkeutuminen rikastushiekkaan on noin $5 \text{ mol (O}_2\text{)/m}^2/\text{vuosi}$ ja sadeveden suotautuminen keskimäärin noin 144 mm/vuosi. Patoalueilla happea suotautuu keskimäärin $1 \text{ mol (O}_2\text{)/m}^2/\text{vuosi}$ ja sadevettä keskimäärin noin 145 mm/vuosi. Rikastushiekka-alueen A2 vesienjohtamiskanava sijoitetaan altaan luoteisosaan.

Loppuvaiheessa läjitys keskitetään itäosaa, jotta saadaan luotua kallistusta kohti tulevaa pintavesien purkukanavaa. Patoalueiden osalta sulkeminen on mahdollista tehdä vaiheittain, alkaen osin jo toiminnan aikana, johtuen korotustavasta ylävirtaan. Lakialueen peitto rakennetaan läjityksen päättymisen ja peruskuivatuksen jälkeen. (WSP 2024)

7.3.8 Rikastushiekka-altaiden B1 ja B2 sulkeminen

Sulkemisen valmistelutoimet aloitetaan jo toiminnan loppuvaiheessa. Kuivatusjärjestelmä asennetaan ennen lopullisen korkeuden saavuttamista, jotta rikastushiekan kuivattaminen kaivostoiminnan päättyessä mahdollistuu. Läjityksen päättymisen ja kuivatuksen jälkeen asennetaan peittorakenne.

Rikastushiekka-altaassa B2 vedenpinnan taso pysyy korkeana tiiviin rakenteen (luku 7.3.4) takia, mikä vähentää hapen tunkeutumista rakenteeseen.

Peiton suorituskyyloetuksina rikastushiekka-alueelle B1/B2 on tässä YVA-vaiheessa käytetty seuraavia:

- hapen läpäisy 3 mol/m²/vuosi tai 5 mol/m²/vuosi
- veden läpäisy 180 mm/vuosi (lisätietoja luvussa 8.5)

Mallinuksissa peiton suorituskyykynä on käytetty vesipeittoa sekä vaihtoehtoisena skenaariona moreeni-kuivapeittoa, jonka suorituskyyky vastaa rikastushiekka-altaan A1:n patoalueelle kaavailtua peittorakennetta. Jo olemassa olevaa monikerrospettosuunnitelmaa Ympäristöluvan (79/2014/1 11.7.2014) mukaista peittorakennetta ei kuitenkaan ole tarkoitus muuttaa, joten todellinen peittorakenne on mallinnettua tiiviimpi. Vaikutusarvioinneissa on käytetty hapen kulkeutumista 3 mol/m²/vuosi.

7.4 Avolouhos

7.4.1 Avolouhoksen sulkemisen lähtökohdat

Avolouhoksen laajuus ja syvyys vaihtelee hankevaihtoehtojen välillä. Vaihtoehdossa VE0:

- pinta-ala on 120 hehtaaria ja
- syvyys 515 metriä.

Vaihtoehdoissa VE1.1 ja VE1.3:

- pinta-ala on 175 hehtaaria ja
- syvyys 650 metriä.

Vaihtoehdossa VE0+ syvyys on sama kuin vaihtoehdossa VE0, mutta VE1-vaihtoehtojen louhoslaajuuden pintaosasta louhitaan tarvekiveä enimmillään noin 90 metrin syvyyteen asti.

7.4.2 Avolouhoksen sulkeminen

Kun louhinta päättyy ja kuivatuspumppaukset lopetetaan, avolouhos täyttyy vedellä ja siitä muodostuu louhosjärvi. Avolouhoksen jyrkät seinämät loivennetaan soveltuvilta osin (esimerkiksi louhinnalla/luiskaamalla) siten, että

loiva rinne ulottuu kaksi metriä myös arvioidun lopullisen vedenpinnan tason alapuolelle. Tämä varmistaa turvallisen näytteenoton ja veden varaan joutuneille ihmisille tai eläimille pääsyn pois louhoksesta. Luiskaaminen kaltevuuteen 1:4 tehdään siellä, missä luiskaus voidaan toteuttaa maaperässä. Luiskauksesta saatavat maamassat käytetään soveltuvilta osin kaivannaisjätealueiden sulkemisessa. Tarvittaessa luontaisesti nikkelisulfidipitoisia maamassoja käytetään muotoilumassoina peittorakenteiden alapuolella.

Kaivosalue on aidattu, mutta koko alueen aitaus poistetaan sulkemistöiden päättyessä. Louhosalue aidataan louhoksen vedellä täyttymisvaiheen ajaksi. Aita jää paikoilleen ainakin kohdissa, joissa luiskausta ei voida tehdä maaperän kaivuutoimilla.

7.5 Tarvekilouhos

7.5.1 Tarvekilouhos hankevaihtoehtoissa

Tarvekiven louhinta hankevaihtoehtoissa on seuraava:

- VE0: Tarvekiveä muodostuu vain avolouhoksen louhinnan sivutuotteena
- VE0+, VE1.1. ja VE1.3: Tarvekiveä louhitaan louhintavaiheen 5 alueen pintaosista yhteensä noin 25 miljoonaa tonnia, mutta maksimilouhintamäärä yhdessä Hanhilehdon tarvekilouhoksen kanssa on 60 miljoonaa tonnia. Tarvekiven kokonaistarve vaihtelee käytännössä hankevaihtoehdittain, mutta YVA:n vaikutusarvioinneissa tarvekilouhosten koko on sama kaikissa hankevaihtoehtoissa.

Kaivosalueen sisäpuolella oleva tarvekilouhos louhitaan ensin ja tarvittaessa sen jälkeen siirrytään Iso Hanhilehtoon. Tässä vaiheessa ei suljeta pois mahdollisuutta, että kaivosalueen sisäpuolelta voidaan louhia tarvekiveä samaan aikaan kun louhinta on käynnissä myös Iso Hanhilehdon tarvekilouhoksessa.

7.5.2 Tarvekilouhoksen sulkeminen

Tarvekilouhokset luiskataan turvallisuussyistä kuten avolouhoskin. Luiskaaminen tehdään kaltevuuteen 1:4 tehdään vähintään siellä, missä luiskaus voidaan toteuttaa maaperässä, 2 m täyttyneen louhoksen vedenpinnan tason alapuolelle. Luiskauksesta saatavat maamassat käytetään joko tarvekilouhoksen alueen tai kaivannaisjätealueiden sulkemistöissä. Louhosalue pidetään aidattuna louhoksen vedellä täyttymisvaiheen ajan.

7.6 Teollisuusalue

7.6.1 Sulkemisen kannalta merkittävimmät rakenteet teollisuusalueella

Teollisuusalueen sulkeminen käsittää sekä rikastamon toimintoja, louhinnan koneiden varikkoja ja korjaamoja sekä henkilöstön tarvitsemia tiloja. Sulkemisen kannalta merkittävimmät rakennukset ja rakenteet luetellaan alla olevassa taulukossa 7-1.

Taulukko 7-1. Teollisuusalueella huomioitavat kohteet sulkemisvaiheessa.

Kunnostus- ja jälkihoitokohteet	Tarkennus
Rakennukset	Vesienkäsittely Päämurska Välimurskaamo Myllyhalli Räjähdevarasto Toimistorakennus Kaivostupa Rikasteiden käsittely Päävarasto Kaivoskorjaamo Kaivoskonekorjaamo Seulomo Jätevarasto Vaarallistenjätteiden halli. Säkkivarasto Kivinäyteteltta Halli 41 Näytteidenkäsittely Varastohalli
Rakenteet	Y1 Urakoitsijoiden varikkoalue Y2 Patourakoitsijan hallin pohja Y3 Huoltohalli Y4 Avolouhoksen huoltoalue Y5 Uusi huoltoalue Y6 Halli 41 Y7 Räjäytys varikkoalue 1 telttä Y8 Räjäytys varikkoalue 2 telttä Y9 Polttoaineen jakeluasema Y10 Lämpölaite, öljysäiliöiden varoallas Y11 Lämpölaite, öljysäiliöiden tankkausalue Y12 Rikkihapon vastaanotto Y13 Varastoteltta 14 ROM-pad (malmin välivarastoalue) Skyway (ramppi)

7.6.2 Teollisuusalueen sulkeminen

Mikäli uutta teollista toimintaa ei ole odotettavissa, teollisuusalueen kaikki rakennukset ja rakenteet puretaan.

Niiltä osin kuin purkamisessa vapautuu maamassoja, ne kierrätetään soveltuvilta osin jätealueiden sulkemistyöhön, mm. peittorakenteisiin. Soveltuvilta osin maamassoja voidaan käyttää myös maanpinnan muotoiluun purettavan kohteen alueella. Maamassat, joita ei voida käyttää maan pinnalla tai peittorakenteissa, käytetään peiterakenteiden alapuolisina muotoilumassoina.

Poistettavia maamassoja on viimeisimmässä kaivoslain mukaisessa vakuusarvioinnissa (AFRY Finland Oy 2025) oletettu muodostuvan seuraavasti:

- Asfaltin ja tiivisrakenteiden poistamisen yhteydessä poistetaan 0,5 metrin kerros alapuolista maata tai mursketta, joka voidaan sijoittaa kaivosalueelle.
- ROM-pad:n ja Skywayn osalta rakenteen purkumassoja rikastetaan tuotteeksi soveltuvilta osin (viimeisenä ennen rikastamon alasajoa) ja osa loppusijoitetaan uudelleen kaivosalueelle. Tässä vaiheessa jätealueiden rakenteisiin esim. peiton alapuolinen muotoilu oletetaan käytettäväksi 50 % ROM-pad:n ja skywayn purkumassoista (AFRY Finland Oy).

Yllä mainittujen haitta-ainepitoisten maamassojen ensisijaisiksi sijoituspaikoiksi oletetaan kaivannaisjätealueet, joilla mineraaliaineksen kemiallinen laatu on eniten samankaltainen. Kyseessä on kuitenkin kaivosalueen maa- ja kiviaineksista koostuva mineraalinen materiaali. Mineraalinen aines, jonka sekaan on jauhautunut malmia (ROM-pad:n ylimmät rakenneosat) rikastetaan soveltuvilta osin. Mahdolliset hiilivety-pilaantuneet ainekset kootaan erilliseen käsittelyyn kaivosalueella tai toimitetaan ulkopuoliseen käsittelyyn.

Asfaltti oletetaan osin kierrätyskelpoiseksi ja osin se toimitetaan kaivosalueen ulkopuolelle asianmukaiset luvat omaavaan sijoituspaikkaan.

Sulkemisvaiheessa teollisuusalueen alueturvallisuutta tarkkaillaan. Lisäksi ylläpidetään valmiutta poikkeavien tilanteiden varalle. Alueella ylläpidetään mm. valaistusta, aitoja ja portteja sekä palovaroitusjärjestelmiä, kunnes teollisuusalueen sulkeminen on saatettu riittävän turvalliseen tilaan.

7.7 Vesienhallinta

Vesienhallinnan lyhyt kuvaus sulkemisen eri vaiheissa on esitetty tiivistetysti taulukossa 7-2. Tarkemmin vesienhallintaa on kuvattu alla kappaleissa 7.7.1-7.7.3.

Taulukko 7-2. Sulkemisen vaiheet ja vesienhallinta ajanjakson aikana

Aikaväli	Aikavälin kuvaus	Aikavälin vesienhallinta
Lyhyt aikaväli	- Aikavälillä tehdään aktiivista sulkemistyötä toiminnan päättymisen jälkeen - Tavoitekesto kuusi vuotta toiminnan päättymisen jälkeen, mutta altaiden kuivatuksen takia kesto voi olla pidempi	- Sulkemisvaiheen vesienhallintarakenteiden rakentaminen - Vesiä johdetaan pumppaamalla - Aktiivinen vesienkäsittely on toiminnassa
Keskipitkä aikaväli	- Aikaväli aktiivisen sulkemisen valmistumisesta louhosjärven täyttymiseen asti - Hankevaihtoehdosta riippuen louhosjärven muodostuminen kestää 90-114 vuotta (tarkemmin asiasta luvussa 8.7)	- Pumppauksista aletaan luopua - Aktiiviseen vesienkäsittelyyn varaudutaan keskipitkän aikavälin alussa 10 vuoden ajan.
Pitkä aikaväli	Aikaväli louhosjärven ylivuodosta eteenpäin	- Pumppauksista on luovuttu - Vesien käsittelyyn varaudutaan louhoksen ylivuodon alkaessa

7.7.1 Lyhyt aikaväli

Lyhyen aikavälin aikana läjitysalueiden peittorakenteet ja vesien ohjaamisen rakenteet ovat rakenteilla. Alustava tavoitekesto tälle muutosvaiheelle on kuusi vuotta toiminnan päättymisestä. Altaiden kuivatus voi vaikuttaa aikajakson pituuteen. Lyhyen aikavälin vaiheessa vesiä ohjataan tarvittaessa pumppaamalla.

Sivukivialue

Sivukivialueelle rakennetaan peittorakenne, jonka ansiosta läjitysalueen läpi suotautuvan veden määrä vähenee. Alueelle satava vesi muodostaa enemmän puhtaita valumavesiä verrattuna peittämättömään alueeseen.

Sivukivialuetta ympäröi suotovesioja, joka kerää sivukivialueen läpi suotautuneita vesiä. Vesi ohjautuu suotovesiojasta sivukivialueen eteläpuolella olevalle pumppaamolle, joka pumppaa vedet kontaktivesialtaaseen. Suotovesiä ohjautuu myös suoraan avolouhokseen.

Sivukivialueen ympärillä on puhdasvesioja, jolla kerätään alueella muodostuvia puhtaita vesiä. Puhtaita vesiä voidaan ohjata suoraan ympäristöön Mataraojan suuntaan tai avolouhoksen pintaosiin.

Pinta- ja suotovesien ohjautumista louhoksen suuntaan tullaan tehostamaan sivukivialueen läjityksen muotoilulla ja ojituksilla. Suotovesiä ohjataan kontaktivesialtaan kautta muodostuvan louhosjärven syvänteeseen. Vastaavasti pintavesiä johdetaan muodostuvan louhosjärven pintaosiin puhdasvesialtaan kautta, louhosjärven kerrostumista tukien.

Rikastushiekka-alue

Rikastushiekka-altaan sulkemisen alussa allasta kuivatetaan ja likaantuneet kuivatusvedet pumpataan kontaktivesialtaaseen. Rikastushiekka-altaan kuivatuksessa käytetään mm. olemassa olevaa lauttapumppaamoja.

Rikastushiekka-alueen peittäminen alkaa alueen reunoilta, kun alue on kuivunut riittävästi. Peittorakenne suunnitellaan niin, että pintavalunta kertyy rikastushiekka-alueen keskelle. Rikastushiekka-alueelle aloitetaan avolouhokseen vesiä johtavan kuivatuskanavan (spillway) rakentaminen lyhyen aikavälin aikana. Peittorakenteen rakentamisen aikana rikastushiekka-alueen keskelle muodostuvat vedet voidaan ohjata veden laadun perusteella joko kontakti- tai puhdasvesialtaaseen.

Rikastushiekka-alueen läpi suotautuneet likaantuneet suotovedet kerätään rikastushiekka-alueen ympäriltä suotovesiojalla ja hyödyntäen jo aiemmin tehtyjä suotovesien keräyksen tehostamistoimia. Suotovedet johdetaan ojilla alueen pohjois- ja eteläosissa oleville pumppaamoille, joista vedet pumpataan kontaktivesialtaaseen.

Kevitsanvaaralta rikastushiekka-alueen suuntaan valuvat puhtaat vedet ohjataan ojituksella lounaaseen Kevitsanaavan suuntaan.

Avolouhos

Lyhyen aikavälin aikana avolouhoksen kuivatus on lopetettu ja se alkaa täyttyä puhtailla vesillä, joita ovat sadanta, luonnollinen pohjavesivirtaus, pintavedet avolouhoksen omalta valuma-alueelta ja pintavalunta sivukivialueen jo peitetyiltä osilta.

Kontaktivedet johdetaan kontaktivesialtaaseen ja sieltä ne ohjataan avolouhoksen pohjaosiin, mikä edistää louhosjärven kerrostumista. Tarvittaessa kontaktivesiä ohjataan aktiiviseen vesienkäsittelyyn.

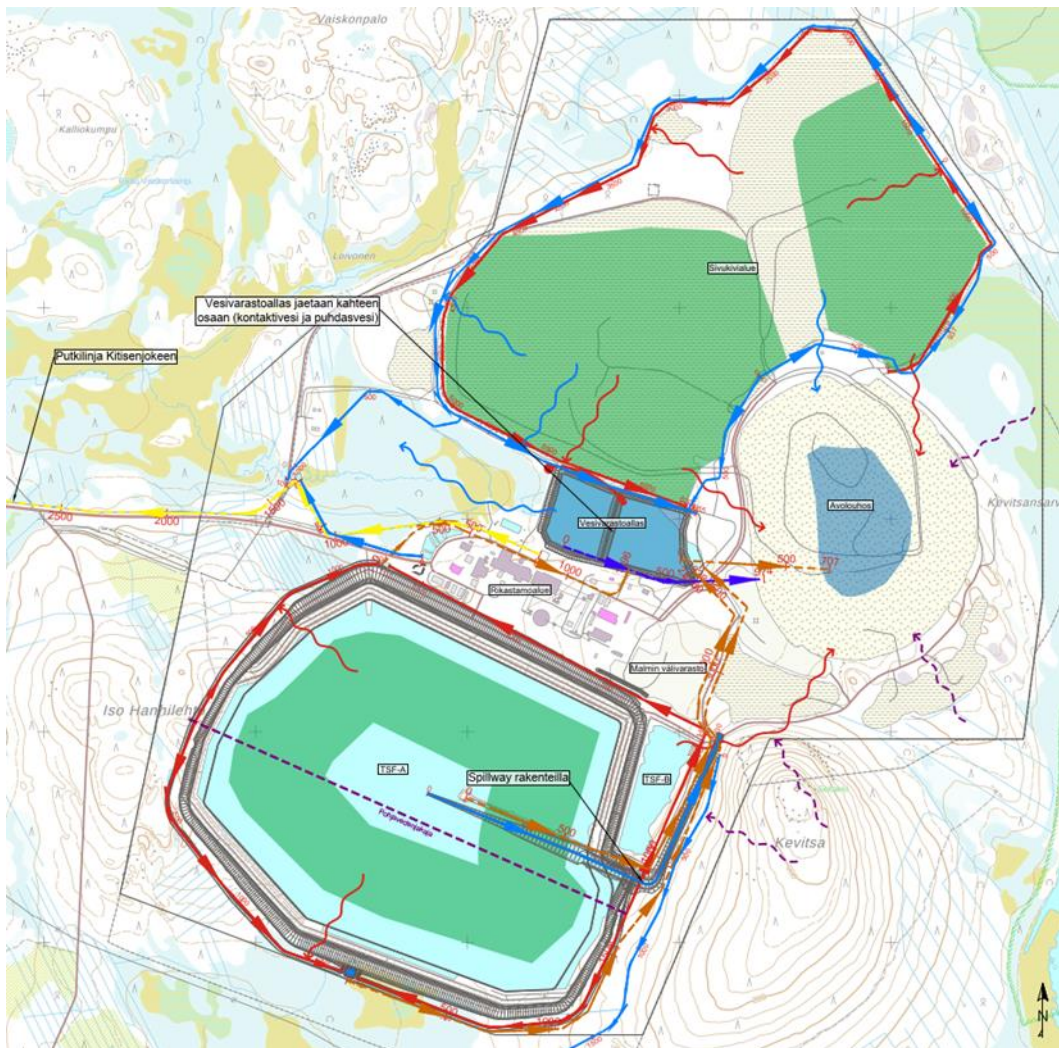
Kontakti- ja puhdasvesiallas

Vesivarastoallas jaetaan kahteen osaan padon avulla. Allas jaetaan kontakti- ja puhdasvesialtaisiin keskelle rakennettavan jakajapadon avulla.

Puhtaammat vesijakeet johdetaan altaan länsipuolen puhdasvesialtaaseen ja likaantuneemmat itäpuolen kontaktivesialtaaseen. Puhtaat vedet pumpataan louhoksen pintaosaan ja kontaktivesialtaasta vedet pumpataan lauttapumppaamalla louhoksen pohjalle. Kontaktivedet on suunniteltu ohjattavan 40 metriä vesipinnan alapuolelle (AFRY Finland Oy, 2020). Tarvittaessa kontaktivesiä ohjataan aktiiviseen vesienkäsittelyyn.

Vesienkäsittely

Kaivoksen toiminnan aikainen aktiivinen vesienkäsittely on käytössä myös lyhyen aikavälin aikana. Käsittely perustuu liukoisten metallien hydroksidisaostukseen kalkilla sekä kiintoaineen erotukseen.



Kuva 7-8. Vesienhallinta lyhyellä aikavälillä, kuvattuna vaihtoehtojen VE0 ja VE0+ mukaisesti. Punainen = suotovesi, sininen = pintavesi. Vihreä väri kuvastaa alustavasti sulkemisen etenemistä.

7.7.2 Keskipitkä aikaväli

Keskipitkällä aikavälillä sulkemisrakenteet ovat käytössä ja louhosjärvi täyttyy. Hankevaihtoehtoissa VE0 ja VE0+ louhos täyttyy noin 90 vuoden kuluessa toiminnan päättymisestä ja vaihtoehtoissa VE1.1 ja VE 1.3 noin 114 vuoden kuluessa.

Keskipitkän aikavälin vesienhallinta on lähes vastaava kuin lyhyen aikavälin.

Sivukivialue

Keskipitkällä aikavälillä sivukivialueen peittorakenne on toiminnassa ja se vähentää sivukivialueella muodostuvaa suotoveden määrää. Muodostuvat suotovedet kerätään suotovesiojalla ja pumpataan kontaktivesialtaaseen. Puhtaat pintavedet kerätään aluetta ympäröivillä ojilla. Sivukivialueen puhtaat valumavedet johtuvat louhosjärveen sekä ympäristöön riippuen sivukiven ja avolouhosjärven välisestä gradientista.

Rikastushiekka-alue

Rikastushiekka-alueen peittorakenne on toiminnassa vähentäen suotovesien muodostumista. Puhtaat pintavedet ohjataan kuivatuskanavan kautta louhoksen pintaosiin. Rikastushiekka-alueen pintavesien pumppaamosta luovutaan, kun rikastushiekka-alueen keskellä muodostuvien vesien laatu on riittävän hyvä.

Avolouhos

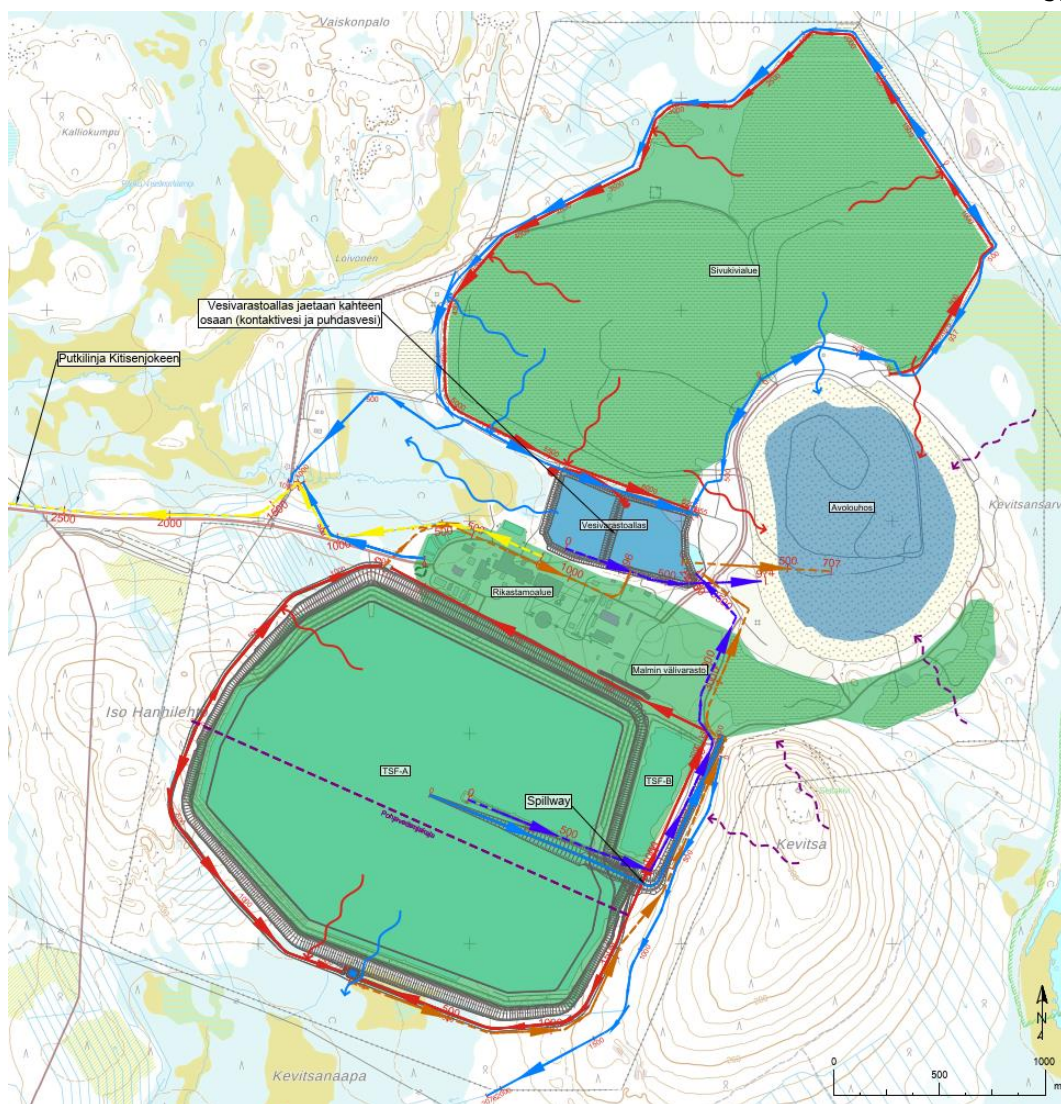
Avolouhoksen täyttyminen jatkuu keskipitkän aikavälin aikana. Puhtaammat vesijakeet johdetaan louhoksen pintaosiin ja kontaktivedet johdetaan syvemmälle louhokseen 40 metriä vedenpinnan alapuolelle. Avolouhokseen johdetaan vesiä putkilla, joiden purkupään korkeustaso muuttuu louhoksen vesipinnan mukaan. Vesien johtaminen ei jatku louhosjärven koko täyttymisvaiheen ajan, vaan siitä luovutaan keskipitkän aikavälin aikana.

Kontakti- ja puhdasvesiallas

Kontakti- ja puhdasvesialtaiden toiminta jatkuu.

Vesienkäsittely

Varaudutaan olemassa olevan aktiivisen vesienkäsittelylaitoksen huoltoihin keskipitkän aikavälin alussa 10 vuoden ajan.



Kuva 7-9. Vesienhallinta keskipitkällä aikavälillä, kuvattuna vaihtoehtojen VE0 ja VE0+ mukaisena. Punainen = suotovesi, sininen= pintavalunta.

7.7.3 Pitkä aikaväli

Pitkän aikavälin alussa (90-114 vuotta toiminnan päättymisen jälkeen hankevaihtoehdosta riippuen) avolouhos alkaa purkaa vesiä ympäristöön ja kuvaa toimintaa tästä eteenpäin.

Sivukivialue

Sivukivialueen puhtaat valumavedet johtuvat edelleen louhosjärveen sekä ympäristöön riippuen sivukiven ja avolouhosjärven välisestä gradientista. Vettä purkautuu ympäristöön alueen länsipuolelta ja johtuu Mataraojan suuntaan. Pitkällä aikavälillä sivukivialueen suotovesien kokoaminen lopetetaan ja suotovesien annetaan sekoittua pohjaveteen.

Rikastushiekka-alue

Rikastushiekka-alueen etelä- ja pohjoisosissa olevista suotovesipumppaamoista luovutaan ja suotovesien annetaan sekoittua pohjaveteen. Suotovesipumppaamoiden kohdalle rakennetaan purkureitti, jota pitkin vedet ohjataan hallitusti ympäröivään maastoon alueen eteläosasta Kevitsanaavan suuntaan sekä alueen luoteisnurkalta Mataraojan suuntaan.

Avolouhos

Pitkän aikavälin alussa louhosjärvi on täyttynyt ja ylivuoto ympäristöön alkaa. Avolouhoksen on arvioitu purkavan vettä louhosjärven länsipuolelta nykyisen vesivarastoaltaan ja pintavalutuskentän kautta Mataraojan suuntaan. Vesiä ohjataan kosteikon kautta, mikä viivyttää vesien purkautumista ja sitoo ja vähentää haitta-aineita.

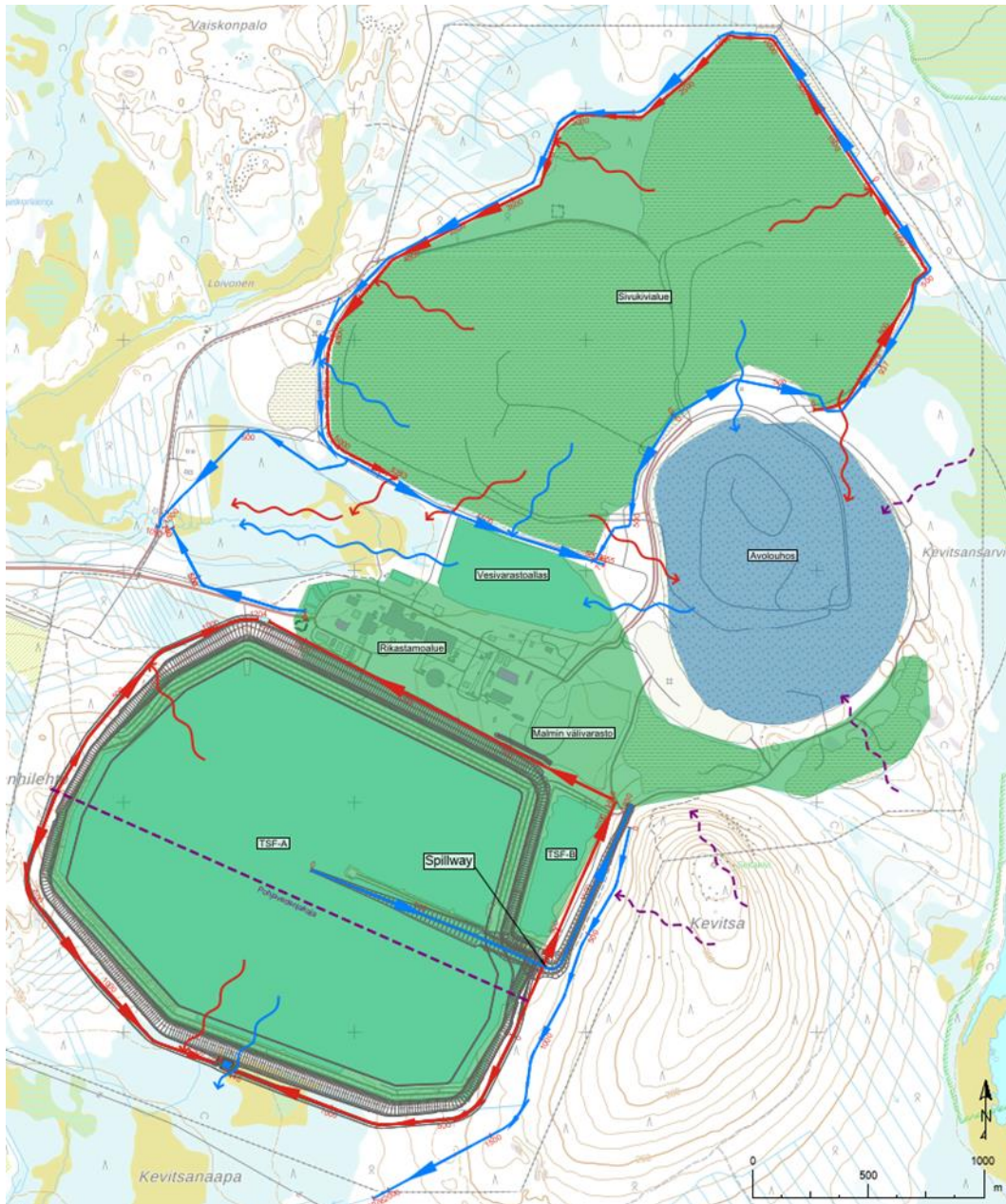
Kontakti- ja puhdasvesiallas

Kontakti- ja ei-kontaktivesialtaan rakenteita puretaan, jotta vesi saadaan ohjattua hallitusti altaasta pois. Kontakti- ja puhdasvesialtaan patoihin puhkaistaan purkureitti, jota pitkin vesi pääsee ohjautumaan ympäröivään maastoon. Avolouhoksen purkautumisreitit on arvioitu kulkevan kyseisen vesialtaan kautta.

Vesienkäsittely

Aktiiviseen vesienkäsittelyyn varaudutaan louhoksen ylivuodon alkaessa.

Käytössä ovat passiiviset vesienkäsittelymenetelmät. Louhoksen ylivuoto ohjataan kosteikon kautta. Vesien ohjaaminen kosteikon kautta viivyttää veden purkautumista ja vähentää haitta-aineiden kulkeutumista.



Kuva 7-10. Vesienhallinta pitkällä aikavälillä. Kuvattuna vaihtoehtojen VE0 ja VE0+ mukaisena. Punainen = suotovesi, sininen = pintavalunta.

7.7.4 Vesienhallintarakenteiden sulkeminen

Vesienhallinnan pumppauksista aletaan luopua keskipitkällä aikavälillä. Pumppauksista luovuttaessa pumpput ja pumppaamot poistetaan. Kun putkien käyttö loppuu, putket tulpataan ja lisäksi suuret putket täytetään maa-aineksella.

Pitkällä aikavälillä käytössä ovat passiiviset vesienkäsittelymenetelmät.

Kontakti- ja ei-kontaktivesialtaan rakenteita puretaan, jotta vesi saadaan ohjattua hallitusti altaasta pois. Kontakti- ja puhdasvesialtaan patoihin

puhkaistaan purkureitti, jota pitkin vesi pääsee ohjautumaan ympäröivään maastoon.

7.8 Muut toiminnan osat ja niiden sulkemistoimet

7.8.1 Louhitut kaivosmineraalit ja varastoidut kemikaalit

Sulkemissuunnitelman lähtökohtana on, että louhittu malmi rikastetaan ja rikaste myydään, jopa mahdollisessa väliaikaisen tai ennenaikaisen sulkemisen tilanteessa. Vastaava oletus koskee kemikaalivarastoja. Jo louhitun malmin rikastukseen käytetään rikastamolla jo varastoituna olevat kemikaalit. Poistettavaksi jää korkeintaan vähäisiä määriä kemikaaleja siltä osin, kuin niiden määrasuhteet eivät mahdollista käyttöä. Kaivoslain mukaisessa vakuusesityksessä (AFRY Finland Oy 2025) on huomioitu asianmukainen määrä kemikaalien palautuksia kemikaalitoimittajille.

7.8.2 Tieyhteydet

Pääosa tieyhteyksistä jätetään palvelemaan sekä ympäristönsuojelulain mukaisen tarkkailuvelvoitteen, että kaivoslain mukaisen seurannan hoitamista. Lisäksi tieyhteys palvelee pitkällä aikavälillä mm. metsätalouden tarpeita. Poistettavaksi oletetaan vain lyhyitä ajoväyläosuuksia, esimerkiksi ROM-pad:n yhteydestä. Poistettavat ajoväylät liittyvät siis ensisijaisesti poistettaviin rakenteisiin.

