

Liite 3a

Pölyn leviämisen mallinnus

Raportti

Pvm
2.5.2025
Projektiviite
101021574

Kevitsan kaivoksen pölypäästöjen leviämismallinnus

Louhintavaiheen 5 ympäristövaikutusten arviointi

AFRY Finland Oy

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Mallin muodostaminen	3
2.1	Mallinnetut tapaukset	4
2.2	Kalibrointi ja päästöparametrit	7
2.3	Tulosten tulkinta	9
3	Tuloksia	10
3.1	VE0	10
3.2	VE0+	12
3.3	VE1.1	15
3.4	VE1.3	18
4	Johtopäätöksiä	22
4.1	Mallinnuksen epävarmuuksista	22
4.2	Tulosten yhteenveto	22
5	Lähteet	24

1 Johdanto

Boliden Kevitsa Mining Oy suunnittelee louhintavaiheen 5 käynnistämistä, joka tarkoittaisi toiminta-ajan pidentämistä n. 16 vuodella eli vuoteen 2045 asti. Tässä raportissa kuvataan pölypäästöjen leviämismallinnus, joka on tehty osana Sodankylän kunnassa sijaitsevan Kevitsan kaivoksen louhintavaiheen 5 ympäristövaikutusten arviointia. Mallinnus tehtiin Yhdysvaltojen ympäristönsuojeluviraston (US EPA) kehittämällä ja ylläpitämällä AERMOD-ohjelmalla. Mallintamalla tarkasteltiin hengitettävien hiukkasten (PM_{10} eli $>10 \mu m$ kokoiset hiukkaset) pitoisuutta ilmassa maanpinnan lähellä sekä kiintoaineksen kokonaislaskeumaa. Tuloksena saatuja hiukkaspitoisuuksia verrattiin Suomen ilmanlaatuasetuksessa (79/2017) säädettyihin ilmanlaadun raja-arvoihin. Kaivosalueen pölypäästöjen yhteisvaikutukset suunnitellun moreeninoton ja kuljetusten kanssa huomioitiin toistamalla mallissa aiemman erillisen pölymallinnuksen päästöt.

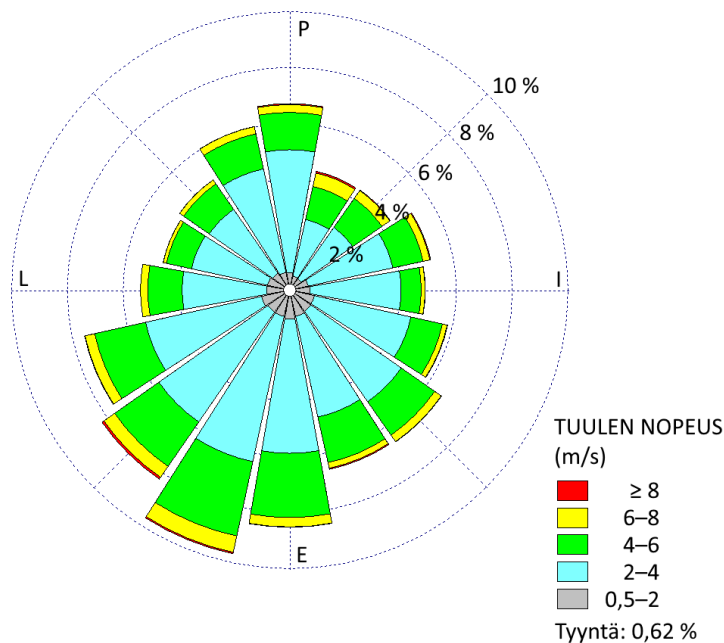
Tulosten mukaan ilman PM_{10} -pitoisuudet pysyvät kaivosalueen ulkopuolella suunniteltujen laajennusten aiheuttamasta lievistä kasvusta huolimatta hyvin selvästi alle ilmanlaatuasetuksessa säädettyjen raja-arvojen, eikä haittavaikutuksia väestön terveyteen tai ympäristöön ole odotettavissa.

2 Mallin muodostaminen

Mallinnuksessa tarkasteltiin hengitettäviä hiukkasia (PM_{10}). Ne ovat kiinteitä partikkeleita, joiden halkaisija on korkeintaan 10 mikrometriä. Lisäksi mallinnettiin kiintoaineen vuosilaskeumaa ottaen huomioon hiukkaset 30 mikrometrin halkaisijaan asti. Mallinnukset tehtiin Yhdysvaltojen ympäristönsuojeluviraston (U.S. Environmental Protection Agency) kehittämällä AERMOD-laskentaohjelmalla (versio 22112) ja sitä soveltavalla AERMOD View -käyttöliittymällä (Lakes Software). AERMOD-mallinnuksessa oletetaan päästöjen leviävän ilmakehässä pysty- ja vaakasuunnassa normaalijakauman (Gaussin jakauman) mukaisesti tuulen suunnan ja nopeuden määräämällä tavalla. Tällä periaatteella lasketaan säätilaa ja päästöjä vastaava stationaarinen päästöjen leviämistilanne simuloitavan ajanjakson jokaiselle tunnille käyttäjän määräämässä reseptoriverkossa, ja tuntikohtaisista tuloksista edelleen päästöjen vaikutuksia kuvaavia tilastollisia arvoja.

Leviämismallin maanpinnan topografian pohjana käytettiin Maanmittauslaitoksen korkeusmallia (10×10 metrin hila), jota muokattiin kaivosalueella vastaamaan sivukivialueiden, rikastushiekka-altaiden ja louhosten nykyisiä tai suunniteltuja pintoja. Mallinnettu alue on 16×16 kilometrin kokoinen neliö kaivosalueen ympärillä. Laskentapisteitä oli ilmanlaadun mallinnuksessa 391 ja laskeuman mallinnuksessa 414, ja ne muodostivat suorakulmaisen ruudukon, jossa ruudun koko oli 1600 m mallin länsi-, pohjois- ja itäreunalla kaukana kaivokselta, ja 400 m mallin keskiosassa kaivosalueella ja sen lähialueilla sekä mallin eteläosassa moreeninottoalueiden ja moreenin kuljetusreitit kohdalla.

Sääaineistona käytettiin Lakes Softwaren toimittamaa globaalilla Weather Research and Forecasting -mallilla (WRF) ja Mesoscale Model Interface Programilla (MMIF) tuotettua Kevitsan sijaintiin laskettua kolmen vuoden tuntikohtaista dataa vuosille 2021–2023. Kuva 1 esittää tuuliruusuna säädatan mukaisen maanpinnan lähellä puhaltavan tuulen suunta- ja nopeusjakauman. Sen mukaan tuuli on enimmäkseen heikkoa tai kohtalaista, ja sitä voimakkaammat tuulet ovat hyvin harvinaisia. Yleisimpiä ovat etelä- ja lounaistuulet, ja pienin osuus on itä- ja koillistuulilla.



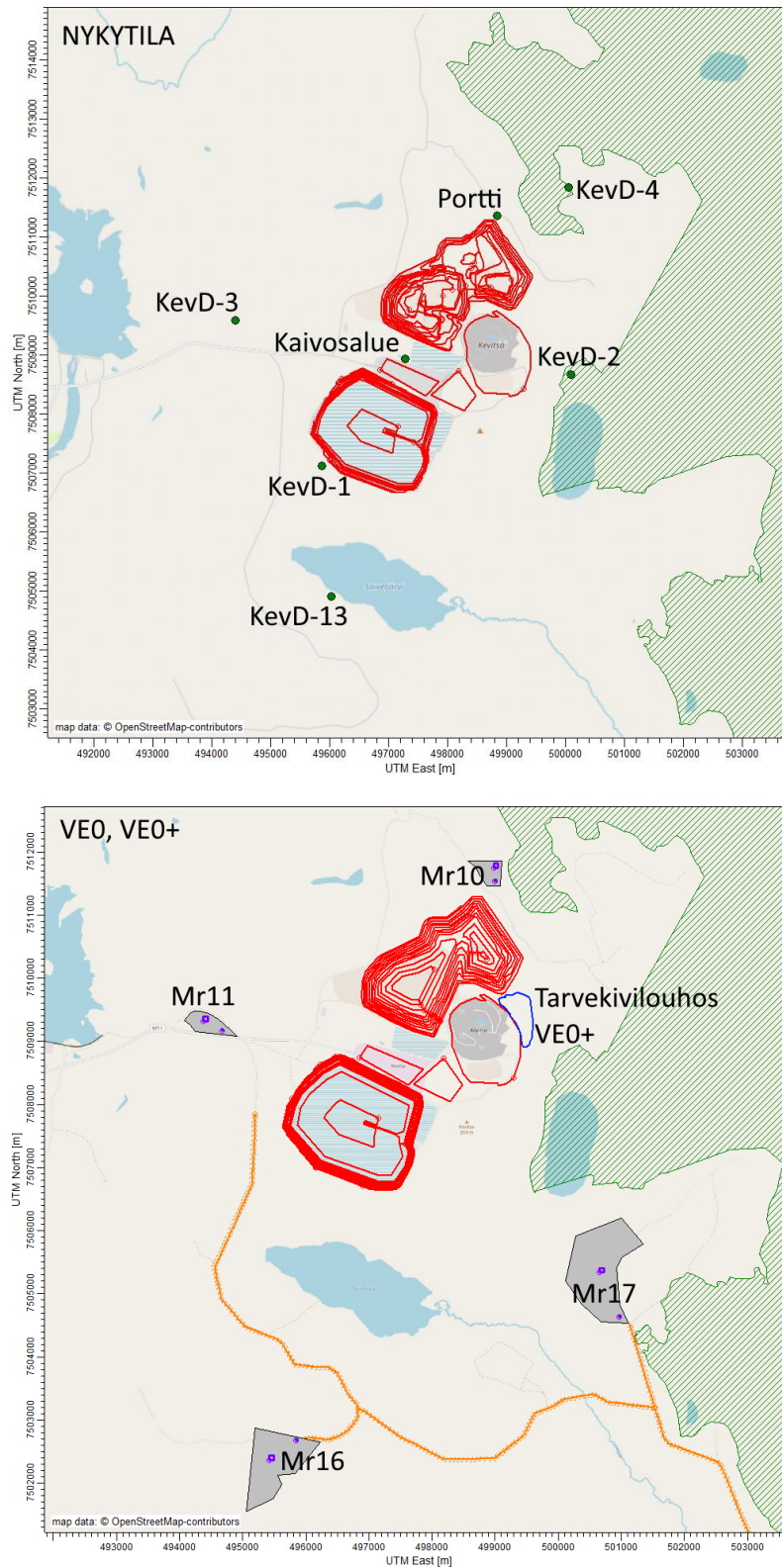
Kuva 1. Tuulen suunta- ja nopeusjakauma mallinnuksessa käytetyssä säädatassa tuuliruusuna esitettynä.

