

4.1.2018



Mondo Minerals, Uutelan talkkikaivoksen laajennuksen pölypäästöjen mallinnus, 2018

Mondo Minerals B.V. Branch Finland

Sisältö

1	JOHDANTO	2
1.1	Laskentavaihtoehdot	2
1.2	Ilman laatu	4
1.3	Pöly	5
1.3.1	Pölylaskeuma	5
1.3.2	Pölyleijuma	5
2	LASKENTAMETELMÄT JA LÄHTÖTIEDOT	6
2.1	Laskentamalli	6
2.2	Ilmanlaadun raja- ja ohjearvot	7
2.3	Maastotiedot	7
2.4	Tuulitiedot	7
2.5	Sadepäivät	8
2.6	Pölykuormitukset ja laskentaperusteet	9
3	NYKYTILANNE VE0	10
4	LAAJENNUSVAIHTOEHTO VE1	14
5	LAAJENNUSVAIHTOEHTO VE2	18
6	MURSKAUKSEN PÖLYPÄÄSTÖT	22
7	YHTEENVETO	23
7.1	Mallin lähtötiedot	23
7.2	Tulokset	23
8	LÄHDELUETTELO	24

Pöyry Finland Oy, Ympäristötutkimukset, Oulu
Hannu Lauri
Elektroniikkatie 13
90590 Oulu

Copyright © Pöyry Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöyry Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

1 JOHDANTO

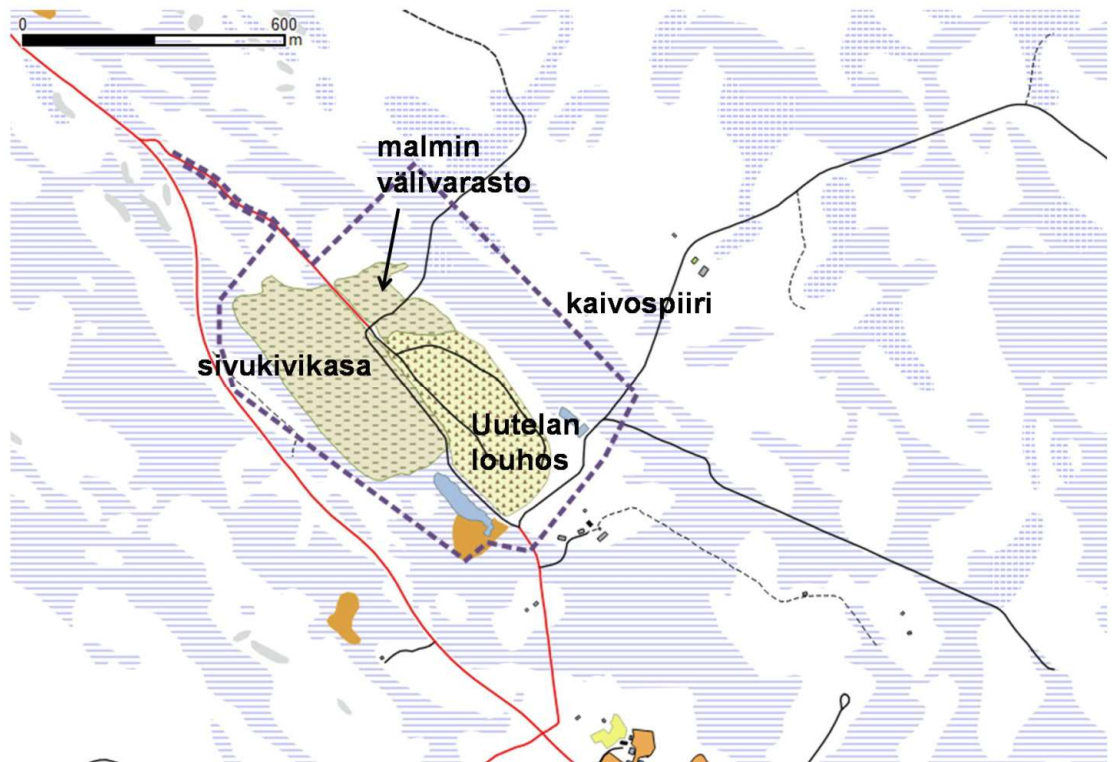
Tässä raportissa on arvioitu ilmanlaatumallin avulla Uutelan kaivoksen pölypäästöjä vuoden 2016 louhintamäärillä (VE0) ja kahdella kaivoksen laajennusvaihtoehdolla (VE1 ja VE2). Laskennat tehtiin PM10 ja TSP pitoisuuksille.

Nykytilanteessa Uutelan kaivoksen toiminnot aiheuttavat ajoittaisia pölypäästöjä lähinnä kaivospiirin sisällä. Tässä arvioitavissa kaivoksen laajennusvaihtoehdossa kaivoksen toimintoja aloitetaan uusilla alueilla ja tuotantomääriä nostetaan, jolloin pölypäästöt siirtyvät osin uusille alueille ja osin nousevat.