Teiden ylläpito palvelee ensisijaisesti ympäristötarkkailun tarpeita ja huomioidaan siksi myös ympäristölupakäsittelyjen yhteydessä tehtävässä vakuustarkastelussa.

7.8.3 Putkilinjat

Putkilinjoina huomioidaan purkuputkilinja Kitiseen sekä pintavalutuskentän ohituslinja. Putkilinjojen maapäälliset osat sekä pumppaamot puretaan. Tässä vaiheessa oletetaan ympäristön häiriintyvän vähemmän maanalaisten osien paikalleen jättämisestä kuin niiden purkamisesta.

7.8.4 Voimalinja

Voimalinja on yhtiön omistuksessa. Kyseessä on 5,7 kilometriä pitkä 110 kV:n suurjännitelinja, joka puretaan kaivoksen sulkemisen yhteydessä, mikäli sille ei ole tiedossa uutta käyttötarkoitusta.

7.9 Sulkemistyön vaiheet

Kevitsan sulkemistyötä tarkastellaan pääosin kolmen aikajakson puitteissa seuraavasti:

Lyhyt aikaväli eli aktiivisten sulkemistoimenpiteiden aika

- Sivukivialueen vaiheittainen sulkeminen suoritetaan jo tuotannon aikana niiltä osin kuin osa-alueita tulee lopulliseen täyttökorkeuteen. Loput sulkemusrakenteet toteutetaan toiminnan päätyttyä. Keskeisiä sulkemistöitä ja -rakenteita ovat muotoilu, peitto, pintavalunnan kanavajärjestelmä sekä suotovesien ja pintavesien erilliset kokoamisjärjestelmät.
- Rikastushiekka-altaan patojen peittäminen alkaa osittain jo tuotantovaiheen aikana, tukipenkereen saavuttaessa lopullisen laajuutensa. Lakialueen peittäminen edellyttää altaan kuivatusta ja peittorakenteen toteuttaminen aloitetaan nopeimmin kuivuvilta reunoilta. Rikastushiekka-alueen lakiosissa tarvitaan myös muotoilua pintaveden kanavarakenteen toteuttamiseksi.
- Vesivarastoallas jaetaan kahteen osaan, tukemaan puhtaiden pintavesien sekä suotovesien erillistä hallintaa.
- Vesienkäsittely on käytössä alkuvaiheessa toiminnan päättymisen jälkeen. Samaan aikaan kun esimerkiksi peittorakenteita toteutetaan, rakennetaan myös vesienjohtamisjärjestelmän siirtymää keskipitkän aikavälin vesienhallintaan. Toisin sanoen, lyhyellä aikavälillä poistuu vesienjohtaminen käsittelyn kautta Kitiseen ja korvautuu kontaktivesien johtamisella louhoksen syvänteeseen.
- Lyhyellä aikavälillä puretaan myös tarpeettomaksi käyneet rakennukset ja rakenteet.
- Tarkkailu on tässä vaiheessa yhä suhteellisen tiivistä.

Keskipitkä aikaväli

- Keskipitkä aikaväli käsittää lähinnä vesien johtamistoimia siten, että kontaktivedet johdetaan louhoksen syvänteeseen tehostaen kerrostumista. Pintaosiin johdetaan puhtaita vesiä.
- Tarkkailu jatkuu, joskin suppeampana kuin lyhyen aikavälin toimenpiteiden aikana.
- Louhosjärven täyttymisen lähestyessä luovutaan kaivannaisjätealueiden suotovesien pumppauksesta ja lopulta myös pumppausmahdollisuudesta louhosjärveen ja annetaan suotovesien sekoittua ympäristön vesiin (siirtymävaihe kohti pitkää aikaväliä).

Pitkä aikaväli

- Louhosjärven vesien purkamien ympäristöön aloitetaan. Vesivarastorakenteiden osittainen purku mahdollistaa tarvittavat muutokset pintavesien johtamisrakenteeksi.
- Siirrytään tarkkailemaan vesi- ja pohjavesivaikutuksia ns. lopputilanteen kulkeutumisreiteillä. Tarkkailu jatkuu, kunnes tilanne todetaan vakaaksi ja ympäristön kannalta kestäväksi.

8 Veden laadun ja kuormituksen arviointi sulkemisen jälkeiselle ajalle

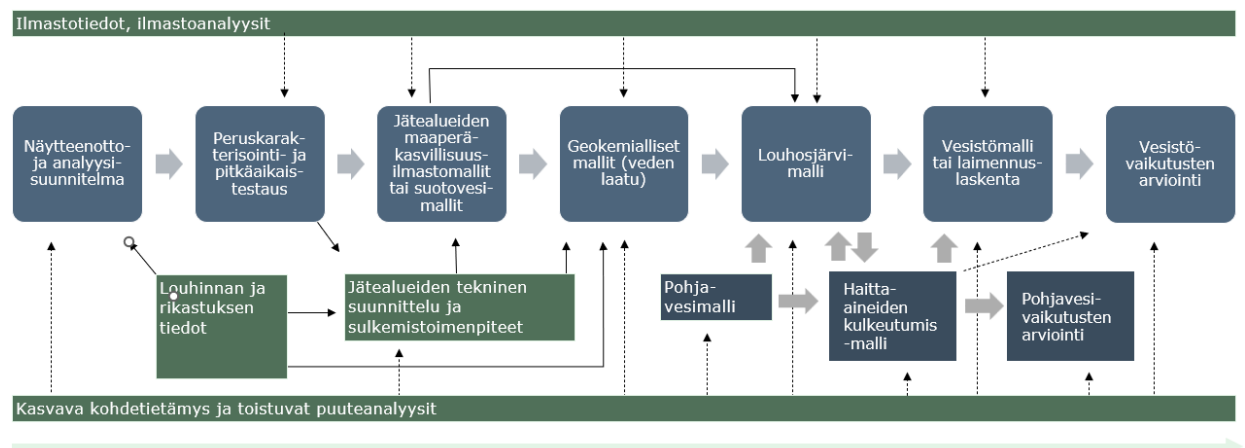
8.1 Sulkemisen jälkeisten vaikutusten mallintaminen

8.1.1 Mallinnusten ketju kokonaisuutena

Sulkemisen jälkeisten vaikutusten mallintaminen perustuu useisiin peräkkäisiin ja osittain myös rinnakkaisiin mallinnusvaiheisiin (Kuva 8-1).

Työn alkupäässä ovat fysikaaliset mallit (maaperä-kasvillisuus-ilmastomallit), joiden avulla määritellään kaivannaisjätealueille peittorakenteiden läpi suotautuvien vesien määrää ja kosteusolosuhteita peitossa. Työjatkumon alkupäässä on myös geokemiallisen aineiston tarkastelu, erityisesti kineettisen testauksen aineiston osalta. Yhdessä fysikaalisten mallien kanssa tätä työvaihe syöttää tulostietoja geokemiallisiin malleihin.

Haitta-aineiden kulkeutumista jätealueiden, louhoksen/louhosjärven ja ympäristön välillä tarkastellaan haitta-aineiden kulkeutumismallin avulla, joka puolestaan tarvitsee alustakseen hydrogeologisen mallin eli pohjaveden virtausmallin. Louhosjärvimalli ja haitta-aineiden kulkeutumismalli ovat joiltakin osin myös vuoropuhelussa, sillä louhosjärven täytyttyä myös louhosjärvestä kohdistuu virtausta ja aineiden kulkeutumista ympäristöön, vaikka louhosjärvi on myös alueilla liikkuvien aineiden vastaanottaja. Pintavesien osalta sulkemisen jälkeistä vesien kokonaiskiertoa käsitellään vesi- ja kuormatasemallissa. Sulkemisen jälkeen vesistöihin päätyvät ainemäärät määräytyvät kuormataseen ja haitta-aineiden kulkeutumismallin mukaisesti.



Kuva 8-1. Sulkemisen jälkeisten vaikutusten mallintaminen kaaviokuvana (Kevitsa).

8.1.2 Kaivannaisjätealueiden mallinnusmenetelmistä yleisesti

Kaivannaisjätealueiden sulkemisen jälkeisen kuorman mallinnus perustuu kahteen mallinnusvaiheeseen, fysikaaliseen veden määrän mallintamiseen sekä geokemialliseen veden laadun mallintamiseen. Fysikaalinen mallintaminen tarkoittaa maaperä-kasvillisuus-ilmastomallia, mutta allasmaisilla läjitysalueilla hyödynnetään myös vastaavia työkaluja kuin allasrakenteiden suunnittelun suotovesitarkasteluissa. Geokemialliselle mallille fysikaalisen mallin tulokset ovat osa lähtötietoja.

Kevitsan sivukivialueen maaperä-kasvillisuus-ilmastomallinnuksen on laatinut O’Kane Consultants (2021c), joka on vastannut myös pilottikokeiden suunnittelusta ja seurannasta. Tältä osin käytössä on jo aikaisemmin tuotettu malli (OKC 2018). Mallia on verifioitu pilottikokeiden tulosten avulla.

Sulkemisen jälkeiset suotovesimallit on laatinut O’Kane Consultants (OKC 2025). Geokemialliset mallit kaikilla kaivannaisjätealueilla on tuottanut MEM (2025, 2025b).

WSP on hyödyntänyt kyseisten mallien tuloksia sekä louhosjärvimallinnuksessa että haitta-aineiden kulkeutumismallinnuksessa, joita käsitellään tarkemmin luvuissa 8.10, 9.1 ja 9.2

Kaivannaisjätealueiden mallinnuksessa on hyödynnetty taulukkolaskennan ja (termodynaamisen) tasapainomallinnuksen yhdistelmää. MEM on käyttänyt tasapainomallinnuksessa USGS:n ohjelmistoa PHREEQC, versio 3.8.6–17100. Sitä on käytetty myös rikastushiekka-alueen reaktiivisen kulkeutumisen ja tasapainomallinnuksen suorittamiseen rikastushiekan pystysuuntaisessa profiilissa lakialueen profiilimallissa. Termodynaamisena tietokantana on käytetty Minteq.v4 kantaa. Kemiallista tietokantaa päivitettiin mallissa täydentävien aineiden osalta kirjallisuudessa julkaistujen tietojen perusteella.

8.1.3 Tarkempien mallinnusraporttien esittäminen

Tähän sulkemissuunnitelmaan ei ole liitetty mallinnusraportteja, koska tuotantovaihetta ja sulkemisvaihetta koskevat mallinnukset on pääosin raportoitu samoissa dokumenteissa. Nämä dokumentit ovat pääosin YVA-selostuksen liitteenä, joten niitä ei ole asetettu myös sulkemissuunnitelman liitteeksi, joka itsekin on YVA-selostuksen liite. Tässä sulkemissuunnitelmassa mallinnusraportteihin viitataan siksi kirjallisuusviitteenä. Viiteluettelossa on kuitenkin lisämaininta niiden viitteiden kohdalla, jotka ovat myös YVA-selostuksen liitteitä.

8.2 Sivukivialueen peittorakenteen pilottikokeet fysikaalisen tiedon tuottajana

8.2.1 Pilottikokeiden tarkoitus ja niiden suhde sulkemissuunnitteluun

Sivukivialueiden pilottikokeiden tarkoituksena on tuottaa tietoa peittorakenteiden rakentamisesta sekä niiden fysikaalisesta toiminnasta. Jätealueen yksittäisellä osalla toteutettavissa pilottikokeissa ei yleensä pyritä tuottamaan tietoa suotoveden laadusta tai ainakin huomioidaan rajoittunut edustavuus. Jätealueen mittakaavassa veden laatu muodostuu jätealueen eri osien ja eri syvyyksillä olevien kerrosten toiminnan yhteisvaikutuksena ja jätealueen pohjalta koottavassa suotovedessä jätealueen eri osien vedet ovat sekoittuneet. Pilotin veden laatu taas saattaa edustaa esimerkiksi vain jätealueen pintaosissa tapahtuvia asioita, erilaista viipymää tai erilaisessa neste-kiintoainekontaktisuhteessa muodostuvaa vettä. Pilotin veden laatu voi edustaa myös tilannetta, jossa kaivannaisjäte on ollut peittämättömänä lyhyemmän ajan kuin se tulee keskimäärin olemaan kyseisellä kaivannaisjätealueella, jolloin varastoituneiden hapettumistuotteiden määrä poikkeaa koko jätealueen tilanteesta sulkemisvaiheessa. Vaikka pilottikokeiden käyttömahdollisuuksiin kemiallisessa tarkastelussa liittyy rajoituksia, fysikaalisten tekijöiden tutkimiseen ne ovat erinomainen keino.

Pilottikokeissa tutkitaan rakentamisvaiheessa saavutettavia fysikaalisia ominaisuuksia, kuten tiivistysaste. Lisäksi peiton asentamisen jälkeen tutkitaan peiton läpi suotautuvan veden määrää sekä peiton eri osien lämpötilaa ja vesipitoisuutta. Lämpötila kertoo jäätymisriskeistä ja vesipitoisuus antaa välillistä tietoa, jonka avulla voidaan selvittää hapen kulkeutumista. Edellä mainitut fysikaaliset tiedot toimivat myös syötetietoina geokemialliseen malliin, joka edellyttää tietoja sivukiveen kulkeutuvan veden ja hapen määrästä.

Peittorakenteen toiminta on aina ilmastosta riippuvaa. Pilottikokeen aikana saadaan tietoa peiton toiminnasta vain rajallisessa määrässä ilmastollista vaihtelua. Tästä syystä maaperä-kasvillisuus-ilmastomalli on pilottikokeista huolimatta tärkeä työkalu peittorakenteen fysikaalisen toiminnan määrittelyssä. Mallin avulla peiton toiminnasta saadaan kuva erilaisten vuosien vaihtelun jatkumona. Pilottikokeet soveltuvat kuitenkin erinomaisesti fysikaalisten mallien kalibrointiin ja parantavat siten mallien luotettavuutta.

8.2.2 Sivukivialueen peittorakenteiden pilottikokeiden kuvaus

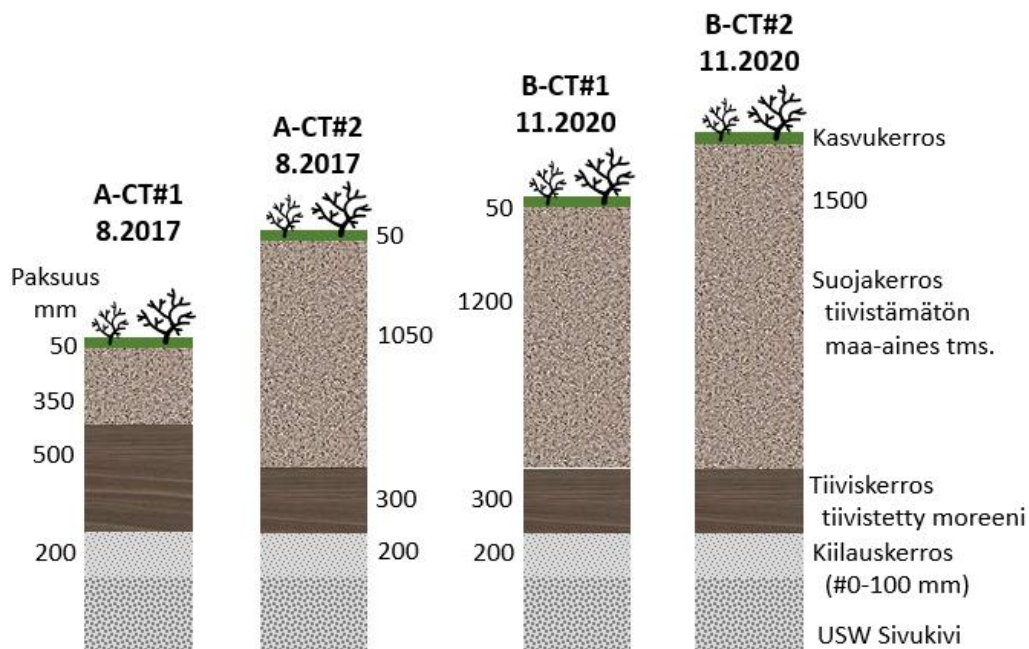
Peittorakenne suunniteltiin ottaen huomioon mm. sivukiven geokemialliset ominaisuudet sekä ilmasto-olosuhteet. Peittorakenteiden pilottitestausta on toteutettu useammassa vaiheessa.

Ensimmäiset koerakenteet (A-CT#1 ja #2) valmistuivat elokuussa 2017. Peittopilotissa A-CT#1 tiiviskerros oli tuolloin voimassa olleen ympäristöluvan (79/2014/1 11.7.2014) mukainen, mutta rakenteeseen oli lisätty ohuehko suojakerros. Toisessa tutkitussa peittovaihtoehdossa A-CT#2 sovellettiin ohuempaa tiiviskerrosta ja paksumpaa suojakerrosta roudan vaikutusta silmällä pitäen.

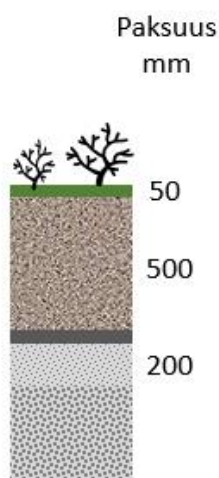
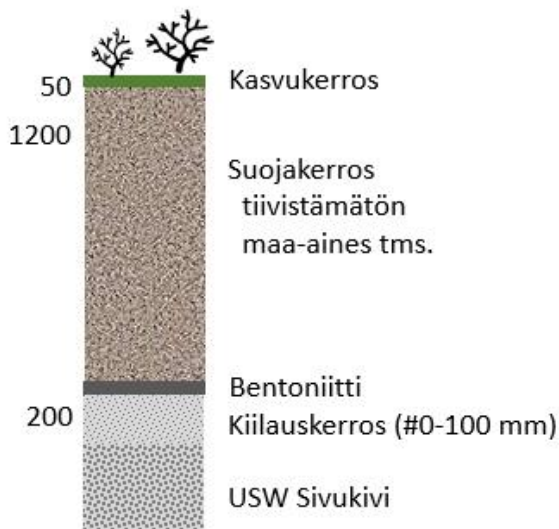
Seuraavassa pilottivaiheessa (marraskuu 2020) peittorakenteen suojakerroksen paksuutta lisättiin edelleen: kokeessa B-CT#1 suojakerroksen paksuus oli jo 1,2 metriä ja kokeessa B-CT#2 jopa 1,5 metriä. Paksumpi vaihtoehto perustui oletukseen, joka tehtiin haettaessa sivukivialueen korotuksen ympäristölupaa. Sulkemissuunnitelman päivittäminen ei vielä ollut valmis, mutta vakuuslaskentaa päivittäessä ei enää pidetty sopivana käyttää aiemman ympäristöluvan mukaista suhteellisen ohutta peittorakennetta. Niinpä vakuuslaskennassa oletettiin suojakerroksen paksuudeksi erittäin varovaisesti 1,5 metriä. Pohjois-Suomen aluehallintoviraston lupapäätöksessä nro 87/2019 lupamäärätystä peittorakenteesta ei muutettu, mutta vakuuksia koskeva lupamääräys perustui 1,5 metrin suojakerrospaksuuteen.

Lokakuussa 2021 aloitettiin lisäksi 2 koetta, joissa käytettiin bentoniittimattoa.

Pilottirakenteet esitetään kaaviokuvina Kuva 8-2 ja 8-3.



Kuva 8-2. Peittorakenteen pilottitestien kerrospaksuudet. Peitot, joissa tiiviskerroksena on moreeni.

BM#1 10.2021

BM#2 10.2021


Kuva 8-3. Peittorakenteen pilottitestien kerrospaksuudet. Peitot, joissa tiiviskerroksena on bentoniittimatto.

Koejärjestelyt instrumentoitiin monipuolisesti, jotta pilotista saataisiin tietoa kolmen tärkeimmän peittorakenteen ominaisuuden suorituskyvyn arvioimiseksi suoraan, sekä mallinnuksen lähtötiedoksi. Pilottipeittoihin rakennettiin:

- Automatisoidut olosuhdeanturit, jotka mittaavat vesipitoisuutta, matriksin imukykyä, sekä lämpötilaa peitossa ja sivukivikasan yläosassa 6 tunnin välein.
- Meteorologisen instrumentointina (vain B-CT#1) asennettiin sääasema, joka mittaa nettosäteilyä ja lumisyvyyttä
- Kaksi pintavalumaa mittaavaa asemaa. Nämä sijaitsevat koealueen juuressa ja mittaavat valumaa koko koealueelta (noin 9 ha).

Peittopilottien B-CT1# ja B-CT2# rakentaminen aloitettiin levittämällä moreeni rinteelle ja tiivistämällä se 92 % Proctor tiiviuteen. Ydindensometrillä varmistettiin tiiviys 150 millimetrin syvyydeltä (rakenteen puoliväli) yhteensä 36 kohdasta peittorakenteen tiiviskerrosta. Tiiviskerroksen päälle ajettiin 1,2 (B-CT#1) tai 1,5 metriä (B-CT#2) tiivistämätöntä moreenia.

SPA-mallinnuksen lähtötietona hapen kulkeutumiselle käytettiin 3–4 mol/m²/vuosi. Hapen kulkeutuminen voidaan laskea diffuusiomallin perusteella, kun tiedetään peittorakenteen vedelläkyllästysaste. Vedelläkyllästyneisyyttä voidaan mitata pilotissa luotettavasti, toisin kuin hapenkulkeutumista. hapen kulkeutumisen mittaaminen on ylipäänsä haasteellista, mutta pilotissa reunavaikutus tarkoittaa sitä, luotettava mittaaminen ei olisi lainkaan mahdollista.

8.2.3 Pilottikokeiden tuloksia, hapen kulkeutuminen

Alhaisin vedelläkyllästysaste oli peittopiloteissa seuraava (OKC 2022):

- Rakenne B-CT#1 (2020–2021): 75–80 %
- Rakenne B-CT#1 (2021–2022): 80–85 %
- Rakenne B-CT#2 (2020–2021): 80–85 %
- Rakenne B-CT#2 (2021–2022): 90–95 %

Pilottikokeen tulokset ovat samansuuntaisia kuin yleinen tulkinta: paksumpi suojakerros puskuroi paremmin kosteudenvaihteluita ja tasoittaa tiiviskerroksen vedelläkyllästysasteen muutoksia, jolla taas on vaikutusta hapenkulkeutumiseen.

Tässä yhteydessä on syytä huomioida, että vuonna 2021 sadanta oli Sodankylässä keskimääräistä suurempi. Suhteellisen märkänä vuonna moreenipeitteiden vedelläkyllästysaste tyypillisesti kohoaa ja vastaavasti hapen kulkeutuminen vähenee. Lisääntyvä sade vähentää hapen pääsyä sivukiviin.

Peittopilotista mitattu vedelläkyllästysaste oli korkeampi kuin mallinnettu vedelläkyllästysaste. Toisin sanoen, hapen kulkeutumisen estämisen osalta peitto toimii nykytiedon valossa odotettua paremmin. Hapen diffuusio pilottikokeessa johdettiin vedelläkyllästysasteesta laskennallisesti (OKC 2022):

- Rakenne B-CT#1 (2020–2021 ja 2021–2022): 3 mol/m²/vuosi
- Rakenne B-CT#2: 80–85 % (2020–2021): 1,2 mol/m²/vuosi
- Rakenne B-CT#2: 90–95 % (2021–2022): 0,5 mol/m²/vuosi

Bentoniittimatto-versioille pilottirakenteista ei johdettu hapen kulkeutumista, mutta rakenteiden toimiessa odotetulla tavalla hapen kulkeutumisen voidaan olettaa olevan <1 mol/m²/vuosi.

Suuruusluokan hahmottamisen tueksi voidaan vielä esittää tavoitearvotasoja. Kun hapen kulkeutuminen on suuruusluokkaa 3 mol/m²/a, kyseessä on hyvin tehokas hapen kulkeutumisen rajoittaminen. Kun keskustellaan suuruusluokasta 1 mol/m²/vuosi, ollaan alhaisimmassa tavoitetasossa, jota sulkemissuunnittelussa voidaan perustellusti käyttää millään rakenneratkaisulla. Asiaa käsitellään mm. kansainvälisesti arvostetun Mitigation of the environmental impact from mining waste (MiMi)-projektin raportoinnissa (Höglund ja Herbert 2004) ja tavoiteasettelukäytäntö on globaalistikin vakiintunut. INAP (2017) luokittelee peittorakenteen happivuon hyvin alhaiseksi, jos se on korkeintaan 1 mol/m²/vuosi ja alhaiseksi jos se on 1–10 mol/m²/vuosi.

8.2.4 Pilottikokeiden tuloksia, veden suotautuminen peiton läpi

SPA-mallin (2019) mukaan sivukivialueen lakialueella läjitykseen suotautuisi 29 % vuosisadannasta ja luiskien alueella 24 %. Tässä oletetaan tiivisosan k-arvoksi $1 \cdot 10^{-8}$ m/s. Näin ollen, SPA-mallin tuloksia hyödyntävä geokemiallinen malli sai syötteen vedenläpäisymäärät 125 mm/a luiska-alueilla ja 155 mm/a lakialueilla.

Suotovesimallissa OKC 2019) suojamoreenin paksuus oli 1,2–1,5 metriä. SPA malliin kalibroitiin pilotin perusteella tiiviskerroksen k-arvoksi $2 \cdot 10^{-8}$ m/s (B-CT#1) ja $3 \cdot 10^{-8}$ m/s (B-CT#2).

Veden suotautuminen peiton läpi pilottikokeessa (OKC 2022, 2025b) prosenttiosuutena vuosisadannasta ja sadantamillimetreinä (PPT = sadanta):

- Rakenne B-CT#1 (2020–2021; PPT 496 mm): 35 % / 172 mm
- Rakenne B-CT#1 (2021–2022; PPT 359 mm): 24 % / 85 mm
- Rakenne B-CT#1 (2022–2023; PPT 542 mm): 35 % / 190 mm
- Rakenne B-CT#1 (2023–2024; PPT 565 mm*): 24 % / 136 mm

- Rakenne B-CT#2 (2020–2021): 32 % / 161 mm
- Rakenne B-CT#2 (2021–2022): 34 % / 123 mm
- Rakenne B-CT#2 (2022–2023): 32 % / 178 mm
- Rakenne B-CT#2 (2023–2024): 26 % / 146 mm

- Rakenne BM#1 (2022; PPT 359 mm): 1 % / 3 mm (1 %)
- Rakenne BM#1 (2023; PPT 542 mm) mittaus ei käytössä
- Rakenne BM#1 (2024; PPT 565 mm): 3 % / 18 mm (3 %)

- Rakenne BM#2 (2022; PPT 359 mm): 3 % / 13 mm (1 %)
- Rakenne BM#2 (2023; PPT 542 mm) mittaus ei käytössä
- Rakenne BM#2 (2024; PPT 565 mm) mittaus ei käytössä

*) Sadanta Sodankylän mittausasemalta paikallisen mittauksen sijasta.

Pilotissa peittorakenteen läpi suotautuvan veden määrä peiton läpi oli jonkin verran suurempi kuin mallinnuksessa käytetyn peiton, pois lukien B-CT#1 seurantajakso 2021–2022. Vuonna 2021 sadanta oli Sodankylässä keskimääräistä suurempi, mikä näkyy kauden 2020–2021 pilottikoetuloksissa. Myös sateiden jakautuminen ja haihduntaolosuhteet vaikuttavat merkittävästi läpisuotautumiseen.

On myös huomioitava, että peittopilotin 2021–2022 olosuhteet eivät kaikilta osin vastaa mallinnusta. Mallissa 50 % pinta-alasta oli määritelty kasvipeitteiseksi ja juuristosyvyudeksi oli määritelty 0,2 metriä, mikä lisää sekä vedenpidätystä että haihduntaa. Pilotit ovat kuitenkin niin uusia, ettei kyseistä kasvipeitettä ja juuristosyvyyttä vielä ole.

SPA-mallinnuksessa vuodelta 2021 (OKC 2021c) tehtiin herkkyystarkastelu käyttäen tiiviskerrokselle lakialueella eri vedenjohtavuusarvoja. Kyseessä oli osin mitatuilla arvoilla päivitetty tarkastelu verrattuna kappaleen 3 teoreettisen peiton malliin:

- $3 \cdot 10^{-8}$ m/s: suotauma oli 37 % vuosisadannasta
- $1 \cdot 10^{-7}$ m/s: suotauma oli 45 % vuosisadannasta

Vedenjohtavuuden kasvu noin kolminkertaiseksi tarkoitti siis peiton läpäisevän veden määrän kasvua noin viidenneksellä.

Voidaan todeta, että pilotissa käytetyt rakenteet B-CT#1 ja B-CT#2 kummatkin vastaavat tyydyttävästi SPA mallinnuksessa käytettyjä arvoja vedenläpäisyn toimintatavoitteen osalta. Raportoiduille tarkkailujaksolle (OKC 2021a, b) osui keskimääräistä sateisempia vuosia, joten olosuhteet kuvaavat jokseenkin myös tulevaisuudelle oletettua ilmastoa. Kasvillisuuden kasvu peiton päälle tulee vähentämään vedenläpäisyyä, siten mallinnuksen ja pilotin tulokset vastaavat entistä paremmin toisiaan. Suojakerroksen paksuudella ei ole merkittävää vaikutusta vedenläpäisyyteen. Yleisesti ottaen, suojakerroksilla on tavallisesti merkitystä nimenomaan sadannan vesivarastona ja mittava suojakerros voi joissakin olosuhteissa lisätä haihduntaa.

Toimintatavoitteen saavuttamisen edellytykseksi asetettu tiiviskerroksen k-arvo $1 \cdot 10^{-8}$ m/s on saavutettavissa käytetyin metodein, mutta hydraulinen johtavuus ei toteutunut tasaisesti vaan toteutumaan mitattiin sekä mallinnuksessa käytettyä hydraulista johtavuutta suurempia että pienempiä arvoja. Kuitenkin keskiarvona päästiin hyvin lähelle oikeaa arvoa eli voidaan katsoa mallinnuksen ja pilotin vastaavan riittävästi toisiaan. Mikäli peiton k-arvoksi määräytyisi toteuman huonoin arvo ($1 \cdot 10^{-7}$ m/s), vedenläpäisyn osalta arvot lisääntyisivät noin 20 %.

8.2.5 Routa pilottikokeissa

Kauden 2020–2021 aikana talvikauden eli marraskuu-huhtikuun keskilämpötila oli -5,4 °C Sodankylän Tähtelän mittausasemalla ja Kevitsan asemalla -5,8 °C, eikä poikennut merkittävästi 10 vuoden keskilämpötilasta. Maksimi jäätymissyvyys oli noin 60 cm kummallakin B-CT rakenteella. (OKC 2022)

Kauden 2021–2022 aikana Kevitsan (ja Sodankylän) sääasemilla mitattiin jälleen melko normaali talven keskilämpötila ($-6,0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Jäätyminen eteni kuitenkin pilottikokeissa selkeästi syvemmälle kuin ensimmäisen kauden aikana. Kokeessa B-CT#2 eli paksumman suojakerroksen rakenteessa jäätyminen ylsi maksimissaan syvyydelle 195 cm eli tiiviskerrokseen. Kokeessa B-CT#1 jäätyminen eteni syvyydelle 125 cm eli juuri tiiviskerroksen yläreunaan. Jäätyminen mitattuun etenemiseen vaikuttavat useat tekijät, kuten mittausrakenteiden sijainti ja siten materiaalin luontaisen vaihtelun heijastuminen tuloksiin, tuuliolosuhteet ja siten lumipeitteen paksuus, sekä mahdollinen reunavaikutus. B-CT#2:ssa ulkoreunan pituuden suhde kokonaispinta-alaan on suurempi kuin kokeessa B-CT#1.

Kauden 2022–2023 aikana jäätymissyvyyden olivat jälleen pienempiä, B-CT#1:ssa 60 cm ja B-CT#2:ssa 85 cm (OKC 2025b). Erityisesti alkuvuosi 2023 oli tavallista lämpimämpi (Säätietoarkisto 2025). Kauden 2023–2024 aikana jäätymissyvyyden olivat jälleen pienempiä, B-CT#1:ssa 60 cm ja B-CT#2:ssa 125 cm (OKC 2025b). Loppuvuosi 2023 ja tammikuu olivat keskimääräistä kylmempiä, mutta kevättalvi 2024 keskimääräistä lämpimämpi.

Pilottikokeissa mitatut roudan syvyydet esitetään taulukossa 8-1.

Taulukko 8-1. Eri pilottikokeissa mitatut jäätymissyvyydet kausittain, cm.

	B-CT#1	B-CT#2	BM#1	BM#2
2021	60	60		
2022	125	195	64	120
2023	60	85		
2024	60	125	54	80

Myös suojakerrosmateriaalin vedelläkylästyneisyysaste pakkaskauden alkaessa voi vaikuttaa lämpötilaprofiiliin ja roudan etenemiseen peittorakenteessa.

8.3 Sivukivialueen vesien laatu sulkemisen jälkeen

8.3.1 Poimintoja geokemiallisen mallin konseptualisoinnista

Geokemiallisen mallin konseptualisoinnilla tarkoitetaan mallin käsitteellistä kuvausta. Käsitteellinen kuvaus sisältää ne vaikutusmekanismit, jotka varsinaisessa mallissa käsitellään numeerisesti. Geokemiallisen testauksen perusteella tiedetään, että sivukivialueella muodostuu pitkällä aikavälillä neutraalia metallipitoista valumaa (mitä voidaan kuvata myös suolaisena

metallipitoisena valumana). Suotovesi sisältää kohonneita metallipitoisuuksia (esim. Ni), sulfaattia, liukoisia suoloja (esim. Na) ja räjäytysaineidenjäämiä (esim. nitraatti).

MEM:n (2019) mukaan kineettisen testauksen (MEM 2025c) ja cut-off-pitoisuuksien työn (MEM 2025d) perusteella sivukivialueen toiminnan kannalta keskeisiä seikkoja ovat seuraavat:

- Kapseloitava sivukivi (CW, Captured Waste) voi muodostaa happamia vesiä ja siksi hallinnan keskeinen painopiste on kyseisen materiaalin tunnistaminen ja tiiviskapselointi.
- Tavanomainen sivukivi (UNW, Unusable Waste) ei ole keskimäärin happoa muodostavaa, mutta se voi aiheuttaa neutraalia metallipitoista /suolaista valumaa. Materiaalia syntyy huomattavasti suurempia määriä kuin kapseloitavaa sivukiveä. Materiaali kuitenkin sijoitetaan noin 5 metrin syvyyteen sivukivialueen ulkoreunasta.
- Tarvekivi (USW, Useable Waste) on happoa tuottamatonta materiaalia. Tarvekiven (USW:n) määrä on kuitenkin pienempi kuin tavanomaisen sivukiven (UNW:n) ja sitä on priorisoitu käytettäväksi rakennuskohteissa sekä sivukivialueen uloimmassa kerroksessa.
- Täydentävää tarvekiveä tai ympäristösivukiveä (EW, Environmental waste rock) voidaan käyttää vastaavasti kuin ns. vanhaa tarvekiveä (USW).

Sulkemisen jälkeen haitalliset vaikutukset vähenevät ajan myötä seuraavien teknisten toimenpiteiden ansiosta:

- Hapen pääsyn rajoittaminen: Hapen pääsyä sivukiveen rajoitetaan peittorakenteella, jonka asentaminen alkaa vaiheittain jo toiminnan aikana. Tämä vähentää sulfidien hapettumista.
- Nettosuotauman hallinta: Veden suotautumista peiton läpi voidaan hallita peiton asentamisella, joka alkaa vaiheittain jo toiminnan aikana, mikä sulkemisen jälkeen vähentää sulfidien hapettumisen mahdollisuutta.
- Korkearikkisen eli kapseloitavan sivukiven (CW) tehokas kapselointi toiminnan aikana vähentää tehokkaasti sulfidipitoisimman materiaalin hapettumista.