2.1 Mallinnetut tapaukset

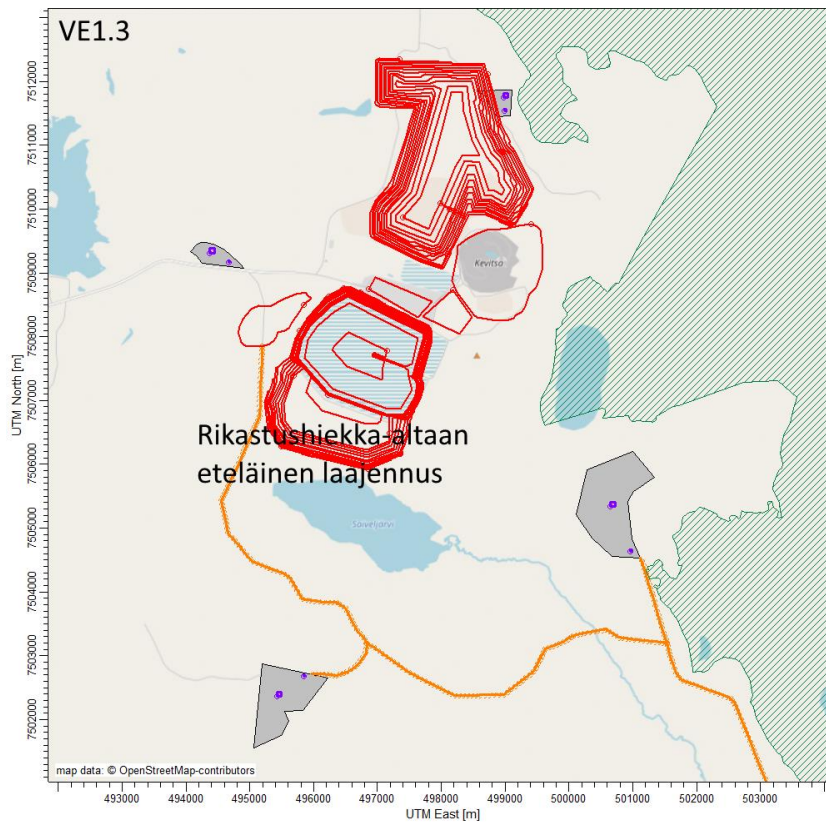
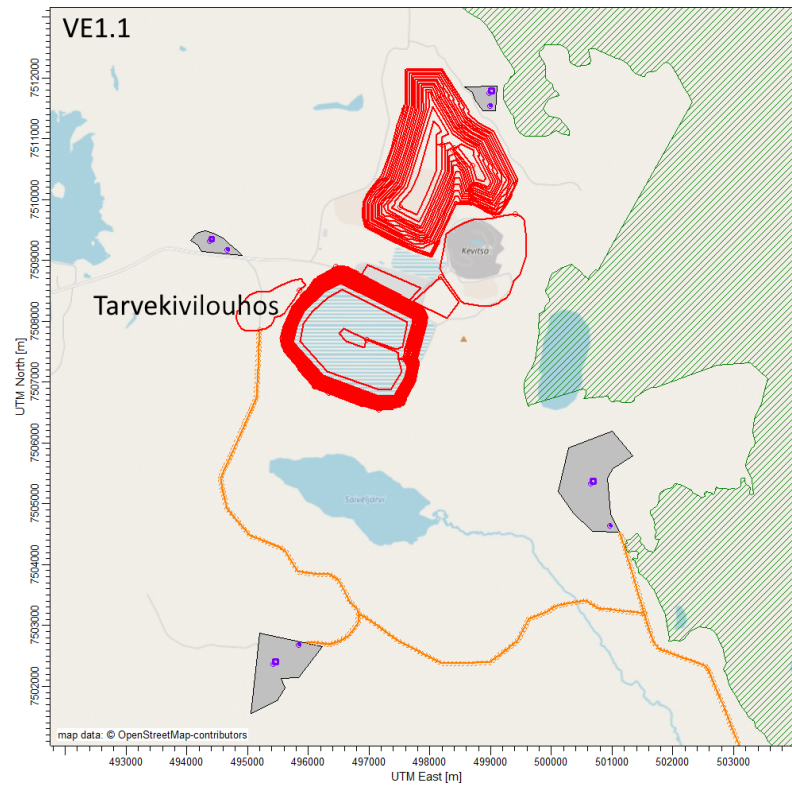
Ilmapäästöjen leviämismallilla kuvattiin nykytilaa päästölähteiden kalibrointia varten ja neljää hankevaihtoehtoa tulevien ympäristövaikutusten arviointia varten. Mallinnetut pölypäästöjen lähteet muuttuivat tapauksen mukaan (kuvat 2 ja 3):

- nykytila: Sivukivialue vuoden 2024 tilanteen mukaisena (huippu tasolla +310 m), avolouhos kesän 2024 laajuuden mukaisena, rikastushiekka-allas A (padon harja tasolla +257 m).
- VE0: Nykyisen sivukivialueen täyttö lopulliselle tasolle +314 m (sulkemISRakenteet huomioitu). Avolouhoksen louhinta vaiheeseen 4. Rikastushiekka-altaan A korotus tasolle +280 m.
- VE0+: VE0 ja lisäksi tarvekiven louhinta avolouhoksen 4. vaiheen koillispuolelta.
- VE1.1: sivukivialueen pinta-alan laajentuminen 1,3 km²:iin ja korotus tasolle +350 m. Avolouhoksen louhinta vaiheen 5 maksimilaajuuteen. Rikastushiekka-altaan A korotus tasolle +310 m. Iso Hanhilehdon tarkeivilouhos toteutetaan rikastushiekka-altaan länsipuolelle.
- VE1.3: sivukivialueen pinta-alan laajentuminen 2,2 km²:iin, korotus tasolle +314 m (sulkemISRakenteet huomioitu). Avolouhoksen louhinta vaiheen 5 maksimilaajuuteen. Rikastushiekka-altaan A korottaminen tasolle +280 m ja uuden rikastushiekka-altaan (TSFA 2) rakentaminen tasolle +271 m. Iso Hanhilehdon tarkeivilouhos toteutetaan rikastushiekka-altaan länsipuolelle.

Kaikissa tapauksissa mallinnettiin lisäksi samanlaisina kiviaineksen murskausalueen ja tehdasalueen päästöt, ja nykytilan mallinnusta lukuun ottamatta myös kaivoksen sulkemiseen tarvittavan moreenin otto ja kuljetus mallinnusalueella olevilta alueilta Mr10, Mr11, Mr16 ja Mr17. Nämä moreeninottoalueet on otettu mukaan tarkasteluun, koska niiden ja kaivostoimintojen pölyämisestä voi aiheutua yhteisvaikutuksia ympäristöön.



Kuva 2. Kaivosalueen nykytilan ja tapausten VE0 ja VE0+ mallien päästölähteet kaivosalueella (punainen), moreeninottoalueilla (violetti) ja moreenin kuljetusreitillä (oranssi) sekä tapauksessa VE0+ oletettu tarvekilouhos (sininen). Nykytilan mallin kartalla myös ilmanlaadun ja pölylaskeman seurantapisteet, joiden mittaustuloksia käytettiin mallin kalibrointiin. Kaivoksen itäpuolella sijaitseva Koitelaisen Natura2000-alue on merkitty vihreällä viivoituksella.

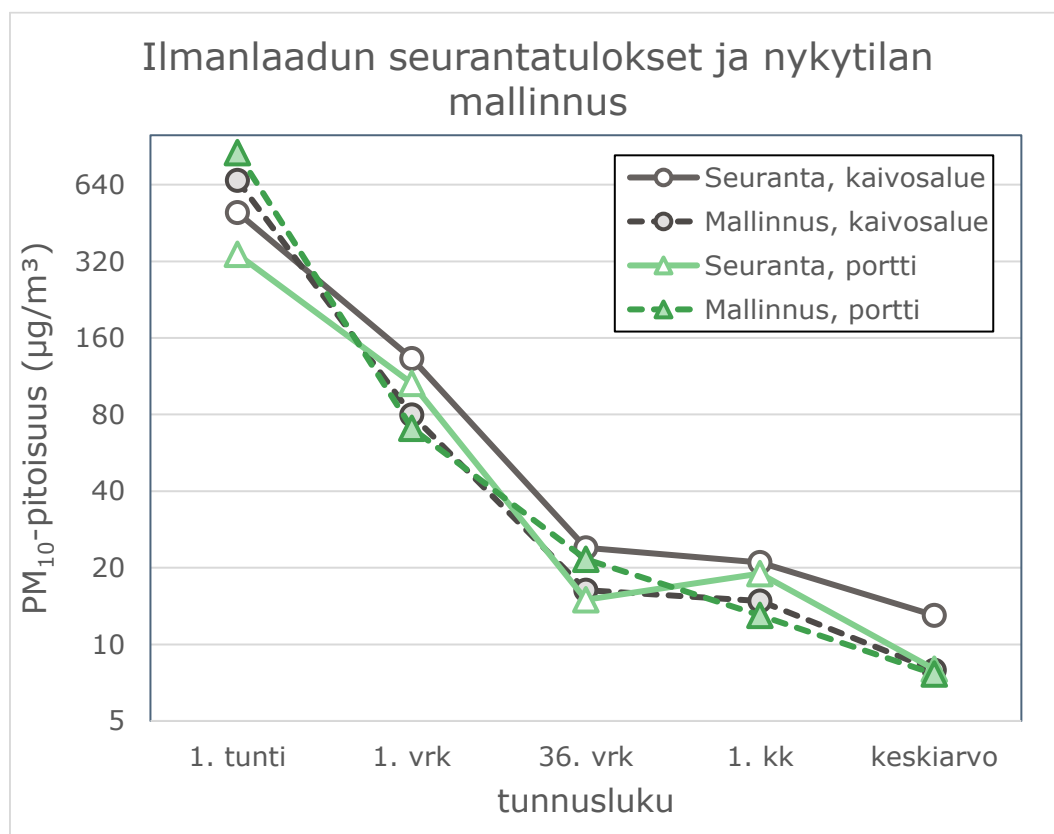


Kuva 3. Mallinnustapausten VE1.1 ja VE1.3 päästölähteet kaivosalueella (punainen), moreeninottoalueilla (violetti) ja moreenin kuljetusreitillä (oranssi). Kaivoksen itäpuolella sijaitseva Koitelaisen Natura2000-alue on merkitty vihreällä viivoituksella.