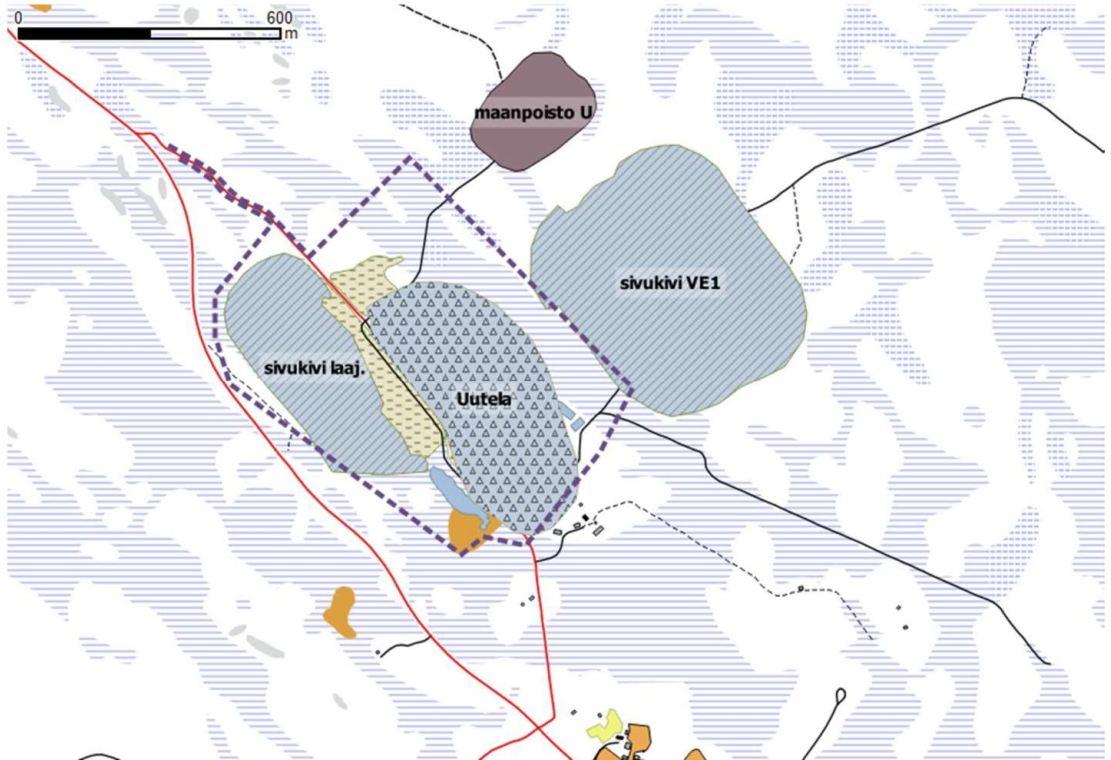
1.1 Laskentavaihtoehdot

Nykyinen (VE0) kokonaislouhintamäärä on 0,3–0,4 Mt/a. Vaihtoehdossa VE1 nykyistä kaivosta laajennetaan siten, että kokonaislouhinta nousee arvoon 1,3 Mt/a. Lisäksi louhoksen itäpuolelle perustetaan uusi sivukivialue ja nykyistä sivukivialuetta laajennetaan. Vaihtoehdossa VE2 nykyisen louhoksen laajennuksen lisäksi avataan Viinakorven avolouhos nykyisen louhoksen kaakkoispuolelle ja kokonaislouhinta nousee arvoon 1,8 Mt/a. Lisäksi uutta idänpuoleista sivukivialuetta laajennetaan vaihtoehtoon VE1 verrattuna.

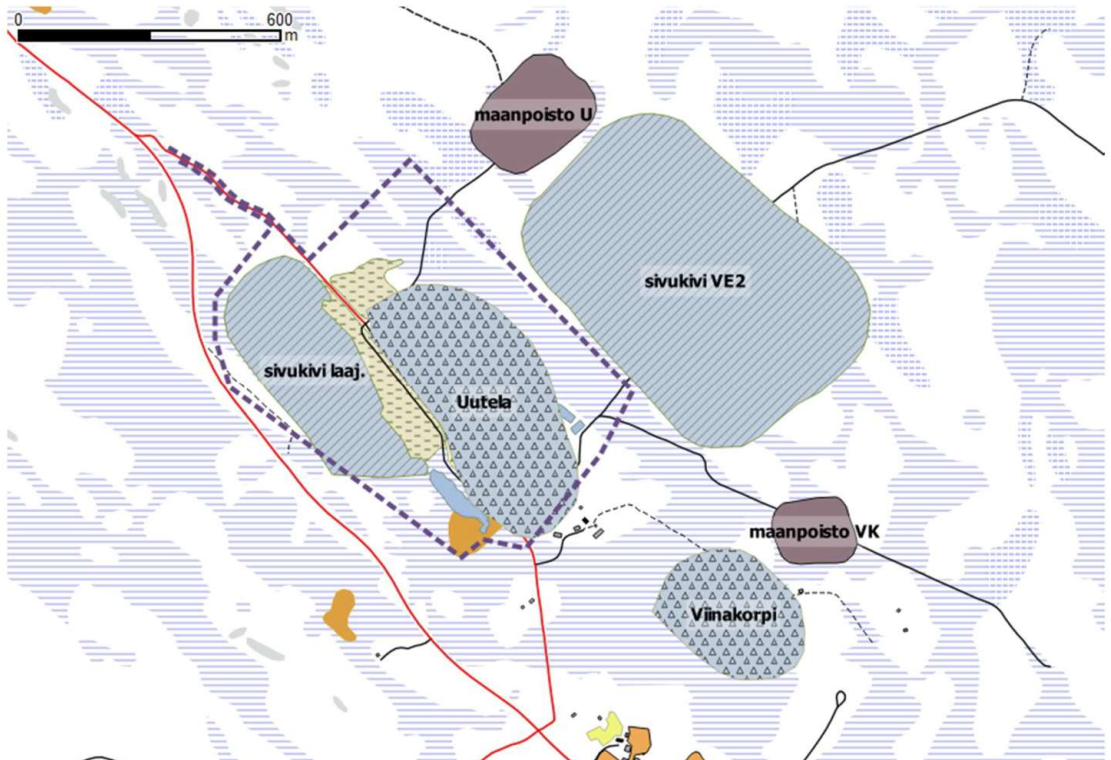
Pölymallinnuksessa käytetyt laskentavaihtoehdot on esitetty taulukossa 1. Kaivosalueen nykyisten ja suunniteltujen toimintojen sijoitus on esitetty karttapohjalla kuvassa 1 a-c.