Lähteiden tarkastelua:

- Sulfideista määrällisesti merkittäviä ovat erityisesti rautasulfidit, rikkikiisu ja magneettikiisu. Perusmetallisulfideista merkittävimpiä ovat pnetlnadiitti ja kuparikiisu. Eri kiisumineraalit toimivat eri metallien lähteenä: pentlandiitti (Fe, Co, Ni), kuparikiisu (Cu, Fe), rikkikiisu ja magneettikiisu (Fe).

- Karbonaattimineraalit (kalsiitti ja dolomitti) voivat toimia bufferina pH-alueella 6-8,5. karbonaateista vapautuvia aineita ovat mm. Ca, Ba, Mg, Mg, Mn ja Sr.
- Silikaateista keskeisiä aineiden lähteitä ovat mm. oliiviini ja enstatiitti. Nämä voivat toimia buffernina pH-alueella 4-5,6. Niistä vapautuvia metalleja ovat, joskin pieninä määrinä, Co, Fe, Mg, Mn ja Ni.
- Kineettisessä testauksessa vapautuvasta kaliumista on päätelty, että jokin silikaateista, oletettavasti killemineraali, rapautuu suhteellisen nopeasti ja toimii osaltaan keskeisenä bufferina.
- Keskeiset haitta-aineet pysyvät liukoisena kohtuullisesti myös neutraalissa pH:ssa, mutta niiden pidentyminen kasvaa (aineesta riippuen eri määrin pH 7,5 yläpuolella).
- Kevitsan sivukivelle keskeisten haittametallien (Co, Cu, Ni) vapautumiseen vaikuttaa ensisijaisesti pentlandiitin ja kuparikiisun määrä.
- Muiden metallien lähde on kaikille kivijakeille jokseenkin samankaltainen vähäinen silikaattirapautuminen.
- Mineralogisesti eri kivijakeet ovat hyvin samankaltaisia, erot ovat määräsuhteissa.
- Sorptio on keskeisin veden laatua säätelevä tekijä. Sorptiota säätelevät sekä pH että sorptiopintojen ja kersaostajien saatavuus.
- Keskeisin lopullinen päästölähde sivukivessä sekä sulfaatin että metallien osalta muodostuu sekundäärimineraalien purkautumisesta, erityisesti kipsin ja epsomiitin hajoamisesta. Varsinkin kipsin liukoisuus kytkeytyy liukoisuutta sääteleviin saturaatiotekijöihin.
- Suolat, kuten natriumin ja kaliumin kloridit sekä räjähdysainejäämiin liittyvät suolat ovat kaikille kivijakeille samankaltaisia, sulfidien hapettumisesta muodostuviin tuotteisiin verrattuna suhteellisen lyhytkestoisia päästölähteitä.
- Silikaattien merkitys päästölähteenä jää vähäiseksi.
- Hienoaines on merkittävin vapautuvien aineiden lähde sekä sulfidien että karbonaattien osalta.
- Kineettisessä testausohjelmassa on todettu, että sivukivialueella tapahtuu karbonaatiota, jonka lähdeaineina toimivat ilmakehän hiilidioksidi sekä magnesiumsilikaatit.

8.3.2 Poimintoja geokemiallisen mallinnuksen tuloksista

Geokemiallisen mallinnuksen keskeisiä havaintoja (MEM 2025) 200 vuoden mallinnusjaksolta:

- Kaikissa WRSF-skenaarioissa sivukivikerroksen karbonaattipuskurikapasiteetin arvioidaan riittävän neutraloimaan kaikissa vaiheissa syntyvä happamuus. Puskurikapasiteetti riittää pitämään huokosveden pH:n neutraalilla tai lievästi emäksisellä alueella

(>pH 7,5) koko mallinnusjakson ajan. Tämän seurauksena huokosveden ja suotovesien keskeisten pH-herkkien metallien tai metalloidien pitoisuuksien ennustetaan pysyvän pitkällä aikavälillä hallinnassa verrattuna tilanteeseen, jossa pH olisi hapan.

- Malli olettaa, että suurin osa happamuuden puskuroinnista tapahtuu primäärysten karbonaattien avulla, eikä muita lähteitä ole otettu huomioon. Kineettiset testitulokset viittaavat kuitenkin siihen, että kaliumia sisältävien reaktiivisten silikaattien liukeneminen tarjoaa todennäköisesti merkittävää lisäpuskurointia. Lisäksi kineettiset testitulokset ja MEM:n aiemmat tutkimukset viittaavat siihen, että silikaattien karbonatisoitumista (CO₂:n reaktio silikaattien kanssa) saattaa myös tapahtua, johtuen kaivannaisjätealueen erityisestä mineralogiasta, mikä voi johtaa sekundääristen karbonaattien muodostumiseen. Näin ollen malli on todennäköisesti konservatiivinen happamuuden puskurointikyvyn suhteen mallinnetulla ajanjaksolla.
- Lopullisen moreenipeitteen asentamisen ennustetaan vähentävän merkittävästi pitkän aikavälin hapon/sulfaatin muodostumisnopeutta kaikissa vaiheissa.
- Keskeisten metallien ja metalloidien pitoisuuksien ennustetaan laskevan merkittävästi mallinnusjakson loppuun mennessä – esimerkiksi nikkelin ja koboltin pitoisuudet vähenevät vuoteen 2200 mennessä yli 85 prosenttia huippuarvoista. Huippuarvot esiintyvät jo ennen sulkemista.
- Sulfaatin ja siihen liittyvien keskeisten metallien (Ni, Co) pitoisuuksien ennustetaan olevan samankaltaisia kaikissa skenaarioissa peittorakenteen asentamisen jälkeen. Ennen sivukivialueen peittämisen loppuunsaattamista, korkeimmat pitoisuudet havaitaan skenaariossa VE1.1.
- Happamuuden muodostumisen ennustetaan olevan suurempaa alkuvuosina vanhimpien täyttövaiheiden alueilla (1A–3A), koska nämä vaiheet ovat avoinna pidempään ennen lopullista peittämistä, toisin sanoen näillä alueilla toteutuu pidempi ajanjakso, jolloin hapen pääsy on rajoittamatonta.
- Sivukivialueen täyttövaiheita ei suljeta tiukassa järjestyksessä ennen viereisen vaiheen täyttöö, joten mallia on päivitetty huomioimaan jatkuva sulfidien hapettuminen ja varastokuorman muodostuminen kussakin vaiheessa siihen asti, kunnes vaihe on täysin peitetty.
- Hapen hallinnan tehokkuudella on merkittävä vaikutus sekä toiminnan aikana että sulkemisen jälkeen (peittojärjestelmän toimivuus).
- Mallin tulosten validointi kenttäaineiston (veden laadun seuranta) ja kineettisten testien avulla osoittaa, että malli tuottaa kohtuullisen tarkkoja tuloksia. Tulokset vastaavat laskennallisia (teoreettisia) liukoisuusrajoja ja mineraalien kyllästysindeksejä, mutta myös empiiristä dataa.

- Mallin tulosten vertailu kohteen tarkkailutietoihin osoittaa, että tulokset vastaavat kohtuullisesti sekä arvojen vaihteluväliä että arvojen keskinäisiä suhteita (esimerkiksi typen ja sulfaatin, magnesiumin ja kalsiumin, nikkelin ja mangaanin välillä), mikä viittaa siihen, että malli tuottaa kohtuullisia ja edustavia tuloksia suhteessa nykyisiin olosuhteisiin kohteessa.

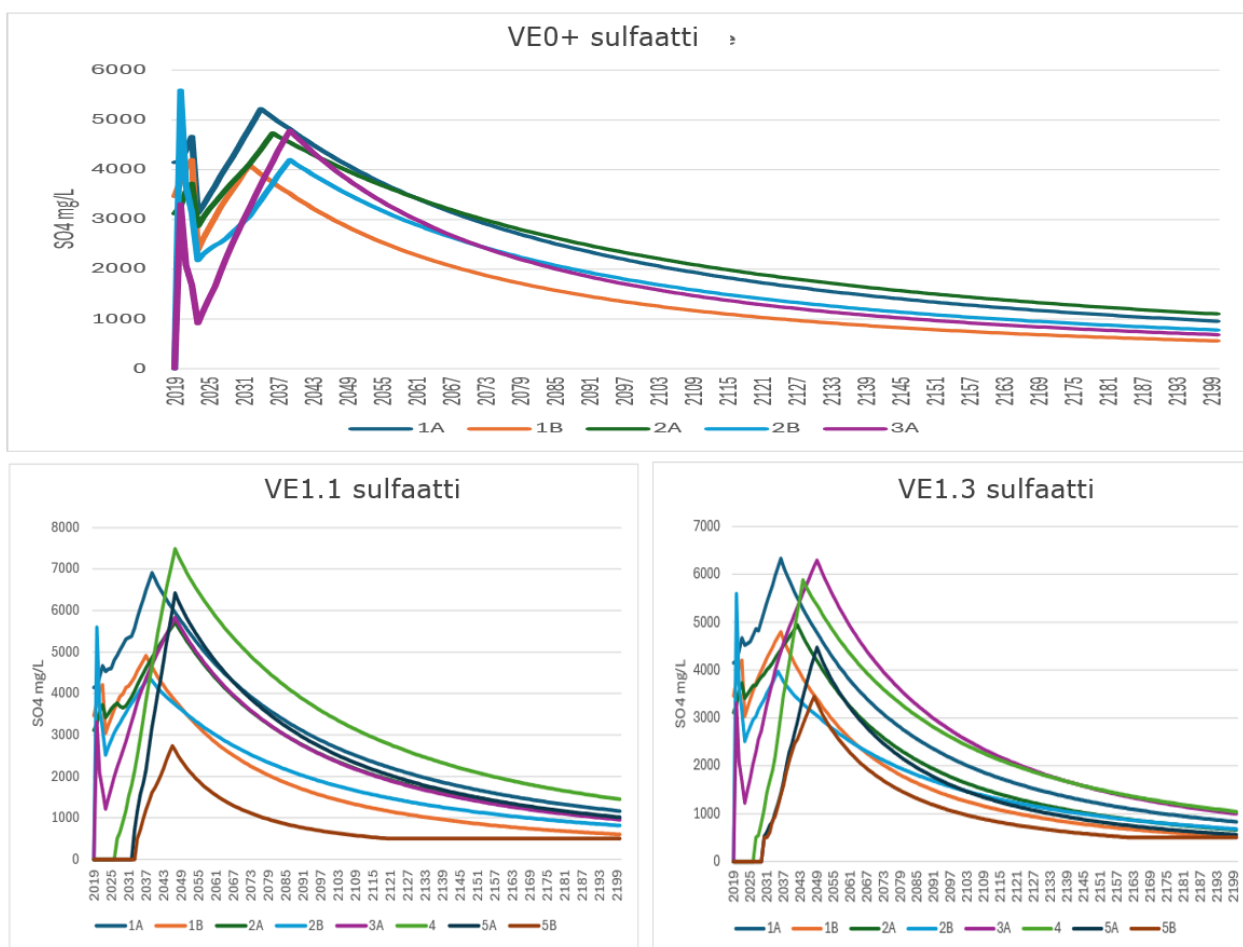
8.3.3 Sivukivialueen suotoveden laatu

Sivukivialueen päästöt ovat viitteellisiä ja riippuvat mm. läjityksen vaiheistumisesta, aikataulusta sekä peittämisen ajoittumisesta. Lisäksi vanhimmissa osissa vaikuttavat edelleen toiminnan alkuvaiheen läjitysratkaisut, joissa hallintatoimenpiteitä oli käytössä vähemmän. Veden laatua koskevat mallit ovat siis aina viitteellisiä ja jätettä koskevan tiedon lisäksi vahvasti riippuvia suunnittelun tarkkuudesta ja lopullisuudesta.

Veden laatu kehittyy eri tavoin eri aikoina läjitettävissä sivukivialueen osissa. Mallit perustuvat vuonna 2025 laadittuun läjityssuunnitelmaan.

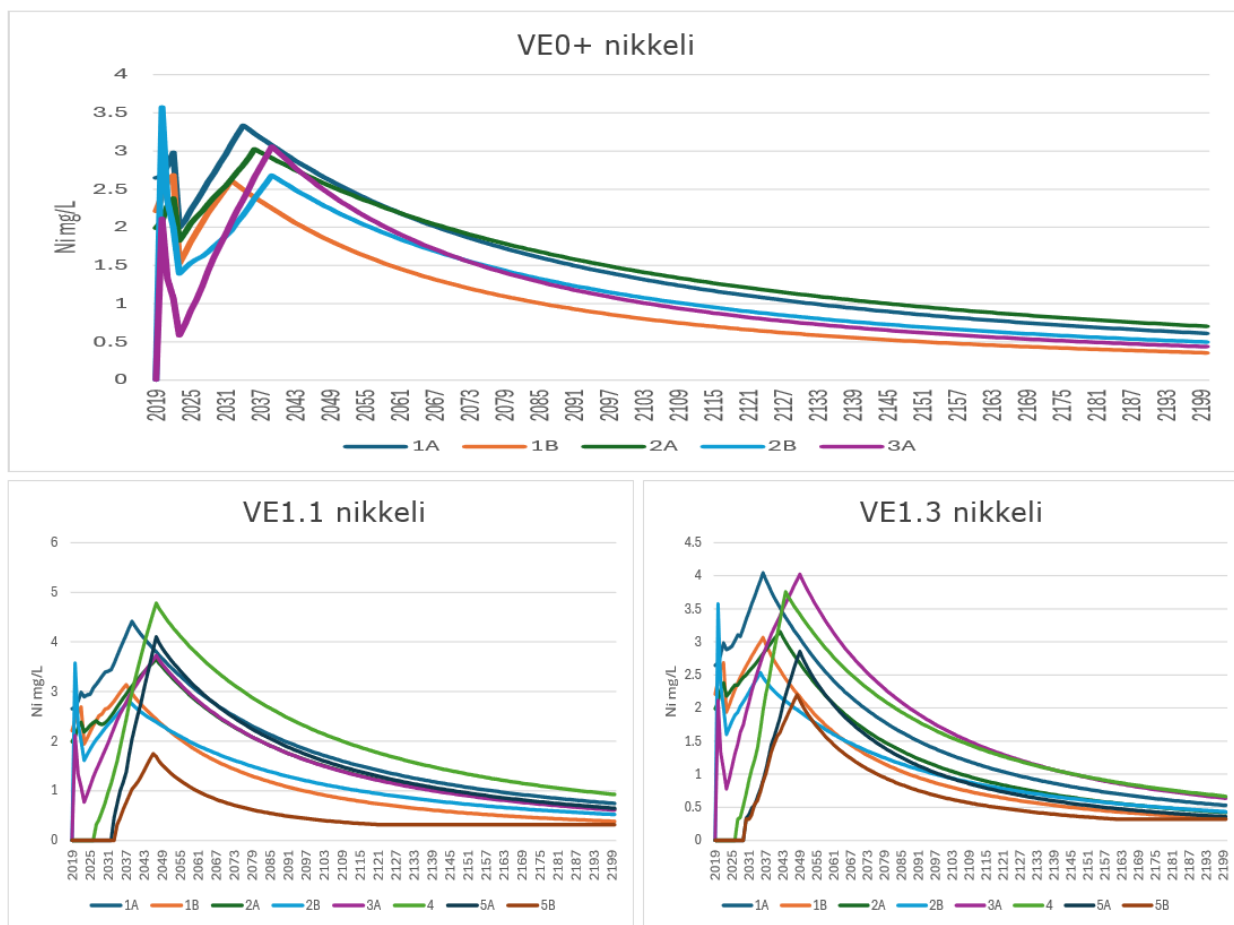
Mallinnustuloksia (Kuva 8-4–Kuva 8-7) tarkasteltaessa on syytä huomioida, että suotoveden pitoisuus ei ole suorassa suhteessa kuormaan. Pinta-altaan laajemmassa läjitysvaihtoehdossa suotoveden kokonaismäärä on suurempi, mikä määrätekijänä vaikuttaa myös kuorman muodostumiseen. Tuloksia tarkastellaan laajemmin raportissa MEM 2025.

Mallinnustulosten (MEM 2025) mukaan Vaihtoehdossa VE0+ sulfaattipitoisuudet (Kuva 8-4) ovat korkeimmillaan mallinnuksen alkuvaiheessa, koska hapen kulkeutumisen rajoittamistoimenpiteitä ei ole toiminnan alkuvaiheessa toteutettu nykyisessä laajuudessa. Tämän vuoksi alkuvuosina on kertynyt suuria varastokuormia. Lopullisen peiton valmistuessa sulfaattipitoisuudet kaikilla osa-alueilla. Vaihtoehdossa VE1.1. suotoveden sulfaattipitoisuuden kasvu jatkuu niin kauan kuin läjitys kullakin osa-alueella jatkuu. Läjitysvaiheissa 4 ja 5A esiintyvät erityisen korkeat sulfaattipitoisuudet johtuvat suurista läjitysmääristä näillä alueilla, rajatulla aikajaksolla. Vastaava havaitaan vaihtoehdossa VE1.3. läjitysvaiheissa 3A ja 5A. Kaikissa vaihtoehdoissa kestää yli 100 vuotta ennen kuin sulfaattipitoisuus laskee alle 2 000 mg/l. Tämä johtuu varastokuorman hitaasta purkautumisesta.



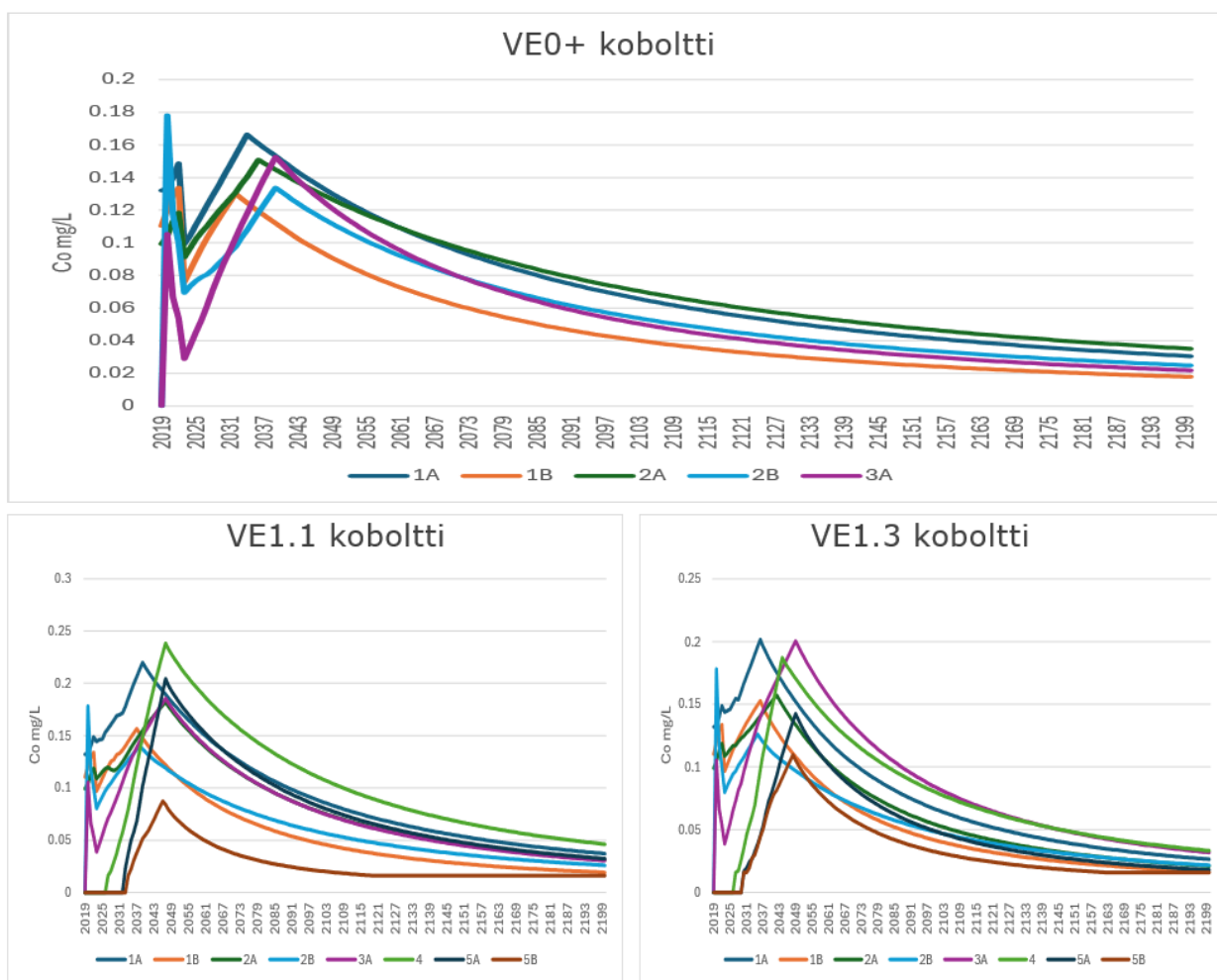
Kuva 8-4. Suotoveden sulfaattipitoisuuden kehittyminen sivukivialueen eri läjitysvaiheissa (sivukivialueen eri osissa), eri hankevaihtoehdoissa. (MEM 2025)

Nikkelipitoisuudet (Kuva 8-5) seuraavat samanlaista kehityskulkua kuin sulfaatti. Vaihtoehdossa VE0+ ja VE1.3 korkeimmat suotoveden nikkelipitoisuudet esiintyvät nykyisissä läjitysvaiheissa, esimerkiksi vaiheessa 2B mallinnuksen alussa. Tämä johtuu siitä, että hapen kulkeutumista ei toiminnan alkuvaiheessa rajoitettu nykyistä vastaavalla tavalla, mikä on johtanut nikkelipitoisten sulfidimineraalien hapettumiseen ja hapettumistuotteiden varastoitumiseen. Vaihtoehdossa VE1.1 korkeimmat pitoisuudet esiintyvät läjitysvaiheissa 4 ja 5A. Nikkelipitoisuuksien ennustetaan kasvavan peittorakenteen valmistumiseen asti. Nikkelipitoisuudet skaalautuvat tässä mallissa suhteessa sulfaattipitoisuuksiin, joita malli ensisijaisesti käsittelee.

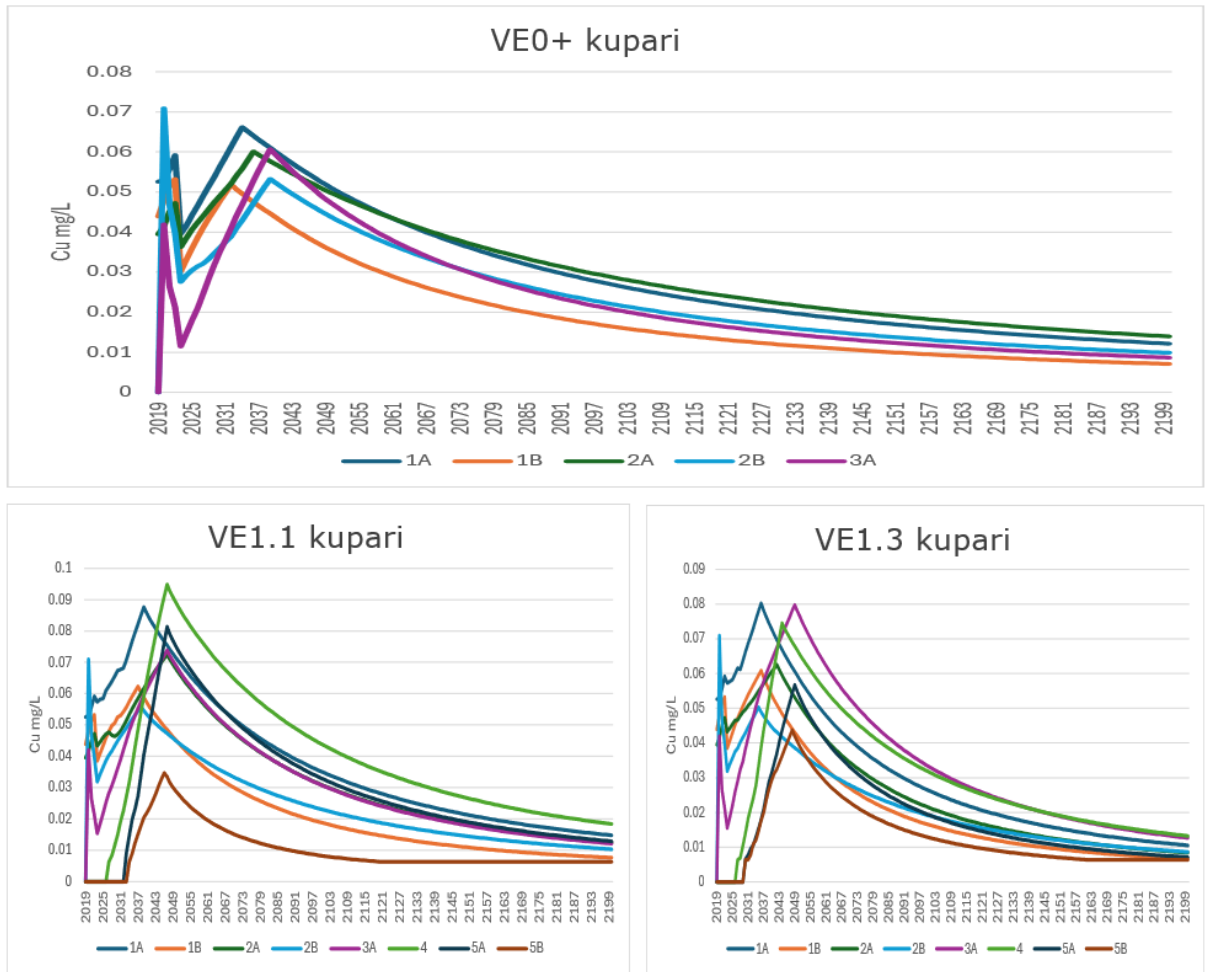


Kuva 8-5. Suotoveden nikkelpitoisuuden kehittyminen sivukivialueen eri läjitysvaiheissa (sivukivialueen eri osissa), eri hankevaihtoehdoissa. (MEM 2025)

Koboltin ja kuparin osalta (Kuva 8-6, Kuva 8-7) pitoisuusvaihtelut eri aikoina ja eri läjitysvaiheissa ovat samankaltaisia kuin sulfaatin ja nikkelin osalta.



Kuva 8-6. Suotoveden kobolttipitoisuuden kehittyminen sivukivialueen eri läjitysvaiheissa (sivukivialueen eri osissa), eri hankevaihtoehdoissa. (MEM 2025)



Kuva 8-7. Suotoveden kuparipitoisuuden kehittyminen sivukivialueen eri läjitysvaiheissa (sivukivialueen eri osissa), eri hankevaihtoehdoissa.

Haitta-aineiden vapautuminen on yllä esitetyissä arvioissa peräisin mallinnuksen pH 8 skenaarioista. Malleista on tehty myös pH 7.5 skenaariot. Mikäli pH jäisi alhaisemmaksi (pH 7,5), sorptiomekanismit olisivat heikompia ja metallien pitoisuudet voisivat kaksinkertaistua. Tästä syystä neutralointikapasiteettia pidetään erityisen keskeisenä vaikutusten muodostumisessa.

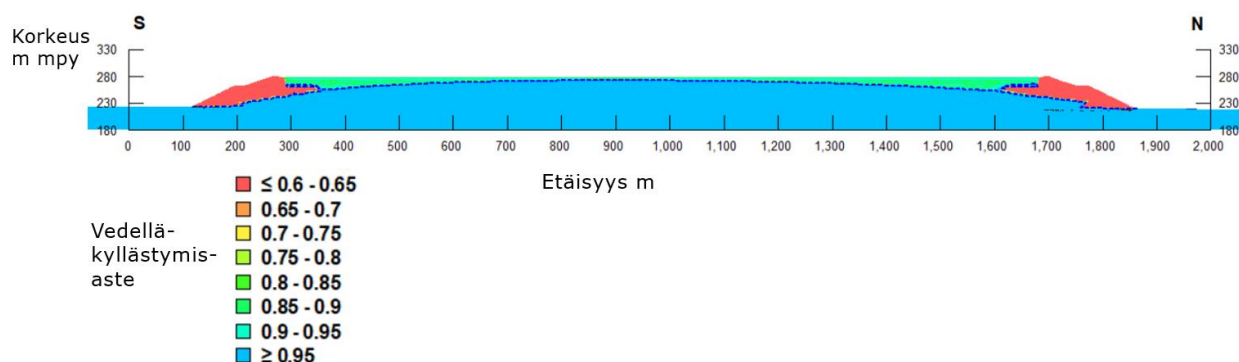
Sivukivialueen tai sen yksittäisen osan veden laatu ei kuvaa suljetun kaivosalueen vedenlaatua kokonaisuutena eikä ole suoraan muunnettavissa kuormaksi. Esimerkiksi, sivukivialueen suotovesistä huomattava osa purkautuu louhosjärven suuntaan senkin jälkeen, kun suotovesien aktiivinen johtaminen louhosjärveen päättyy. Louhosjärven fysikaaliset, kemialliset ja biologiset prosessit vaikuttavat alueelta purkautuvan veden laatuun.

8.4 Rikastushiekka-alueen A1 ja A2 vesien laatu sulkemisen jälkeen

8.4.1 Rikastushiekka-alueen A1 fysikaalinen mallinnus

OKC:n (2025) tekemän fysikaalisen mallinnuksen perusteella pohjaveden pinta pysyy pitkällä aikavälillä korkealla sekä vaihtoehdossa VE0+ että VE1.1. Kuva 8-8 esittää vedelläkyllästyneisyyttä ja viittaa siihen, että suurin osa rikastushiekasta säilyy pitkälti vedellä kyllästyneenä. Patojen sivukivitäytöillä on alhaisempi kylläisyysaste, sillä ne ovat karkeaa ainesta ja vesi kulkeutuu niistä suoraan ulkoreunan kuivatusjärjestelmään.

Pohjoisella patoalueella, erittäin matalan nettosuotautuman peiterakenteen skenaariossa, 95 % padon ulkopuolisen kuivatusojan suotovedestä on peräisin rikastushiekasta ja vain 5 % padon sivukivistä. Eteläosassa, moreenipeitteen skenaariossa, kuivatusojan suotovedestä 71 % oli peräisin rikastushiekasta ja 29 % patopenkereestä (OKC 2025).



Kuva 8-8. Rikastushiekka-altaan A1 hydrologinen tila vaihtoehdossa VE0+ (OKC 2025)

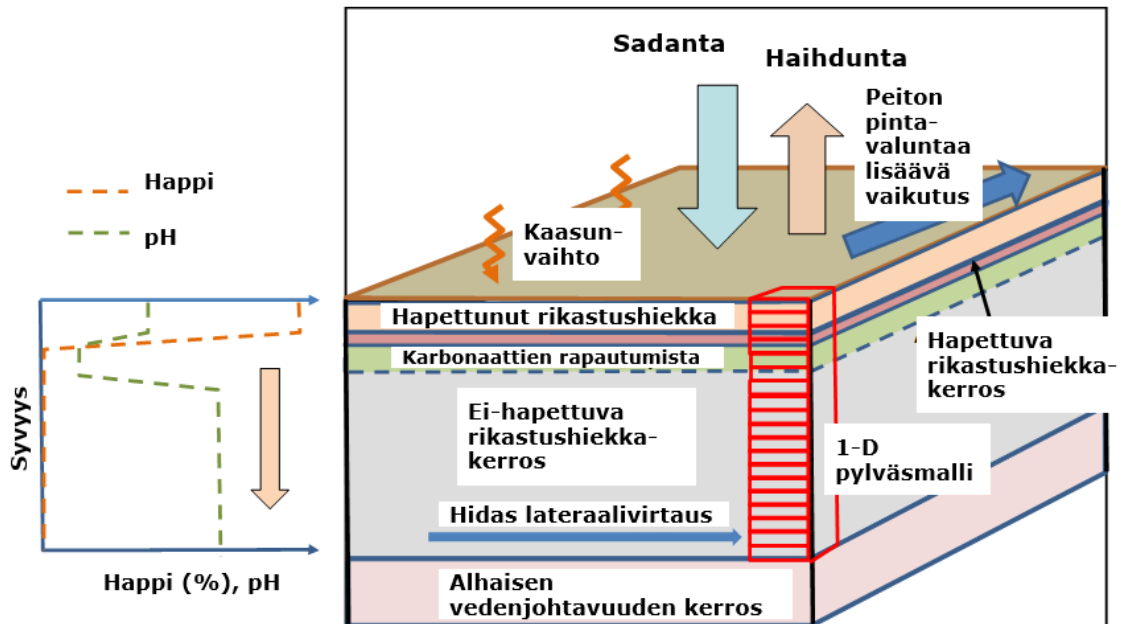
Rikastushiekka-altaan A2 (VE1.3) suotovesien fysikaalisesta mallinnuksesta (WSP 2024c) todetaan, että vedellä kyllästyneen kerroksen pinta pysyy korkealla rikastushiekkaprofiilissa samalla tavalla kuin rikastushiekka-alueen A1:n mallinnustuloksissa. Vastaavasti vedelläkyllästysaste on matala alkupadossa patokorotuksissa. Lisäksi malli osoittaa, että suotovesi ohjautuu suurilta osin ulkoreunan kuivatusojaan.

Fysikaalisen mallinnuksen tuloksia käytetään syötetietoina geokemiallisessa mallissa.

8.4.2 Rikastushiekka-alueen suotoveden geokemiallinen mallinnus

Rikastushiekka-altaan A1 suotoveden geokemiallinen mallinnus eli veden laadun mallinnus tehtiin lakialueelle (vyöhykkeelle 1 / Zone 1) pystysuuntaisena reaktiivisena kulkeutumismallina. Mallin konseptualisointi esitetään yksinkertaistettuna kuvassa 8-9. Tarkemmin mallia kuvataan

tekstissä. Patoalueiden mallinnus vertautuu sivukivialueen mallinnukseen. (MEM 2025b)



Kuva 8-9. Rikastushiekka-alueen A1 mallinnuksen konseptualisointi kuvamuodossa, vyöhyke (Zone) 1 eli altaan lakialue. (Suomennettu kuvasta, MEM 2025b)

Rikastushiekka-alueen geokemiallisessa mallinnuksessa tehtiin seuraavat keskeiset oletukset:

- Hiilidioksidivuon oletettiin olevan verrannollinen ilmakehän hapen määrään, jossa happi oli rajoitettu skenaarioiden ja peittorakenteiden vaatimusten mukaisesti.
- Rikastushiekka oletettiin homogeeniseksi sekä pystysuunnassa että vaakasuunnassa koko altaan alueella. Perinteisessä lietaläjäytöksessä, jota kohteessa käytetään, voi muodostua ranta-alueita, joihin karkeammat ja tiheimmät partikkelit laskeutuvat, ja altaan kesiosien vyöhykkeitä, joihin hienojakoisimmat partikkelit laskeutuvat.
- Malli ei ota huomioon vuodenaikojen vaihtelua kaasujen tai kosteuden virtauksessa. Todellisuudessa talvikuukausina sade tulee lumena, ja rikastushiekkojen pinta voi jäättyä tiettyyn syvyyteen. Kevätsulamiset voivat aiheuttaa suurempaa lumensulamisvesien poistumaa ja vähemmän imeytymistä kuin oletettu. Malli olettaa imeytymisen olevan vakio, ja vuodenaikojen vaihtelun vaikutukset tasoittuvat veden kulkiessa vertikaalisesti rikastushiekkakerroksen läpi.
- Aineen kulkuaika rikastushiekassa oletetaan vakioksi.
- Niiltä osin kuin sivukiveä on rikastushiekan päällä, sivukiven oletetaan kuluttavan kaiken hapen.