2.2 Kalibrointi ja päästöparametrit

Lähtökohtina mallin päästömäärien kalibroinnissa olivat vuoden 2021 pölypäästöjen mallinnuksessa (AFRY Finland Oy 2021) ja moreeninottoalueiden ympäristövaikutusten arviointia varten tehdyssä pölyn leviämismallinnuksessa (Envineer Oy 2021) tehdyt oletukset. Kaivosalueen pölyävien kohteiden päästöparametrit kalibroidiin muuttamalla aiemmista mallinuksista kaivoksen nykytilan malliin otettuja päästöparametrien arvoja niin, että mallinnustulos vastaisi ilmanlaadun ja pölylaskeuman seuranta-tuloksia. Vasta suunnitelmassa olevien moreeninottoalueiden ja moreenin kuljetuksen päästöparametreja ei ollut mahdollista kalibroida, vaan mallinnettaessa PM₁₀-pitoisuutta ilmassa käytettiin suoraan aiemman mallinnuksen oletuksia, ja laskeuman laskennassa niihin verrattuna noin kolminkertaisia kiinteiden hiukkasten päästömääriä.

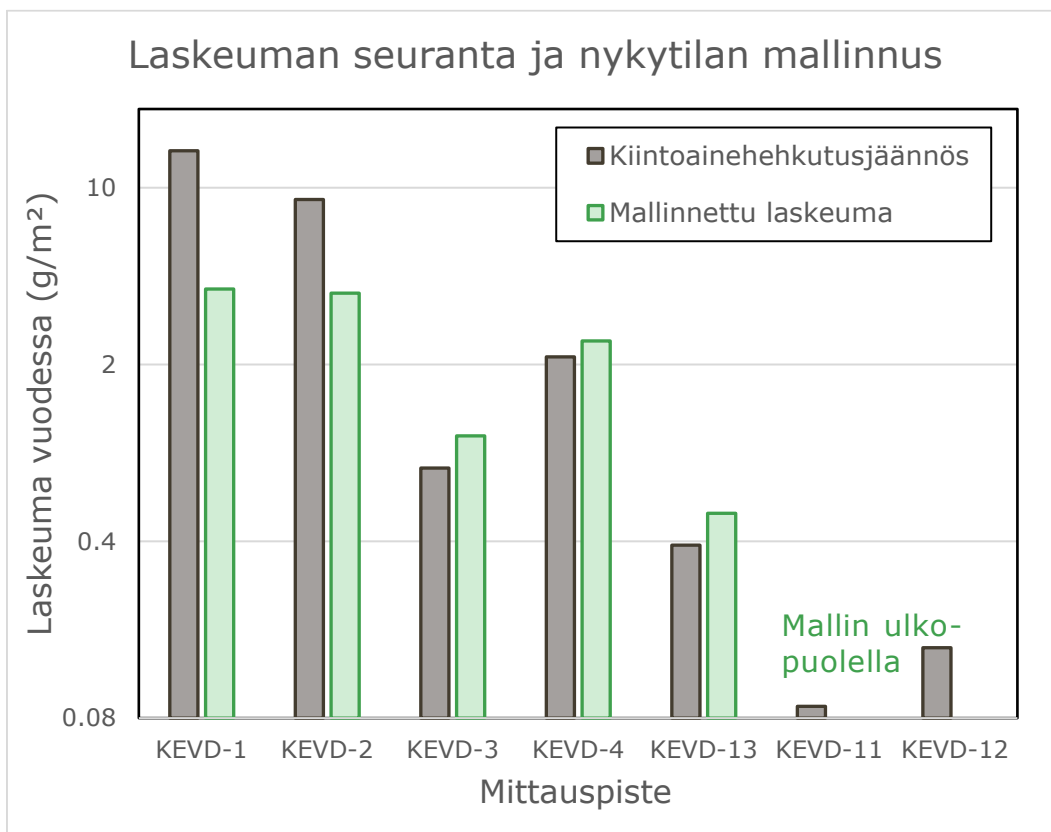
Mittaustuloksia hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista ilmassa oli käytettävissä Ilmatieteen laitoksen vuoden 2021 ajan kestäneestä seurantatutkimuksesta kahdesta mittauspisteestä kaivosalueella ja pohjoisella portilla (Ilmatieteenlaitos 2022). Kuva 4 esittää raportoidut PM₁₀-pitoisuuden korkeimmat tunti- ja vuorokausikeskiarvon, 36. korkeimman vuorokausikeskiarvon, korkeimman kuukausikeskiarvon ja koko vuoden keskiarvon ja kalibroidulla nykytilan mallilla lasketut vastaavien tunnuslukujen arvot.



Kuva 4. Vuoden 2021 ilmanlaadun seurantatuloksista lasketut tunnusluvut ja vastaavat kalibroidun nykytilan mallin tulokset.

Pölylaskeuman tarkkailutulokset olivat vuodelta 2023 (Eurofins Ahma Oy 2024). Seurantapisteistä viisi, KEVD-1, KEVD-2, KEVD-3, KEVD-4 ja KEVD-13, sijaitsevat mallinnusalueella, joten niiden havaintoja voitiin verrata leviämismallilla laskettuihin laskeumiin. Vertailuarvona käytettiin kiintoainehehkusjännöstä, jonka oletettiin

edustavan kaivokselta kulkeutunutta kiviä ilman laskeumakeräimiin sen lisäksi kertynyttä, luonnollista alkuperää olevaa enimmäkseen orgaanista ainesta. Kuva 5 esittää laskeumaseurannan tulokset vuoden ajalta ja viidessä mallinnusalueella olevassa pisteessä kalibroidulla leviämismallilla lasketut kiintoaineen laskeumat. Koska laskeuman seurannassa mitattiin kaiken keräimiin kertyneen kiintoaineen määriä eikä pelkästään hengitettäviä hiukkasia, laskeumat mallinnettiin laskemalla hiukkasten kokonaisleijuman (total suspended particles, TSP) leviämistä ja laskeumaa. Kaivos-toimintoja lähimpänä sijaitsevista pisteistä KEVD-1 ja KEVD-2 mallinnettu laskeuma jäi selvästi pienemmäksi kuin havaittu, mutta ainakin KEVD-1:ssä rikastushiekka-altaan padon eteläreunalla oli seurantaraportin mukaan mittausjaksolla poikkeuksellisen paljon pölyämistä lähistöllä pitkään jatkuneiden kaivutöiden vuoksi. Lähimmillä mittauspisteillä suuret laskeumat voivat lisäksi osittain johtua siitä, että niille kertyy vielä mallissa oletettuja suurempiakin, vain lyhyitä matkoja ilmassa kulkeutuvia hiukkasia.



Kuva 5. Laskemaseurannassa havaitut vuotuiset kiintoainehehkusjäännöksen kertymät ja mallinnetut kiintoaineen laskeumat. Seurantapisteistä KEVD-11 ja KEVD-12 on esitetty vain seurantalukokset, koska pisteet eivät ole mallin alueella.

Kalibroinnin tuloksena saadut päästöparametrit on lueteltu taulukossa 1. Ilmanlaadun mallinnuksessa oletettiin myös päästöjen riippuvan vuorokauden- ja vuodenajoista seuraavasti: moreenin otosta ja seulonasta on päästöjä vain klo 7–22. Moreenin kuljetusreittien pölypäästöjen oletetaan tämän lisäksi olevan syksyllä ja talvella (syyskuusta helmikuuhun) kosteuden ja lumen takia vain puolet taulukon arvosta. Nämä oletukset ovat samat kuin aiemmassa moreeninottoalueiden erillisessä mallinnuksessa (Envineer Oy 2021). Kaivosalueen pölylähteiden päästömäärät eivät riipu kellonajasta, mutta ovat keväällä ja kesällä (maalis-elokuussa) kolminkertaiset taulukon arvoon

verrattuna. Tämä oletus perustuu ilmanlaadun seurannassa varsinkin huhti-heinäkuussa havaittuihin muuta vuotta selvästi korkeampiin huippu- ja keskipitoisuuksiin.

Taulukko 1. Mallinnuksessa käytetyt hiukkaspäästömääriä kuvaavat parametrit eri päästölähteille.

Päästölähde	PM ₁₀ -päästö ilmanlaadun mallinnukseen g/(m ² ·s)	TSP-päästö laskeuman mallinnukseen g/(m ² ·s)
sivukivialue	1,2×10 ⁻⁶	3×10 ⁻⁶
rikastushiekka-altaan pato	4×10 ⁻⁷	1,5×10 ⁻⁶
rikastushiekka-altaan sisäalue	5×10 ⁻⁸	10 ⁻⁶
rikastamo	5×10 ⁻⁷	2×10 ⁻⁶
murskaus	5×10 ⁻⁶	2×10 ⁻⁵
louhokset	2×10 ⁻⁷	8×10 ⁻⁶
moreenin otto	10 ⁻⁵	3×10 ⁻⁵
moreenin seulonta	8×10 ⁻⁶	2,5×10 ⁻⁵
moreenin kuljetusreitti	3,4×10 ⁻⁶	10 ⁻⁵

Kiintoaineen laskeuman mallinnuksessa oletettiin taulukon 2 mukainen hiukkasten kokojakauma. Se on arvioitu Sairasen ym. (2018) kokoamien kaivoksilla havaittujen PM_{2,5}- PM₁₀- ja TSP-pitoisuuksien suhteista.

Taulukko 2. Hiukkaspäästöjen oletettu kokojakauma laskeuman mallinnuksessa (Sairanen ym. 2018).