a) Kaivosalue, toiminnot nykytilanteessa (VE0)



b) Kaivosalue, toiminnot vaihtoehdolla VE1



c) Kaivosalue, toiminnot vaihtoehdolla VE2

Kuva 1. Uutelan kaivosalue, nykyiset ja suunnitellut toiminnot, ks. taulukko 1.

Taulukko 1: Laskentavaihtoehdot

Vaihtoehto	Kuvaus
VE0	<ul style="list-style-type: none"> • Kaivostoiminta jatkuu nykyisellään, louhoksen koko 10 ha. • Malmin louhinta on 0,2–0,250 Mt/a, kokonaislouhinta 0,3–0,4 Mt/a, sivukivialue pysyy nykyisen kokoisena (10 ha) • Uusia alueita ei oteta käyttöön • louhintapäiviä teholla 700 tn/h yhdellä 8 h vuorolla 72 kpl, eli 15 5 päivän viikkoa
VE1	<ul style="list-style-type: none"> • Uutelan avolouhosta laajennetaan kokoon 16 ha. • Malmin louhintamäärää nostetaan tasolle 0,55 Mt/a ja kokonaislouhinta tasolle 1,3 Mt/a. • Laajennetaan nykyistä sivukivialuetta kokoon 14 ha, ja rakennetaan uusi sivukivialue (sivukivi VE1, 26 ha) • louhintapäiviä 700 tn/h teholla yhdellä 8 h vuorolla 233 kpl, eli 47 viiden päivän viikkoa
VE2	<ul style="list-style-type: none"> • Uutelan avolouhosta laajennetaan kokoon 16 ha, ja lisäksi avataan Viinakorven avolouhos (7,5 ha). • Malmin louhintamäärää nostetaan tasolle 0,55 Mt/a ja kokonaislouhinta tasolle 1,8 Mt/a. • Laajennetaan nykyistä sivukivialuetta kokoon 14 ha, ja rakennetaan uusi sivukivialue (sivukivi VE2, 38 ha) • louhintapäiviä 700 tn/h teholla 322 kpl, tästä 37 vko yhdellä vuorolla ja 14 vko kahdella vuorolla (kesällä 1.6 – 7.9) viiden päivän viikoilla

1.2

Ilman laatu

Ilmanlaadun ohjearvot ovat epäpuhtauksien pitoisuuksia, joiden alittaminen on tavoitteena. Ohjearvot on määritelty valtioneuvoston päätöksessä 480/1996. Ilmanlaadun raja-arvot ovat terveysperusteisesti asetettuja ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia, jotka on alitettava määräajassa. Raja-arvot ovat sitovia ja ne on määritelty valtioneuvoston ilmanlaatuasetuksessa (Vna 79/2017). Kumotussa ilmanlaatuasetuksessa 38/2011 raja-arvot olivat samat. Pienhiukkasten raja-arvot ovat tulleet voimaan v.2010. Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoja ei sovelleta työpaikoilla eikä tehdasalueilla, eikä raja-arvojen noudattamista arvioida liikenneväylillä tai alueilla, jonne yleisöllä ei ole vapaata pääsyä ja joilla ei ole pysyvää asutusta. (Ilmatieteen laitos 2017b)

Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot on esitetty taulukossa 2. Kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi rikkidioksidipitoisuuden kriittinen taso vuosikeskiarvona on $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja typen oksidien $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Vna 79/2017).

Taulukko 2. Ilmanlaadun terveysperusteiset ohjearvot (Vnp 480/1996) ja raja-arvot (osin) (Vna 79/2017).