Geokemiallisen mallin rajoitukset:

- Malli ei ota huomioon liuenneita rikkiyhdisteitä lukuun ottamatta S^{2-} ja SO_4^{2-} .
- Malli ei suoraan simuloi kaasujen kulkeutumista rikastushiekkojen pinnan läpi, vaan oletetaan kiinteä hapen tunkeutuminen rikastushiekkakerroksen yläosaan.
- Malli ei simuloi vuodenaikojen vaihtelua nettosuotautumassa; imeytyminen oletetaan kiinteäksi nopeudeksi, joka on määriteltä suotoveden fysikaalisessa mallinnuksessa: noin 100 mm/vuosi paljaalle rikastushiekalle ja noin 150–200 mm/vuosi peitteille (OKC, 2025b).
- Sisäinen suotovesivirtaus ei perustu hydrauliseen kuivatusmalliin, vaan virtaukseen, joka perustuu oletettuun nettosuotautumisnopeuteen (OKC, 2025b ja WSP 2025).
- Diffuusiota tai dispersiota ei sisällytetä malliin.
- Tuloksia on verrattu kohteen seurantadataan ja laboratoriotesteihin mallin validoinnin varmistamiseksi. Mallien tarkkuus on kuitenkin rajattu käytettävissä olevan datan, käsitteellisen mallin ja mallinnusohjelmiston kykyyn kuvata todellisuutta.

Mineraaliryhmät lähteinä:

- Sulfideista määrällisesti merkittäviä ovat erityisesti rautasulfidit, rikkikiisu ja magneettikiisu. Perusmetallisulfideista merkittävimpiä ovat pentlandiitti ja kuparikiisu. Eri kiisumineraalit toimivat eri metallien lähteenä: pentlandiitti (Fe, Co, Ni), kuparikiisu (Cu, Fe), rikkikiisu ja magneettikiisu (Fe).
- Karbonaattimineraaleista (kalsiitti ja dolomiitti) voi vapautua mm. Ca, Ba, Mg, Mn ja Sr.
- Silikaateista keskeisiä aineiden lähteitä ovat mm. oliviini, enstatiitti ja kiilteet. Niistä vapautuvia metalleja ovat, joskin pieninä määrinä, Co, Fe, K, Mg, Mn ja Rb.

Rikastushiekka-altaiden A1 ja A2 geokemialliset mallit (MEM 2025b) osoittavat, että suotovesi edustaa pitkälläkin aikavälillä neutraalia metalli-/suolapitoista valumaa. Hapettumiselle altistuvan rikastushiekan sulfidimineraaleista suotoveteen päätyy metalleja ja sulfaattia ja näissä olosuhteissa myös karbonaattimineraalit altistuvat hapettumiselle. Vähäisissä määrin myös silikaattimineraaleista voi liueta aineita. Keskeisimpiä vedessä esiintyviä aineita ovat metallit, sulfaatti, kloridit ja räjähdysainejäämät.

Verrattuna aikaisempaan sulkemisen jälkeisen tilan mallinnukseen vuodelta 2019, tässä mallinnusvaiheessa on ollut käytettävissä tarkentunutta tietoa

rikastushiekasta ja sen hapettumisnopeudesta. Lähtöaineisto perustuu kineettisiin kolonnikokeisiin sekä hapenkulutuskokeisiin ja todellinen hapettumisnopeus vallitsevissa lämpötilaolosuhteissa on johdettu laskennallisesti.

8.4.3 Prosessivesijäämien huomioiminen rikastushiekka-alueiden geokemiallisissa malleissa

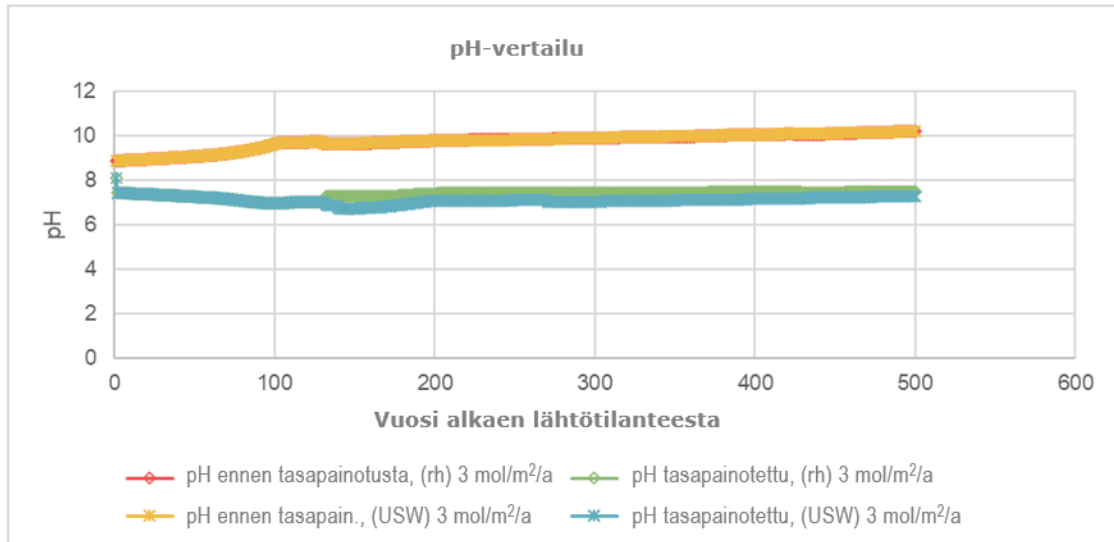
Huokosveden laatu lähtötilanteessa oletetaan rikastushiekkaan lietteen mukana jäävän prosessiveden kaltaiseksi. Huokosveden laatu on arvioitu käyttämällä tietoja sekä tarkkailun että kaivannaisjätteiden testausaineiston lukuisista raporteista, jotka on eritelty tarkemmin MEM:n (2025b) mallinnusraportissa. Eri tietolähteiden välillä ei ole havaittu suuria eroja.

8.4.4 Rikastushiekka-alueen A1 suotoveden laatu sulkemisen jälkeen

Rikastushiekka-altaan A1 geokemiallisesta mallista altaan lakialueelle (rikastushiekkapylväs) on tehty useita eri skenaarioita, eri hankevaihtoehtoille sekä erilaisille hapen ja veden kulkeutumismennopeuksille näissä vaihtoehtoissa. Vaihtoehdot VE0 ja VE0+ on käsitelty samana vaihtoehtona, koska rikastushiekkakerroksen korkeusero on niin pieni, ettei mallinnustekniikan rajoitukset huomioiden pystytä luotettavasti tarkastelemaan eroa lakikorkeuden 270 ja 280 m välillä.

Yleisiä havaintoja skenaarioiden vertailussa

- Suurempi hapen tunkeutuminen rikastushiekkaan ei sinänsä alenna pH:ta, mutta kulkeutumismennopeus ohjaa tyypillisesti pH:n muutosta rikastushiekkakerroksessa syvyysuunnassa. Erityisesti se siirtää sulfidien hapettumisrintamaa alaspäin.
- Erittäin korkea pH johtuu huokosveden pitkästä viipymäajasta rikastushiekassa ja siitä seuraavasta Mg-silikaattimineraalien hitaasta purkautumisesta. Lisäksi liuennut happi ja hiilihappo ehtyvät ylimmissä rikastushiekkakerroksissa. Rikastushiekkaprofiilissa ei ole riittävää happamuuden lähdettä vaikuttamaan neutralointia vastaan.
- pH on jokseenkin sama sekä mallinnuspylväissä, jotka ovat pelkästään rikastushiekassa että patoalueen pylväissä, joissa on sivukiveä.
- Mallin pohjalla geokemiallinen tasapainotus ilmakehästä suotautuvan hapen ja hiilidioksidin kanssa alentaa pH:ta, kun hiilidioksidi liukenee huokosveteen. Tämän vuoksi mallin tasapainotusvaiheen jälkeiset tulokset edustavat suotovesien kokoamisjärjestelmän veden laatua, kun taas ennen tasapainotusta tulokset edustavat suotoveden laatua suoraan maaperään. Näin ollen suoraan maaperään päätyvän suotoveden pH:n tulisi olla korkeampi kuin talteen otetussa suotovedessä havaittu pH (Kuva 8-10).

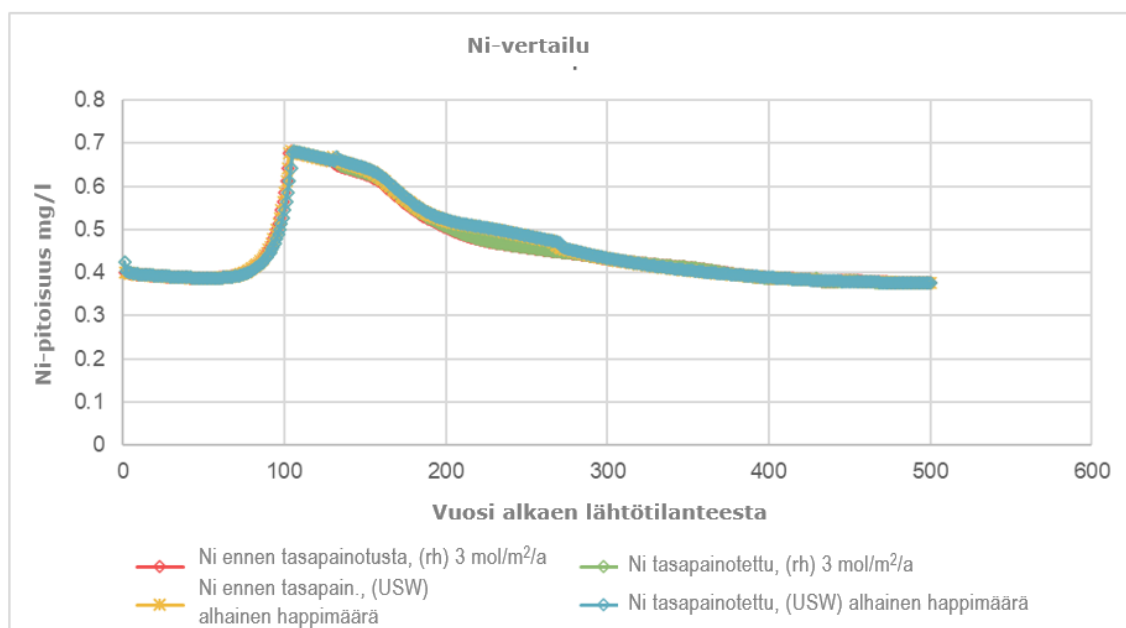


Kuva 8-10. Rikastushiekka-altaalta A1 suotautuva vesi, pH kehitys, versiot ennen ja jälkeen tasapainotuksen (tasapainotettu kuvaamassa suotovesien keräysjärjestelmään päätyvää ja tasapainottamaton kuvaamassa suoraan maaperään suotautuvaa suotovettä), rikastushiekassa oleva pylväs (rh) sekä patoalueen pylväs (jossa mukana rakennuskivi USW, sisältäen täydentävä kivi EW). MEM 2025b, suomennettu.

Nikkeliä vapautuu ensisijaisesti sulfidimineraaleista sulfidien hapettumisen yhteydessä rikastushiekkakerroksen pinnalla, mihin ilmakehän happi pääsee tunkeutumaan. Lisäksi nikkeliä vapautuu hapestä riippumattomassa tilanteessa silikaattimineraalien liukenemisen kautta. Pääasialliset liuenneen nikkelin pitoisuutta säätelevät tekijät ovat adsorptio mineraalifaasien pinnoille sekä sekundaarisen nikkelisulfidin saostuminen. Aktiivisen sulfidien hapettumisrintaman alapuolella ferrihydriitin saostuminen on keskeisin tekijä, joka pidättää myös nikkeliä ja kobolttia.

Patoalueilla missä rakennuskiveä (USW, sisältäen myös täydentävän kivilaadun EW) on läsnä pinnalla, hapen aiheuttama sulfidien hapettuminen rikastushiekassa ei enää ole hallitseva mekanismi nikkelin lähteenä, koska hapen tunkeutuminen rikastushiekkaan on rajoitettua. Sen sijaan keskeisin lähde on louhe. Kuitenkin nikkelin pidäytyminen on vastaavaa kuin pelkästään rikastushiekkaa sisältävässä pylväässä (reaktiivisen mallin pystysuuntainen jatkumo), joten lopullisessa vedenlaadussa erot eivät ole erityisen suuria altaan keskiosien ja patoalueiden välillä.

Nikkelipitoisuuden ajallinen kehitys on esitetty kuvassa 8-11. On syytä huomioida, että kyseessä on veden laatua käsittelevä kuvaaja eikä se kuvaa nikkeliuorman muodostumista, sillä toimintavaiheen jälkeen veden pinnan taso rikastushiekka-alueella alenee vähentäen myös suotautuvan veden määrää. Lisäksi suotautuminen vähenee pintavalunnan osuuden kasvaessa.



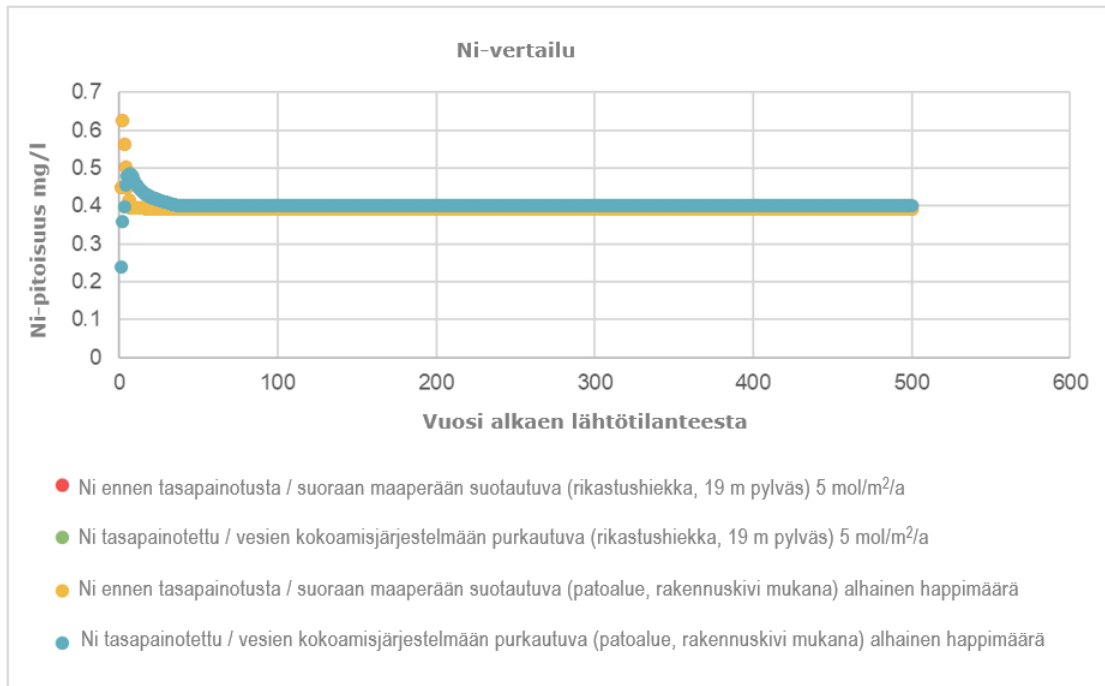
Kuva 8-11. Rikastushiekka-altaalta A1 suotautuva vesi, Ni kehitys, ennen ja jälkeen tasapainotuksen (tasapainotettu kuvaamassa suotovesien keräysjärjestelmään päätyvää ja tasapainottamaton kuvaamassa suoraan maaperään suotautuvaa suotovettä), rikastushiekassa oleva pylväs (rh) sekä patoalueen pylväs (jossa mukana rakennuskivi USW, sisältäen täydentävä kivi EW). MEM 2025b, suomennettu.

Kalsiumin määrä vedessä vaihtelee ajallisesti ja sitä kontrolloi mm. hiilidioksidin pääsy rikastushiekkaan ja sitä kautta kalsiitin muodostuminen karbonaattiossa. Lisäksi veteen liukenevan kalsiumin määrää säätelee erityisesti kalsiumin saostuminen portlandiittina (sekundäärinen kalsiumhydoksidi-mineraali).

Veden laadun mallinnus on kuvattu tarkemmin MEM:n (2025b) raportissa, sekä tuotantovaiheen että sulkemisen jälkeisen ajan osalta. Rikastushiekka-alueen A2 suotoveden laatu sulkemisen jälkeen

Rikastushiekka-altaan A2 mallinnustulokset ovat samansuuntaisia rikastushiekka-altaan A1 kanssa. Koska allas on matalampi, kulkeutumismatka rikastushiekkakerrosten läpi on lyhyempi. Tässäkin tapauksessa veden laadun erot keskiosan ja patoalueen välillä ovat vähäisiä.

Keskeisin ero on siinä, että lopullisen vedenlaadun vakiintuminen tapahtuu aikaisemmin kuin rikastushiekka-alueen A1 malleissa (MEM 2025b, Kuva 8-12).



Kuva 8-12. Rikastushiekka-altaalta A2 suotautuva vesi, Ni kehitys, ennen ja jälkeen tasapainotuksen (tasapainotettu kuvaamassa suotovesien keräysjärjestelmään päätyvää ja tasapainottamaton kuvaamassa suoraan maaperään suotautuvaa suotovettä), rikastushiekassa oleva pylväs sekä patoalueen pylväs (jossa mukana rakennuskivi USW, sisältäen täydentävä kivi EW). MEM 2025b, suomennettu.

8.5 Rikastushiekka-alueiden B1 ja B2 suotovesien laatu sulkemisen jälkeen

8.5.1 Rikastushiekka-aldaiden B1 ja B2 suotoveden laadun mallinnus

Rikastushiekka-alue B1 on jaettu arviointia varten kahteen osaan johtuen rikastushiekkakerroksen eri paksuuksista altaan eri osissa ja erilaisista oletuksista suotautuman määrässä. Vaikka rikastushiekkaa sijoitetaan altaaseen käyttöjakson aikana veden alle, arvioinnissa on tarkasteltu myös skenaariota, jossa altaan päälle asennetaan kuiva peite sulkemisen yhteydessä.

Rikastushiekka-altaille B1 tai B2 ei ole tehty erillistä hapen kulkeutumisen mallinnusta. Geokemiallisessa mallinnuksessa on oletettu peiton olevan hapen kulkeutumisen osalta vastaava kuin rikastushiekka-altaan A eteläisellä patoalueella ja hapen tunkeutumisnopeudeksi on oletettu eri mallinnusskenaarioissa joko 3 mol/m²/vuosi tai 5 mol/m²/vuosi. Mallissa läpisuotauman määränä on kuitenkin käytetty altaan pohjan kalvorakenteelle arvioitua läpisuotaumaa 180 mm/vuosi. Tässä on syytä tarkentaa, että kalvorakenteelle on oletettu jonkinasteinen määrä reikiintymistä hyvin pitkällä aikavälillä.

Mallinnusskenaarioita on useita myös rikastushiekkakerroksen paksuuden osalta. Altaalla B1 9 m ja 14 m sekä altaalla B2 4 m ja 8 m. Läjitetävän rikastushiekan kokonaismäärä ei ole sama eri hankevaihtoehdoissa eikä rikastushiekkakerroksen paksuus sama altaan eri osissa, pohjan epätasaisuudesta johtuen.

Rikastushiekka-altaalle B1 on aiemmin esitetty myös tiiviimpää monikerrospeittoa eikä sitä suljeta pois tulevissakaan ratkaisuissa. Tässä yhteydessä ympäristövaikutukset on kuitenkin tehty konservatiivisesti vettä enemmän läpäisevällä peitolla. Käytännössä myös pohja- ja patorakenteet säätelevät virtausta rikastushiekan läpi.

8.5.2 Rikastushiekka-alueiden B1 ja B2 suotovesien laatu

Keskeisiin havaintoihin (MEM 2025b) kuuluu rikastushiekka-altaan B1 osalta, että nikkelin pitoisuus suotovedessä on korkeampi tarkasteluskenaarioissa, joissa hapen kulkeutumiseksi on asetettu 5 mol/m²/vuosi. Rikastushiekka-alueeseen A1 verrattuna suurempi sulfideihin sitoutuneen nikkelin määrä tekee suotoveden laatumallista herkän hapen tunkeutumisen määrälle. Rikastushiekka-altaan B1 suotoveden laatua on tarkasteltu useammassa erilaisessa skenaariossa (Taulukko 8-2), joissa on tarkasteltu sekä erilaista hapen kulkeutumista rikastushiekkaan sekä rikastushiekkakerroksen paksuutta (läjitetävän rikastushiekan kokonaismäärä ei ole sama eri hankevaihtoehdoissa eikä rikastushiekkakerroksen paksuus sama altaan eri osissa, pohjan epätasaisuudesta johtuen).

Useimmissa skenaarioissa suotoveden keskimääräinen nikkelpitoisuus on 1,2 mg/l tuntumassa, mutta pienimmillään alle 0,4 mg/l, vähäisemmän hapen kulkeutumisen ja matalamman rikastushiekkaprofiilin skenaariossa (Taulukko 8-2).

Haitta-aineiden tarkastelu esitetään tässä yksinkertaistamisen vuoksi vain nikkelin ja sulfaatin osalta.

Taulukko 8-2. Suotoveden keskimääräiset nikkeli- ja sulfaattipitoisuudet eri mallinnusskenaarioissa, eri aikajaksoilla. Tiivistelmätaulukko on koostettu MEM:n (2025b) raportin liitetäulukoiden sisällöstä. Skenaariot:

- S1. Altaan itäosa, Hapen kulkeutuminen 5 mol/m²/vuosi, suotautuminen pohjan läpi 180 mm/vuosi, rikastushiekkakerros 9 m, moreenipeitto.
- S2. Altaan länsiosa, Hapen kulkeutuminen 5 mol/m²/vuosi, suotautuminen pohjan läpi 180 mm/vuosi, rikastushiekkakerros 14 m, moreenipeitto.
- S3. Altaan itäosa, Hapen kulkeutuminen 3 mol/m²/vuosi, suotautuminen pohjan läpi 180 mm/vuosi, rikastushiekkakerros 9 m, moreenipeitto.
- S4. Altaan länsiosa, Hapen kulkeutuminen 3 mol/m²/vuosi, suotautuminen pohjan läpi 180 mm/vuosi, rikastushiekkakerros 14 m, moreenipeitto.
- S5. Altaan itäosa, Hapen kulkeutuminen 5 mol/m²/vuosi, suotautuminen pohjan läpi 180 mm/vuosi, rikastushiekkakerros 9 m, peittona matalarikkinen rikastushiekka.
- S6. Altaan itäosa, Hapen kulkeutuminen 5 mol/m²/vuosi, suotautuminen pohjan läpi 180 mm/vuosi, rikastushiekkakerros 14 m, peittona matalarikkinen rikastushiekka.
- S7. Altaan itäosa, Hapen kulkeutuminen 3 mol/m²/vuosi, suotautuminen pohjan läpi 180 mm/vuosi, rikastushiekkakerros 9 m, peittona matalarikkinen rikastushiekka.
- S8. Altaan itäosa, Hapen kulkeutuminen 3 mol/m²/vuosi, suotautuminen pohjan läpi 180 mm/vuosi, rikastushiekkakerros 14 m, peittona matalarikkinen rikastushiekka.

Rikastushiekka-alue B1 skenaariot								
	S1 O2 5 mol	S2 O2 5 mol	S3 O2 3 mol	S4 O2 3 mol	S5 O2 5 mol	S6 O2 5 mol	S7 O2 3 mol	S8 O2 3 mol
Ni mg/l								
Tuotantovaihe	1.195	0.402	1.205		0.398	0.402	0.402	
Vuodet 1-50 sulkemisen jälkeen	1.153	1.179	1.002	1.179	0.384	1.179	0.334	1.179
Vuodet 51-500 sulkemisen jälkeen	3.298	1.173	1.107	1.173	1.099	1.173	0.369	1.173
SO ₄ mg/l								
Tuotantovaihe	1195	1195	1195	1195	1195	1195	1195	1195
Vuodet 1-50 sulkemisen jälkeen	902	1195	789	1195	902	1195	789	1195
Vuodet 51-500 sulkemisen jälkeen	558	1195	340	1195	558	1195	340	1195

Rikastushiekka-altaan B2 yhteydessä (MEM 2025b) todetaan pH:n osalta, että siihen vaikuttavat sekä altaan pinnan läheisyydessä tapahtuvat sulfidimineraalien hapettumisreaktiot että pohjaosissa suotoveden purkautumisvyöhykkeessä tapahtuvat tasapainoreaktiot. Suotoveden purkautumisvyöhykkeessä oletetaan tapahtuvan veden kemiallista tasapainottumista ilmakehän kaasujen kanssa, jota taas mahdollisessa suoraan alapuolisiin kerroksiin suuntautuvassa suotovedessä ei oleteta tapahtuvan. Tarkastelussa merkittävimpienkin vaikuttavien tekijöiden osalta erot eri skenaarioiden väliset erot jäävät suhteellisen pieniksi.

Sulkemisen jälkeisenä aikana nikkeli- ja sulfaattipitoisuudet vaihtelevat eri skenaarioiden välillä eri aikajaksoilla hyvin vähän, pitoisuuksien ollessa enimmillään noin 1,2 mg/l. Sulfaattipitoisuuksien suuruusluokka on enimmillään noin 1200 mg/l. (Taulukko 8-3)

Taulukko 8-3. Rikastushiekka-altaan B2 suotoveden keskimääräiset nikkeli- ja sulfaattipitoisuudet tuotantovaiheessa, vuosina 1-50 sulkemisen jälkeen sekä vuosina 51-500 sulkemisen jälkeen. Skenaarioselitteet ovat taulukon alla. Skenaariot, joissa on suora suotautuminen alapuolisiin kerroksiin, rinnastuvat altaan keskiosissa tapahtuvaan suotautumiseen. Skenaariot, jotka on tasapainotettu ilmakehän kaasujen kanssa, rinnastuvat taas suotoveteen, joka päättyy suotovesien kokoamisjärjestelmään ja on kontaktissa ilmakehän kaasujen kanssa. Skenaarioissa W viittaa altaan länsiosaan ja E itäosaan. Tiivistelmätaulukko on koostettu MEM:n (2025b) raportin liitetaulukoiden sisällöstä.

W1 4 m rikastushiekkakerros, O₂ 5 mol/m²/vuosi, suora suotautuminen alapuolisiin kerroksiin

W2 4 m rikastushiekkakerros, O₂ 5 mol/m²/vuosi, tasapainossa ilmakehän kaasujen kanssa

W3 4 m rikastushiekkakerros, O₂ 1 mol/m²/vuosi, suora suotautuminen alapuolisiin kerroksiin

W4 4 m rikastushiekkakerros, O₂ 1 mol/m²/vuosi, tasapainossa ilmakehän kaasujen kanssa

E1 8 m rikastushiekkakerros, O₂ 5 mol/m²/vuosi, suora suotautuminen alapuolisiin kerroksiin

E2 8 m rikastushiekkakerros, O₂ 5 mol/m²/vuosi, tasapainossa ilmakehän kaasujen kanssa

E3 8 m rikastushiekkakerros, O₂ 1 mol/m²/vuosi, suora suotautuminen alapuolisiin kerroksiin

E4 8 m rikastushiekkakerros, O₂ 1 mol/m²/vuosi, tasapainossa ilmakehän kaasujen kanssa

Rikastushiekka-alue B2 skenaariot								
	W1 suora suoto	W2 tasap	W3 suora suoto	W4 tasap	E1 suora suoto	E2 tasap	E3 suora suoto	E4 tasap
Ni mg/l								
Tuotantovaihe	1,196	1,198	1,196	1,198	1,200	1,198	1,200	1,198
Vuodet 1-50 sulkemisen jälkeen	1,204	1,200	1,204	1,200	1,163	1,167	1,163	1,167
Vuodet 51-500 sulkemisen jälkeen	1,204	1,200	1,204	1,200	1,156	1,160	1,156	1,160
SO ₄ mg/l								
Tuotantovaihe	1196	1198	1196	1198	1200	1198	1200	1198
Vuodet 1-50 sulkemisen jälkeen	1204	1200	1204	1200	1163	1167	1163	1167
Vuodet 51-500 sulkemisen jälkeen	1204	1200	1204	1200	1156	1160	1156	1160

8.6 Teollisuusalueen sulkemisen jälkeinen vaikutus

Teollisuusaluetta ei käsitellä haitta-aineiden kulkeutumisessa päästölähteenä, koska teollisuusalueelta poistetaan sulkemisen yhteydessä rakennukset ja rakenteet, mukaan lukien eristerakenteiden tukimassat.

8.7 Vesi- ja kuormatasemallinnus

SRK Consulting Ltd (2025b) on laatinut Kevitsan kaivokselle vesi- ja kuormataseraportin hankevaihtoehdoista VE0+, VE1 ja VE1.3. Tase on laadittu GoldSim ohjelmistolla, versio 15 (GoldSim Technology Group). Malli käyttää lähtötietoinaan mm. säätietoja, kaivosalueen geometrioita ja geokemiallisten mallinnusten tuloksia. Malli on kalibroitu kuluneiden vuosien aineistoilla. Lähtöaineistoja tulee myös aikaisemmasta mallista (Golder Associates Oy 2022) sekä ja EarthSystemData Ltd:n (2019) paikkakohtaisesta ilmastomuutoksen vaikutusselvityksestä.

Vesi- ja kuormatase noudattaa vesikiertokaavioita, jotka on esitetty luvussa 2.1.8. Vesi- ja kuormatase ulottuu sulkemisen siirtymävaiheeseen, mistä on

saatu lähtötietoja sulkemissuunnittelun mallinnuskokonaisuuteen. Mallin tulosten käyttö lähtötietoina on kuvattu muiden mallien lähtötietokuvausten yhteydessä.

8.8 Louhosjärvi

8.8.1 Yleistä louhosjärvimallista

WSP Finland Oy (2025d) on laatinut Kevitsan kaivoksen suunnitellun laajennuksen ja myöhemmän sulkemisen jälkeisen vaiheen ympäristövaikutusten arvioinnin tueksi louhosjärvimallin. Louhosjärvimallinnus liittyy kahteen WSP:n aiemmin laatimaan selvitykseen, pohjavesimalliin (WSP 2025b) ja haitta-aineiden kulkeutumismalliin (WSP 2025c).

Kevitsan kaivoksen YVA-menettelyssä on esitetty neljä vaihtoehtoa (VE0, VE0+, VE1.1 ja VE1.3) nykyisen kaivostoiminnan kehittämiseksi. Vaihtoehdot VE0 ja VE0+ vastaavat pitkälti nykyisen ympäristöluvan mukaista toimintaa. Vaihtoehdot VE1.1 ja VE1.3 sisältävät mm. Iso-Hanhilehdon tarvekivilouhoksen, laajennetun avolouhoksen, suuremman sivukivialueen, sekä uusia rikastushiekka-altaita. WSP:n louhosjärvimallinnuksessa tarkasteltiin kahta skenaariota. Skenaariossa VE0+ käytettiin avolouhoksen vaiheen 4 suunnitelmaa, johon sisältyi myös aloituslouhos. Skenaariossa VE1.3 käytettiin avolouhoksen vaiheen 5 suunnitelmaa. Kummassakin skenaariossa mallinnettiin 200 vuoden ajanjakso kaivoksen sulkemisvaiheesta, alkaen vuodesta 2034 skenaariossa VE0+ ja vuodesta 2045 skenaariossa VE1.3.

8.8.2 Louhosjärvimallin lähtötiedot

Louhosjärvimallin lähtötietoja ovat kaivoksen sulkemisen vesitaselaskelmat, sisäänvirtaamien vedenlaatutiedot, louhosgeometriat ja louhoslitologiat.

WSP:n laatiman louhosjärvimallin konseptualisointi perustuu Loraxin aiemmin laatiman louhosjärvimallinnuksen (Lorax 2019) päätelmiin, erityisesti kontaktiveden johtamisesta 40 m järven pinnan alapuolelle.

SRK:n GoldSim-ohjelmalla mallintamia vesitaselaskelmia ja vedenlaatutietoja (SRK 2025) on käytetty syötteenä louhosjärvimallissa, sekä lisäksi vedenlaatutietoja soveltuvin osin termodynaamisessa ja hydrodynaamisessa mallinnuksessa.

Louhosgeometriat eri skenaarioissa on mallinnettiin Bolidenin toimittamien louhosgeometrioiden perusteella. Louhoksen seinämävalunnan vedenlaadun laskenta perustuu Mine Environment Managementin (MEM) laatimaan

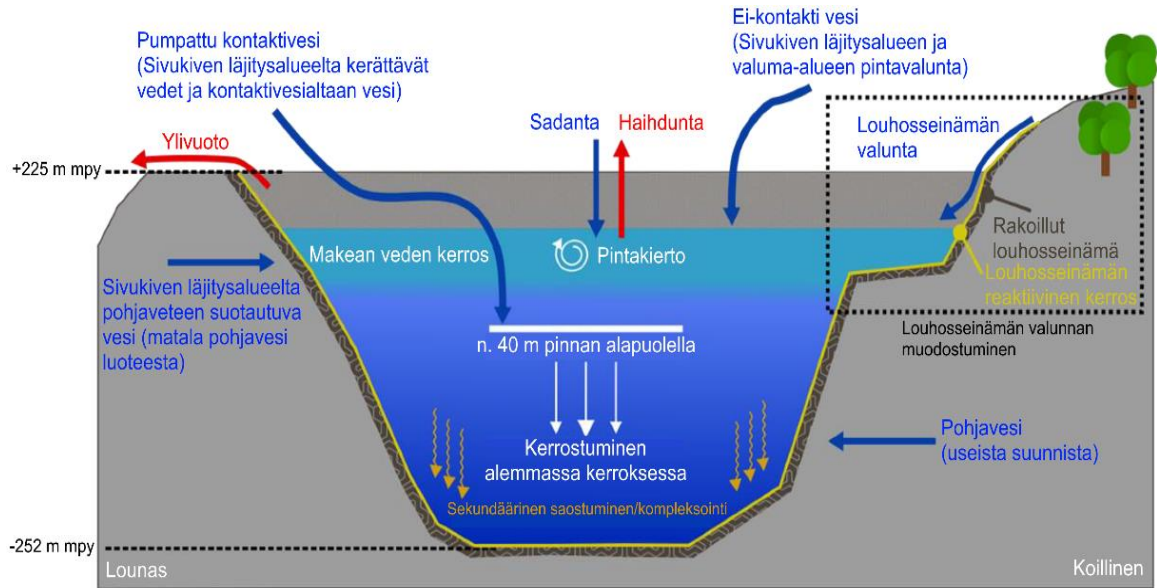
kivilajipohjaisen jäteluokittelun tietoaaineistoon. Myös sivukiven läjitysalueelta kerättävien vesien laatutiedot perustuivat MEM:n laatimaan hydrogeokemian tietoaaineistoon (MEM 2025c).

8.8.3 Louhosjärvimallin konseptualisointi

Louhosjärvimallinnuksessa tarkastellaan kahta skenaariota, VE0+ ja VE1.3, jotka liittyvät kaivoksen laajentamiseen. Skenaariossa VE0+ käytetään louhintavaiheen 4 suunnitelmaa, jonka sulkeminen alkaa tämänhetkisen toimintasuunnitelman puitteissa tammikuussa 2034. Skenaariossa VE1.3 (yhteinen skenaario VE1.1:lle ja VE1.3:lle) käytetään kaavaillon louhintavaiheen 5 suunnitelmaa. Mikäli louhintavaiheeseen 5 edetään, sulkeminen alkaa tammikuussa 2045. Molemmat skenaariot on mallinnettu 200 vuoden ajanjaksolle.