Halkaisija (µm)	1	2	4	8	15	30
Massaosuus (%)	3	7	8	12	30	40

2.3 Tulosten tulkinta

Ilmanlaatuasetuksessa määrätään hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) pitoisuudelle ilmassa kaksi raja-arvoa:

- 1. Pitoisuuden vuosikeskiarvo ei saa ylittää 40 µg/m³.**
- 2. Pitoisuuden vuorokauden keskiarvo ei saa ylittää 50 µg/m³ enempää kuin 35 päivänä vuodessa.**

Siksi PM₁₀-hiukkasten leviämismallilla laskettiin näitä kahta raja-arvoa vastaavat pitoisuuden vertailuarvot: kalenterivuoden ajalta laskettu keskiarvo ja kalenterivuoden 36. suurin vuorokausikeskiarvo. Jokaisessa laskentapisteessä valittiin suurin vertailuarvo kolmen mallinnusvuoden tuloksista. Tuloksia tulkittaessa on huomioitava, että **ilmanlaatuasetuksen raja-arvot koskevat vain alueita, joissa väestö voi vapaasti oleskella, joten niitä ei sovelleta kaivosalueella.**

Syksyllä 2024 hyväksytyssä **Euroopan Unionin neuvoston ilmanlaatudirektiivissä** on PM₁₀-pitoisuudelle aiempaa tiukemmat raja-arvot: **vuosikeskiarvolle 20 µg/m³ ja vuorokausikeskiarvolle 45 µg/m³, josta sallitaan enää 18 ylitystä**

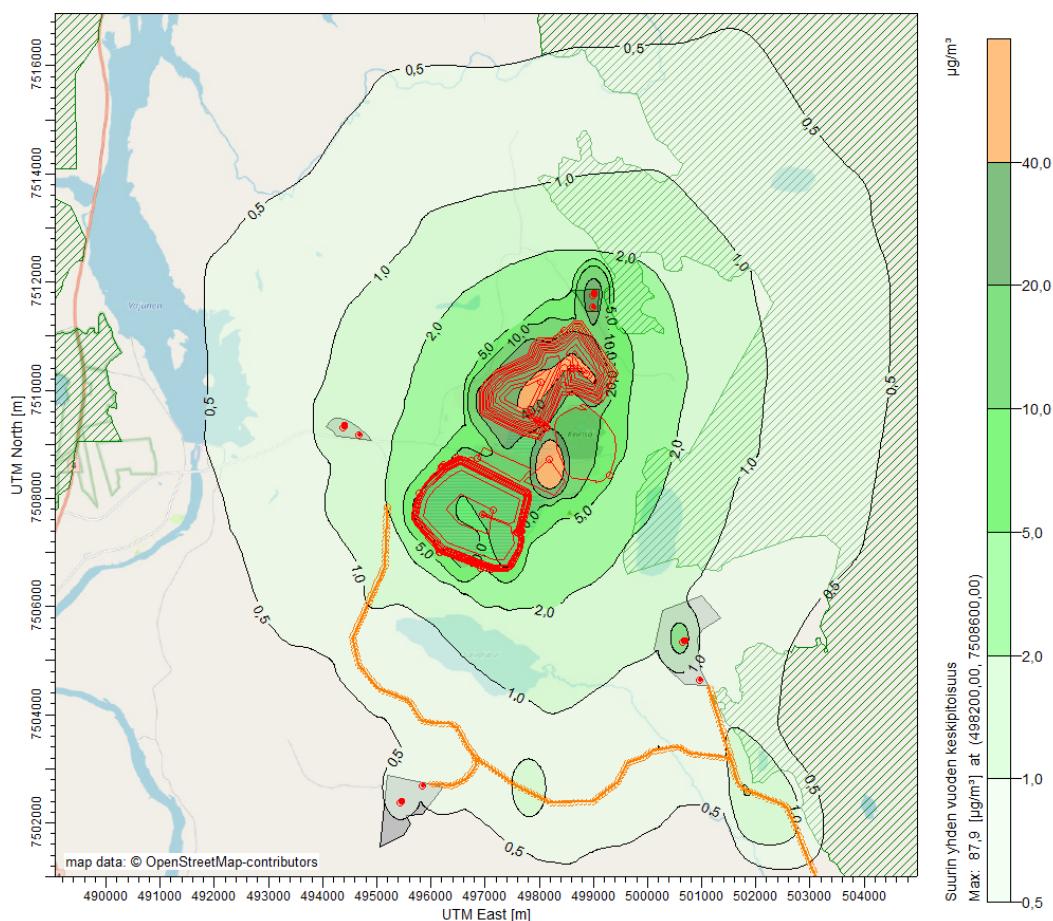
vuodessa. Suomen lainsäädäntö muuttuu direktiivin mukaiseksi muutaman vuoden kuluessa, joten mallinnustuloksia on tarkasteltava myös suhteessa näihin rajoihin.

Pölylaskeumalle ei ole säädetty raja- tai ohjearvoa. Laskeuman vaikutusta voidaan arvioida mallinnuksen perusteella vertaamalla eri hankevaihtoehtojen tuloksia toisiinsa tai mallinnusalueen ulkopuolella olevilla seurantapisteillä havaittuihin laskeumiin (luokkaa 0,1 g/m² vuodessa), joiden voidaan katsoa edustavan kaivoksen vaikutuksesta vapaata tilannetta.

3 Tuloksia

3.1 VE0

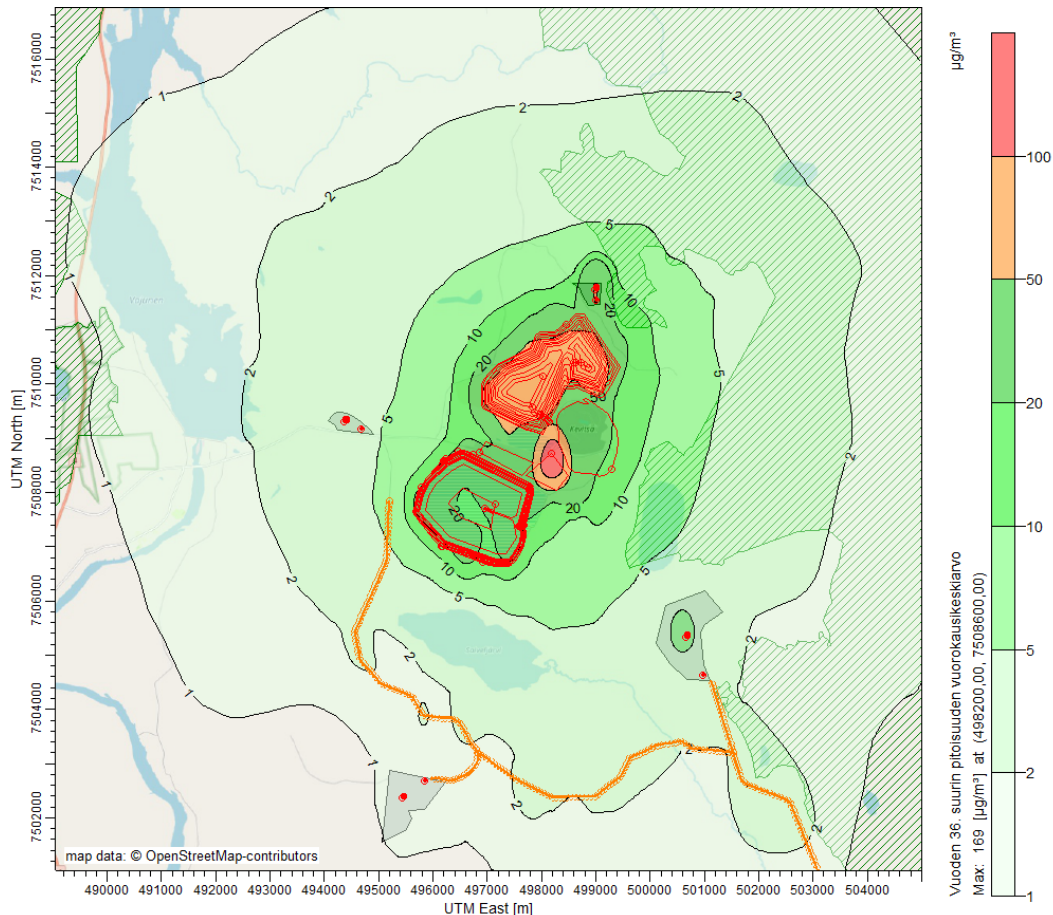
Kuva 6 esittää mallinnetun PM₁₀-hiukkaspitoisuuden vuosirajaan verrattavan pitoisuuden jakauman tapauksessa VE0. Pitoisuus ylittää vuosiraja-arvon 40 µg/m³ sivukivialueen keskiosassa ja louheen murskausalueella, mutta kaivosalueen ulkopuolella se pienenee etäisyyden kasvaessa nopeasti murto-osaan siitä. Kaivosalueen ulkopuolella PM₁₀-hiukkaspitoisuudet alittavat sekä ilmanlaatuasetuksen että EU-direktiivin mukaiset vuosiraja-arvot.



Kuva 6. Mallinnettu ilman PM₁₀-pitoisuuden suurin vuosikeskiarvo (µg/m³) hankevaihtoehdossa VE0.