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo ¹⁾		Raja-arvo ²⁾		Sallittujen raja-arvon ylitysten määrä kalenterivuodessa
	Vnp 480/1996		Vna 79/2017		
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Rikkidioksidi SO ₂	250	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste	350	1 tunti	24
	80	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo	125	24 tuntia	3
Typpidioksidi NO ₂	150	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste	200	1 tunti	18
	70	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo	40	Kalenterivuosi	
Kokonaisleijuma (TSP)	120	Vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste			
	50	Vuosikeskiarvo			
Hengitettävät hiukkaset (PM10)	70	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo	50	24 tuntia	35
			40	Kalenterivuosi	
Pienhiukkaset (PM2,5)			25	Kalenterivuosi	

1) 20 °C lämpötilassa, 1 atm paineessa

2) SO₂ ja NO₂: 20 °C lämpötilassa, 1 atm paineessa.
Hiukkaset ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

1.3 Pöly

1.3.1 Pölylaskeuma

Louhinnasta, malmin ja sivukiven kuljetuksesta sekä muusta kaivoksen liikenteestä syntyvä pöly voi aiheuttaa viihtyvyyshaittaa kaivosta lähimpänä sijaitsevassa asutuksessa. Kaivosalueella tai sen lähiympäristössä ei ole tarkkailtu pölypitoisuuksia tai pölylaskeumaa. Pölyn taustapitoisuudet vaihtelevat sääolosuhteiden mukaan ja kaivostoiminnan vaikutusalueen määrittäminen sekä siitä aiheutuvan pölylaskeuman erottaminen muusta toiminnasta (esim. tienkäyttö) on haasteellista.

Kiintoainelaskeumalle ei Suomessa ole raja- tai ohjearvoja. Laskeumaa käytetään kuvaamaan pölyn viihtyvyyshaittaa eikä niinkään terveyshaittaa. Aikaisemmin viihtyvyyshaittarajana käytettiin arvoa 10 g/m²/kk, joka on kuitenkin kumottu jo 1980-luvulla ilmansuojelulain astuttua voimaan. Vanhaa viihtyvyyshaittaraja-arvoa voidaan kuitenkin vielä pitää laskeuman suuntaa-antavana vertailuarvona.

Metallilaskeumille ei ole ohje- tai raja-arvoja, mutta rikkilaskeumalle on Valtioneuvoston päätöksellä 480/1996 asetettu Suomen metsätaloukselle pitkänajan keskimääräinen tavoitearvo 0,3 g/m²/v (0,025 g/m²/kk), johon tuloksia voidaan rikin osalta verrata. Laskeuman tavoitearvo on annettu järvi- ja metsäekosysteemeille aiheutuvien vaikutusten ehkäisemiseksi.

1.3.2 Pölyleijuma

Leijumalla tarkoitetaan ilmassa leijuvan pölyn määrää. Leijuman yksikkönä käytetään yleensä kokonaispölyn massaa tietyssä ilmatilavuudessa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Kokonaisleijuma voidaan jakaa osiin hiukkasten koon mukaan, esimerkiksi kokonaisleijumaan (TSP), alle 10 mikrometrin (μm) hiukkasiin (PM10) ja alle 2,5 mikrometrin pienhiukkasiin (PM2,5).

Ilmassa leijuvalla pölyllä voi olla terveysvaikutuksia: leijuvassa pölyssä olevat yli 30 μm hiukkaset jäävät ylähengitysteihin, pienemmän hiukkaset kulkeutuvat pidemmälle hengitysteihin henkitorven ja keuhkoputkien alueelle, ja alle 4 μm hiukkaset keuhkorakkuloihin asti. Sinne päätyneet liukoiset hiukkaset ja aineet pääsevät imeyty-

mään verenkiertoon ja voivat kulkeutua elimistön muihin osiin. (Työterveyslaitos, www.ttl.fi).

Hengitettävien hiukkasten (PM10) pitoisuuden terveysvaikutusperusteinen **vuorokausiohjearvo** on $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ohjearvoon verrataan kuukauden toiseksi suurinta vuorokausiarvoa.

Hengitettäville hiukkasille asetettu **vuorokausiraja-arvo** $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Vna 79/2017) saa vuositasolla ylittyä 35 mittauksessa. Raja-arvoa ei asetuksen mukaan sovelleta tehdasalueilla, vaan ne on asetettu terveysperusteisiksi raja-arvoiksi alueille joilla asuu tai oleskelee ihmisiä ja joilla ihmiset saattavat altistua ilman epäpuhtauksille.