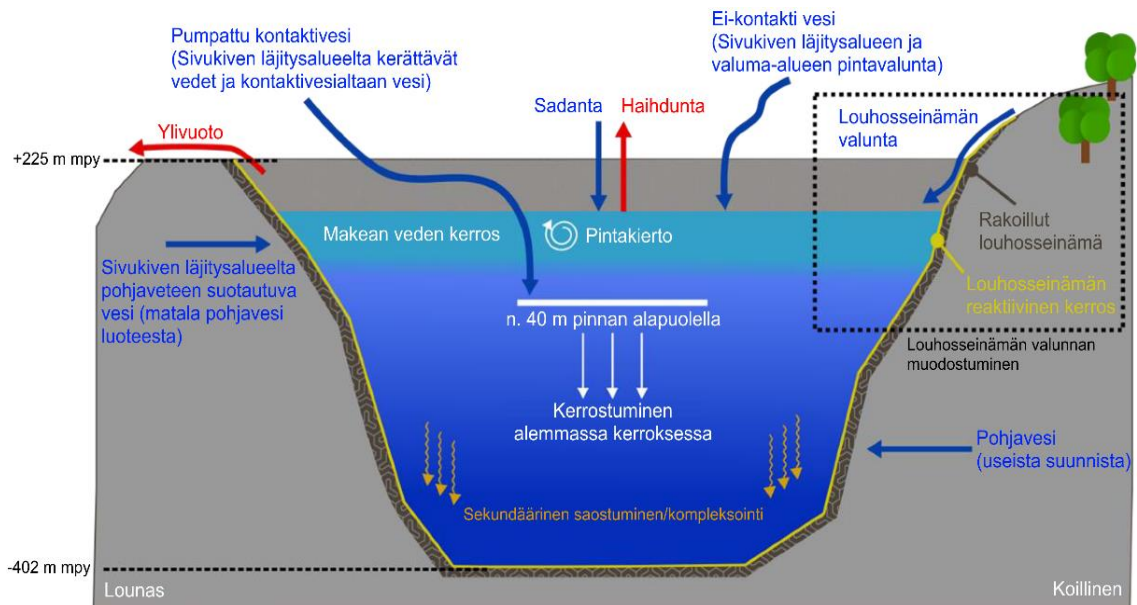
Mallinnuksella arvioidaan muodostuvan louhosjärven hydrodynaamisia ja termodynaamisia olosuhteita. Hydrodynaamisella mallinnuksella simuloidaan louhosjärven vesikiertoa ajan kuluessa meteorologisten vaikutusten, sekä veden tiheyksien ja liikkeiden perusteella. Termodynaamisella mallinnuksella arvioidaan louhosjärveen muodostuvaa veden laatua ja kemiallisia ominaisuuksia.

Skenaariossa VE0+ louhoksen pohja on tasolla -252 m mpy (louhintavaiheen 4 suunnitelma). Skenaariossa VE1.3 louhos on vaiheen 5 suunnitelman mukaisesti suurempi ja louhoksen pohja on tasolla -402 m mpy. Kummassakin skenaariossa louhosjärven muodostavat samat sisäänvirtaamat, jotka on esitetty taulukossa 8-4. Tiedot perustuvat SRK:n GoldSim-vesitasemallin (SRK 2025) ja pohjavesimallin (WSP 2025b) tuloksiin. Louhosjärvestä on kaksi ulosvirtaamaa, ylivuoto tasolla 225 m mpy, sekä haihtuminen. Louhosjärvestä ei odoteta merkittävää ulosvirtausta pohjaveteen mallinnusjakson aikana, perustuen pohjavesimallinnuksesta saatuihin tuloksiin (WSP 2025b). Louhosjärven konseptuaalinen malli skenaariossa VE0+ on esitetty kuvassa 8-13 ja skenaariossa VE1.3 kuvassa 8-14.



Kevitsan louhosjärvi, vaiheen 4 suunnitelma +aloituslouhos

Kuva 8-13. Louhosjärven konseptuaalinen malli skenaariossa VE0+.



Kevitsan louhosjärvi, vaiheen 5 suunnitelma

Kuva 8-14. Louhosjärven konseptuaalinen malli skenaariossa VE1.3.

Taulukko 8-4. Louhosmallin konseptuaaliset vesijakeet.

Vesijae (tyyppi)	Vesikemia	Vesimäärä
1. Kontaktivesi (Pumpataan 40 m vesipinnan alapuolelle)	Yhdistetty 1. Sivukiven läjitysalueen kerättävä suotovesi (MEM 2024) 2. Kontaktivesialtaan vesi (SRK GoldSim, 2025)	Yhdistetty 1. Sivukiven läjitysalueen kerättävä suotovesi (SRK GoldSim, 2025) 2. Kontaktivesialtaan vesi (SRK GoldSim, 2025)
2. Sadanta (Pintavesi)	Julkisesti saatavilla oleva edustava tietoaaineisto (QA/SAC, 2025)	Suora sadanta louhosjärveen (SRK GoldSim, 2025)
3. Sivukiven läjitysalueelta pohjaveteen suotautuva vesi (Matala pohjavesi)	Pohjavedellä laimentunut sivukiven läjitysalueen suotovesi (SRK GoldSim, 2025 / WSP 2025b)	Sivukiven läjitysalueelta pohjaveteen suotautuva vesi (SRK GoldSim, 2025)
4. Pohjavesi (Syvä pohjavesi)	Kaivoksen tarkkailuohjelmasta	Luonnollinen pohjavesi (SRK GoldSim, 2025)
5. Ei-kontaktivesi (Pintavalunta)	Saman vesikemian ei-kontaktivesi (SRK GoldSim, 2025)	Yhdistetty 1. Valuma-alueen pintavalunta 2. Sivukiven läjitysalueen pintavalunta (SRK GoldSim, 2025)
6. Louhosseinämän valunta (Pintavalunta)	Laskettu/mallinnettu	Yhdistetty 1. Louhosseinämän pintavalunta 2. Louhosseinämän lumen sulanta (SRK GoldSim, 2025)

8.8.4 Louhosjärvimallin epävarmuudet ja oletukset

Laaditut mallit sisältävät rajoituksia ja epävarmuustekijöitä, jotka johtuvat lähtötietojen luontaisista epävarmuuksista, oletuksista malleissa sekä ennusteiden tekemiseen tarvittavista hypoteeseista, kuten:

1. Räjähdysainejäämistä peräisin oleva nitraatin liukeneminen on jätetty huomioimatta hydrogeologisessa ja termodynaamisessa mallinnuksessa, koska oletetaan, että suurin osa räjähdysainejäämistä on jo liuennut kaivoksen elinkaaren aikana.
2. Mallin termodynaamisesti ohjautuvien prosessien, kuten sekundäärimineraalien (sekundääriyhdisteiden) saostumisen ja pintakompleksaation kautta tapahtuva liukoisten aineiden poistuminen oletetaan pysyväksi. Nämä mekanismit ovat kuitenkin palautuvia, jos ympäristön olosuhteet muuttuvat siten, että ne voivat aiheuttaa sekundääriyhdisteiden purkautumista.

8.8.5 Vesi- ja kuormatase suhteessa louhosjärvimalliin

Vesitase on laskettu kuukausittaisella aikavälillä GoldSim-ohjelmalla SRK:n toimesta (SRK 2025). Saatua vesitaselaskennan tuloksia käytetään yhdessä pohjavesimallinnuksen (WSP 2025b) tulosten kanssa syötteenä louhosjärven vesitaseen määrittämiseksi.

Kontaktivesi muodostaa louhosjärven merkittävimmän sisäänvirtaaman ja hallitsee pitkällä aikavälillä järven kokonaisvesimäärää ja kemiallista kuormitusta. Ns. kontaktivesi eli haitta-ainepitoisten mineraalimateriaalien kanssa kosketuksissa ollut vesi muodostaa 60 % louhosjärven sisäänvirtaamasta skenaariossa VE0+ ja 65 % skenaariossa VE1.3.

Louhosjärven kokonaisvesimäärä vaihtelee mallinnettujen skenaarioiden välillä. Skenaariossa VE0+ louhosjärven lopullinen tilavuus on noin 6,5 Mm³ ja skenaariossa VE1.3 lopullinen tilavuus on lähes kaksinkertainen, noin 12 Mm³. Ylivuoto alkaa, kun louhosjärvi saavuttaa tason 225 m mpy, noin 90 vuoden kohdalla skenaariossa VE0+ ja noin 114 vuoden kohdalla skenaariossa VE1.3. Kun ylivuototaso saavutetaan, sisään- ja ulosvirtaamat tasapainottuvat ja louhosjärven kokonaisvesimäärä vakiintuu.

Kontaktivedellä on hallitseva vaikutus louhosjärven vedenlaatuun molemmissa mallinnetuissa skenaarioissa. Kontaktivesi muodostaa noin 60 % kokonaiskuormituksesta skenaariossa VE0+ ja yli 50 % skenaariossa VE1.3. Kontaktivesi sisältää sekä kontaktivesialtaan vettä että sivukivialueen suotovettä.

8.8.6 Louhosjärvimallinnuksessa käytetyt työkalut

Kaivoksen sulkemisen jälkeen muodostuvaa louhosjärveä on mallinnettu hydrodynaamisilla ja termodynaamisilla menetelmillä. Konseptuaalisten mallien laadinnassa on huomioitu aiemmin laaditut mallit ja niissä tehdyt päätelmät, ml. kontaktiveden johtaminen louhosjärveen 40 m sen pinnan alapuolelle, jotta järven kerrostuminen tehostuisi ja siten kemiallista kuormitusta järven ylivuototason vesikerroksessa saataisiin pienennettyä. Kummassakin mallinnetussa skenaariossa louhosjärven kemialliselle kuormitukselle on kuusi pääasiallista lähdettä: kontaktivesi (sivukiven läjitysalueelta koottavat suotovedet ja kontaktivesialtaan vesi), sadevesi, sivukiven läjitysalueelta pohjaveteen suotautuva vesi, luonnollinen pohjavesi, ei-kontaktivesi (sivukiven läjitysalueen ja valuma-alueen pintavalunta), sekä louhosseinämävalunta.

Termodynaaminen mallinnus

Louhosjärven termodynaaminen mallinnus on tehty yhdistämällä Microsoft Excelissä tehtyjä massataselaskelmia ja Yhdysvaltain geologisen

tutkimuskeskuksen (USGS) PHREEQC-mallinnustuloksia (Parkhurst ja Appelo 2013). Käytetty PHREEQC-versio on 3.8.6-17100 ja termodynaaminen tietokanta minteq.v4. PHREEQC on viranomaisten ja tiedeyhteisön keskuudessa yleisesti hyväksytty, USGS:n kehittämä termodynaaminen ja geokemiallinen työkalu, joka simuloi kemiallisia reaktioita liuoksissa, esimerkiksi mineraalien liukenemista, ioninvaihtoa ja redox-reaktioita alkuaineiden esiintymismuotojen ja kyllästysindeksien laskemiseksi.

Termodynaamisen mallinnuksen avulla on tuotettu mm. kaivosseinämien aiheuttama kuorma, joka on yksi hydrodynaamiseen mallin syötteistä. Taulukossa 8-4 esitetyt veden laadut yhdistyvät veden virtausmäärien kanssa. PHREEQC-ohjelmaa on käytetty arvioimaan muodostuvan louhosjärven kokonaisvedenlaatua.

Hydrodynaaminen mallinnusmenetelmä

Louhosjärven vesikierto ajan suhteen on mallinnettu CE-QUAL-W2 (W2) -ohjelmistolla, versio 4.5 (Cole ja Wells 2017). CE-QUAL-W2:lla luotu hydrodynaaminen malli huomioi liuenneen kiintoaineen kokonaismäärän eri vesijakeissa ja sitä kautta kunkin louhokseen tulevan vesijakeen tiheyden.

CE-QUAL-W2 on kaksiulotteinen, sivusuunnassa keskiarvoistettu virtausmekaniikan ja vedenlaadun malli, jota on laajasti käytetty arvioimaan täydellisen sekoittumisen todennäköisyyttä luonnonjärvissä, tekojärvissä ja louhosjärvissä eri puolilla maailmaa. Ohjelma tuottaa kaksiulotteisia virtauskenttiä, joiden avulla voidaan simuloida lämmön, liikemäärän ja aineiden jakautumista. CE-QUAL-W2:n perustuu Buchakin ja Edingerin (1984) kehittämään pitkittäis-pystysuuntaiseen 2D-kuljetusmalliin, joka muodosti vedenlaatumallin ensimmäisen version perustan (US Army Engineer Waterways Experiment Station 1986).

8.8.7 Louhosjärvimallinnuksen tulokset

Louhosjärven muodostumisen alkuvuosina virtaukset ympäristöstä ovat louhosjärven suuntaan eikä louhosjärvestä poistu vettä ympäristöön ennen järvioltaan eli louhoksen täyttymistä.

PHREEQC geokemian malli

Skenaario VE0+

Liuenneen kiintoaineen kokonaismäärä kasvaa jyrkästi mallinnuksen kahden ensimmäisen vuoden aikana louhoskuivatuksen päättymisen jälkeen, nousten ensimmäisen vuoden arvosta 1275 mg/l arvoon 2695 mg/l toisena vuonna. Huippuarvo 3101 mg/l saavutetaan vuoden kahdeksan kohdalla, minkä jälkeen pitoisuudet laskevat tasaisesti: 1300 mg/l 50 vuoden kohdalla ja 1000 mg/l 75 vuoden kohdalla. Kerrostumisen jälkeen liuenneen kiintoaineen

kokonaismäärä vakiintuu ylemmässä kerroksessa arvoon noin 23 mg/l vuoteen 100 mennessä, kun taas alemmassa kerroksessa pitoisuudet pysyvät korkeina, laskien vähitellen arvosta 959 mg/l (vuosi 100) arvoon 696 mg/l vuoteen 200 mennessä. Liuenneen kiintoainepitoisuuden pieneneminen johtuu metallien ja puolimetallien määrän vähenemisestä sivukiven läjitysalueelta kerättävässä suotovedessä ja kontaktivedessä.

Sulfaattipitoisuudet noudattavat samankaltaista kehityskulkua kuin liuenneen kiintoaineen kokonaismäärä, saavuttaen huippuarvon 1864 mg/l kolmantena vuonna, minkä jälkeen pitoisuudet laskevat vähitellen. Vuoteen 75 mennessä sulfaattipitoisuus on laskenut arvoon 650 mg/l. Väheneminen johtuu sivukiven läjitysalueelta kerättävän suotoveden ja kontaktiveden määrän vähenemisestä. Kerrostuneissa olosuhteissa ylemmän kerroksen pitoisuudet vakiintuvat arvoon 7 mg/l, kun taas alemmassa kerroksessa pitoisuudet pysyvät korkeina, laskien arvosta 628 mg/l (vuosi 100) arvoon 436 mg/l vuoteen 200 mennessä. Yläkerrokseen vaikuttavat ainoastaan lumensulamisvedet ja kaivosseinämien pintavalunta, mikä laimentaa yläkerroksen pitoisuuden arvosta 750 mg/l arvoon 7 mg/l vuoden 90 jälkeen. Suurin osa sulfaatista jää alempaan kerrokseen, jossa suotovesi ja kontaktivesi säilyvät sen pääasiallisina lähteinä.

Kokonaistypen pitoisuus kasvaa alkuvuosina, nousten ensimmäisen vuoden arvosta 10,2 mg/l huippuarvoon 26,2 mg/l toisena vuonna kontaktiveden vaikutuksesta. Tämän jälkeen pitoisuudet vaihtelevat ennen kuin alkavat laskea tasaisesti, saavuttaen 15,1 mg/l seitsemäntenä vuonna ja 8,0 mg/l vuoden 75 kohdalla. Pitkällä aikavälillä pitoisuus vakiintuu arvoon noin 4,2 mg/l alemmassa kerroksessa vuoden 100 jälkeen. Kehitys viittaa siihen, että suurin osa tuestä huuhtoutuu kontaktiveden mukana sulkemisen alkuvuosina, ja pitoisuudet vakiintuvat pitkällä aikavälillä, kun typen lähde päättyy kaivostoiminnan päätyttyä.

Louhosjärven pH pysyy koko mallinnusjakson ajan lähes neutraalina, vaihdellen välillä pH 6,0–7,0. Ensimmäisinä vuosina esiintyy pientä vaihtelua, erityisesti vuosina 2–10. Tämän jälkeen pH vakiintuu noin arvoon 6,7–6,8 sekä järven ylemmissä- että alemmissa kerroksissa.

Skenaario VE1.3

Liuenneen kiintoaineen kokonaismäärä kasvaa kahden ensimmäisen vuoden aikana kaivoskuivatuksen päättymisen jälkeen, ylittäen 4000 mg/l huippuarvon, mutta laskee sen jälkeen jyrkästi, kun louhosjärven sisäänvirtaamat laimenevat ja liuenneiden aineiden kuormitus laskee. Vuoteen 100 mennessä pitoisuus laskee alle 500 mg/l ja edelleen arvoon noin 350 mg/l vuoteen 200 mennessä. Molemmat järvikerrokset käyttäytyvät samankaltaisesti, vaikka ylemmässä kerroksessa pitoisuudet pysyvät

johdonmukaisesti pienempinä. Liuenneen kiintoaineen pitoisuuksiin vaikuttaa suurelta osin kontaktiveden kemiallinen koostumus. Sulfaatti ja muut pääionit noudattavat samankaltaista kehitystä kontaktiveden vaikutuksesta.

Kokonaistypen pitoisuus kasvaa jyrkästi kahden ensimmäisen vuoden aikana, saavuttaen huippuarvon lähes 45 mg/l, ennen nopeaa laskua alle 20 mg/l vuoteen 10 mennessä. Tämän jälkeen pitoisuudet laskevat tasaisesti, lähestyen arvoa 5 mg/l vuoteen 75 mennessä ja vakiintuen 150 vuoden jälkeen alemmassa kerroksessa noin 2–3 mg/l välille ja arvoon 0,8 mg/l ylemmässä kerroksessa. Kehitys viittaa siihen, että suurin osa tyyppistä huuhtoutuu kontaktiveden mukana sulkemisen jälkeisinä alkuvuosina, ja pitoisuudet vakiintuvat pitkällä aikavälillä, kun tyyppien tuottaminen on lakannut kaivostoiminnan päätyttyä.

Ensimmäisten vuosikymmenten aikana pH laskee vähitellen lähes neutraalista tasosta (pH 6,6–6,2 ensimmäisten 10 vuoden aikana) minimiin pH 5,8 vuoteen 80 mennessä. Kerrostumisen jälkeen pH alkaa erota vesikerrosten välillä. Ylemmässä kerroksessa pH vakiintuu noin arvoon 5,5, kun taas alemmassa kerroksessa pH nousee vähitellen saavuttaen arvon 7,3 vuoteen 200 mennessä.

CE-QUAL-W2 hydrodynaaminen malli

Mallinnettuja lämpötila- ja liuenneen kiintoaineen profiileja on käytetty arvioimaan skenaarioiden VE0+ ja VE1.3 mukaisen louhosjärven vesikiertoa oletusmallissa, jossa kontaktivesi johdetaan 40 metrin syvyyteen järven pinnan alle. Louhosjärven veden tiheyteen vaikuttava vedenlaadun syöte, erityisesti liuenneen kiintoaineen kokonaispitoisuus, on peräisin PHREEQC-mallista. CE-QUAL-W2-mallinnustulokset kuvaavat järven kerrostumista ja vesikiertoa. Mallinnusjakson pituus on 200 vuotta.

Skenaario VE0+

Vedenpinnan palautuminen

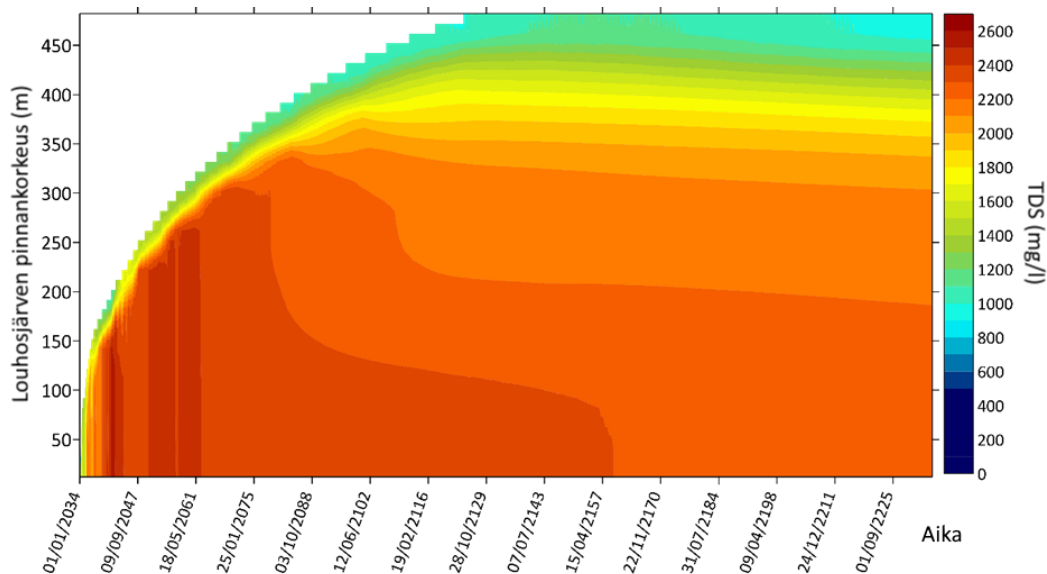
Louhintavaiheen 4 suunnitelman mukaisen louhoksen (+ tarvekiven louhintaa varten louhinta-vaiheen 5 alueelle tehtävä aloituslouhos) tilavuuden ja vesitaseen perusteella louhosjärven vedenpinnan ennustetaan nousevan tasaisesti ylivuototasolle (225 m mpy). Kun ylivuototaso on saavutettu, järven pinnankorkeus pysyy vakiona ja ylimääräinen vesi poistuu ylivuotona (ja haihtumalla). Skenaario VE0+ CE-QUAL-W2-mallinnus tuottaa louhoksen täyttymisajaksi lähes saman tuloksen kuin vesitaselaskenta. CE-QUAL-W2-mallinnuksen perusteella täyttymisaika on noin 90 vuotta ja vesitaseen 89 vuotta.

TDS

Mallinnustulokset (Kuva 8-15) indikoivat louhosjärven asteittaista kerrostumista ja kemokliinin muodostumista, jossa pitoisuudet ovat matalampia lähellä pintaa ja korkeampia syvemmillä. Pysyvä kerrostuminen alkaa muodostua jo louhosjärven täyttymisvaiheessa. Vaikka täyttymisvaiheen alussa esiintyykin jonkin verran vaihtelua ylemmissä ja alemmissa vesikerroksissa, korkeammat pitoisuudet pysyvät makeamman pintakerroksen alapuolella.

Mallinnusjakson aikana ei tapahdu sekoittumista ylempien ja alempien kerrosten välillä. Mallin alimmissa kerroksessa (-252 m mpy) pitoisuudet kasvavat jyrkästi alkuvaiheessa, minkä jälkeen ne laskevat vähitellen ylivuototason saavuttamiseen asti. Tämän jälkeen alakerros pysyy suhteellisen vakaana. Pitoisuudet vähenevät asteittain kohti pintaa. Alimman kerroksen keskimääräinen TDS (kiintoaineen kokonaispitoisuus) mallinnusjakson aikana on 2310 mg/l ja suurin pitoisuus 2522 mg/l.

Mallinnettu lopullinen liuenneen kiintoaineen kokonaismäärä louhosjärven ylivuototasolla on 969 mg/l ja pohjakerroksessa 2282 mg/l. Yläkerroksen pitoisuudet vaihtelevat välillä 941–1120 mg/l, ja mallinnusjakson aikainen keskiarvo on 1046 mg/l. Louhosjärven pinta- ja pohjakerroksen välinen pitoisuusero vaihtelee välillä 1200–1300 mg/l verrattaessa lopullisia ja keskimääräisiä pitoisuuksia.



Kuva 8-15. Mallinnettu TDS mallinnusjakson aikana skenaariossa VE0+.

Lämpötila

Mallinnetut lämpötilaprofiilit indikoivat jatkuvaa ylä- ja alakerrosten välistä eriytymistä louhosjärven täyttymisvaiheesta lähtien. Louhosjärveen muodostuu termokliini, jossa alemmat vesikerrokset pysyvät viileämpinä ja

vakaampina, kun taas pintakerroksessa esiintyy vuodenaikojen mukaista lämpötilan kausivaihtelua. Noin 30–40 m järven pinnan alapuolella ei havaita kausivaihtelua, ja suurin osa vaihtelusta tapahtuu ylimmässä 20 metrissä.

Mallinnusjakson aikana ei tapahdu sekoittumista ylemmien ja alemmien kerrosten välillä. Pohjakerros pysyy vakaana sen jälkeen, kun louhosjärvi on täyttynyt. Lämpötilat nousevat vähitellen noin 3 °C:een kerrostuneen yläkerroksen alapuolella.

Kun louhosjärvi on täyttynyt noin 90 vuoden kohdalla, kerrostuneen yläkerroksen lämpötila ylivuototasolla vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Kesäkuukausina havaitaan korkeampia lämpötiloja, enimmillään 17,8 °C. Talvikuukausina lämpötila laskee alimmillaan 0 °C:een, jolloin järven pinnalle muodostuu jääpeite. Keskimääräinen vuotuinen jäänpaksuus on 0,72 m, ja suurin vuotuinen jäänpaksuus 1,04 m. Mallinnusjakson aikainen vuotuinen keskilämpötila on 4,8 °C.

Skenaario VE1.3

Vedenpinnan palautuminen

Vaiheen 5 suunnitelman mukaisen louhoksen tilavuuden ja vesitaseen perusteella louhosjärven vedenpinnan ennustetaan nousevan tasaisesti ylivuototasolle (225 m mpy). Kun ylivuototaso on saavutettu, järven pinnankorkeus pysyy vakiona ja ylimääräinen vesi poistuu ylivuotona (ja haihtumalla). CE-QUAL-W2-mallinnuksen perusteella louhoksen täyttymisaika on noin 114 vuotta, mikä vastaa vesitaselaskennan tulosta.

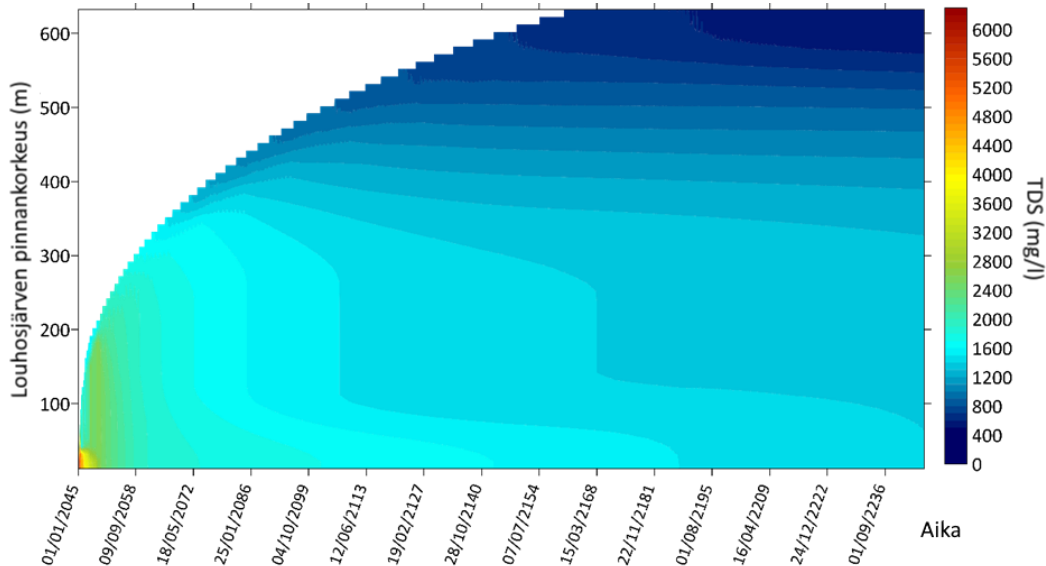
TDS

Mallinnustulokset (Kuva 8-16) indikoivat louhosjärven asteittaista kerrostumista ja kemokliinin muodostumista, jossa pitoisuudet ovat matalampia lähellä pintaa ja korkeampia syvemmillä. Vaikka täyttymisvaiheen alussa esiintyykin jonkin verran vaihtelua ylemmissä ja alemmissa kerroksissa, korkeammat pitoisuudet pysyvät makeamman pintakerroksen alapuolella.

Mallinnusjakson aikana ei tapahdu sekoittumista ylemmien ja alemmien kerrosten välillä. Mallin alimmassa kerroksessa (-402 m mpy) pitoisuudet kasvavat nopeasti alkuvaiheessa, minkä jälkeen ne laskevat jyrkästi, kunnes järven ylivuototaso on saavutettu. Tämän jälkeen alakerros pysyy suhteellisen vakaana. Pitoisuudet vähenevät asteittain kohti pintaa. Alimman kerroksen keskimääräinen liuenneen kiintoaineen kokonaispitoisuus mallinnusjakson aikana on 1673 mg/l ja suurin pitoisuus 6069 mg/l.

Mallinnettu lopullinen TDS louhosjärven ylivuototasolla on 533 mg/l ja pohjakerroksessa 1405 mg/l. Ylimmän kerroksen pitoisuudet vaihtelevat välillä

517–661 mg/l, ja koko mallinnusjakson aikainen keskiarvo on 581 mg/l. Louhosjärven pinta- ja pohjakerroksen välinen pitoisuusero vaihtelee välillä 800–1000 mg/l kun verrataan lopullisia ja keskimääräisiä pitoisuuksia.



Kuva 8-16. Mallinnettu TDS mallinnusjakson aikana skenaariossa VE1.3.

Lämpötila

Mallinnetut lämpötilaprofiilit indikoivat jatkuvaa ylä- ja alakerrosten välistä kerrostumista louhosjärven täyttymisvaiheesta lähtien. Louhosjärveen muodostuu termokliini, jossa alemmat vesikerrokset pysyvät viileämpinä ja vakaampina, kun taas pintakerroksessa esiintyy vuodenaikojen mukaista lämpötilan kausivaihtelua. Noin 30–40 m järven pinnan alapuolella ei havaita kausivaihtelua, ja suurin osa vaihtelusta tapahtuu ylimmässä 20 metrissä.

Mallinnusjakson aikana ei tapahdu sekoittumista ylempien ja alemmien kerrosten välillä. Pohjakerros pysyy vakaana sen jälkeen, kun louhosjärvi on täyttynyt. Lämpötilat nousevat vähitellen noin 3 °C:een kerrostuneen yläkerroksen alapuolella.

Kun louhosjärvi on täyttynyt 114 vuoden kohdalla, kerrostuneen yläkerroksen lämpötila ylivuototasolla vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Kesäkuukausina havaitaan korkeampia lämpötiloja, enimmillään 17,2 °C. Talvikuukausina lämpötila laskee alimmillaan 0 °C:een, jolloin järven pinnalle muodostuu jääpeite. Keskimääräinen vuotuinen jäänpaksuus on 0,71 m, ja suurin vuotuinen jäänpaksuus 1,14 m. Mallinnusjakson aikainen vuotuinen keskilämpötila on 4,7 °C.

8.8.8 Louhosjärvimallin herkkyystarkastelu

Mallinnetuille skenaarioille on suoritettu herkkyystarkastelua ja varmistustarkastuksia. Tarkasteluun sisältyi louhosjärvimallien lämpötilojen ja jäänpaksuuksien vertailua alueelta saatavilla oleviin kirjallisuusarvoihin.

Mallinnetuissa louhosjärviskenaarioissa pintakerroksen lämpötila vaihtelee välillä 0–17 °C. Talvella lämpötila laskee 0 °C:een, jolloin järven pinnalle muodostuu jäätä. Julkisesti saatavilla olevan (www.waterinfo.fi), Kevitsasta noin 35 km koilliseen sijaitsevan, Lokan tekojärven pintaveden lämpötilamittauspisteestä mitatut lämpötilat ovat yhteneviä mallinnettuja tulosten kanssa.

Vuotuinen jäänpaksuus molemmissa mallinnetuissa skenaarioissa on keskimäärin 0,7 m ja enimmäispaksuus 1 m. Tämä vastaa kirjallisuusarvoja jäänpaksuudesta Pohjois-Suomessa (Korhonen 2002 ja Zdrovennova ym. 2025).

Herkkyystarkastelua on tehty kontaktiveden, sijoitusyvyyden ja louhosjärven kerrostumisen välisen riippuvuuden arvioimiseksi, sekä testaamaan konseptuaalista mallia paremman kerrostumisen saavuttamiseksi johtamalla kontaktivesi noin 40 metrin syvyyteen järven pinnasta (Lorax 2019). Kontaktiveden sijoitusyvyyden vaikutusta kummassakin mallinnetussa skenaariossa on tarkasteltu kolmessa tilanteessa:

1. Oletusmalli, jossa kontaktivesi johdetaan 40 metrin syvyyteen järven pinnan alapuolelle
2. Kontaktivesi johdetaan louhosjärven pohjalle
3. Kontaktivesi johdetaan louhosjärven pinnalle

Tarkastelussa oletusmalli tuottaa parhaan kerrostumisen molemmissa mallinnetuissa skenaarioissa, kun tarkastellaan koko mallinnusjaksoa. Kontaktiveden johtaminen järven pohjalle tuottaa aluksi paremman kerrostumisen heti sulkemisen jälkeisinä vuosina, mutta suuri kontaktivesimäärä aiheuttaa lopulta sekoittumista järven pohjalla, mikä ajan myötä vähentää järven kerrostumista verrattuna oletusmalliin.

Kontaktiveden johtaminen järven pinnalle johtaa aluksi sekoittuneempaan järveen erityisesti täyttymisvaiheen aikana, mutta kontaktiveden pitoisuuden pienenentyessä ajan myötä, järvi alkaa kerrostua selvemmin. Havainnot ovat yhteneviä Loraxin aiemman mallinnuksen (Lorax 2019) tulosten kanssa, jonka mukaan kontaktiveden johtaminen noin 40 metrin syvyyteen louhosjärven pinnan alapuolelle lisää järven kerrostumista.