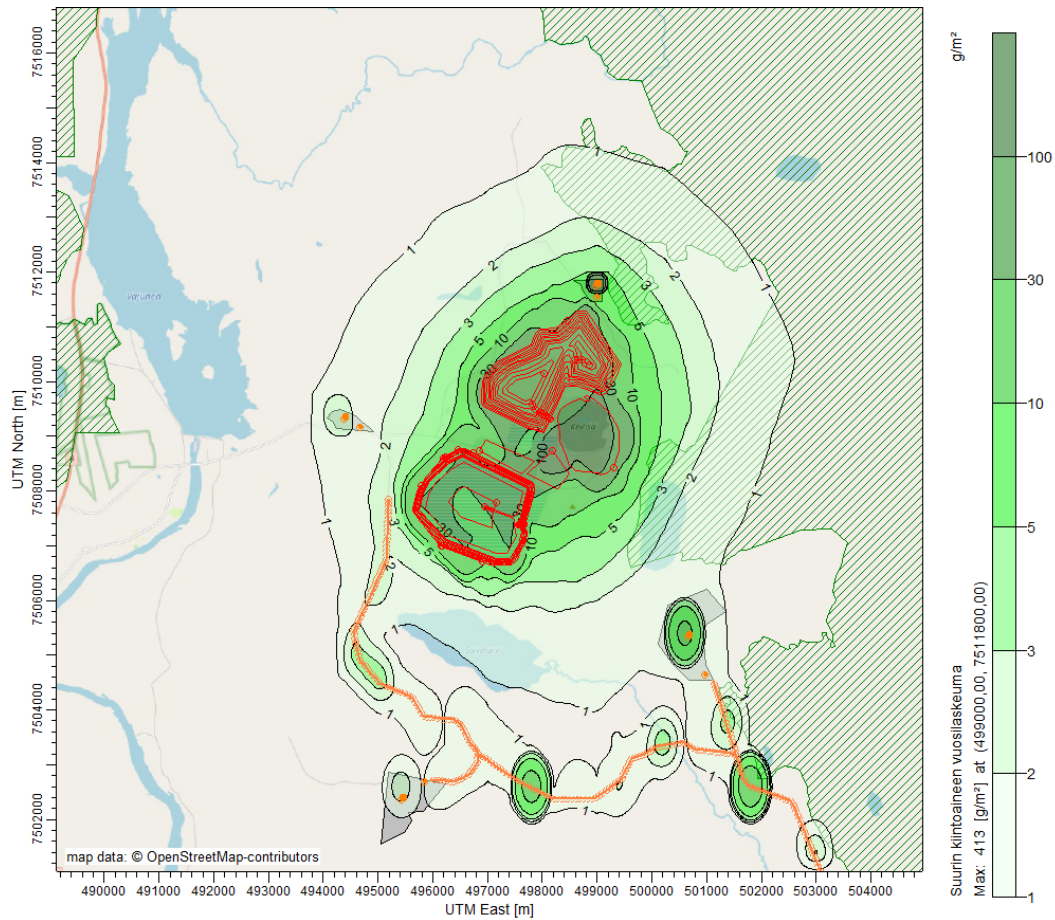
Kuva 7 esittää mallinnetun PM₁₀-hiukkaspitoisuuden vuorokausirajaan verrattavan pitoisuuden jakauman tapauksessa VE0. Pitoisuus ylittää raja-arvon 50 µg/m³ sivu-

kivialueella ja louheen murskausalueella. Kaikissa suunnissa pitoisuus laskee alle $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$:aan alle kilometrin matkalla kaivosalueen pölylähteistä. Kaivosalueen ulkopuolella PM_{10} -hiukkaspitoisuudet alittavat nykytilassa ilmanlaatuasetuksen sekä EU-direktiivin vuorokausiraja-arvot.



Kuva 7. Mallinnettu ilman PM_{10} -pitoisuuden vuorokausirajaan verrattava arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) hankevaihtoehdossa VE0.

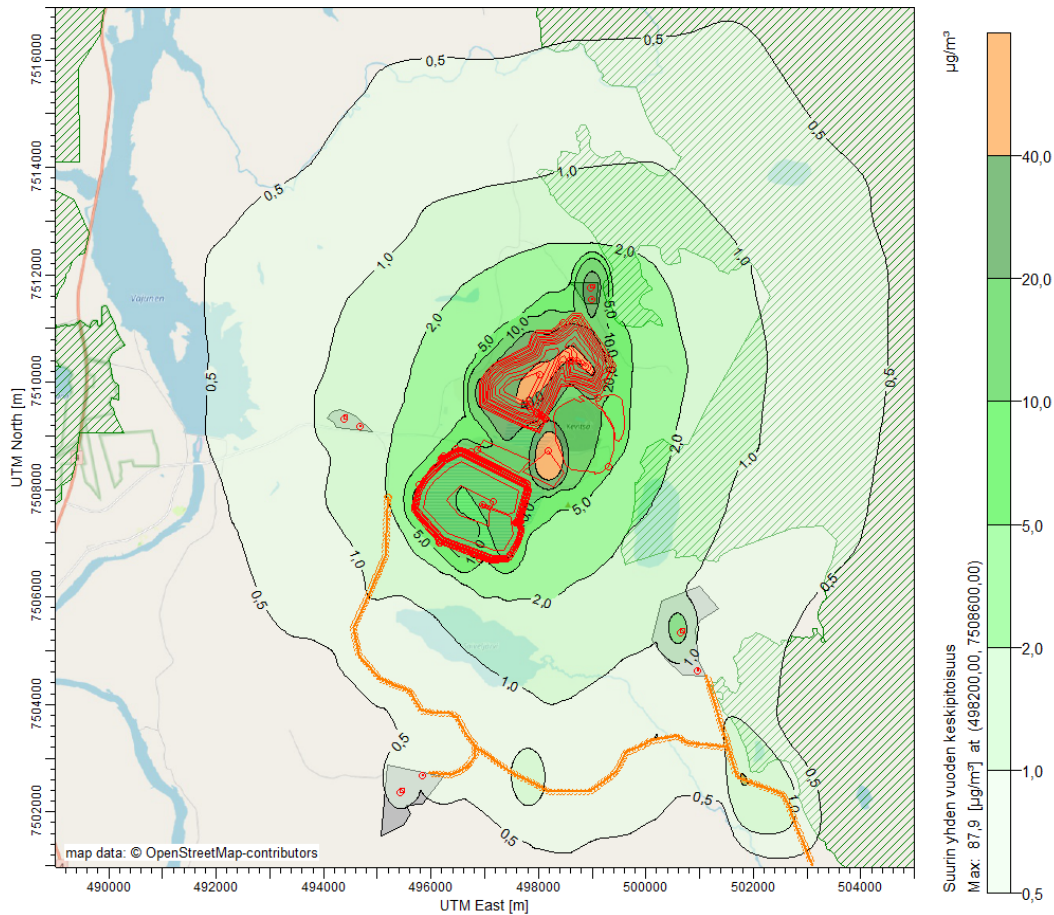
Kuva 8 esittää mallinnetun suurimman vuosittaisen pölylaskeuman jakauman tapauksessa VE0. Vuosilaskeuma on suurella osalla kaivosaluetta kymmeniä grammoja neliömetrille, mutta pienenee etäisyyden kasvaessa kaivoksen pölylähteistä niin, että se on yhden kilometrin päässä noin $3\text{--}5 \text{ g}/\text{m}^2$ ja kolmen kilometrin päässä noin $1 \text{ g}/\text{m}^2$. Moreenin kuljetuksesta johtuvan pölyämisen vaikutus näkyy Saivelseläntien kohdalla paikallisina jopa $10 \text{ g}/\text{m}^2$ vuosilaskeuman alueina niissä kohdissa, joissa mallin laskentapiste osuu hyvin lähelle pölyn lähteeksi oletettua tietä. Koitelaisen Natura-alueen kaivosta lähimmällä reunalla vuosilaskeuma on yli $5 \text{ g}/\text{m}^2$, ja se vähenee kaivokselta poispäin noin 2 kilometrin matkalla alle $1 \text{ g}/\text{m}^2$:aan.



Kuva 8. Mallinnettu kiintoaineen suurin vuosilaskeuma (g/m^3) hankevaihtoehdossa VE0.

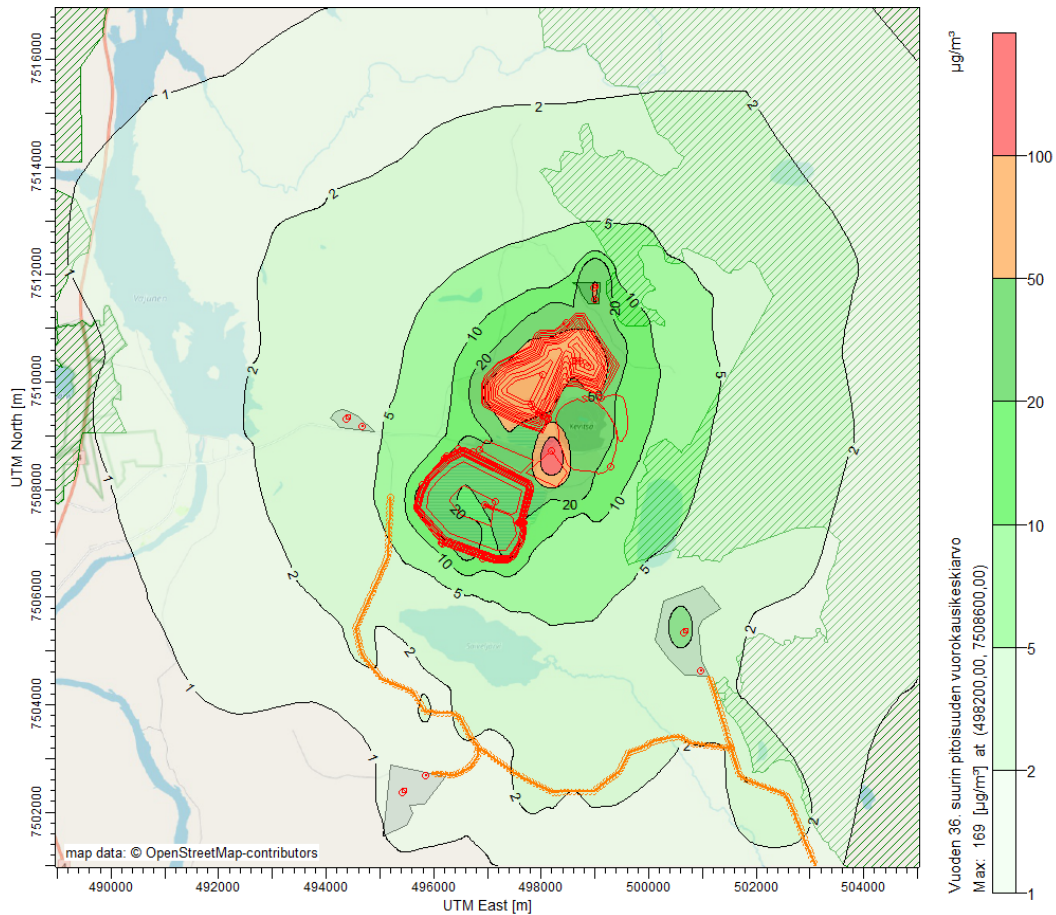
3.2 VE0+

Kuva 9 esittää mallinnetun PM_{10} -hiukkaspitoisuuden vuosirajaan verrattavan pitoisuuden jakauman tapauksessa VE0+. Tulos ei poikkea havaittavasti tapauksesta VE0.