Ilmanlaatuasetuksessa hengitettävien hiukkasten (PM10) vuosikeskiarvoa koskeva raja-arvo on $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2 LASKENTAMETELMÄT JA LÄHTÖTIEDOT

2.1 Laskentamalli

Päästöjen leviäminen arvioitiin kaasumaisten epäpuhtauksien ja leijailevan pölyn leviämisen mallintamiseen kehitetyllä AERMOD-ohjelmistolla. Ohjelmiston on kehittänyt ja sitä ylläpitää Yhdysvalloissa U.S. EPA, liittovaltion ympäristönsuojeluviranomainen. Malli soveltuu yksi- ja monipiippu- sekä viiva- ja pintalähteiden päästöjen mallintamiseen ja se ottaa huomioon sää- ja maasto-olosuhteet. Leviämismallin perustana on analyyttinen Gaussin jakaumaan perustuva leviämisyhtälö, joka olettaa päästön laimenevan pysty- ja vaakasuunnassa Gaussin jakauman mukaisesti. Jakauman hajontaparametrit arvioidaan erikseen jokaiselle tunnille tuulen nopeuden ja ilmakehän alakerroksen stabiilisuusluokan perusteella. Laskenta suoritetaan yleensä noin 3–5 vuoden säätietojen perusteella. Ohjelmisto ja sen ominaisuudet on esitelty yksityiskohtaisemmin verkkosivustolla <http://www.epa.gov/scram>.

Malliin liittyviä epävarmuustekijöitä

Leviämismallilaskelmilla saatavien tulosten luotettavuuteen vaikuttavat malliin syötettävät lähtötiedot sekä itse mallin toiminta. Mallilaskelmilla kuvataan ilmiöiden tavanomaista kehittymistä pitkällä aikavälillä yksinkertaistaen jossain määrin todellisuutta. Malliin sisältyy olettamuksia ja yksinkertaistuksia, jotka ovat välttämättömiä mallin toiminnan ja lähtötietojen puutteellisen saatavuuden vuoksi. Kuormitusten määrä arvioitiin yleisesti käytössä olevilla laskentakaavoilla, jotka pohjautuvat mitaustietoihin. Leviämislaskennan osalta epävarmuutta aiheutuu siitä, että mallissa käytetyt säätiedot eivät vastaa kohdealueella vallitsevaa tilannetta, siitä, että mallin maastoa kuvaavat parametrit eivät vastaa todellista tilannetta kohdealueella.

Laskennan tuloksen saadut keskiarvopitoisuudet edustavat vallitsevaa pitoisuustilannetta pidemmällä ajanjaksoilla. Enimmäispitoisuudet edustavat puolestaan lyhytkestoisempia episoditilanteita, jolloin meteorologinen tilanne on paikallisesti päästöjen laimennemisen ja sekoittumisen kannalta epäedullinen.

Yleensä leviämismallilaskelmien tuloksiin liittyy epävarmuutta sitä enemmän, mitä lyhyemmän jakson pitoisuusarvoista on kyse. Näin ollen ilmanlaatuvaikutuksia arvioitaessa tarkastellaan tyypillisesti vuosiraja-arvoon ja vuorokausiohjearvoihin verrannollisia pitoisuustasoja.

2.2 Ilmanlaadun raja- ja ohjearvot

Pölypäästöjen aiheuttamalle ilman pölypitoisuudelle on Suomessa määritetty raja-arvot ilmanlaatuasetuksessa. Ilman pölypitoisuutta on tässä arvioitu kahden suureen osalta: PM₁₀ pitoisuus mittaa hengitysteihin kulkeutuvien alle 10 µm läpimittaisten hiukkasten pitoisuutta ilmassa, yksikkönä µg/m³. TSP pitoisuus mittaa kaikkien leijuvien hiukkasten pitoisuutta, yksikkönä myös µg/m³. TSP pitoisuutta sanotaan myös kokonaisleijumaksi.

Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) osalta keskimääräiselle vuosipitoisuudelle on määritetty yläraja 40 µg/m³, ja keskimääräiselle vuorokausipitoisuudelle yläraja 50 µg/m³. Vuoden aikana vuorokausipitoisuuden ylityksiä sallitaan kuitenkin enintään 35 kappaletta (~ 10 % vuorokausipitoisuuksista), mikäli siis ylityksiä on 36 kappaletta, on raja ylittynyt. Kokonaisleijumalle (TSP) ei ole määritelty raja-arvoa.