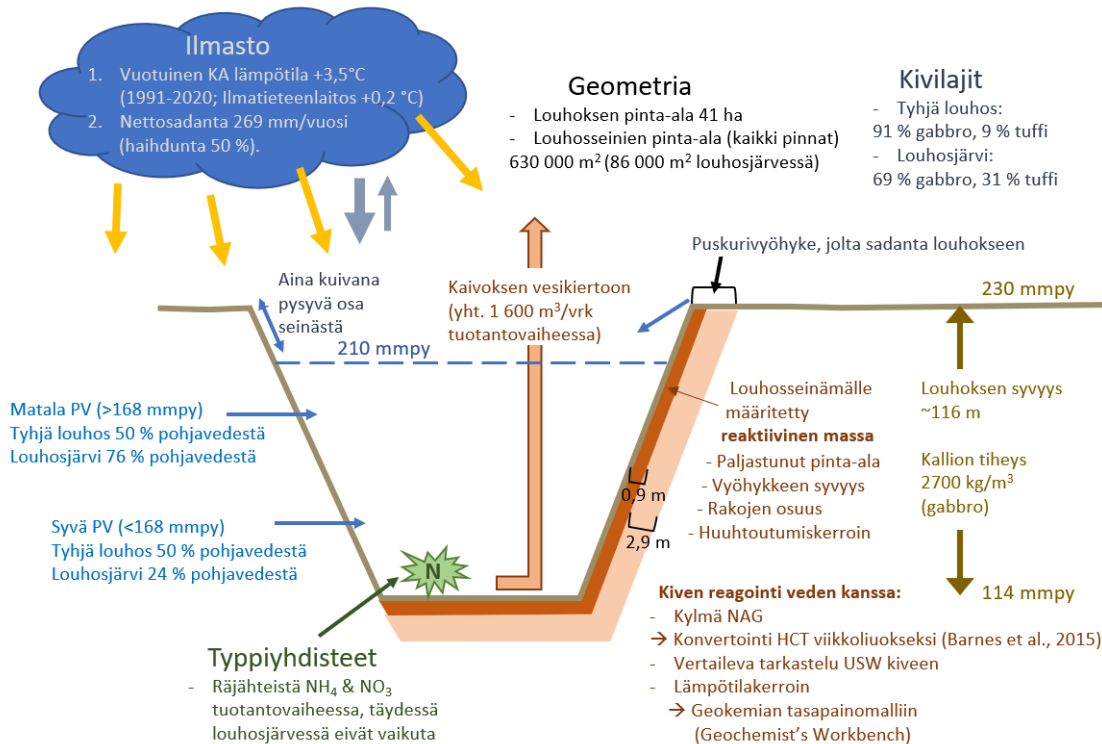
8.9 Hanhilehdon tarvekilouhoksen louhosjärvi

Hanhilehdon erillisen tarvekilouhoksen sulkemisen jälkeen muodostuvan louhosjärven alustavan mallinnuksen on laatinut AFRY Finland Oy (2024). Malli on karkea steady state -malli, jossa tarkastellaan veden laatua ja louhosjärvestä aiheutuvaa kuormitusta. Koska mallin lähtötiedot ovat suhteellisen karkeat, mallinnus tehtiin ns. kokonaan sekoittuneen louhosjärven mallina eli huomioimatta kerrostumisen vaikutusta. Yleensä kerrostuminen parantaa ympäristön kanssa eniten vuorovaikutuksessa olevan pintaosan vedenlaatua ja rikastaa aineita louhosjärven syvänteeseen. Näin ollen hydrodynaamista mallia ei ole käytetty, mutta massatase on tuotettu excel-laskennalla ja termodynaaminen malli Geochemist Work Bench ohjelmistolla, versio 12.0.4. Termodynaamisena tietokantana on käytetty Minteq.v4 kantaa.

Tarvekilouhoksen mallin konseptualisoinnista on laadittu havaintokuva (Kuva 8-17), jossa huomioidaan sekä tuotantovaihe eli louhoskuivatus että sulkemisen jälkeinen aika eli louhosjärvi.

Merkittävin vesilaatuun vaikuttava tekijä on louhosseinämien kivilajijakauma, erityisesti louhosjärvivaiheessa ilmalle altistuvassa seinämässä eli louhosjärven pinnan yläpuolisessa osassa. Louhintasuunnitelman mukaan seinämässä on ainoastaan tarvekivenä louhittavaa gabbroa ja tuffiittia. Gabbrosta vapautuva haitta-ainekuorma on pieni, kun lähtöaineistona käytetään keskimääräisen rikkipitoisuuden gabbroa. Keskimääräisen rikki- ja nikkelpitoisuuden tuffiitista irtoaa suhteellisesti huomattavasti enemmän haitta-aineita. Louhintavaiheessa hapettumiselle altistuvasta kivilajijakaumasta noin 10 % on tuffiittia ja lopullisissa seinämissä louhosjärvivaiheessa ns. kuivaseinämässä tuffiittia on noin 30 %.

Tarvekilouhoksen maksimitilavuudeksi arvioitiin noin 25 Mm³. Analyyttisen laskennan perustella arvioituna tarvekilouhoksen vedellä täytyminen kestäisi noin 37 vuotta. Louhoksen täytyttyä louhoksen läpi tai kautta kulkevan veden määrästä kolmasosa on sadevettä ja loput pohjavettä.



Kuva 8-17. Konseptuaalinen esitys tarvekilouhoksen mallinnuksessa tuotannon aikana ja sulkemisen jälkeen huomioiduista tekijöistä, jotka vaikuttavat kuivatusveden, ja myöhemmin sulkemisen jälkeisen louhosjärven veden laadun muodostumiseen. AFRY Finland Oy 2024.

Tarvekilouhoksen louhosjärven veden pH on neutraalin tuntumassa, hieman yli 7. Sulfaatin pitoisuus on mallinnuksen perusskenaariossa 23 mg/l ja nikkelipitoisuus 30 µg/l. Kobolttipitoisuus on 11 µg/l ja kuparipitoisuus alle 1 µg/l. (AFRY Finland Oy 2024) Koska kemiallinen lähtöaineisto on skaalattu NAG-uuton tuloksista ja louhosjärvi on mallinnettu ilman kerrostumista, on todennäköisempää, että malli tuottaa todellisuuteen nähden ylisuuria pitoisuuksia kuin päinvastoin.

Lähtöaineiston NAG-uutto on tehty ns. kylmäversiona, ilman loppukuumennusta, jolloin vältetään korkean neutralointikapasiteetin kiville tyypilliseltä lopputilanteelta, jossa ylikorkea pH:n takia tapahtuu eräiden metallien saostumista mittakaavassa, joka ei ole testiolosuhteiden ulkopuolella mahdollista.

8.10 Haitta-aineiden kulkeutumisen malli syötteenä pohja- ja pintavesiarvioihin

Haitta-aineiden kulkeutumisen mallintamisen on Kevitsan sulkemissuunnittelutyön osaksi tuottanut WSP Finland Oy (WSP 2025). Tarkastelu on tehty analyyttisenä laskentana (steady state laskentamalli). Haitta-aineiden kulkeutumista on laskettu Domenico-yhtälöllä. Sen avulla on mahdollista simuloida advektiota, dispersiota ja yhdisteiden osalta hajoamista. Pitoisuudet pintavedessä (pohjaveden purkautumisen jälkeen) on tuotettu

käyttäen massatasapainoyhtälöä. Mallinnus on tehty kunkin hankevaihtoehdon toiminnan aikaiselle vaiheelle sekä sulkemisvaiheelle.

Mallinnuksen kannalta on keskeistä alueelle tyypillinen maanpinnan lähelle ulottuva pohjaveden pinta. Pohjavettä purkautuu lähteissä sekä alapuolisiin puroihin ja järviin. Geologisesti alue koostuu turpeesta, moreenista, rapautuneesta ja ehjästä, rikkonaisesta kallioperästä, jossa hydraulinen johtavuus pienenee syvyyden myötä ja virtausmekanismit muuttuvat huokosvirtauksesta murtovirtauspainotteiseksi. Hydrogeologisesti alue voidaan jakaa kahteen pohjavesiyksikköön: ylempään pohjavesiyksikköön, jossa matala pohjavesi virtaa pintamaassa ja rapautuneessa kallioperässä, sekä syvempään yksikköön, jossa pohjaveden virtaus määräytyy ehjemmän kallioperän murtumien mukaan eikä ole suoraan yhteydessä paikalliseen pintavesiympäristöön. Haitta-aineiden kulkeutumisen arviointi perustuu ylemmän pohjavesiyksikön kautta tapahtuvaan kulkeutumiseen.

Haitta-aineiden kulkeutumisessa on tarkastelu

- Aineiden lähteitä:
 - Sivukivialue
 - Rikastushiekka-alueet
 - Avolouhos (louhosjärvi)
 - Iso Hanhilehdon tarvekilouhos (louhosjärvi)
- Reitit:
 - Pohjaveden virtaus ylemmässä pohjavesiyksikössä
 - Pohjaveden purkautuminen pintavesikohteisiin
 - Pohjaveden sekoittuminen pintavesikohteissa.
- Vastaanottajat:
 - Mataraoja
 - Saiveljärvi
 - Viivajoki
 - Iso Vaiskonlampi

Vaikutusten tarkastelupisteet pintavesikohteissa on valittu nykyisten tarkkailupisteiden mukaisesti:

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

Arvioinnin tulokset edustavat todennäköisimpiä vakiotilan olosuhteita. Epävarmuusanalyysi on toteutettu Monte Carlo -stokastisen analyysin avulla.

Mallissa ei ole mukana suojaumpppausten vaikutusta. Toisin sanoen, malli käsittelee haitta-aineiden kulkeutumista ilman suojaumpppausten vaikutusta.

9 Arvio sulkemisen jälkeisistä vaikutuksista

9.1 Haitta-aineiden kulkeutuminen eri hankevaihtoehdoissa

Haitta-aineita muodostuu sivukivialueella ja rikastushiekka-alueella ja niiden patorakenteissa sekä Kevitsan kaivoksen ja Iso Hanhilehdon louhosjärvissä, jotka muodostuvat sulkemisen jälkeen. Sulkemisen jälkeen louhosjärvien ylivirtaus suuntautuu Mataraojan suuntaan.

Kulkeutumisreitit koostuvat pohjavesivirtauksesta kaivannaisjätealueiden alapuolisessa ylemmässä pohjavesivarastossa, pohjaveden purkautumisesta pohjaveden gradientin alapuolisiin vastaanottaviin pintavesistöihin, sekä pohjaveden sekoittumisesta vastaanottavissa pintavesistöissä.

Pohjaveden virtaussuunnan alapuolisia vastaanottavia pintavesistöjä ovat Mataraojan virtavesi, Saiveljärvi, Viivajoki ja Iso Vaiskonlampi.

Mallinnuksen avulla ennakoitua mahdolliset haitta-aineiden vaikutukset on arvioitu seuraavien pintavesistöihin johtavien kulkeutumisreittien varrella: Mataraoja (tarkkailupiste KevS-4), Iso Vaiskonlampi (KevS-26), Saiveljärvi (KevS-7) ja Viivajoki (KevS-9).

Mallinnuksessa on tarkasteltu Mataraojan suuntaan kaivoksesta ja Iso Hanhilehdon tarvekivilouhoksesta purkautuvia vesiä yhdessä rikastushiekka-altaasta ja sivukivialueelta suotautuvien vesien kanssa. Tulokset edustavat todennäköisimpiä vakiintuneen tilan olosuhteita, tarkasteltuna YVA kriteerien ja aluekohtaisten arviointikriteerien mukaan.

Pohjaveden virtausmallinnus on tehty vaihtoehtojen VE0+ ja VE1.3 mukaisesti. Muita vaihtoehtoja on tarkasteltu arvioimalla eroja mallinnettuihin vaihtoehtoihin.

Vaihtoehtoisissa VE1.1 ja VE1.3 sivukivialue laajenee pohjoiseen erillisen Iso Vaiskonlammen valuma-alueen puolelle. Valuma-alue sijaitsee länteen laajennusalueesta. Pintavesiä hallitaan ojitusten avulla. Pintavesien virtaussuunta sivukivialueelta ja louhosjärviltä on yleisesti länteen Mataraojaa kohti. Rikastushiekka-alueelta virtaukset ovat kohti Saiveljärveä.

Pohjaveden pinta on lähellä maanpintaa. Pohjavesi purkautuu maanpintaan lähteissä sekä gradientin alavirran puoleisissa virtavesissä ja järvissä. Ylempi pohjavesikerros koostuu virtaavasta pohjavedestä, joka sijaitsee maalajikerroksissa (turve, moreenit, lajittuneet kerrokset) sekä rapautunut pintakallio. Kerros yltää noin 20–40 m syvyyteen maanpinnassa. Haitta-aineiden kulkeutumisreitit sijaitsevat pääasiassa tässä kerroksessa, vaikka jonkin verran vuorovaikutusta on myös syvemmän, rakoilleessa kalliossa

sijaitsevan pohjavesikerroksen kanssa. Syvempi pohjavesivarasto ei ole suorassa yhteydessä tunnistettuihin vastaanottaviin pintavesistöihin.

Vaihtoehtojen tarkastelu keskittyy haitta-aineiden suotautumiseen ylempään pohjavesivarastoon, sekä kulkeutumiseen vastaanottavia vesistöjä kohti tässä kerroksessa.

Alueella on pohjaveden vedenjakajia, joiden sijainti riippuu alueen topografiasta ja maanpinnan vedenjakajien sijainnista, sekä louhosten kuivatuksen vaikutuksesta paikallisiin pohjaveden virtaussuuntiin.

Sivukivialueella pohjavesi virtaa länteen Mataraojan suuntaan. Pieni osa pohjaveden virtauksesta suuntautuu avolouhosta kohti. Nämä virtausreitit koskevat kaikkia vaihtoehtoja VE0+, VE1.1 ja VE1.3.

Vaihtoehtoisissa VE1.1 ja VE1.3 laajennuksen vuoksi osa matalan kerroksen pohjavesivirtauksesta suuntautuu länteen kohti Iso Vaiskonlampea. Iso Hanhilehdon tarvekivilouhoksen alueen pohjavesivirtaus suuntautuu kohti Mataraojan uomaa.

Rikastushiekka-alueen alla on pohjaveden vedenjakaja. Alueen pohjoispuolelta TSF A ja TSF B alueelta pohjavesi virtaa kohti pohjoista ja luodetta Mataraojan uomaa kohti (kaikki vaihtoehdot). Matala pohjavesi TSF A alueen eteläpuolella (kaikki vaihtoehdot) sekä TSF A2 ja TSF B2 alueilta (VE1.1 ja VE1.3) virtaa etelään kohti Saiveljärveä.

9.2 Sulkemisen jälkeiset pohjavesivaikutukset eri hankevaihtoehtoisissa

Sulkemisen jälkeen pitoisuuksien kaikissa vastaanottavissa vesistöissä arvioidaan olevan samat tai alemmat kuin toiminnan aikana. Sulkemisen aikana kaikki pitoisuudet yleisesti vähenevät kaikissa YVA:n vaihtoehtoisissa.

Pohjavesikerrosten vedenjakajien vuoksi suotautumista tapahtuu vaihtoehdon VE0+ mukaisesti sivukivialueelta, rikastushiekka-alueen pohjoisosasta ja kaivoksen louhosjärvestä kohti Mataraojan uomaa ja rikastushiekka-altaan A1 eteläosasta kohti Saiveljärveä. Vaihtoehtojen VE1.1 ja VE1.3 mukaan suotautumista tapahtuu lisäksi sivukivialueen laajennuksen osalta länteen kohti Iso Vaiskonjärveä. Iso Hanhilehdon tarvekivilouhoksesta suotautumista voi tapahtua Mataraojan suuntaan. Rikastushiekka-alueen laajennuksen osalta suotautuminen suuntautuu Saiveljärven suuntaan.

Kontaktivedet ohjataan muodostuvaan louhosjärveen sulkemisen aikana. Mallinnuksessa on käytetty oletusta, jonka mukaan kontaktivedet puretaan 40 metriä vesipinnan alapuolella. Vesienjohtamisjärjestelyillä tulee varmistaa, että purkautuminen tapahtuu järven pinnan alapuolella.

Koska haitta-aineet suotautuvat matalaan pohjavesivarastoon ja kulkeutuvat pohjaveden virtauksen mukana, pitoisuuksiin kohdistuu eri asteista laimennusta, kulkeutumista, leviämistä, pidättymistä ja hajoamista. Pintaveteen purkautumisen jälkeen pitoisuudet muuttuvat pintaveteen sekoittumisen vuoksi.

Kyseessä ei ole pohjavesialue, pohjavettä ei katsota juomaveden raakavesilähteeksi, eikä suotautumis- ja purkautumisalueiden välisellä alueella nähdä olevan tulevaisuudessa pohjaveden hyödyntämistarkoitusta. Näin ollen alueella ei myöskään sovelleta pohjaveden ympäristölaatunormeja (VNA 341/2009) ja mineralisaatioalueille tyypillisesti paikoin myös luontaiset taustapitoisuudet ylittävät kyseiset ympäristölaatunormit.

Pohjavettä on aikaisemmassa sulkemissuunnittelussa (2016–2019) tarkasteltu ainoastaan kulkeutumisreitteinä. Tämä johtuu osittain edellä mainitusta vähäisestä hyödynnettävyydestä, mutta osittain myös kohtalaisen lyhyestä kulkeutumismatkasta pintavesiin. Mallinnuksessa kulkeutumisreitin ominaisuuksia yleistetään huomattavasti, kun taas todellisuudessa pienellä alueella (lyhyellä aineiden kulkeutumisetaisyydellä) maa- ja kallioperän pienipiirteinen vaihtelu voi aiheuttaa suurtakin vaihtelua pohjaveden pitoisuuksissa. Mallinnuksen keinoilla on siis haasteellista tuottaa tietoja esimerkiksi yksittäisistä pohjaveden tarkkailupisteistä. Toisin sanoen, mallinnus keskiarvoistaa tilannetta pohjavesiympäristössä. Tässäkin sulkemisen jälkeisessä vaikutusten arvioinnissa pohjavesi näyttäytyy enemmän kulkeutumisreitin roolissa, mutta malleista on noudettavissa pohjaveden pitoisuus ennen sen purkautumista vesistöön ja pitoisuudet eri kulkeutumisreiteillä esitetään taulukoissa (Taulukko 9-1–Taulukko 9-4). On huomioitava, että tällä menetelmällä tuotettavat ennusteet pohjaveden pitoisuuksista edustavat pitoisuuksia ennen purkautumista pintavesiin ja nämä pitoisuudet voivat ylittyä kulkeutumisreitin muissa osissa. Saatavien tietojen avulla hankevaihtoehtoja voidaan kuitenkin verrata toisiinsa pohjavesinäkökulmasta.

Taulukoissa 9-1– 9-4 on verrattu pohjaveden sulkemisen jälkeisen ajan pitoisuusennusteita taustapitoisuuksiin. Taustapitoisuudet esitetään WSP:n (2023) raportin mukaisina. Kyseisessä raportissa on koottu tietoa kaivoksen toimintaa edeltävältä ajalta sekä kaivostoiminnan vaikutuspiirin ulkopuolelta sekä pinta- että pohjavesistä. Merkittävimmät muutokset kaivostoimintaa edeltävän ja kaivoksen sulkemisen jälkeisen ajan välillä liittyvät kloridipitoisuuksiin, jotka ovat pääsääntöisesti korkeampia kuin taustapitoisuudet suurimmillaan. Vaikka pohjaveden ympäristölaatunormeja ei kohteessa sovelleta raja-arvoina, niitä voidaan käyttää suuruusluokan havainnollistajana. Kloridipitoisuudet jäävät pohjaveden ympäristölaatunormin (25 mg/l) alapuolelle. Sulfaatin ja nikkelin pitoisuudet

ovat kaivosalueen keskimääräisen taustapitoisuuden yläpuolella, mutta suurimman taustapitoisuuden alapuolella.

Rikastushiekka-alueelta Mataraojan puoleiseen suuntaan kohdistuvat sulkemisen jälkeiset pohjavesivaikutukset ovat lähestulkoon samat eri hankevaihtoehtoissa. Myös sivukivialueen ja Mataraojan välisellä alueella hankevaihtoehtojen väliset erot ovat melko vähäisiä. Saiveljärven tuntumassa pohjavesivaikutukset jäävät ylipäänsä suhteellisen vähäiseksi, poikkeamana kuitenkin sulfaatti vaihtoehdossa VE1.3, joka tosin jää keskimääräisen ja suurimman taustapitoisuuden väliseen suuruusluokkaan. Sivukivialueen ja Vaiskonlammen väliselle alueelle pohjavesivaikutuksia kohdistuu vain vaihtoehtoissa VE1.1 ja VE1.3, joista VE1.3:ssa pohjaveden pitoisuudet ovat systemaattisesti hieman korkeampia kuin VE1.1:ssä.

Taulukko 9-1. Pohjaveden pitoisuudet ennen purkautumista pintavesiin, mg/l. Kulkeutumisreitillä sivukivialueelta Mataraojan suuntaan. Ote WSP:n (2025c) laatimasta haitta-aineiden kulkeutumismallista.. Kaivosalueen taustapitoisuudet ovat raportista WSP 2023.

	Kulkeutumisreitti sivukivialueelta Mataraojan suuntaan (kohti KevP-160)				
	Taustapitoisuus		Sulkemisen jälkeen		
	Keskiarvo	Maksimi	VE0+	VE1.1	VE1.3
Cl	1,2	5,9	18,3	15,2	14,9
Co	0,008	160,000	0,006	0,006	0,005
Cu	0,0070	126,0000	0,0019	0,0021	0,0019
Ni	0,02	0,21	0,04	0,06	0,05
SO ₄	8	234	41	48	43
Zn			0,021	0,016	0,016
Pb			0,000008	0,000010	0,000010
Cd			0,0000046	0,0000051	0,0000051
Hg			0,00000034	0,00000034	0,00000034
Tot-P			0,0033	0,0028	0,0028
Tot-N			0,07	0,08	0,07

Taulukko 9-2. Pohjaveden pitoisuudet ennen purkautumista pintavesiin, mg/l. Kulkeutumisreitillä rikastushiekka-alueelta Mataraojan suuntaan. Ote WSP:n (2025c) laatimasta haitta-aineiden kulkeutumismallista. Kaivosalueen taustapitoisuudet ovat raportista WSP 2023.

	Kulkeutumisreitti rikastushiekka-alueelta Mataraojan suuntaan (kohti KevP-103)				
	Taustapitoisuus		Sulkemisen jälkeen		
	Keskiarvo	Maksimi	VE0+	VE1.1	VE1.3
Cl	1,2	5,9	8,3	8,3	8,3
Co	0,008	160,000	0,004	0,004	0,004
Cu	0,0070	126,0000	0,0040	0,0040	0,0040
Ni	0,02	0,21	0,07	0,07	0,07
SO ₄	8	234	91	94	90
Zn			0,006	0,006	0,006
Pb			0,000030	0,000030	0,000030
Cd			0,0000131	0,0000131	0,0000131
Hg			0,00000073	0,00000080	0,00000073
Tot-P			0,0130	0,0129	0,0132
Tot-N			0,00024	0,00024	0,00024

Taulukko 9-3. Pohjaveden pitoisuudet ennen purkautumista pintavesiin, mg/l. Kulkeutumisreitillä rikastushiekka-alueelta Saiveljärven suuntaan. Ote WSP:n (2025c) laatimasta haitta-aineiden kulkeutumismallista. Kaivosalueen taustapitoisuudet ovat raportista WSP 2023.

	Kulkeutumisreitti rikastushiekka-alueelta Saiveljärven suuntaan (kohti KevS-7)				
	Taustapitoisuus		Sulkemisen jälkeen		
	Keskiarvo	Maksimi	VE0+	VE1.1	VE1.3
Cl	1,2	5,9	3,6	4,3	5,1
Co	0,008	160,000	0,001	0,001	0,001
Cu	0,0070	126,0000	0,0016	0,0015	0,0006
Ni	0,02	0,21	0,02	0,02	0,01
SO ₄	8	234	25	25	70
Zn			0,004	0,004	0,002
Pb			0,000017	0,000017	0,000128
Cd			0,0000066	0,0000065	0,0000543
Hg			0,00000038	0,00000042	0,00000257
Tot-P			0,0073	0,0071	0,0105
Tot-N			0,00000000012	0,00000000055	0,000014

Taulukko 9-4. Pohjaveden pitoisuudet ennen purkautumista pintavesiin, mg/l. Kulkeutumisreitillä sivukivialueelta Vaiskonlammen suuntaan. Ote WSP:n (2025c) laatimasta haitta-aineiden kulkeutumismallista. Kaivosalueen taustapitoisuudet ovat raportista WSP 2023.

	Reitti sivukivialueelta Vaiskonlammen s. (kohti KevS-26)			
	Taustapitoisuus		Sulkemisen jälk.	
	Keskiarvo	Maksimi	VE1.1	VE1.3
Cl	1,2	5,9	2,7	6,4
Co	0,008	160,000	0,002	0,005
Cu	0,0070	126,0000	0,0009	0,0024
Ni	0,02	0,21	0,03	0,09
SO ₄	8	234	21	55
Zn			0,014	0,030
Pb			0,000010	0,000031
Cd			0,0000049	0,0000149
Hg			0,00000031	0,00000088
Tot-P			0,0026	0,0065
Tot-N			0,08	0,54

9.3 Sulkemisen jälkeiset pintavesivaikutukset eri hankevaihtoehdoissa

Sulkemisen jälkeen Kevitsan kaivoksen vesienhallinta etenee vaiheittain kohti passiivisia ratkaisuja. Aktiiviseen vesienkäsittelyyn varaudutaan vielä noin 10 vuoden ajan. Tänä aikana myös Kitinen voi edelleen toimia purkuvesistönä, mikäli aktiivista käsittelyä tarvitaan. Pitkällä aikavälillä aktiivisesta käsittelystä luovutaan kokonaan ja siirrytään passiivisiin vesienkäsittelymenetelmiin, kuten kosteikkoihin. Louhokset täyttyvät vedellä sulkemisen jälkeen muodostaen louhosjärven, joka toimii vesien keräyspaikkana ja osana passiivista vedenpuhdistusta ennen vesien johtamista ympäristöön.

Sulkemissuunnittelussa keskeisenä tavoitteena on vesistöjen kemiallisen ja ekologisen tilan säilyttäminen. Kaivosalueen vesiä vastaanottavien vesistöjen ekologinen tilaluokka ei saa heikentyä kaivosalueen muutosten seurauksena sulkemisvaiheessa tai sen jälkeen. Ekologista ja kemiallista tilaa arvioidaan ravinteiden (fosfori ja typpi) sekä vesiympäristölle haitallisten ja vaarallisten haitta-ainepitoisuuksien eli kemiallisen tilan kautta. Numeerisena

tavoiteasetteluna käytetään hyvän tila ylärajan ravinnepitoisuuksia sekä ensisijaisesti voimassa olevia ympäristölaatunormeja tai muita määriteltyjä raja-arvoja mainituissa vesimuodostumissa.

Kulkeutumismallinnuksella (WSP 2025) arvioitiin laskennallisesti haitta-aineiden suotautumista sivukivi ja rikastushiekka-alueilta pohjaveteen sekä kulkeutumista ylemmässä pohjavesikerroksessa ja lisäksi myös louhosjärvien kautta lähialueen pintavesiin kohdistuvia vaikutuksia sulkemisvaiheessa. Pintaveden pitoisuuksia arvioitiin massatasapainoyhtälön avulla, joka huomioi pohjaveden ja pintaveden sekoittumisen purkautumispisteissä. Vesieliöstölle biosaatavassa muodossa olevat metallipitoisuudet (kupari, koboltti, lyijy, nikkeli, sinkki) laskettiin Bio-met-työkalulla. Pintavesivaikutuksia kohdistuu kaivoksen lähialueen pienvesistä lähinnä Mataraojaan ja Saiveljärveen, laajimmassa vaihtoehdossa VE1.3 myös Iso-Vaiskonlampeen. Kooste sulkemisvaiheen mallinnetuista kokonaispitoisuuksista pintavesissä on esitetty taulukossa 9-5.

Haitta-aineiden pitoisuudet jäävät alle voimassa olevien ympäristölaatunormien (elohopea, kadmium, lyijy, nikkeli) ja pääosin myös muiden käytettyjen raja-arvojen. Suurimmat vaikutukset sulkemisvaiheessa olisivat vaihtoehdossa VE1.3 Iso Vaiskonlammessa, jossa tapahtuisi selkeää kloridin, sulfaatin, nikkelin ja sinkin pitoisuusnousua. Tällöin lammen kloridipitoisuus olisi tasolla 1,9 mg/l ja sulfaattipitoisuus 14 mg/l, mikä jää edelleen selvästi alle käytettyjen raja-arvojen. Metalleista nikkelin biosaatava pitoisuus 4,2 µg/l Iso Vaiskonlammessa on lähimpänä pintavesien ympäristölaatunormia (5 µg/l taustapitoisuus huomioiden). Muutoin kaikkien mallinnettujen alkuaineiden pitoisuus alittaa selkeästi raja-arvot. Erityisesti metallien biosaatavat pitoisuudet laskevat vesistöissä sulkemisvaiheessa pohjavesivaikutuksen pienentyessä. Kokonaistyyppipitoisuus kasvaa Iso-Vaiskonlammessa hieman vaihtoehdossa VE1.3, jääden silti edelleen alle tarkastelussa käytetyn typen raja-arvon (450 µg/l). Em. typen raja-arvo ylittyy Saiveljärvessä ja Viivajoessa kaikissa vaihtoehdoissa johtuen nykytilan korkeammista taustapitoisuuksista. Huomattava on, että etenkin Saiveljärven pintavesityypissä ekologisen tilaluokituksen hyvän tilan raja-arvo on luontaisesti selvästi korkeampi (800 µg/l, Aroviita ym. 2019).

Mallinnuksen perusteella pitoisuudet vastaanottavissa vesistöissä olisivat sulkemisvaiheessa kaikissa vaihtoehdoissa joko samaa tasoa tai pienemmät kuin toimintavaiheessa. Tämä johtuu pääasiassa pintavesien suuremmista virtaamista verrattuna pohjaveden purkuvirtaamiin.

Taulukko 9-5. Vesistökohtaiset keskiarvopitoisuudet sulkemisvaiheessa eri vaihtoehtoisissa 0+, 1.1. ja 1.3 sekä arvioinnissa käytetyt ympäristölaatu-normit ja muut raja-arvot.

			Raja-arvo	Mataraoja KevS-4	Saiveljarvi KevS-7	Viivajoki KevS-9	
VE0+	Kadmium	µg/l	0,1	0,01	0,01	0,01	
	Kloridi	mg/l	25	5,0	13	9,6	
	Kupari	µg/l	1,1	0,57	0,43	0,49	
	Kupari, biosaatava	µg/l	1,1	0,02	0,01	0,01	
	Koboltti	µg/l	4,0	1,7	0,44	0,33	
	Koboltti,	µg/l	4,0	0,79	0,17	0,13	
	Lyijy	µg/l	1,2	0,01	0,04	0,05	
	Lyijy, biosaatava	µg/l	1,2	0,00	0,00	0,00	
	Elohopea	µg/l	0,07	0,01	0,01	0,01	
	Nikkeli	µg/l	5,0	4,61	2,34	2,35	
	Nikkeli, biosaatava	µg/l	5,0	1,07	0,48	0,48	
	Sulfaatti	mg/l	5,0	6,5	7,6	6,1	
	Kokonaisfosfori	µg/l	39	4,6	16,9	17,9	
	Kokonaistyyppi	µg/l	20	293	499	479	
	Sinkki	µg/l	450	2,7	3,0	2,1	
	Sinkki, biosaatava	µg/l	14,4	0,89	0,95	0,56	
VE1.1	Kadmium	µg/l	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01
	Kloridi	mg/l	25	4,5	13,244	9,7	0,99
	Kupari	µg/l	1,1	0,51	0,432	0,49	0,97
	Kupari, biosaatava	µg/l	1,1	0,02	0,013	0,01	0,02
	Koboltti	µg/l	4,0	1,8	0,438	0,33	1,5
	Koboltti,	µg/l	4,0	0,82	0,170	0,13	0,58
	Lyijy	µg/l	1,2	0,01	0,04	0,05	0,04
	Lyijy, biosaatava	µg/l	1,2	0,001	0,002	0,003	0,002
	Elohopea	µg/l	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01
	Nikkeli	µg/l	5,0	4,8	2,3	2,3	7,2
	Nikkeli, biosaatava	µg/l	5,0	1,1	0,48	0,48	1,5
	Sulfaatti	mg/l	5,0	5,8	7,6	6,2	4,9
	Kokonaisfosfori	µg/l	39	4,5	17	18	5,7
	Kokonaistyyppi	µg/l	20	309	499	480	255
	Sinkki	µg/l	450	2,2	2,9	2,1	4,5
	Sinkki, biosaatava	µg/l	14,4	0,75	0,95	0,56	0,96
VE1.3	Kadmium	µg/l	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01
	Kloridi	mg/l	25	4,6	13,2	9,4	1,9
	Kupari	µg/l	1,1	0,52	0,43	0,49	1,3
	Kupari, biosaatava	µg/l	1,1	0,02	0,01	0,013	0,03
	Koboltti	µg/l	4,0	1,8	0,44	0,32	2,1
	Koboltti,	µg/l	4,0	0,82	0,17	0,12	0,84
	Lyijy	µg/l	1,2	0,01	0,04	0,05	0,04
	Lyijy, biosaatava	µg/l	1,2	0,001	0,003	0,003	0,002
	Elohopea	µg/l	0,07	0,01	0,0100	0,01	0,01
	Nikkeli	µg/l	5,0	4,8	2,3	2,3	21

Nikkeli, biosaatava	µg/l	5,0	1,1	0,48	0,48	4,3
Sulfaatti	mg/l	5,0	5,9	7,8	6,2	14
Kokonaisfosfori	µg/l	39	4,5	16,9	17,9	6,3
Kokonaistyyppi	µg/l	20	317	499	478	345
Sinkki	µg/l	450	2,28	2,95	2,1	8,8
Sinkki, biosaatava	µg/l	14,4	0,76	0,94	0,55	1,9

Keskimääräistä tilannetta kuvaavan laskelman perusteella ei voida täysin poissulkea riskiä hetkelliselle tilanteelle annetun laatumormin (MAC-EQS) ylittymistä Iso Vaiskonlammessa jossain tilanteessa. Muissa vesistöissä hetkellisten maksimipitoisuuksien aiheuttama riski arvioidaan pieneksi yleisesti vähäisten vaikutusten perusteella. Laatumormit määrittelevät pitoisuustason, joka on todennäköisesti turvallinen suurimmalle osalle vesieliöstöstä. Sulkemisen jälkeisten haitallisten vesieliöstöön ja kalastoon kohdistuvien vaikutusten ilmenemisen riski voidaan arvioida laatumormien alittumisen perusteella pieneksi. Sulkemisen jälkeisen kuormituksen ei arvioida aiheuttavan kaivoksen lähialueen vesimuodostumien ekologisen tai kemiallisen tilan heikentymistä tai vaarantavan nykyisen vesienhoidon mukaisen hyvän tilan säilymistä.

9.4 Sulkemisen jälkeiset luontovaikutukset

Luontovaikutuksille on toistaiseksi asetettu vain yleisluotoisia tavoitteita eikä esimerkiksi yksityiskohtaista biodiversiteettisuunnitelmaa ole toistaiseksi laadittu. Alue pyritään palauttamaan mahdollisimman luonnonmukaiseksi elinympäristöksi eläimille ja kasveille. Erityisesti läjitysalueiden osalta suljettukin kaivosalue kuitenkin poikkeaa pinnanmuodoiltaan ja osin kasvillisuudeltaankin ympäröivästä alueesta. Myös sulkemisen jälkeisenä aikana luontaiseksi jäävä elinympäristö on suurimmillaan niissä YVA-vaihtoehtoissa, joissa kaivannaisjätealueiden ja louhosalan pinta-alat ovat pienimmillään. Pienin pinta-ala on vaihtoehdossa VE0 ja suurin vaihtoehdossa VE1.3. Vaihtoehdossa VE0+ tarvekivilouhoksen mukaantulo aiheuttaa merkittävimmän muutoksen ympäristöön.

Biodiversiteetin edistämiseksi mahdollisuuksia voi kaivoksen sulkemisen jälkeen tarjoutua esimerkiksi kosteikkojen muodossa. Alueella esiintyy erityisesti keski- ja runsasravinteisia suotyypppejä ja niihin liittyvää lajistoa. Alueella esiintyy erityisesti keski- ja runsasravinteisia suotyypppejä ja niihin liittyvää lajistoa. Näille sopivia olosuhteita voidaan edistää esimerkiksi vaihtelevien pinnanmuotojen tuottamisella. Sivukivialueen lakialueille voidaan muodostaa peittorakenteen yläpuolelle laadultaan sopivista kivistä rakkaelinympäristöjä eli muotoilla lakialueelle paikoin luonnollisen kivirakan kaltaisia olosuhteita. Kevitsan alueen emäksiset kivilajit saattaisivat tarjota mahdollisuuksia erityisten elinympäristöjen luomiselle lajeille, jotka ovat

erikoistuneet lievästi emäksisiin kivi- ja maalajeihin kasvualustanaan, viitaten mm. serpentiinialueiden lajistoon. Myös linnuston tarpeita on mahdollista huomioida tarkentuvassa suunnittelussa.