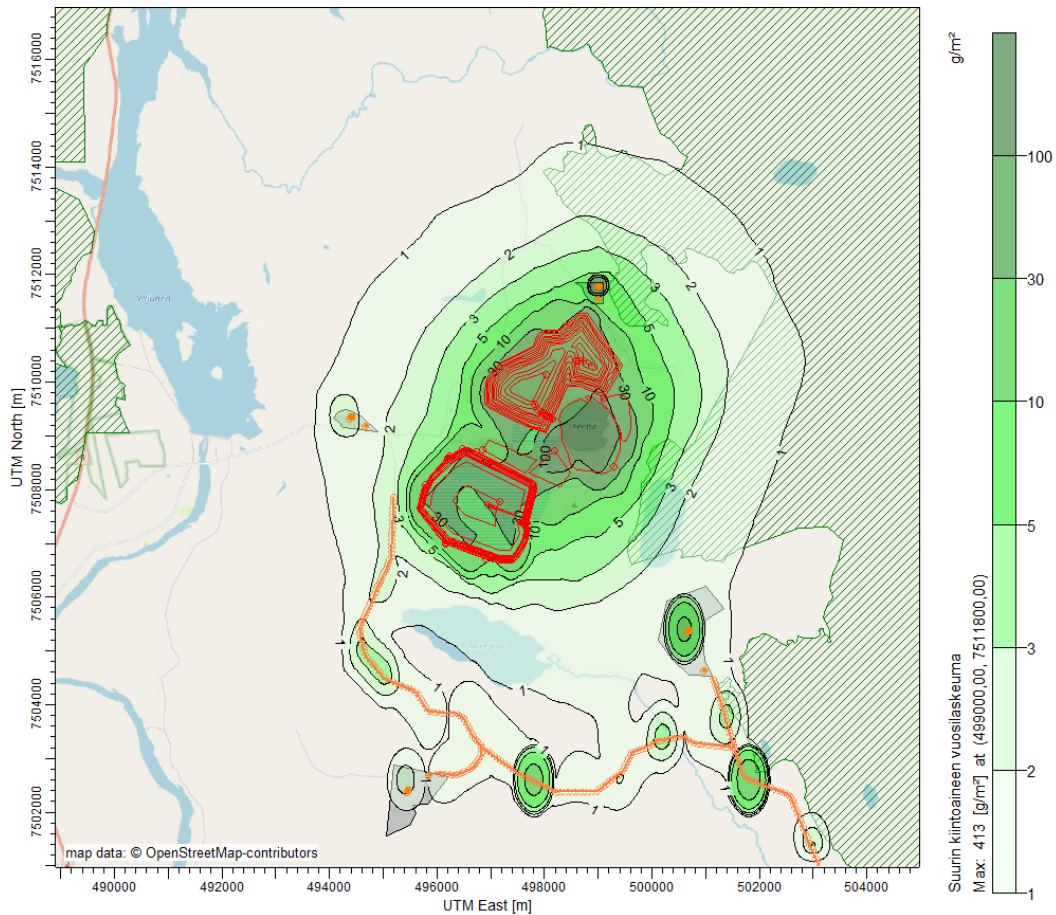
Kuva 9. Mallinnettu ilman PM_{10} -pitoisuuden suurin vuosikeskiarvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) hankevaihtoehdossa VE0+.

Kuva 10 esittää mallinnetun PM_{10} -hiukkaspitoisuuden vuorokausirajaan verrattavan pitoisuuden jakauman tapauksessa VE0+. Tulos ei poikkea havaittavasti tapauksesta VE0.



Kuva 10. Mallinnettu ilman PM_{10} -pitoisuuden vuorokausirajaan verrattava arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) hankevaihtoehdossa VE0+.

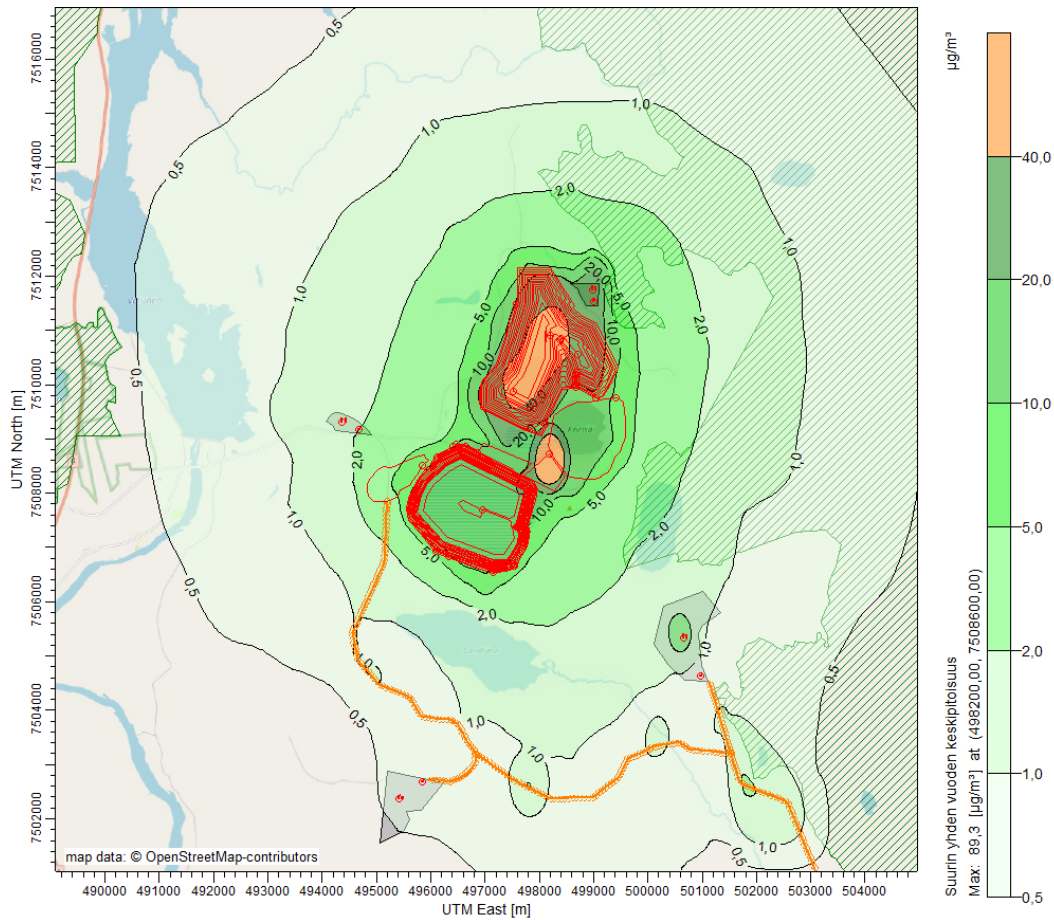
Kuva 11 esittää mallinnetun suurimman vuosittaisen pölylaskeuman jakauman tapauksessa VE0+. Tulosten mukaan laskeuma kasvaa tapaukseen VE0 verrattuna kaivoksen itäpuolella siten, että tiettyä vuosilaskeumaa vastaavat tasa-arvokäyrät siirtyvät itään Natura-alueen suuntaan noin 100–200 metriä. Muissa suunnissa tarvekiven louhinnan lisääminen malliin ei aiheuta havaittavaa eroa.



Kuva 11. Mallinnettu kiintoaineen suurin vuosilaskeuma (g/m^2) hankevaihtoehdossa VE0+.

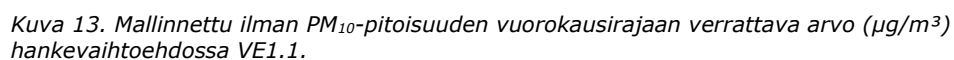
3.3 VE1.1

Kuva 12 esittää mallinnetun PM_{10} -hiukkaspitoisuuden vuosirajaan verrattavan pitoisuuden jakauman tapauksessa VE1.1. Kuten tapauksessa VE0, pitoisuus ylittää raja-arvon $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sivukivialueen keskiosassa ja louheen murskausalueella. Kaivosalueen ulkopuolella pitoisuuden tasa-arvokäyrät ovat jonkin verran kauempana kaivosalueelta kuin tapauksessa VE0, mutta pitoisuudet ovat siellä edelleen selvästi raja-arvoa pienempiä. Kaivosalueen ulkopuolella PM_{10} -hiukkaspitoisuudet alittavat sekä ilmanlaatuasetuksen että EU-direktiivin mukaiset vuosiraja-arvot.

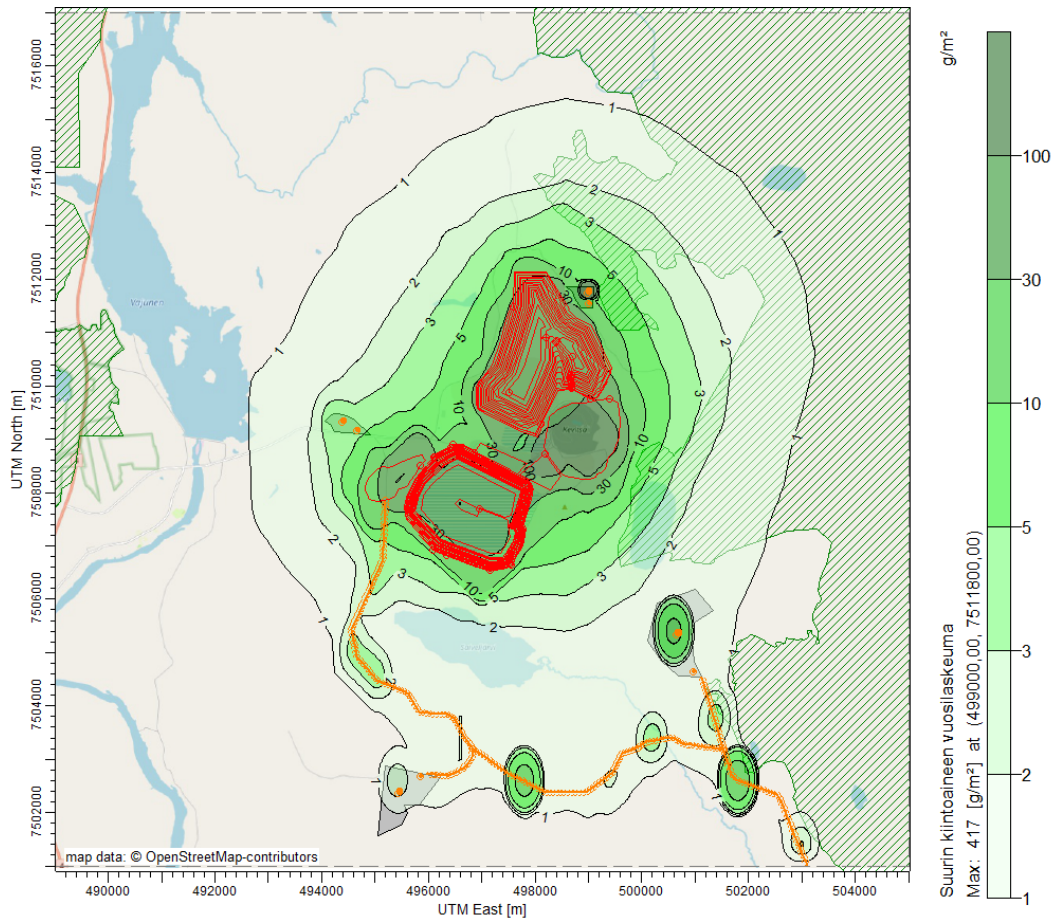


Kuva 12. Mallinnettu ilman PM₁₀-pitoisuuden suurin vuosikeskiarvo (µg/m³) hankevaihtoehdossa VE1.1.