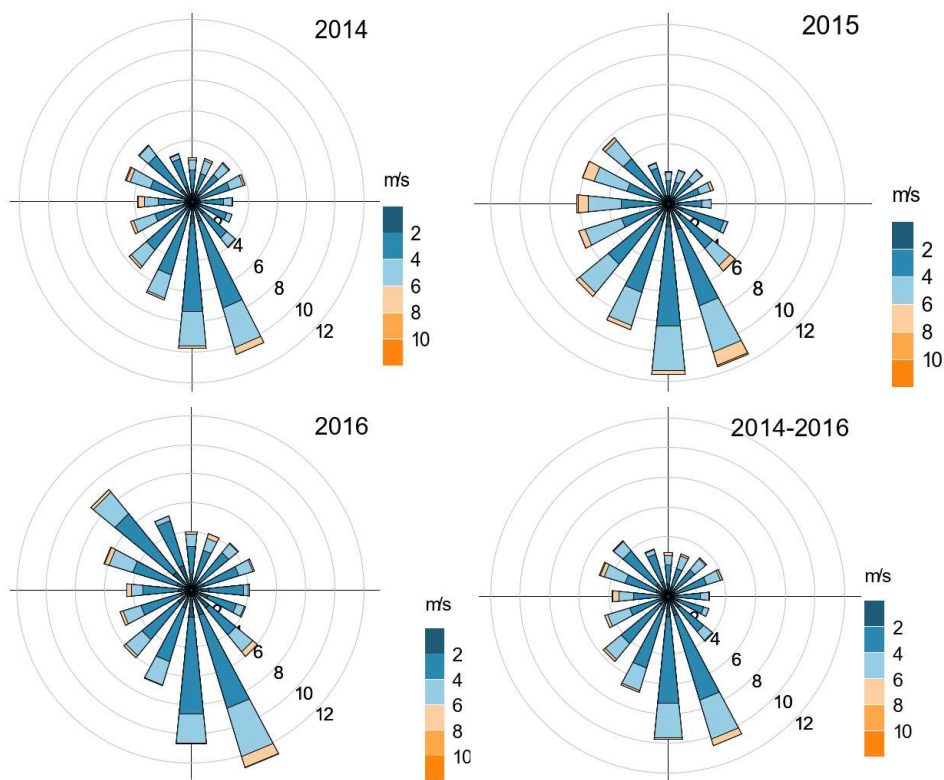
Raja-arvojen lisäksi ilman haitta-aineiden pitoisuuksille on määritelty ohjearvoja, joiden ylittyminen olisi pyrittävä estämään ennakoita. PM₁₀ pitoisuuksille on määritelty ohjearvo kuukauden toiseksi suurimmalle vuorokauden keskipitoisuudelle, joka ei saa ylittää arvoa 70 µg/m³. TSP pitoisuuden vuosikeskiarvon ylärajaksi on ohjeistettu 50 µg/m³, ja vuoden aikana vuorokausipitoisuuden 120 µg/m³ ylittävien päivien lukumäärän ylärajan ohjearvo on 7 d (ymparisto.fi, 2018).

2.3 Maastotiedot

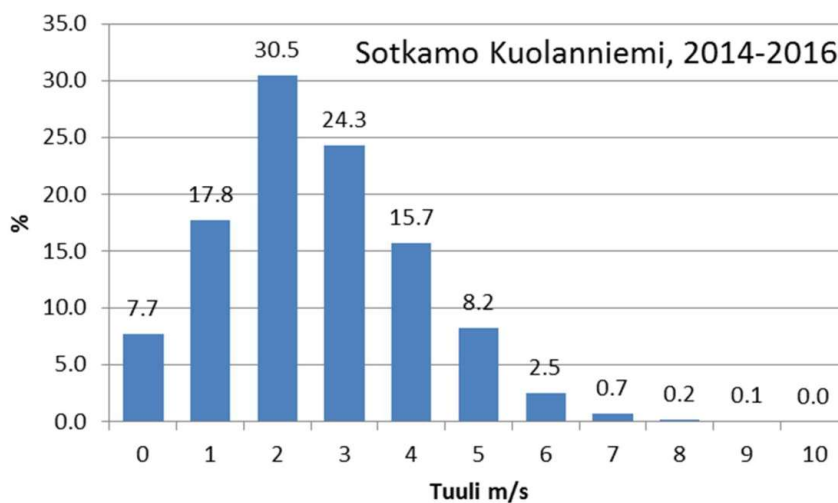
Maastotiedot saatiin maanmittauslaitoksen 10 m vaakatarvkuuden korkeusmallista (Maanmittauslaitos 2017), ja Corine-2012 maankäyttödatasta (Suomen ympäristökeskus, 2017).

2.4 Tuulitiedot

Laskennan säätietona käytettiin Sotkamon Kuolaniemeltä mitattuja arvoja, joita täydennettiin puuttuvien tietojen osalta ECMWF:n reanalysis-datalla (Berrisford et al. 2011). Mittaukset on suorittanut Ilmatieteenlaitos, mittaukset haettiin kuitenkin NOAA:n data-palvelusta (NOAA 2018). Mittausasema sijaitsee kohdealueelta noin 20 km pohjois-koilliseen. Sääasema sijaitsee noin 4 km Vuokatin vaarajonon itäpuolella, mikä voi vaikuttaa jonkin verran mittauksiin. Kajaanin lentoaseman (sijainti noin 44 km päässä kohdealueelta) tuulijakauma poikkeaa Sotkamon mittauksesta, molemmissa kuitenkin etelän suunnalta tulevat tuulet ovat selvästi yleisimpiä. Tuulijakauma vuodelle 2016 on esitetty kuvassa 2, ja vastaava tuulen nopeusjakauma kuvassa Kuva 3. Yleisin tuulen suunta on etelä-kaakko ja tyypillisin tuulen nopeusluokka 0,5–2,5 m/s. Tuulen suunnista yleisimpiä ovat etelän-, lounaan- ja luoteenpuoleiset tuulet.



Kuva 2. Tuulen suuntajakaumat (%) vuosille 2014,2015 ja 2016.



Kuva 3. Tuulen nopeusjakauma jaksolta 1.1.2016 – 31.12.2016.

Mallin tuuliprofiilitiedot konstruointiin ECMWF:n ERA-interim reanalysis-säätietojen pohjalta (Berrisford et al. 2011). Suomessa tuuliprofiileja mitataan Jokioisissa ja Sotkankylässä, jotka molemmat sijaitsevat varsin kaukana kohdealueelta.