Alueella on todennäköisesti saavutettavissa melko paljon soveltamalla huolellista biodiversiteettisuunnittelua.

9.5 Sulkemisen jälkeiset sosiaaliset vaikutukset ja vaikutukset elinkeinoihin eri hankevaihtoehdoissa

Kaivoksen sulkemiselle ei tässä sulkemissuunnitelmapäivityksessä asetettu tarkkoja sosiaalisia tavoitteita. Sidosryhmäyhteistyön pohjalta on kuitenkin tiedossa, että kulku lähialueella on tärkeää alueen elinkeinoille ja virkistyskäytölle.

Pitkällä aikavälillä sulkemissuunnitelma mahdollistaa merkittävässä määrin kulkuesteiden poistumista, turvallisuutta vaarantamatta. Sulkemisen jälkeisenä aikana avolouhoksen täyttymisvaihe muodostaa edelleen turvallisuusriskin, jota on hallittava kulkurajoitusten avulla.

Kaivoksen sulkemisella on vaikutuksia alueen työllisyyteen, mutta Sodankylän alueen muiden kaivoshankkeiden arvioidaan kompensoivat tilannetta, mutta ajallinen kohtaantuminen vaihtelee eri YVA-vaihtoehtojen välillä. Koska toisten hankkeiden toteutumisajankohdista ei tässä vaiheessa ole varmaa tietoa, YVA-vaihtojen vertaileminen tästä näkökulmasta jätetään tekemättä.

9.6 Sulkemisen jälkeiset vaikutukset ilman laatuun

Rikastushiekka-altaat ja sivukivialueet peitetään ja maisemoidaan kaivostoiminnan jälkeen, jolloin pölyäminen ympäristöön estyy. Ekosysteemeihin kohdistuvien haittavaikutusten minimoinnin tavoitteen voitaisiin siis ennustaa toteutuvan. Pitkällä aikavälillä eri sulkemisvaihtoehtojen välisiä eroja sulkemisen jälkeisissä ilmanlaatuvaikutuksissa voidaan pitää vähäisinä. Aktiivisen sulkemistyön aikana pölypäästöt oletetaan pinta-alasta riippuviksi, jolloin vaihtoehto VE0 on pölypäästöiltään vähäisin ja VE1.3. merkittävän.

9.7 Sulkemisen jälkeiset vaikutukset maisemaan ja kulttuuriympäristöön

Kaivoksen sulkemisen myötä sivukivialue maisemoidaan loiventamalla penkereitä. Peitto ja siihen kuuluva kasvukerros auttavat aluetta sulautumaan paremmin ympäröivään vaaramaisemaan ja muuhun ympäristöön. Rikastushiekka-alueet peitetään, maisemoidaan ja avolouhoksen annetaan täyttyä vedellä, eli paikalle muodostuu järvi. Kohtuullisen maisemaan

sopivuuden tulisi toteutua kaikissa YVA-vaihtoehtoissa suunnitelman mukaisilla keinoilla. Hankevaihtoehtojen näkyvyydessä eri suuntiin on kuitenkin eroja. VE1.3 näkyy eniten Saiveljärven suuntaan myös sulkemisen jälkeen. Pidemmän matkaan päähän näkyvyys korostuu hankevaihtoehdossa VE1.1., jossa sivukivialue on korkeimmillaan.

10 Sulkemisvaiheen tarkkailun pääperiaatteet

10.1 Sulkemisvaiheen tarkkailu ja jälkitarkkailu

Ennen toiminnan päättymistä laaditaan jälkiseurantaa koskeva tarkkailuohjelma, joka hyväksytetään valvovalla viranomaisella. Ohjelman laadinta aloitetaan ennen tuotannon päättymistä sen jälkeen, kun sulkemisen yksityiskohtainen suunnittelu on edennyt riittävän pitkälle. Tarkkailuohjelman sisältöä muotoillaan alustavasti jo varhaisemmissa suunnitteluvaiheissa.

Tarkkailuohjelman laadintaa ohjaavat kaivoksen toiminnan aikana saadut tiedot ympäristövaikutuksista, sulkemissuunnittelun ja riskinarvioinnit tiedot sekä ennusteet sulkemisen jälkeisistä vaikutuksista. Sulkemisvaiheen tarkkailu ja jälkitarkkailu sisältävät pääpiirteissään saman tarkkailun elementit kuin tuotantovaiheen tarkkailu. Niiltä osin kuin kyseessä on vain tietyin väliajoin toistettava tutkimus, on suositeltavaa toistaa tutkimus ainakin kerran tuotannon lopettamisen jälkeen.

Tarkkailumenetelmät ja analyysit valitaan siten, että kaivoksen kuormitusvaikutukset havaitaan tehokkaasti.

Kaivoksen tuotannon päättymisen jälkeen tarkkailua voidaan asteittain vähentää alueilta, joihin ei enää kohdistu kaivoksen kuormitusta. Tällaiseksi alueeksi voidaan luokitella esimerkiksi Vajusen allas, Kitinen Mataraoja suun yläpuolella ja mahdollisesti myös Satojärvi. Tarkkailua on kuitenkin syytä jatkaa toiminnanaikaisessa laajuudessa esimerkiksi vuosi tuotannon päättymisen jälkeen. Tuotannon lopettamisen jälkeen tarkkailu kohdistetaan ensisijaisesti niille alueille, joilla ennakoidaan havaittavan sulkemistoimenpiteisiin liittyvää kuormitusta tai muutoksia.

YVA-vaihtoehtojen välillä on joitakin eroja tarkkailun tarpeissa. Esimerkiksi vaihtoehdot VE1.1 ja VE1.3 edellyttävät tarkkailua Iso Vaiskonlammen alueella sulkemisvaiheessa ja jälkitarkkailuvaiheessa, kun taas muissa vaihtoehdoissa alueelle ei kohdistu kuormitusta. VE0 ja VE0+ eivät sisällä Hanhilehdon tarvekivilouhosta, joten sitä ei ole mukana myöskään tarkkailuohjelmassa. Muilta osin vaihtoehtojen välillä on lähinnä eroja esimerkiksi jälkitarkkailuun jäävien pohjavesiputkien sijainnin osalta.

10.2 Sulkemistoimenpiteiden toteuttamisen aikainen tarkkailu

Kaivoksen sulkeminen etenee vaiheittain, joten osittain sulkemistoimenpiteitä tehdään jo toiminnan aikana. Tällä aikajaksolla (lyhyt aikaväli tuotannon lopettamiseen saakka) sulkemistoimenpiteiden tarkkailu voidaan pääosin kattaa noudattamalla voimassa olevaa tuotannon ympäristötarkkailun

ohjelmaa. Tuotantovaiheen tarkkailupisteitä voi jäädä pois ja tulla lisää erityisesti vesienjohtamisjärjestelyjen muutosten seurauksena.

10.3 Sulkemisen jälkeinen tarkkailu

Sulkemistoimenpiteiden valmistuttua kaivosalueen tila ei ole vielä vakaa, ja esimerkiksi louhosjärven täyttymisen ja pohjaveden suunnan kääntymisen arvioidaan vievän vuosikymmeniä. Tarkkailua jatketaan tällöin jälkitarkkailuohjelman mukaisesti. Tarkkailua voidaan kuitenkin vähentää, mikäli kuormituksen lähde saadaan hallintaan ja kuormitus merkittävästi vähenemään tai poistumaan kokonaan.

Louhosjärven täyttymisen jälkeen pinta- ja pohjavesiin kohdistuva kuormitus voi lisääntyä paikoin, ainakin verrattuna tuotannon päättymisen ja louhosjärven täyttymisen väliseen vaiheeseen verrattuna, esimerkiksi Mataraojan valuma-alueen yläosissa alueella. Tällaisten alueiden tarkkailua lisätään tilapäisesti uudelleen louhosjärven täyttymisvaiheessa.

Tarkkailua lisätään tarvittaessa, mikäli havaitaan ennakoimatonta kuormitusta.

11 Varautuminen väliaikaiseen tai ennenaikaiseen kaivoksen sulkemiseen

11.1 Väliaikainen sulkeminen eri hankevaihtoehtoissa

Väliaikainen sulkeminen tarkoittaa tilannetta, jossa kaivostoiminta lakkaa tilapäisesti esimerkiksi taloudellisista syistä. Tällöin kaivos siirtyy ns. *care & maintenance* -tilaan, jossa suoritetaan valitut ylläpitotoimet, jotka tarvitaan, mikäli varsinaisia sulkemistoimia ei käynnistetä. Tällaisia toimia ovat esimerkiksi kaivoskuivatuksen jatkaminen. Tämä voi tapahtua myös osittaisena eli louhokselle määritetään maksimitaso, johon se saa täyttyä. Tällaisessa tasossa voidaan olettaa, että pohjavesivirtaukset kaivosalueella ovat edelleen louhokseen suuntautuvia. Myös esimerkiksi rikastamon huoltotyöt, ja vesienkäsittely jatkuvat tyypillisesti myös *care & maintenance* -tilassa. Pyrkimyksenä on pitää kaivosalue tilassa, joka mahdollistaa suhteellisen nopean tuotantoon palaamisen.

Väliaikaisessa sulkemisessa varmistetaan, että kontakti- ja ei-kontaktivesien erillään pito jatkuu ja kontaktivedet käsitellään ennen johtamista purkuputkeen. Vesienkäsittelyä voidaan joutua säätämään uudelleen, koska käsittelyyn tulevien vesien määräsuhteet poikkeavat tuotantotilanteesta.

Väliaikaisen sulkemisen merkittävimpiin huolenaiheisiin kuuluu sulfidimineraalein hapettumisen edistyminen ja jätealueille varastoituvan haitta-ainemäärän mahdollinen kasvu verrattuna sulkemissuunnittelutyössä mallinnettuun haitta-ainemäärään. Sulkemissuunnitelmassa on kuitenkin tuotannonaikaisia toimenpiteitä, jotka vähentävät myös väliaikaisesta sulkemisesta aiheutuvia riskejä. Esimerkiksi korkearikkinen jäte kapseloidaan tiiviillä moreenilla jo kaivostoiminnan aikana viimeistään 12 kuukauden kuluessa sivukiven louhinnasta. Lisäksi sivukivialueilla sovelletaan alueiden vaiheittaista peittämistä. Myös väliluiskiin asennetaan peittomateriaalia. Väliluiskilla tarkoitetaan valmistuneiden läjityksen osien reunaluiskia, jotka jäävät myöhemmin läjityksen sisään.

Rikastushiekka-alueen kuivumisen oletetaan etenevän suhteellisen hitaasti rikastamon toiminnan keskeydyttyä. Hienojakoisena materiaalia rikastushiekka pysyy kosteana myös läjityksen pintaosissa pitkään ja hapettuu siksi vähäisemmin. Tarvittaessa vesiä johdetaan rikastushiekka-alueelle.

Väliaikaisessa sulkemisessa turvallisuus taataan ensisijaisesti rajoittamalla liikkumista alueella, lähinnä aitaamisen keinoin. Aitaus on käytössä normaalistikin tuotannon aikana. Kulunvalvonta on käytössä myös ns. *care and maintenance* -tilassa. Kaivoslain mukaiseen vakuuteen (AFRY Finland Oy 2025) on kirjattu muiden turvallisuustoimenpiteiden lisäksi varaus, joka kattaa väliaikaisen sulkemisen tilanteessa kameravalvonnan, sähköisen lukituksen

sekä palovaroitusjärjestelmän. Vakuus koskee varautumista tilanteeseen, jossa toiminnanharjoittajaa ei enää olisi, mutta muussa väliaikaisen sulkemisen tilanteessa toiminnanharjoittaja vastaa kyseisistä tehtävistä.

11.2 Ennenaikainen sulkeminen

Mikäli kaivos suljetaan aikaisemmin kuin nykyinen tuotantosuunnitelma osoittaa, sulkeminen suoritetaan pääpiirteissään samalla tavalla kuin tässä sulkemissuunnitelmadokumentissa esitetään. Sivukivialueiden vaiheittaisesta sulkemisesta sekä tuotannon aikaisista väliluiskapeitoista ja korkearikkisen kiven kapseloinneista on etua myös enneaikaisessa sulkemisessa.

Jättemäärät jäävät vähäisemmäksi ja louhos pienemmäksi. Kivilajisuhteet voivat poiketa mallinnetusta lopputilanteesta ja johtuen läjitysalueiden erilaista loppumittasuhteista kiintoaine-nestekontaktisuhde läjityksissä (peitettyinäkin) voi poiketa mallinnetusta skenaariosta.

Pääsääntöisesti valitun sulkemiskonseptin voidaan olettaa toimivan myös ennenaikaisessa sulkemisessa, mutta päästö- ja vaikutusennusteiden epävarmuudet kasvavat jonkin verran.

12 Keskeiset jäännösriskit

YVA-vaiheen sulkemissuunnitelman laatimisen yhteydessä ei ole pidetty erityistä riskinarvioinnin tai vika-vaikutusanalyysin (FMEA) työpajaa. Pääsääntöisesti täysimittaisia riskinarviointeja sovelletaankin yksittäisille hankesuunnitelmille, ei niinkään YVA:n kaltaisten vaihtoehtotarkastelujen osana. Sulkemissuunnittelun yleisenä lähtökohtana ovat kuitenkin olleet alkuperäisriskit ja tämän työvaiheen keskeisenä lähtökohtana edellisen sulkemissuunnitteluvaiheen 2016-2019 FMEA-työpajan havainnot. Pääsääntöisesti FMEA 2019 (OKC 2019b) yhteydessä havaitut tietotarpeet on paikattu, mikä on mahdollistanut esimerkiksi tuolloista suunnittelukierrosta tarkemmat lähtötiedot mallinnuksiin.

YVA-vaiheen sulkemissuunnittelutyön eri työvaiheissa esille nousseita jäännösriskejä ja toimintasuosituksia ovat:

- Vesistövaikutusten riski sulkemisen jälkeen, erityisesti Mataraojan ja Saiveljärven osalta. Mataraojan kemiallisen ja ekologisen tilan heikkeneminen on edelleen mahdollinen riski, kohdistuen talvikauteen ja alhaisen virtaaman aikaan.
 - Suositus: Sulkemistoimien priorisoitu tehostaminen entistä yksityiskohtaisemmalla tasolla ja pitkäaikainen vedenlaadun seuranta.
- Luontokadon riski verrattuna esikaivos aikaan.
 - Suositus: Laaditaan jälkihoidon biodiversiteettisuunnitelma, jossa huomioidaan peittorakenteiden rajoitteet ja alueen käyttö porolaitumena.
- Epävarmuus EIA-vaihtoehtoissa, liittyen erityisesti lähtötiedon asteittaiseen tarkentumiseen ja siitä edelleen johtuvaan mallinnusten jonkinasteiseen epäajantasaisuuteen suhteessa hankesuunnitteluun (esimerkiksi sivukivimäärien ja geokemian tarkentuminen suunnittelun tarkentuessa).
 - Suositus: Korostetaan työskentelyssä jatkuvasti tarkentuvaa suunnittelua ja kullekin aikajaksolle ominaisia tarkkuustarpeita. Ylläpidetään ja kehitetään muuttuvassa tietoympäristössä suunnittelun ja arvioinnin yhteistyötä ja joustavuutta, panostaen ajantasaiseen tietoon.

YVA-vaiheessa hankevaihtoehtojen määrä voi rajoittaa tarkastelun tarkkuutta, sillä sulkemisvaiheen osalta yksittäiseenkin hankevaihtoehtoon laadittavien sulkemista käsittelevien mallien ja arviontien työketju on mittava. Useiden rinnakkaisten yksityiskohtaisten mallinnusketjujen läpivieminen vertailukelpoisena on siinä määrin aikaa vievää, että työrupeaman alussa kootut lähtötiedot eivät välttämättä ole enää riittävän ajantasaisia

työjatkumon lopussa. Jotta työn tulokset olisivat edelleen ajantasaisia tullessaan yhteysviranomaiselle, lausunnonantajille ja sidosryhmille nähtäväksi, YVA-vaiheeseen valittavia mallinnus- ja arviointiratkaisuja joudutaan tyypillisesti yksinkertaistamaan. Myös tässä YVA:ssa yksinkertaistusta on tehty soveltuvilta osin. Tätä ei kuitenkaan voida pitää kehityskohteenä tai parantamistarpeena yllä kuvatuista syistä, vaan kyseessä on työjatkumon yleinen ominaispiirre.

13 BAT ja hyvät käytännöt

13.1 BAT-arvio

Euroopan Unioni (EU, 2018) on hiljattain ottanut käyttöön päivitetyn BREF-asiakirjan kaivannaisjätteen hallinnasta. Tämä asiakirja korvaa edellisen version vuodelta 2009. Aiempi versio laadittiin jo vuonna 2004, mutta hyväksyttiin vasta vuonna 2009. Toimeksiannon taustalla oli komission tiedonanto (KOM (2000) 664) – asiakirja siis laadittiin ennen kaivannaisjätettä koskevan direktiivin (2006/21/EY) voimaantuloa. Keskeistä uudessa asiakirjassa on se, että BREF-asiakirjan uusi (nykyinen) versio on laadittu voimassa olevan direktiivin pohjalta (2006/21/EY).

BREF-asiakirja kuvaa olemassa olevia tekniikoita ja nostaa joitakin niistä BAT-tekniikoiksi tietyin edellytyksin. Ei ole olemassa varsinaisia juridisia tulkintoja siitä, miten BAT määritellään eikä asiakirjaa tule käyttää tässä tarkoituksessa. BREF-asiakirjasta käy ilmi, että asiakirjan ja BAT-päätelmien tarkoituksena on:

- antaa kaivannaisteollisuudelle, viranomaisille ja muille asiaankuuluville osapuolille ajantasaisia tietoja kaivannaisjätteen hallinnasta sekä
- tukea päätöksentekijöitä esittämällä luettelo BAT-teknologioista, joilla estetään tai mahdollisuuksien mukaan rajoitetaan uusia kaivannaisjätteiden hallinnan haitallisia vaikutuksia ympäristölle ja terveydelle. Samaan aikaan on korostettava, että BAT-päätelmien edustamat tekniikat eivät ole pakollisia eikä asiakirja kaikkea mahdollista hyvin toimivaa. Voidaan siis käyttää myös muita tekniikoita, jotka tarjoavat vähintään saman tasoisen suojan ympäristölle.

BAT-päätelmät jaetaan kahteen ryhmään:

- Geneeriset BAT-päätelmät, joita sovelletaan yleisesti;
- Riskiperusteiset BAT-päätelmät, joita sovelletaan kohteissa, joissa on tunnistettu ympäristö- tai terveys vaikutuksia riskinarvioinnin tai vaikutusarvioinnin avulla.

Kevitsan sulkemissuunnitelman BAT-arvio esitetään taulukossa 13-1.

Taulukko 13-1. Kevitsan kaivoksen sulkemissuunnitelman BAT-arvio. Arviossa on mukana myös BAT-kohdat eivät liity sulkemiseen tai liittyvät sulkemiseen vain epäsuorasti.

BAT		Vastaavuus
Geneeriset päätelmät		
BAT1	Hallintajärjestelmät	Boliden (emoyhtiö) on implementoinut laaja O&CMS järjestelmän, joka kattaa kaikki osa-alueet, jotka sisältävät kaivannaisjätteen hallinnan suunnittelu-, toiminta-, sulkemis- ja jälkihoitovaiheessa (BAT1a). Boliden pyrkii varmistamaan optimaalisen resurssi- ja materiaalihallinnan arvoketjun kaikissa vaiheissa sekä turvaamaan kestävän kehityksen edellytykset, ympäristönsuojelun ja liiketoiminnan etiikan aloilla. Toiminnanharjoittajalla (Boliden Kevitsa Mining Oy) on käytössään kaivostoiminnan kattava ympäristöasioiden hallintajärjestelmä ISO 14001 sekä työterveys - ja turvallisuusjärjestelmä ISO 45001 ja energianhallintajärjestelmä ISO 50001. Yritys hoitaa ympäristöasioiden hallinnan kirjattujen käytäntöjen mukaisesti. ICMM jäsenyrityksenä Boliden Kevitsa Mining on myös sitoutunut soveltamaan toiminnassaan GISTM-standardia (Global Industry Standard on Tailings management). Käyttöönotto on todennettu.
BAT2	Tiedon hallinta, jätteen karakterisointi	Kaivannaisjätteen karakterisoinnissa on huomioitu asiaa koskevat kansalliset, EU- ja kansainväliset normit. Erityisesti on huomioitu komission päätökset 2009/359/EY ja 2009/360/EY sekä ohjeasiakirjat, jotka Euroopan standardointikomitea CEN/TC 292 on laatinut, joista näytteenotto on toteutettu mm. standardeja CEN/TR 16365:2012, CEN/TR 15310/1-6 ja EN 14899 soveltaen. Kaivannaisjätteen karakterisointi on suoritettu soveltaen sekä pysyvän kaivannaisjätteen määrittelyn menetelmiä (Suomen implementaatio VNA 190/2013, Liite 1) sekä jätteen vaaraominaisuuksien arviointia (EY 1272/2008, Euroopan Komission tiedonanto v. 2018 tekniset ohjeet jätteiden luokittelusta (2018/C 124/01), EU N:o 1357/2014, EU 2017/997 ja kansalliset implementoinnit VNA 978/2021, päivitetty jätelaki 646/2011). Lisäksi jätteen lyhyen ja pitkän aikavälin käyttäytymisen (VNA 190/2013, Liite 3) arvioimisessa on hyödynnetty staattisia että kineettisiä testausmenettelyjä: erilaiset liukoisuustestaukset (2:1 DI, ABCC uute, NAG uute) ylösvirtaus-kolonnitesti (L:S 0.2-10), peräkkäisuuotot (pH, REDOX, KCL), Oxitop hapenkulutuskokeet ja karbonaattitestaus, räätälöidyt kineettiset testikolonnit ja useita muita menetelmiä. YVA-selostukseen sisältyy tarvekiven uusi laajennettu määritelmä (ns. uudelleen luokittelu), mikä perustuu sivukiven ominaisuuksien tarkempaan selvittämiseen mm. edellä esitetyin staattisin ja kineettisin menetelmin (ks. myös BAT 4).
BAT3	Jätteen ominaisuuksien seuranta ja verifiointi	Kevitsan kaivoksella on käytössä säännöllinen jätejakeiden tarkkailu. Kevitsan kaivoksella on käytössä säännöllinen jätejakeiden tarkkailu. Tarkkailuohjelma sisältää maa-aineksen, matala- ja korkearikkisten rikastushiekkien, tarvekiven, normaalin sivukiven ja kapseloitavan sivukiven sekä vesienkäsittelysakkien näytteenotto- ja testausuunnitelmat. Jätteiden laadun vaihtelua tarkastellaan ja tarvittaessa syyt tutkitaan erityis selvityksillä.

BAT		Vastaavuus
BAT4	Jätteen hallinnan vaihtoehtojen arviointi	Kyseessä on jo toiminnassa olevan kaivoksen toiminta-ajan jatkamisen YVA-menettely. Näin ollen olemassa olevien kaivannaisjätealueiden sijoituspaikkavaihtoehtojen tai läjitysmenetelmien valinta (BAT4a) on mahdollista vain läjityskapasiteetin lisäämisen osalta. Sivukiven läjittämisen osalta vaihtoehtotarkastelussa on laajempi pinta-ala vs. korkeampi jätealue. Jätealueiden sijoituspaikkavaihtoehtoja on kuitenkin tarkasteltu toiminnan laajentamisen YVA-selostuksessa vuodelta 2011. Teknistaloudellisissa tarkasteluissa vaihtoehtoiset läjitystavat huomioidaan jo lähtökohtaisesti työskenneltäessä GISTM:n puitteissa. BAT 4:n yhteydessä viitataan BAT12:ssa käsiteltävään laadunvarmistukseen. Jätejakeiden määrällistä toteutumaa ja suunnitellun jätteen hallinnan toteutumista seurataan. YVA-selostuksessa 2025, mukaan lukien sulkemissuunnitelma, on mukana tarvekiven uusi laajennettu määritelmä, jonka tarkoituksena on tehostaa sivukiven käyttöä ja vähentää erikseen louhittavan tarvekiven määrää.
BAT5	Ympäristöriskien ja -vaikutusten arviointi	Toiminnan ympäristövaikutuksia on selvitetty laaja-alaisesti mm. toiminnan laajentamisen YVA:n (2011) ja sitä seuranneen ympäristölupahakemuksen yhteydessä (lupapäätös 79/2014). Viimeaikaisia vaikutusarvioita ovat muutoslupahakemusten yhteydessä laaditut arviot (mm. sivukivialueen korottamisen muutoslupahakemus 2018, sulkemissuunnitelma (PSAVI/9287/2019), muutoslupahakemus 2022 (PSAVI/6171/2022) ja rikastushiekka-alueen korotustavan lupahakemus, (PSAVI/8622/2024)). Tämä BAT-arvio esitetään toiminnan pidentämistä koskevan YVA-menettelyn yhteydessä, jossa hankevaihtoehtojen ympäristövaikutukset on arvioitu laaja-alaisesti. Kaivoksella toteutetaan ympäristöriskien arviointimenettely joka kolmas vuosi, viimeisin arviointi on tehty 2025. Rikastushiekka-altaan ympäristössä on viime vuosina suoritettu lisätutkimuksia ja mallinnuksia, osana tarkennettua erityistä riskientarkastelua liittyen pohjavesiin ja haitta-aineiden kulkeutumiseen. Lisäksi, YVA:n 2025 sulkemissuunnitelmassa esitetään YVA:n hankevaihtoehtojen vaikutusarviot niiden sulkemisen jälkeisessä tilassa. Sulkemissuunnittelun painopistealueiden ja täydentävän tiedon hankinnan alustana on ollut vuonna 2019, edellisen sulkemissuunnitteluvaiheen lopussa, suoritettu vika-vaikutusarvio (FMEA), jonka puitteissa on priorisoitu kehityskohteet.
BAT6 BAT7	Kaivannaisjätteen muodostumisen minimointi sekä ei-pysyvän ja vaarallisen kaivannaisjätteen muodostumisen vähentäminen	Kaivannaisjätteen syntyminen minimointi on keskeinen osa ympäristön ja talouden kannalta kestäväää kaivostoimintaa. Tämä on normaali osa kaivoksen suunnittelun ja operatiivisen vaiheen työtä. Jätteen määrän minimoinnin keskeisimpiä keinoja avolouhinnassa on louhinnan suunnittelu. BAT6a:n mukaisesti sivukivijakeet erotellaan siten, että haitallisin jae saadaan kapseloitua ja paras jae hyötykäyttöön. Kevitsan kaivoksella rikastusprosessijäännöksestä erotetaan rikkirikaste, joka muodostaa korkearikkisen rikastushiekkajakeen (Rikastushiekka B). Menettely vähentää huomattavasti pääasiallisen

BAT		Vastaavuus
		rikastushiekkajakeen (Rikastushiekka A) haitallisuutta. Rikkijakeen (Rikastushiekka B) hyödyntäminen tulevaisuudessa on mahdollista, mikäli sille löytyy tarvetta ja se on teknis-taloudellisesti kannattavaa. Tässä YVA:ssa 2025 on mukana tarvekiven uudelleenluokittelu, jossa tarvekiven valintaperusteita on laajennettu monitekijäisiksi, siten, että entistä suurempi osa sivukivestä voidaan turvallisesti hyödyntää rakennuskäytössä ja aiempaa pienempi osuus jää loppusijoitettavaksi.
BAT8 BAT9	<i>Liittyy öljy/kaasu-toimialaan</i>	Ei relevantti Kevitsan kaivoksella.
BAT10	Kaivannaisjätteen uudelleen käsittely	Nykyisellään ei ole teknis-taloudellisesti mahdollista käsitellä/uudelleen prosessoida rikastushiekkaa tai sivukiveä raaka-aineeksi. Actiflo-puhdistamon (METP) sakka sisältää pieniä määriä metalleja, jotka lisätään rikasteen sekaan ja hyödynnetään sulatolla. Rikkijakeen (Rikastushiekka B) hyödyntäminen tulevaisuudessa on mahdollista, mikäli sille löytyy tarvetta (hyödyntämiskohde) ja se on teknis-taloudellisesti kannattavaa ja ympäristöllisesti mahdollista. Kaivannaisjätteen mahdolliseen hyödyntämiseen on varauduttu mm. rikkirikasteen erottamisella ja erillisellä sijoittamisella.
Riskiperusteiset päätelmät		
BAT11	Sulkemisen huomioiva kaivossuunnittelu	Kevitsan kaivoksen suunnitteluvaiheessa sulkemissuunnittelu oli osa hankesuunnittelua, joskaan ei sillä tarkkuustasolla kuin nykymuotoinen (esim. ICMM 2019 ohje) sulkemissuunnittelu tehdään. ICMM:n ohjeistus huomioidaan nykyään kaivoksen sulkemissuunnittelun päivitystyöissä. Esimerkkinä toiminnan suunnittelusta sulkemisvaihetta silmällä pitäen, nykyisellään korkearikkinen sivukivi tiiviskapseloidaan moreenilla (aiemmin kapselointi sivukivellä ja päällysmoreenilla) mahdollisimman nopeasti, jotta sen altistumisaika hapettumiselle minimoitaisiin ja sivukivialueella oleva ns. varastokuorma eli sulfidimineraalien hapettumistuotteiden määrä olisi mahdollisimman pieni sulkemisen alkaessa. Myös korkearikkisen rikastushiekkajakeen eräs keskeinen tarkoitus on pienentää sulkemisen jälkeisiä ympäristövaikutuksia: haitallisin osa jätteestä pystytään sulkemaan erityisillä rakenteilla omana kokonaisuutenaan. (BAT11) Kaivoksen toiminta-ajan pidentämisen suunnittelun yhteydessä tarkastellaan (YVA-selostus 2025 ja sen liitteenä oleva sulkemissuunnitelma) sekä toiminnan aikaiset että sulkemisen jälkeiset vaikutukset kaivannaisjätteen sijoittamisen vaihtoehtoissa. Vaihtoehtotarkastelua kummastakin elinkaaren vaiheesta hyödynnetään lopullisen ratkaisun valinnassa.
BAT12	Laadun valvonta ja muutosten hallinta lyhyen ja pitkäaikaisen rakenteellisen vakauden varmistamiseksi	Kaivannaisjätealueiden rakentamisvaiheeseen kuuluu laadunvarmistusmenettely (BAT12a). Tämä koskee sekä rikastushiekan että sivukiven läjitysalueiden rakentamista. Kaivoksella on käytössä patojen käyttö-, hallinta- ja huolto-ohjeistus (BAT12c). Kaivoksen toimenpiteet onnettomuuksien vähentämiseksi on sisällytetty sisäiseen pelastussuunnitelmaan (BAT 12d), jota päivitetään lainsäädännön velvoitteiden mukaisesti. Sekä jätealuerakentamisen että sulkemistyön toimeenpanolle laaditaan laadunvalvontasuunnitelma (BAT12a) viimeistään

BAT		Vastaavuus
		toteutusvaiheen suunnitelman (urakkatarjousasiakirja) laadinnan yhteydessä. Toteutus, laadunvarmistushavainnot sekä mahdolliset muutokset (12b) dokumentoidaan asianmukaisesti.
BAT13	Pohjatutkimukset	Kevitsan kaivosalueella on toteutettu laajamittaisia geoteknisiä tutkimuksia alueiden rakennettavuuden selvittämiseksi (BAT13). Tutkimuksia on myös merkittävässä määrin täydennetty kaivoksen toiminnan pidentämisen suunnittelun yhteydessä, kaivannaisjätteen kasvavan kokonaismäärän huomioiden.
BAT14	Patomateriaalien tuntemus	Rakenteissa käytetään ominaisuuksiltaan tunnettuja materiaaleja (BAT14). Patomateriaalit ja patojen alapuolinen maaperä on tutkittu fysikaalisilta ominaisuuksiltaan. Suunnittelussa on huomioitu pohjatutkimukset, patomateriaali, padon ja patoaltaan pohjan rakenne, alkupadon ja korotusten rakenne, rakenteen tarkkailu sekä rikastushiekan stabiliteetti ja geotekniset ominaisuudet. Patojen ominaisuuksia on tutkittu toiminnan aikana erillisselvityksin.
BAT15	Rikastushiekka-altaan vakavuus ja turvallinen nesteen ja kiintoaineen säilytys	Rikastushiekka-altaat on suunniteltu sekä kiintoaineen että veden varastointiin, sisältäen alhaisen vedenjohtavuuden vyöhykkeet. Korkearikkisen rikastushiekan läjityksessä sovelletaan erityisiä tiivisteitä (BAT15a,b). Pohjarakenteet: katso BAT15b:n mukaisesti BAT35.
BAT16	Rikastushiekka-altaan vakavuus ja turvallinen nesteen ja kiintoaineen säilytys	Alkupato on vyöhykepato (BAT16a), jonka suunnittelussa on huomioitu pitkän aikavälin tarpeet ja sulkeminen. Keskilinja- (allas A1) ja ylävirtaan (A2) korotuksissa (BAT16b,d) varmistetaan korotuspenkereiden riittävä kuivatus ja rantavyöhykkeen eli beachin pituutta ohjaillaan läjityssuunnittelun ja vesienhallinnan keinoilla (BAT16b). Pohjarakenteet (BAT15b, 16e,f, BAT17c,d): kts.BAT35.
BAT17	Maan päälle rakennettavien kasamutoisten kiinteän jätteen sijoitusalueiden rakennusmenetelmät	Sivukiven läjitys suoritetaan ylhäältä alaspäin laskeutuvalla ns. top-down menetelmällä (BAT17b). Pohjarakenteet: katso BAT17c:n mukaisesti BAT35.
BAT18	Vesienhallinta	Kaivokselle on laadittu vesi- ja kuormatase (BAT18a). Tase on laadittu kaikille tässä yhteydessä tarkasteltaville hankevaihtoehdoille. Vesienhallinnalla on sekä kokonaismalli että osa-aluekohtaiset suunnitelmat (BAT18b). Sulkemissuunnitelmaan sisältyy alustava vesienhallintasuunnitelma (BAT18b). Katso myös kohdat BAT 43 ja BAT46.
BAT19	Mitoitustulva	Patojen mitoituksessa on huomioitu äärisadanta ja ilmastomuutos (BAT19). Rikastushiekka-altaan A patojen mitoituksessa on huomioitu patoturvallisuuden mitoitusadanta 1 /10 000 a, 72h.
BAT20	Vapaan veden hallinta	Rikastushiekka-altailta A1/A2 poistetaan vettä dekantti-pumppaamon ja A1:lla myös lauttapumppaamon kautta (BAT20a, 20d). Altaan B vedenpoistossa on käytössä kiinteä dekantointipumppaamo (BAT20d). Rikastushiekka-alueiden A1/A2 käytössä noudatetaan altaalle määrättyä kuivavaraa (BAT20g) ja rantavyöhykkeen eli pituutta (BAT20f). Veden määrä altaalla