Kuva 13 esittää mallinnetun PM₁₀-hiukkaspitoisuuden vuorokausirajaan verrattavan pitoisuuden jakauman tapauksessa VE1.1. Pitoisuus ylittää raja-arvon 50 µg/m³ sivukivialueella ja sen vieressä moreeninottoalueella Mr10 ja louheen murskausalueella. Kaivosalueen ulkopuolella PM₁₀-hiukkaspitoisuudet alittavat sekä ilmanlaatuasetuksen että EU-direktiivin mukaiset vuorokausiraja-arvot.



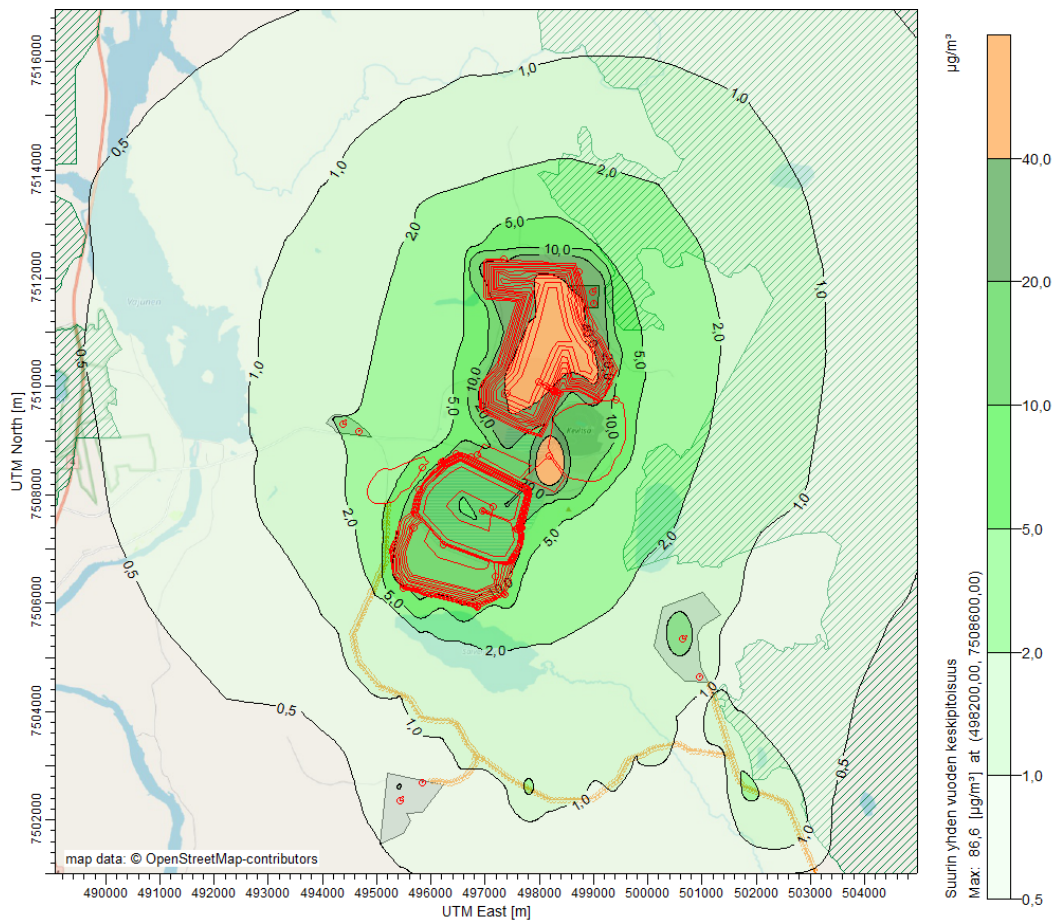
Kuva 14 esittää mallinnetun suurimman vuosittaisen pöylaskeuman jakauman tapauksessa VE1.1. Tapaukseen VE0 verrattuna vuosilaskeuman 1 g/m² käyrä on kaikilla suunnilla noin kilometrin kauempana kaivokselta. Koitelaisen Natura-alueen kaivosta lähimmällä reunalla vuosilaskeuma on luokkaa 10 g/m², ja noin 3 kilometriä kauempana se on vähentynyt 1 g/m²:aan.



Kuva 14. Mallinnettu kiintoaineen suurin vuosilaskeuma (g/m²) hankevaihtoehdossa VE1.1.

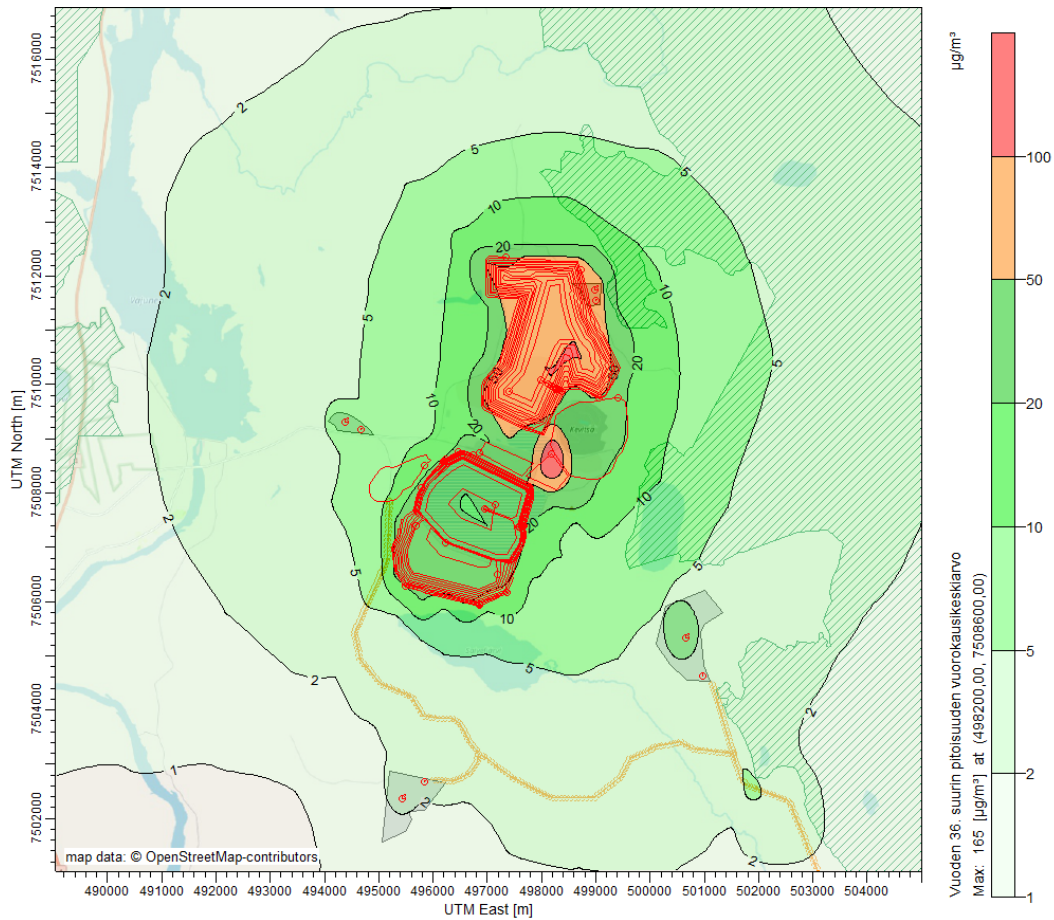
3.4 VE1.3

Kuva 15 esittää mallinnetun PM₁₀-hiukkaspitoisuuden vuosirajaan verrattavan pitoisuuden jakauman tapauksessa VE1.3. Kuten aiemmissakin tapauksissa, pitoisuus ylittää raja-arvon 40 µg/m³ sivukivialueen keskiosassa ja louheen murskausalueella. Kaivosalueen ulkopuolella pitoisuudet ovat edelleen huomattavasti raja-arvoa alempia, mutta laajempien pölyävien alueiden vuoksi kasvavat hieman. Kaivosalueen ulkopuolella PM₁₀-hiukkaspitoisuudet alittavat sekä ilmanlaatuasetuksen että EU-direktiivin mukaiset vuosiraja-arvot.