2.5 Sadepäivät

Sadantatietoina käytettiin Sotkamon Kuolanniemen sääaseman sadantatietoja. Kolmen vuoden 2014–2016 jaksolta keskimääräinen sadepäivien määrä oli 155 pv/v.

2.6 Pölykuormitukset ja laskentaperusteet

Kuormituslähteet ja käytetyt kuormituskohtaiset laskentakaavat alueelle kuormitus-tyypin mukaan on esitetty taulukossa 2. Kuormitusarviointi perustuu MINERA-hankkeen eri lähteistä keräämiin menetelmiin (Kauppila et al. 2013).

Pölykuormitukset laskettiin eri vaihtoehdoille jatkuvana kuormituksena, ts. siten, että toiminta on käynnissä koko lasketun jakson ajan, kuitenkin siten, että töitä tehtiin vain arkipäivinä yhdessä tai kahdessa vuorossa. Pölypäästöille haettiin yläarviota, eli tavoitteena oli mallintaa pahin mahdollinen tilanne. Todelliset kaivoksen toiminnasta aiheutuvat pölypäästöt ovat siten todennäköisesti pienempiä kuin tässä lasketut arvot. Esim. kuljetuksen pölypäästöjä vähentävät ainakin seuraavat tekijät: sadepäivät (vaikutus kuljetusten osalta noin 40 % vähennys), talviolosuhteet (vaikutus kuljetusten osalta jopa 95 % vähennys, De Beers, 2012), ja aktiiviset pölyntorjuntatoimenpiteet kuten teiden kastelu.

Hankealueen lähialueella ei ole seurattu mittauksilla ilmanlaatua tai pölyn leviämistä, joten mallin antamia tuloksia ei ole voitu verrata mittauksiin.

Suurimmat pölykuormitukset alueella aiheutuvat lastauksista ja kuljetuksista. MINERA-loppuraportissa (Kauppila et al. 2013) ei ole kovin selvästi huomioitu sateen vaikutusta kuljetusten pölypäästöihin, eikä sateen vaikutusta ole tässäkään erikseen huomioitu. Sadepäivien vaikutus voidaan ottaa huomioon kuljetusten osalta EPA:n ohjeistuksen mukaisesti (EPA 2006) käyttämällä kuljetuksen aiheuttamalla pölypäästöille sadepäivien määrästä riippuvaa korjauskerrointa. Sadantapäivät otetaan huomioon siten, että kuljetuksen aiheuttama pölykuormitus kerrotaan sadantavähennyksellä $(365-r)/365$, missä r on niiden päivien lukumäärä, joina sadanta ylittää 0,25 mm/d. 2015–2016 jaksolle sadepäivien lukumäärä oli 155 pv/v, mistä saadaan korjauskertoimelle arvo 0,58.

Taulukko 3: Kuormitusten laskentaperusteet eri toiminnoille, laskentakaavat Kauppila et.al (2013) mukaan, ellei muuta mainittu.

Louhinta	
Poraus	PM ₁₀ : 0.3 kg/räjäytysreikä (syvyys 15m) TSP: 1.92 x PM ₁₀
Räjäytys	PM ₁₀ : $0.52 * 344 * A^{0.8} / (M^{1.9} * D^{1.8})$ kg/räjäytys, A=ala(m ²), M=kosteus %, D=räjäytysreikien syvyys (m) TSP: 1.92 x PM ₁₀
Rikottaminen	ei päästöjä
Malmin ja sivukiven käsittely	
Kuormaus tai kippaus	PM ₁₀ : K * 0.44 * 0.025 kg/tn, missä K lastausmäärä (tn) TSP: K * 0.025 kg/tn
Kuljetus kiviautolla	PM ₁₀ : $281,9 * 1,5 (s/12)^{0.9} * (W * 0,368)^{0.45}$ g/km, missä W on ajoneuvon paino (tn), ja s tien hienoainepitoisuus (%). Kastelu vähentää kuormitusta noin 75 %. TSP: $281,9 * 4,9 (s/12)^{0.7} * (W * 0,368)^{0.45}$ g/km
Sivukiven murskaus hyötykäyttöön	PM ₁₀ : 0,02 kg/t TSP: 0,2 kg/t
Kasat	
Tuulen aiheuttama pölyäminen	Ei huomioitu

3 NYKYTILANNE VE0

Kaivosalueen nykytilan pölykuormituslähteet on esitetty kuvassa 4 ja taulukossa 4. Nykytilanteessa louhintaa tehdään muutamana 2-4 viikon jaksona. Louhintajakson aikana suoritetaan porauksia ja räjäytyksiä, sekä kuljetetaan malmia välivarastoon odottamaan kuljetusta tehtaalle, sekä sivukiveä sivukivikasaan. Räjäytyksiä tehdään noin 1-3 kertaa viikossa. Kuljetukset välivarastosta tehtaalle tapahtuvat jatkuvasti noin 20–25 kuormaa/päivä tasolla (2006 ympäristölupa).