BAT		Vastaavuus
		A on jatkuvasti sallitun maksimiviesimäärän alapuolella. Varajärjestelmänä on varapumppauskalusto (BAT20I). Sulkemisvaiheessa vedenpinnantasoa lasketaan altaalla A1 (ja A2) ja kuivapeiton tullessa kyseeseen myös altaalla B (BAT20e)
BAT21	Kuivatusjärjestelmät	Kuivatusjärjestelmät on kuvattu edellä kohdassa BAT20. Rikastushiekka-alueen suotovesiä talteenotetaan suotovesiojien ja niihin liittyvien pumppaamojen avulla sekä lisäksi patojen sisäpuolella on juurisalaojat (BAT21a). Talteenoton riittävyyttä on selvitetty riskitarkastelujen ja mallien avulla. Täydentävinä toimenpiteinä rikastushiekka-alueen A1 luoteis- ja lounaiskulmilla on suojapumppaus. Korotustavan muutoksen yhteydessä suotovesien talteenottoa laajennetaan patoalueen ylemmille osille ja suotovesiojien talteenottotehoa parannetaan mittasuhteiden avulla. Myös sivukivialuetta ympäröivät suotovesien keräysojat (BAT21b).
BAT22	Kaivannaisjätealueen stabiliteetin arviointi	Altaiden patosuunnittelussa on sovellettu stabiliteettianalyysseja, joita tarkistetaan mittaustietojen valossa (BAT22a). Sivukivialueen pohjarakenteen ja varsinaisen läjityksen suunnittelussa on myös keskeisenä osana stabiliteetti (BAT22b).
BAT23	Rakenteiden stabiliteetin tarkkailu	Rikastushiekka-altaiden stabiliteettia tarkkaillaan systemaattisesti pietsomerien, värähdyslanka pietsometrien, inklinometrien ja painumalevyjen avulla (BAT23). Tarkkailun tulokset raportoidaan säännöllisesti.
BAT24	Stabiliteetin varmistaminen tarkastuksilla	Omavalvonta (BAT24a,b) ja patotarkastukset (BAT24c) kuuluvat kaivannaisjätealueiden käytäntöihin Kevitsassa. Myös sitoutuminen GISTM-standardiin edellyttää sekä sisäisiä että ulkoisia tarkastuksia.
BAT25	<i>Liittyy öljy/kaasu-toimialaan</i>	Ei relevantti Kevitsan kaivoksella.
BAT26 BAT28	<i>Liittyy maanalaiseen kaivostoimintaan ja kaivannaisjätteiden maanalaiseen sijoittamiseen</i>	Ei relevantti Kevitsan kaivoksella. Alueella ei ole maanalaista kaivostoimintaa. Lisäksi, avolouhokseen jätettä ei voida sijoittaa, koska malmin raja on pitoisuusraja ja tulevaisuudessa alempi pitoisuus voi olla hyödynnettävissä. Kaivoslaki (621/2011) kieltää esiintymän hyödynnettävyyden vaikeuttamisen tulevaisuudessa.
BAT27 BAT29	Kaivannaisjätteen kiintoaine/neste -suhteen hallinta	Rikastushiekat levitetään rikastushiekka-alueelle rei'itetyillä suihkutusputkilla (spigointi), jotka suihkuttavat ohuita kerroksia aikaisemmin levitetyn rikastushiekan päälle (BAT29a). Rikastushiekan kiintoaine-/nestesuhteen hallinnassa käytetään sakeutusta (BAT27c). Ei erillistä tarvetta rikastushiekan fysikaalisen pysyvyyden hallitsemiseksi.
BAT30	Kemiallinen stabiliteetti	BAT30c,d käsitellään kohdassa BAT38.
BAT31	Happaman metallipitoisen valuman ehkäiseminen	BAT31a,b toteutuu sivukiven jaottelussa ja korkearikkisen sivukiven tiiviskapseloinnissa. Lisäksi BAT31c toteutuu rikkirikasteen tuottamisessa ja erillisessä varastoinnissa. BAT31e käsitellään kohdassa BAT35a, BAT31g kohdassa BAT 38a, BAT31i kohdassa BAT38e ja BAT31II kohdassa BAT38h.
BAT32	<i>Liittyvät itsestään-syttymisriskin omaaviin jätteisiin ja syanidipitoisiin jätteisiin sekä</i>	Korkearikkinen rikastushiekka, joka on käytännöllisesti katsoen sulfidikonsentraatti, on ainoa Kevitsan kaivannaisjätteistä, johon voisi joissakin olosuhteissa (suhteellisen alhaisessa kosteudessa, hyvin ilmastettuna, ja lämmönerityksen kannalta riittävän suuressa kasassa) liittyä itsestäänsyttymisriski. Jäte kuitenkin läjitetään

BAT		Vastaavuus
	<i>hiilivetypitoisiin porausjätteisiin</i>	vedellä kyllästyneeseen (hapettomaan) tilaan, missä mahdollista itsestäänsyttymistä ei voi tapahtua. Itsesyttymisriskin osalta kaivannaisjätteiden hallinnan vertailuasiakirja (MWEI BREF) kuitenkin viittaa maisemointiin ja maastonmuotojen rakentamiseen, vähentäen visuaalisia-, vesipäästöjä ja meluhaittoja. Oletettavasti BREF-asiakirjan viittaus on virheellinen, joten BAT-arviointia ei voida tältä osin suorittaa. Käytössä on kuitenkin tehokas hallintatoimi, vaikka kyseistä riskiä ei ole vahvistettu.
BAT33		Ei relevantti Kevitsan kaivoksella. Syanidia ei käytetä.
BAT34	<i>Liittyy öljy/kaasu-toimialaan</i>	Ei relevantti Kevitsan kaivoksella.
BAT35	Pohjaveden ja maaperän pilaantumisen estäminen ja tarkkailu	Olemassa olevien kaivannaisjätealueiden pohjarakenteisiin ei voida vaikuttaa jo toimivan kaivoksen sulkemissuunnitelman päivitystyön yhteydessä. Pohjarakenteiden suunnittelussa on kuitenkin huomioitu suotovesien kulkeutumisen ehkäiseminen tiiviskerroksilla, jotka perustuvat sivukivi- ja rikastushiekka-alueen A1 eri osissa ensisijaisesti luonnonmateriaaleihin (BAT35a) ja rikastushiekka-altailla A2, B1 ja B2 keinotekoisin materiaaleihin (BAT35b). Kevitsan kaivoksen rikastushiekka-alueen A1 ympärillä pohjaveden pilaantumista estetään suojapumppauksin BAT 43 -tekniikan mukaisesti (ks. myös BAT 21 ja BAT 39).
BAT36	<i>Liittyy öljy/kaasu-toimialaan</i>	Ei relevantti Kevitsan kaivoksella.
BAT37	Vesien hallinta pohjavesi- ja maaperävaikutusten estämiseksi	Ulkoisten vesien ohiohjausta on tehostettu rikastushiekka-alueen suunnittelussa VE0+, VE1.1 ja VE1.3 (BAT37a, BAT42b). Kuivatusjärjestelmät (BAT21a, BAT21b).
BAT38	Peittorakenteet	Kuten BAT38(e):ssä edellytetään, että toimenpideratkaisut perustuvat vaikutusarviointiin. Sulkemissuunnittelukierroksella 2016–2019 sulkemisstrategian mukaiselle sulkemiselle laadittiin vaikutusarviointi, minkä jälkeen suunnitelmaa paranneltiin vaikutusarvioinnissa havaittujen puutteiden pohjalta. Tämän jälkeen suunnitelmia arvioitiin uudelleen, kunnes lopputulos ylsi tavoitteisiin. Tässä YVA-vaiheen (2025) sulkemissuunnitelmassa hankevaihtoja arvioidaan niiden sulkemisen jälkeisessä tilassa. Sivukivialueella on sovellettu yhdistelmäpeittorakennetta, johon sisältyy tiiviskerros ja suojakerros (BAT38e), mutta myös vaihteitaista sulkemista (BAT38a, BAT30c), johon kuuluvat korkearikkisen jätejakeen tiiviskapselointi tuotannon aikana, sisäluiskien peitto (BAT38b) tuotannonaikaisen sulfidihapettumisen minimoimiseksi. Rikastushiekka-altaan A1/A2 lakialueella kosteaksi jäävä moreenipeitto ehkäisee erityisesti hapettumisreaktioita rikastushiekan ylimmissä kerroksissa. Toiminnallisilta ominaisuuksiltaan lähestymistapa on märkäpeittoa (BAT38h) vastaava. Ratkaisussa on ollut tukena vaikutusarviointi (BAT5). Rikastushiekka-altaan B1/B2 osalta tarkastellut vaihtoehdot kuuluvat jonkin BAT38-ratkaisun piiriin (BAT38e, BAT38g tai BAT38h).



BAT		Vastaavuus
BAT39	Maaperän ja pohjaveden remediaatio	Pohjaveden ja maaperän pilaantuminen pyritään estämään toiminnan aikana. Huomioiden muut kaavaillut toimenpiteet, sulkemissuunnittelussa ei ole nähty tarvetta reaktiivisten seinämien tai phytoremediaation käyttämiselle. Haitta-aineen kulkeutumisen (ns. haitta-ainepluumin) hallinta perustuu suojapumppauksiin toiminnan aikana (rikastushiekka-allas A1), ks. BAT 35. Sulkemisen jälkeen paine-ero rikastushiekka-altaan vedellä kyllästyneen vyöhykkeen ja ympäristön vastaavan pinnan välillä pienenee.
BAT40 BAT41	Maaperä- ja pohjavesipäästöjen seuranta ja tarkkailu	Pohjavesien tarkkailu pilaantumisriskin ehkäisemiseksi perustuu päästölähteiden tuntemukseen ja jo kohteen käsitteellistämisvaiheessa suoritettuun todennäköisimpien kulkeutumisreittien tunnistamiseen. (BAT40). Näin pystytään kohdentamaan tarkkailu oikein haitta-aineiden kulkeutumisen ehkäisemiseksi. Pohjavesien pilaantumisriskiä tarkkaillaan ensisijaisesti pohjavesiputkien avulla (BAT40c). Osa on ympäristötarkkailun putkia ja osa patoalueen ja suojapumppausalueiden toiminnan tarkkailun putkia. Varsinaisia vuodon tunnistamisjärjestelmiä ei käytetä, pois lukien patoturvallisuuden takia sovellettavat järjestelmät. Rikastushiekka-altaan B1 ja altaan A1 raja-alueelle sijoitettu pohjarakenteiden alapuolinen salaoja toimii tässä tarkoituksessa (BAT41a).
BAT42	Pintavesivaikutusten ehkäiseminen	Kaivoksella on huolellisesti suunniteltu vesikierto ja prosessissa käytetään alueella kiertäviä vesiä (BAT42a). Käytettyä prosessivettä mm. varastoidaan talven vähävetiselle kaudelle rikastamon tarpeisiin. BAT42a käsittelee osittain tuotannon aikaisia toimenpiteitä, joista varsinkin veden kierrätys (BAT42a) on käytössä. Rikastamon sisäisen vesikierron lisäksi rikastushiekka-altaalle purettavia vesiä ohjataan takaisin rikastamolle. Rikastamolle otetaan vettä myös vesivarastoaltaalta, johon vesiä tulee rikastushiekka-aldaiden lisäksi myös sivukivialueelta. Ulkoisten vesien ohiohjausta on tehostettu rikastushiekka-alueen suunnittelussa VE0+, VE1.1 ja VE1.3 (BAT42b). Peittorakenteet (BAT42c) on käsitelty kohdassa BAT38. Sulkemiseen liittyy keskeisimmin geomorfologia ja eroosion ehkäiseminen vesistövaikutusten pienentäjänä. Täysin luonnonmukaisiin muotoihin ei Kevitsan kaivannaisjätealueiden sulkemissuunnittelussa ole pyritty, mutta eroosiota hallitaan kanavaverkoston avulla sivukivialueella ja maastonmuodoilla kohti pääkanavaa rikastushiekka-alueella (osittainen BAT42d soveltaminen).
BAT43	Vesienhallinta	Suotovesiä palautetaan rikastushiekka-alueelle sekä suotovesiojista että suojapumppauksista (BAT43). Sivukivialueen suotovedet johdetaan ensisijaisesti vesivarastoaltaalle, mutta pitoisuuksien kohotessa suoraan käsittelyyn. Vesivarastoaltaalta vesiä johdetaan rikastamon tarpeisiin.
BAT44	<i>Liittyy öljy/kaasu-toimialaan</i>	Ei relevantti Kevitsan kaivoksella.
BAT45 BAT46 BAT47	Vesien käsittely	Kaivoksella on huolellisesti suunniteltu vesikierto ja prosessissa käytetään alueella kiertäviä vesiä. Käytettyä prosessivettä mm. varastoidaan talven vähävetiselle kaudelle rikastamon tarpeisiin kaivosalueella vesivarastoaltaalle ts. prosessivesialtaalle, jossa kiintoainesta laskeutuu altaan pohjalle (BAT45 a). Myös talteenotetut suotovedet ml. suojapumppauskaivojen vedet palautetaan kaivoksen vesikiertoon (viittaus kohtaan BAT43). Käytössä on kaksi puhdistustekniikkaa, hydroksidisaostus (BAT46f/BAT47a) sekä

BAT		Vastaavuus
		kerasaostukseen ja koagulaatioon perustuva useammasta moduulista koostuva puhdistamo (BAT45c, BAT46h), molempiin liittyvä laskeutusvaihe (45a). Pintavalutuskentästä ollaan luopumassa aktiivisen käsittelyn tehostuksen myötä. Pintavalutuskenttä poistetaan käytöstä, mutta louhosjärvi toimii sulkemisvaiheessa kaivannaisjätealueiden vesiä vastaanottavana yksikkönä, jossa laskeutus ja anaerobinen vyöhyke (BAT46e) vaikuttavat osaltaan veden laatuun.
BAT 48	Pintavesiin kohdistuvien päästöjen seuranta ja tarkkailu	Pintavesitarkkailu käsittää kaivosalueen sisäisten vesijakeiden tarkkailun, tarkkailun puhdistukseen menevälle sekä puhdistetulle vedelle ja purkuvedelle. Lisäksi tarkkaillaan vastaanottavaa vesistöä (purkuputki) ja lähivesistöjä. Pintavesipäästöjen ja pintavesien tarkkailu (BAT48) jatkuu sulkemisen jälkeen, uudelleenmääritellyssä laajuudessa.
BAT49	Pölyn ehkäiseminen	Kaivosyhtiö on laatinut hajapölypäästöjen hallintasuunnitelman, jota päivitetään vuosittain. Pölyä tuottavia alueita kastellaan tarvittaessa. Jo tuotannon aikana alkavalla vaiheittaisella sulkemisella vähennetään pölyvaikutuksia sivukivialueella. Sulkemisen jälkeen pölyämisherkät pinnan alueella on peitetty. (BAT49 a,c,d,eh). Rikastushiekka-alueella A1 (ja A2) märkäpeitto estää osaltaan pölyämistä (BAT 49 i, j).
BAT50	Ilmapäästöjen minimointi	Kaivosyhtiö on laatinut hajapölypäästöjen hallintasuunnitelman, jota päivitetään vuosittain. Pölyä tuottavia alueita kastellaan tarvittaessa (BAT49a, BAT50c)
BAT51	Ilmapäästöt, jotka liittyvät öljy/kaasu-toimialaan.	Ei relevantti Kevitsan kaivoksella.
BAT52	Ilmapäästöjen tarkkailu	Pölyämisen ja pölylaskeuman tarkkailu on osa toiminnassa olevan kaivoksen tarkkailuohjelmaa. Sulkemisen jälkeen pölytarkkailusta voidaan luopua kasvittumisen käynnistytessä. (BAT52)
BAT53	Melun ehkäiseminen	Sivukiven kuljetusalueilla on käytössä meluvalli. Avolouhoksen itäpuolella on rakennettu meluvalli (melusuojaus erityisesti Koitelaisen suuntaan) Lisäksi sivukiven läjityksessä sovelletaan läjitysjärjestystä, joka muodostaa Natura 2000 -alueen suuntaan ääniesteen. (BAT53a). Sulkemisen toimeenpanon aikana konetyöskentely ulottuu vääjäämättä tilapäisesti myös harjannepaikkoihin. Osa sulkemisesta ajoitetaan jo toiminnan ajalle (katso BAT42d).
BAT54	Hajuhaittojen ehkäisy	Ei relevantti Kevitsan kaivoksella. Kaivannaisjätteistä ja niiden hallinnasta (kaivannaisjätteen jätealueista) ei aiheudu hajupäästöjä. Korkearikkinen rikastushiekka läjitetään tilaan, jossa se on suurimmaksi osaksi vedenkylästäjänä (BAT54f).
BAT55	Maisema- ja maankäyttövaikutusten minimointi	Läjitettävän sivukiven määrä minimoidaan louhinnan suunnittelulla (BAT55a). Sulkemissuunnittelussa on huomioitu kasvittaminen ja kohtuullinen maisemaan sopivuus (BAT55d; BAT42d, osittain).
BAT56	Resurssitehokkuus	Kaivannaisjätteiden läjitysalueet on rakennettu mahdollisimman lähelle louhosta ja rikastamoja, jotta kuljetusmatka läjitysalueille on mahdollisimman lyhyt. Sulkemisvaiheessa peittomateriaalit pyritään löytämään mahdollisimman läheltä peitettäviä alueita. Tämä vähentää energian kulutusta materiaalin siirrossa (BAT56a). Veden kierrätysaste rikastamolle on korkea (BAT56b). Sulkemisen osalta

BAT		Vastaavuus
		peittosuunnittelussa pyritään materiaalihokkuuteen (~BAT56c). Reagenssien kulutusta säännellään prosessilaitoksen sisäisellä näytteenotolla (esim. ksantaattianalyysi) (BAT56c).
BAT57	Luonnossa esiintyvien radioaktiivisten aineiden hallinta	Luonnon radioaktiivisten aineiden pitoisuuksia on selvitetty vuosina 2013, 2015 ja 2019. Kevitsan kaivosalueen ulkoilman pölyjen ja vesijakeiden sekä malmin, sivukivien, rikastushiekkojen ja rikasteiden radioaktiivisten aineiden pitoisuudet ovat tutkimusten mukaan niin pieniä, ettei luonnonsäteilyaltistusta ole tarpeellista erikseen arvioida. 2023 Säteilyturvakeskus (STUK) suoritti luonnonsäteilyn valvontaan liittyvän rutiinitarkastuksen Kevitsan kaivoksella. Tässä yhteydessä tehtiin säteilymittauksia ja otettiin pieniä näytteitä jätteistä tai vesistä.

13.2 Muiden hyvien käytäntöjen soveltaminen

Boliden soveltaan toiminnassaan rikastushiekan hallinnan kansainvälistä GISTM-toimintaperiaatetta (Global Industry Standard on Tailings Management, ICMM ym. 2020). Lisäksi sulkemissuunnittelussa sovelletaan valtaosin ICMM:n (2019) Integrated mine closure -oppaan suosittamaa lähestymistapaa kaivosten sulkemissuunnittelun kokonaisuudessa. Kevitsan kaivoksen sulkemissuunnittelu on prosessina noudattanut ICMM:n oppaan (2019) suosittamia sulkemissuunnittelukäytäntöjä mm. seuraavilta osin:

- Kohteen tietopohjaa on laajennettu systemaattisesti puuteanalyysin kautta.
- Työssä on sovellettu konkreettista paikkakohtaista tavoiteasettelua.
- Louhintasuunnittelun ja sulkemissuunnittelun integraatiota on tiivistetty.
- Riskien tunnistamista ja arviointia on käytetty päätöksenteon apuna sulkemissuunnittelussa.
- Työssä on hyödynnetty monialaista asiantuntijaohjausta.
- Sulkemissuunnitelmassa on keskeisenä elementtinä vaiheittain (jo tuotannon aikana) etenevä sulkeminen.
- Väliaikainen ja ennenaikainen sulkeminen on huomioitu.

INAP:n Card Guide (2018) ja Global Cover System Design (2017) ovat keskeisiä periaatedokumentteja Kevitsan sulkemissuunnittelutyön taustalla GardGuide sisältää runsaasti ohjeistusta sulfidimalmikaivosten valumien hallintaan ja paikkakohtaisen tietopohjan kehittäminen on erityisen keskeisessä roolissa. Valumaan liittyvien riskien hallinta edellyttää mm. seuraavia karakterisointeja, jotka kaikki on toteutettu myös Kevitsan kaivoksella, huomioiden sulkemisvaiheen:

- Laaja jätekarakterisointi, sisältäen staattiset ja kineettiset kokeet ja mineralogian
- Päästölähteiden karakterisointi
- Kohteen hydrogeologinen karakterisointi, pohjaveden virtauksen suunnat ja määrät eri aikajaksoilla.
- Alueen hydrologinen karakterisointi, pintavesivirtaamat.
- Pohjaveden, pintaveden ja sedimenttien laatutiedot lähtötilanteessa ja nykytilanteessa.

Myös Gard Guide edellyttää huolellista tavoiteasettelua, karakterisointien soveltamista ennusteissa ja näihin pohjautuvaa toimenpidesuunnittelua. Lisäksi riskien arviointi ja hallinta ovat keskiössä. Tarkkailun ja seurannan tulee mahdollistaa konkreettisella tasolla tavoitteiden toteutumisen arviointi.

Peittorakenteiden suunnittelussa toteutuu Global Cover System Design (2017) mukainen ajattelutapa.

Myös tämän eri hankevaihtoehtoja sisältävän sulkemissuunnitelman taustatyössä on perehdytty kustannuksiin ja valmistauduttu vakuuslaskentaan, vaikka vakuuslaskenta kuuluukin vasta ympäristölupakäsittelyn yhteyteen.

Vakuuslaskennassa huomioidaan Euroopan komission ohjeistus (EC 2021).

14 Viitteet

AFRY Finland Oy, 2022. Boliden Kevitsa Mining Oy. ETP-vesienkäsittelylaitoksen hydroksidisakan jäteluokittelu ja kaatopaikkakelpoisuusarvio sekä arvio sakan loppusijoituksesta rikastushiekka-altaalle B.

AFRY Finland Oy, 2020. Boliden Kevitsa Mining Oy. Kevitsan kaivoksen sulkemissuunnitelma.

AFRY Finland Oy 2023. Boliden Kevitsa Mining Oy Mataraojan olosuhde- ja vedenlaatuselvitys 2023.

AFRY Finland Oy 2024. Kevitsan kaivoksen tarvekilouhoksen tuotannonaikaisen kuivanapitoveden sekä sulkemisen jälkeisen louhosjärven veden laatu.

AFRY Finland Oy 2025. Kevitsan kaivos, arvio kaivoslain mukaisen vakuuden määrästä.

AFRY Finland Oy 2025b. Boliden Kevitsa Mining Oy, Meluselvitys – Boliden Kevitsan louhintavaiheen 5 ympäristövaikutusten arviointi 19.5.2025.

Aroviita, J., Mitikka, S. & Vienonen S. (toim.) 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2019. Suomen ympäristökeskus. 182 s

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

Boliden Kevitsa Mining Oy 2022. Kiilan louhinta. Tutkimusraportti. Ympäristö-osasto.

Boliden Kevitsa Mining Oy 2025. Käyttötarkkailun vuosiyhteenveto 2024. 10.3.2025

Buchak E.M. ja Edinger J.E. 1984. Generalized, Longitudinal-Vertical Hydrodynamics and Transport: Development, Programming and Applications. Prepared for US Army Corps of Engineers Waterways, Experiment Station. Vicksburg, MS, USA.

Cole, T.M. ja Wells, S.A. 2017. CE-QUAL-W2: A Two-Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 4.1 User Manual. October 2017.

EarthSystemData Ltd. 2019. The effect of climate change on hydrological simulations in the Kevitsa mine area, Finland. April 2019.

EC (European Commission) 2021. Study on the elaboration of guidance on best practices for the calculation and the periodic adjustment of the financial

guarantee for extractive waste facilities. European Commission 2021. 07.201/2018/793585/ETU/ENV.B.3. ISBN 978-92-76-32067-8 doi:10.2779/350770 KH-09-21-049-EN-N

EC (European Commission) 2018. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC; EUR 28963 EN; Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-79-77178-1; doi:10.2760/35297, JRC109657.

Eurofins Ahma Oy 2023. Boliden Kevitsa Mining Oy, Kevitsan kaivoksen pintavesitarkkailu vuonna 2022.

Eurofins Ahma Oy 2024. Boliden Kevitsa Mining Oy, Vuoden 2020 kirjanpitolaskituksen tulokset.

Eurofins Ahma Oy 2024b. Boliden Kevitsa Mining Oy, Kevitsan kaivoksen pintavesitarkkailu vuonna 2023.

Eurofins Ahma Oy 2025. Boliden Kevitsa Mining Oy, sivukivijakeiden tarkkailu vuonna 2024.

Eurofins Ahma Oy 2025b. Boliden Kevitsa Mining Oy, Kevitsan kaivoksen pohjavesien tarkkailun vuosiylennyksen vuosi 2024.

Eurofins Ahma Oy 2025c. Boliden Kevitsa Mining Oy, vesipäästöjen tarkkailu vuonna 2024

Geobotnia Oy 2011. Kevitsan kaivoksen sivukivialueen pohjatutkimus ja rakentamistapasuositus. Työ n:o 10897. 15.4.2011.

Geobotnia Oy 2024. Avolouhoksen itäpuolen pohjatutkimusraportti. Työ n:o 13043. 28.3.2024.

Golder Associates 2018. Kevitsa Mine TFS A Groundwater remediation scheme. Task 2: Groundwater Risk Assessment. 28 s.

Golder Associates Oy. 2022. Kevitsa Site Wide Water Balance. 21464904_21451864.605/A.1. February 2022.

ICMM 2019. Integrated mine closure. Good practice guide, 2nd edition.

ICMM (International Council on Mining & Metals), UN Environment Programme & PRI (Principles for Responsible Investment), 2020. Global Industry Standard on Tailings Management

Ilmatieteen laitos, aineistonouso vuodelta 2023.

Ilmasto-opas, 2023. Keskeiset sopeutumishaasteet Suomessa.
<https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/keskeiset-sopeutumishaasteet-suomessa>.

Ilmatieteen laitos 2022. Boliden Kevitsa Mining Oy. Ilmanlaatumittaukset Kevitsan kaivosalueella ja sen ympäristössä. Hengitettävien hiukkasten, arseenin, ja metallien pitoisuudet vuonna 2021. 28.4.2022.

INAP (International Network for Acid Prevention) 2017. Global Cover System Design. Technical Guidance Document.

INAP (International Network for Acid Prevention) 2018. GardGuide.
<https://www.inap.com.au/gard-guide/>.

Höglund, L.O. ja Herbert, R. (Editors). 2004. MiMi (Mitigation of the Environmental Impact from Mining Waste) - Performance Assessment Main Report, MiMi 2003:3. Muut kirjoittajat: Lövgren, L., Öhlander, B., Neretnieks, I., Moreno, L., Malmström, M., Elander, P., Lindvall, M. ja Lindström, B.

Korhonen J. 2002. Ice and water temperature conditions in some Finnish lakes. Ice in the Environment: Proceedings of the 16th IAHR International Symposium on Ice. International Association of Hydraulic Engineering and Research.

Lapin liitto 2025. Voimassa olevat maakuntakaavat.
<https://www.lapinliitto.fi/aluesuunnittelu/maakuntakaavoitus/voimassa-olevat-maakuntakaavat/pohjois-lapin-maakuntakaava-2/> (11.8.2025)

Lapin liitto 2025b. Vireillä olevat maakuntakaavat.
<https://www.lapinliitto.fi/aluesuunnittelu/maakuntakaavoitus/vireilla-olevat-maakuntakaavat/> (12.8.2025)

Lappalainen, M. and White, G. 2010. NI 43-101 Technical Report on Mineral Resources of the Kevitsa Deposit Project, Finland.

Lorax 2019. Predictive Modeling of Long-Term Pit lake Water Quality, Kevitsa Mine, Finland. Project No. A517-2.

MEM 2019. Detailed Geochemistry and Waste Characterisation Report, Report No: 001-03-01-0919. 18/10/2019

MEM, 2019b, Tailings Storage Facility Geochemical Predictive Modelling, 001-04-03-0919, Mine Environment Management

MEM 2024. Block model and grade control data review to support change of waste classification. Memorandum. 31/03/2024

MEM (Mine Environment Management) 2025. Kevitsa Mine: Waste Rock Storage Facility Geochemical Predictive Modelling 2025. [MYÖS YVA-RAPORTIN LIITTEENÄ 21b](#)

MEM (Mine Environment Management) 2025b. Tailings Storage Facility Geochemical Modelling Report 2025 [MYÖS YVA-RAPORTIN LIITTEENÄ 12a](#)

MEM (Mine Environment Management) 2025c, Kinetic testing of Kevitsa waste rock and tailings materials Report n:o 001-40-0625.

MEM (Mine Environment Management) 2025d. Kevitsa Cut Off Grade Report. Kinetic testing of EW rock to inform refinement of cut off criteria for Kevitsa. Report No: 001-041-04-1025. 08/10/2025

Mutanen T., 1994. Keivitsansarven kupari-nikkeli-platinametalli-kultaesiintymä. Geologian tutkimuskeskus, M06/3714/-94/1/10

OKC (Okane Consultants Inc.). 2018. Kevitsa Soil-Plant-Atmosphere Modelling. Okane report no. 1035- 02-001 prepared for Boliden, January.

OKC (Okane Consultants Inc.). 2019. Kevitsa Mine Site Closure Project: WRSF and TSF Cover System Design and Seepage Assessment. Report no. 1035-008-007. Julkaisupäivä 3.10.2019

OKC (Okane Consultants). 2019b. Kevitsa Mine Site Closure Project Failure Modes and Effects Analysis. Okane Report No. 1035-008-006 Rev1. Prepared for Boliden Kevitsa. September 30, 2019.

OKC (Okane Consultants Inc.). 2021a. Kevitsa Mine 1B WRSF – Record of Installation. Okane report no. 1035-012-009 prepared for Boliden, December.

OKC (Okane Consultants Inc.). 2021b. Kevitsa Mine 1B WRSF – Record of Construction. Okane report no. 1035-012-009 prepared for Boliden, December.

OKC (Okane Consultants Inc.). 2021d. Memorandum. Boliden Kevitsa. Summary of 1A WRSF cover system field trial performance monitoring.

OKC (Okane Consultants Inc.). 2021c. Kevitsa Mine Site Closure Project: Soil-Plant-Atmosphere WRSF Cover System Modelling. Okane report no. 1035-018-002 prepared for Boliden, 6 August 2021.

OKC (Okane Consultants Inc.). 2022. Kevitsa Mine 1B WRSF – Cover System Field Trial Performance Monitoring Report 2022. Okane memorandum no. 1035-016-004 prepared for Boliden, 14 December 2022.

OKC (Okane Consultants Inc.). 2023. Kevitsa TSFA Closure Design Basis Memorandum Rev1, B-1035-232-002

OKC (Okane Consultants Inc.). 2024. Kevitsa mine closure 0planning – WRSF Surface water management conceptual design review 1025-233-005

OKC (Okane Consultants Inc.). 2025. Okane Consultants, TSF Cover System Design and Seepage Assessment – Draft, Report Number 1035-233-RPT-006 Rev0

OKC (Okane Consultants Inc.). 2025b. Kevitsa 1B WRSF – Cover System Field Trial Performance Monitoring Report 2024

Oulun yliopisto 2007. Kevitsan alueen turpeen tiivistyminen. Tutkimusselostus. Tilaaja Vapo Oy.

Paliskuntain yhdistys 2025. Ote 1.11.2025.
<https://paliskunnat.fi/py/paliskunnat/paliskuntien-tiedot/>

Parkhurst ja Appelo 2013. Description of Input and Examples for PHREEQC Version 3—A Computer Program for Speciation, Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations. U.S. Geological Survey Techniques and Methods, Book 6, Chapter A43, 497 p.

Pöyry Finland Oy 2011a. Ympäristövaikutusten arviointiselostus Kevitsan kaivoksen laajennus. FQM Kevitsa Mining Oy. 9M209124 (5.4.2011).

Sodankylän kunta 2025. Ajantasaiset asema- ja ranta-asemakaavat.
<https://www.sodankyla.fi/asuminen-ja-ymparisto/kaavoitus-ja-mittaus/kaavat/ajantasaiset-asemakaavat/> (12.8.2025)

SRK Consulting 2025. GoldSim model dataset for water balance and water quality.

SRK Consulting 2025b. Kevitsa Site Wide Water Balance (report draft, October 2025) [MYÖS YVA-RAPORTIN LIITTEENÄ 8a](#)

STUK (Säteilyturvakeskus) 2013. Testausseloste 260/7020/2013

STUK (Säteilyturvakeskus) 2015. Testausseloste 70/7020/2015

STUK (Säteilyturvakeskus) 2019. Selvitys 11/6504/2019

STUK (Säteilyturvakeskus) 2023. STUK 14/6504/2023

SYKE (Suomen ympäristökeskus) 2023. Paikkatietoaineistot, valuma-aluejako.

SYKE (Suomen ympäristökeskus) 2025. Ympäristöhallinnon avoimet ympäristö-tietojärjestelmät. <http://www.syke.fi/avointieto>.

- a) Vedenlaaturekisteri VESLA (8/25)
- b) Valuma-aluejako

SYKE 2025c. WSFS-DEMALA. <https://www.syke.fi/fi/palvelut/mallinnus-ja-laskenta/vesi-ja-merimallinnus/vesistomallijarjestelma>

Säätietoarkisto 2025. Ote 3.12.2025. <https://kilotavu.com/asema-tilaus.php?asema=101932#>

TTL 2022. Työhygieeniset asbestimittaukset Kevitsan kaivosalueella 8.-9.8.2022. LAUSUNTO TYHYG 2022 TTL22-01314 22.9.2022. Työterveyslaitos.

TTL 2023. Asbestikuitumittaukset Kevitsan kaivosalueella 24.5.2023. LAUSUNTO TYHYG 2023 TTL23-02251 8.8.2023. Työterveyslaitos.

US Army Engineer Waterways Experiment Station, 1986. CE-QUAL-W2: A Numerical Two-Dimensional, Laterally Averaged Model of Hydrodynamics and Water Quality; User's Manual. Defence Technical Information Center. Washington, DC, USA.

Vastuullisen kaivostoiminnan verkosto 2017. Kaivosvastuujärjestelmän toimintaperiaatteet, osa 'Kaivoksen sulkeminen'. <https://www.kaivosvastuu.fi/>.

WSP 2023. Technical memorandum. Boliden Kevitsa Mine – Baseline Groundwater Quality and Derivation of Site-Specific Assessment Criteria

WSP 2023b. TSF A2 liner options risk appraisal. TSF A2 lining options assessment.

WSP 2024. Kevitsa Tailings Storage Facility A2, Feasibility Study Revision C, 70096006

WSP 2024b. Boliden Kevitsa Mine – Baseline Water Quality and Derivation of Site-Specific Assessment Criteria. Reference No. 318559_70096006.014.

WSP 2024c. Tailing Storage Facility A (TSF A) Seepage Modelling. Technical memorandum. 318559-70096006 Environmental Studies 2022 – 2024

WSP 2025. Boliden Kevitsa. Environmental studies 2024-2025. Contaminant transport modelling. [MYÖS YVA-RAPORTIN LIITTEENÄ 6a](#)

WSP 2025b. Environmental Studies 2024-2025, Groundwater Flow and Drawdown Modelling. Reference G321132.UK0040343.01. 18th July 2025. [MYÖS YVA-RAPORTIN LIITTEENÄ 5a](#)

WSP 2025c. Otteet haitta-aineiden kulkeutumismallista, pohjaveden pitoisuus ennen purkautumista pintaveteen (WSP:n toimittama taulukko muotoinen aineisto 2025.)

WSP 2025d. Kevitsa Mine. Pit lake water quality modelling.19 September 2025. G321132.UK0040343.01 [MYÖS YVA-RAPORTIN LIITTEENÄ 11b](#)

Zdrovennova G., et al. Contrasting Changes in Lake Ice Thickness and Quality Due to Global Warming in the Arctic, Temperate, and Arid Zones and Highlands of Eurasia. Water 2025, 17, 365. <https://doi.org/10.3390/w17030365>