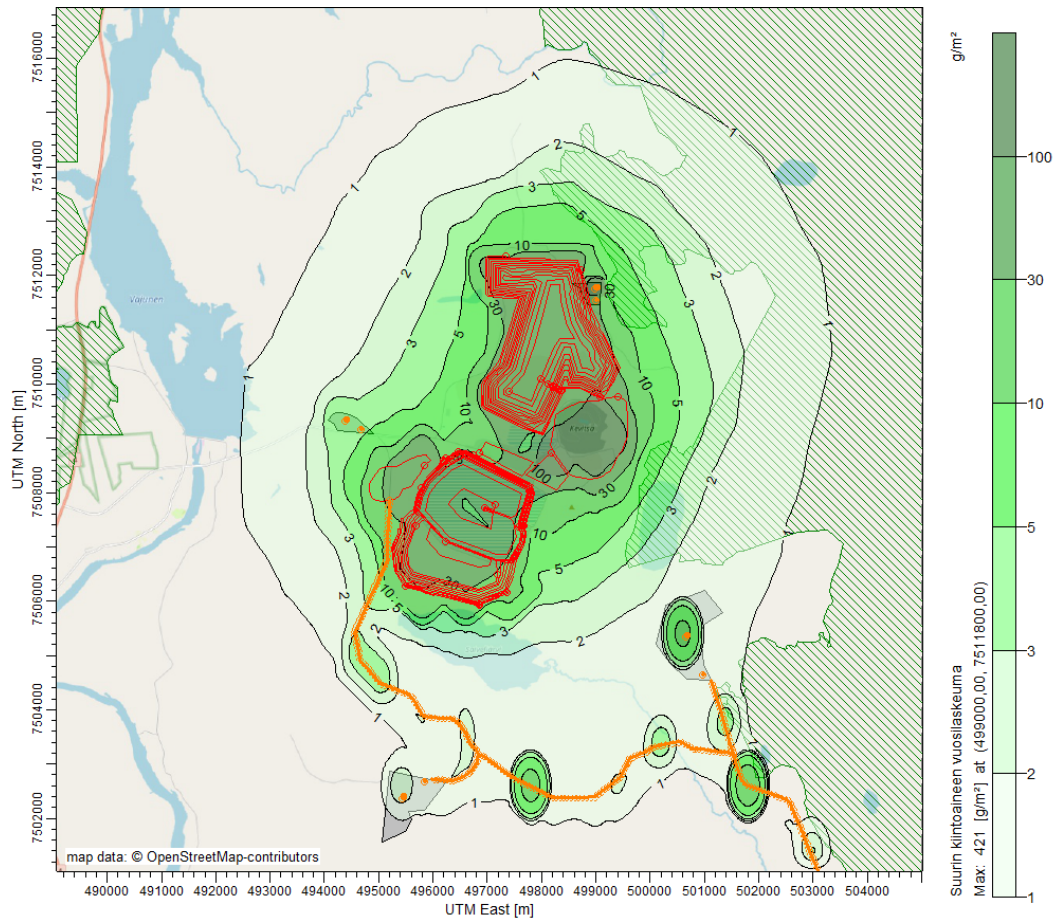
Kuva 15. Mallinnettu ilman PM_{10} -pitoisuuden suurin vuosikeskiarvo ($\mu g/m^3$) hankevaihtoehdossa VE1.3.

Kuva 16 esittää mallinnetun PM_{10} -hiukkaspitoisuuden vuorokausirajaan verrattavan pitoisuuden jakauman tapauksessa VE1.3. Kuten aiemmissakin tapauksissa, raja-arvo $50 \mu g/m^3$ ylittyy sivukivialueella ja louheen murskausalueella, ja on noin puolet siitä myös rikastushiekka-altaan, tehtaan ja avolouhoksen alueilla. Kaivosalueen ulkopuolella PM_{10} -hiukkaspitoisuudet alittavat sekä ilmanlaatuasetuksen että EU-direktiivin mukaiset vuorokausiraja-arvot.



Kuva 16. Mallinnettu ilman PM_{10} -pitoisuuden vuorokausirajaan verrattava arvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) hankevaihtoehdossa VE1.3.

Kuva 17 esittää mallinnetun suurimman vuosittaisen pölylaskeuman jakauman tapauksessa VE1.3. Tapaukseen VE1.1 verrattuna laskeuma kasvaa kaivosalueen etelä- ja pohjoispuolella pölyävien alueiden laajenemisen vuoksi, mutta idässä ja lännessä tapausten välillä ei ole merkittävää eroa. Alue, jolla vuosilaskeuma on vähintään $1 \text{ g}/\text{m}^2$, ulottuu lännessä Vajusen itärannalle, pohjoisessa Ala-Liesijoelle, etelässä Saivelseläntien eteläpuolelle ja idässä Satovaaralle ja Joutsenlammelle.



Kuva 17. Mallinnettu kiintoaineen suurin vuosilaskeuma (g/m^2) hankevaihtoehdossa VE1.3.

4 Johtopäätöksiä

4.1 Mallinnuksen epävarmuuksista

Pölypäästöjen mallinnukseen liittyy huomattavaa epävarmuutta etenkin huonosti tunnettujen päästömäärien vuoksi. Kaivosalueiden eri osista ilmaan nousevien hiukkasten määrä ja ominaisuudet vaihtelevat voimakkaasti ajan ja paikan suhteen ja riippuvat monista tekijöistä, kuten säästä, pölyävien pintojen koostumuksesta ja muodosta, kosteudesta ja lumipeitteestä ja ihmisen toiminnasta. Tätä vaihtelua ei ole mahdollista mallintaa täsmällisesti, vaan mallinnuksessa tehdään aina yleistyksiä. Tässä mallinnuksessa erityyppisten päästölähteiden pinta-alakohtaiset päästömäärät on oletettu paikasta riippumattomiksi ja yhtä suuriksi eri mallinnustapauksissa, ja niille oletettiin hyvin yksinkertaiset vaihtelut vuorokauden- ja vuodenajan mukaan. Nykytilaa kuvaavan mallin päästöparametrit kalibroitiin ilmanlaadun ja kiintoainelaskeuman seurantatulosten avulla, mutta mittauspisteiden vähäisen määrän vuoksi kaikkia mallin parametreja ei ole mahdollista määrittää yksikäsitteisesti. Laskeuman määrityksessä tarvittavasta pölyhiukkasten kokojakaumasta, joka vaikuttaa voimakkaasti hiukkasten kulkeutumismatkaan, ei ollut mallinnuskohdetta koskevaa tietoa, joten se jouduttiin olettamaan kirjallisuuden perusteella ja samaksi kaikille päästölähteille. **Näiden epävarmuuksien vuoksi mallinnustulokset ovat enemmän suuruusluokka-arvioita kuin tarkkoja ennusteita vaikutuksista tietyssä pisteessä. Niiden perusteella voidaan kuitenkin kohtalaisella varmuudella vertailla eri vaikutusten suhteellisia eroja eri hankevaihtoehtojen välillä ja arvioida vaikutusten jakautumista eri suuntiin ja heikkenemistä etäisyyden suhteen.**

4.2 Tulosten yhteenveto

Kevitsan kaivoksen suunnitellun louhintavaiheen 5 käyttöönoton vaikutusta lähialueen ilmanlaatuun ja pölylaskeumaan on arvioitu numeerisen ilmapäästöjen leviämismallinnuksen avulla. Tulosten mukaan hengitettävälle hiukkasille säädettyjä vuosi- ja vuorokausikohtaisia raja-arvoja ylittäviä pitoisuuksia esiintyy kaikissa tarkastelluissa laajennusvaihtoehdoissa vain sivukivialueella ja louheen murskausalueella. Rikastushiekka-altaalla ja muualla kaivosalueen sisällä pitoisuudet voivat myös nousta lähelle nykyisiä raja-arvoja, kuten on ilmanlaadun seurannassakin havaittu, ja mahdollisesti ylittää tulevat EU-direktiivin mukaiset tiukemmat raja-arvot. Näillä alueilla ilmanlaatuasetusta ei kuitenkaan sovelleta. Kaivosalueen ulkopuolella mallinnetut pitoisuudet jäivät hyvin selvästi raja-arvoja pienemmiksi, vaikka ne kasvavatkin jonkin verran pölyävien alueiden laajenemisen vuoksi. **Väestön terveyden ja ympäristön suojelemiseksi annetut ilmanlaatonormit siis täyttyvät selvästi, joten pölypäästöt kaivokselta eivät aiheuta terveydellistä riskiä lähiseudun asukkaille edes siinä tapauksessa, että päästöt muodostuisivat muutamia kertoja suuremmiksi kuin mallissa oletetut.**

Kaivoksen aiheuttama pölylaskeuma on mallinnuksen mukaan vähintään gramman luokkaa neliometrille vuodessa (noin kymmenkertainen kaukana kaivoksesta mitattuun epäorgaaniseen taustalaskeumaan verrattuna) selvästi kaivosaluetta laajemmalla alueella: se ulottuu VE0-vaihtoehdossa noin kolmen ja VE1.3-vaihtoehdossa noin viiden kilometrin päähän kaivosalueen pölyävistä kohteista. VE1.1-vaihtoehdossa vaikutusalueen laajuus on kahden muun tapauksen väliltä. Myös suunniteltu moreeninotto ja moreenin kuljetus voivat aiheuttaa paikallisesti usean gramman

vuosilaskeuman neliömetrille. **Kaivosalueen itäpuolella olevan Koitelaisen Natura-alueen kaivosta lähimmissä osissa vuosilaskeuma voi ylittää 5 g/m².**

Mallinnustulosten perusteella kaivostoimintojen pölyämisen vaikutus sekä ilmanlaatuun että laskeumaan on jonkin verran suurempi vaihtoehdossa VE1.3 kuin vaihtoehdossa VE1.1, ja pienin vaihtoehdossa VE0. Erot johtuvat vastaavasta erosta pölyävien sivukivialueiden ja rikastushiekka-altaiden pinta-aloissa.

5 Lähdeviitteet

AFRY Finland Oy 2021. Boliden Kevitsa – Kevitsan kaivoksen pölypäästöjen leviämismallinnus.

Euroopan Unioni 2024. Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi ilmanlaadusta ja sen parantamisesta (uudelleenlaadittu). COM/2022/542 final/2, 2022/0347(COD). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:52022PC0542>

Envineer Oy 2021. Boliden Kevitsa - Moreenialueiden YVA-menettely, pölyselvitys.

Eurofins Ahma Oy 2024. Boliden Kevitsa Mining Oy – Pölylaskeumatarkkailu 2023. 2024.

Ilmatieteen laitos 2022. Boliden Kevitsa Mining Oy – Ilmanlaatumittaukset Kevitsan kaivosalueella ja sen ympäristössä. Hengitettävien hiukkasten, arseenin ja metallien pitoisuudet vuonna 2021.

Sairanen, M., Rinne, M., & Selonen, O. 2018. A review of dust emission dispersions in rock aggregate and natural stone quarries. International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 32(3), 1–25.