Nykytilanteen pölypäästöt laskettiin tilanteelle, jossa vuorokaudessa oli yksi työvuo- ro klo 8-16, jolloin tehtiin sekä louhintaa (poraus, räjäytys, kuormaus, kuljetus lou- hoksesta kasoihin) että kuljetusta välivarastosta tehtaalle. Louhintapäivien lukumäärä oli louhitun ainesmäärän ja 5600 tn/d päivittäisen louhintatehon perusteella 71 pv/v, josta viiden työpäivän viikkoja tulee 15 kpl.

Ohjaavia raja- ja ohjearvoja ovat pölypäästöjen tapauksessa PM_{10} $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuoro- kauden keskipitoisuuden ylittävien päivien määrä vuodessa (enintään 35 pv), sekä TSP vuorokauden keskipitoisuuden $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittävien päivien vuosittainen luku- määrä (enintään 7 pv).

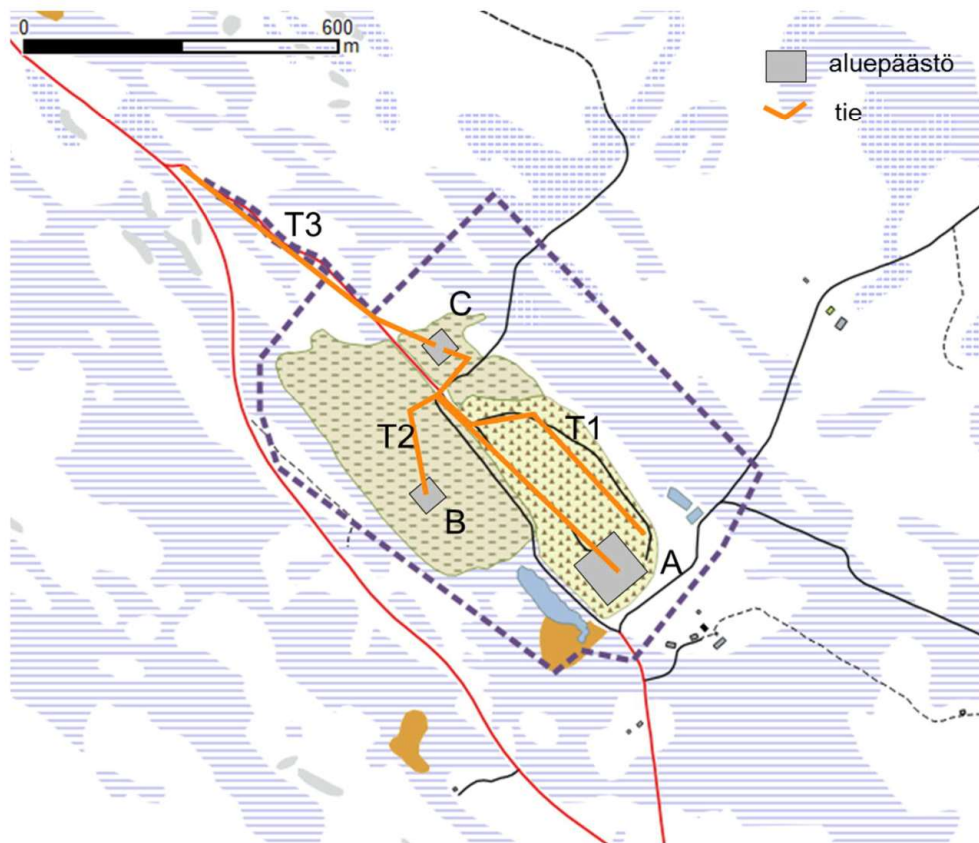
Raja-arvojen pohjalta laskennan tuloksista on esitetty kolmen vuoden lumettomalta jaksolta (1.5–1.11) laskettu prosenttiosuus päivistä, jolloin päivän keskimääräinen PM_{10} pitoisuus ylittää $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sekä prosenttiosuus päivistä, jolloin päivän keski- määräinen TSP pitoisuus ylittää $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tulokset on piirretty karttakuvana, eli kartalla näkyy pisteittäin ylityspäivien osuus lasketuista päivistä. PM_{10} ylityspäivien osuudet on esitetty kuvassa 5 ja TSP pitoisuuksien ylityspäivät kuvassa 6. Keskimää- räiset PM_{10} vuorokausipitoisuudet on esitetty kuvassa 7 ja vastaavat TSP pitoisuudet kuvassa 8.

Nykytilanteessa raja- ja ohjearvojen päivän keskipitoisuuden ylityksiä tapahtuu vain avolouhoksessa ja malmin välivarastoalueella. Lasketun arvion mukaan em. alueilla noin 50 % päivistä ylittää pitoisuuksien raja-arvot sekä PM_{10} että TSP pitoisuuksien osalta, jolloin ylityspäiviä kertyisi 71 työpäivän jakson aikana noin 30 kappaletta. Alueet jäävät kaivospiirin sisäpuolelle. Sadepäivinä ja talvella pölykuormitus jää täs- sä laskettua pienemmäksi.

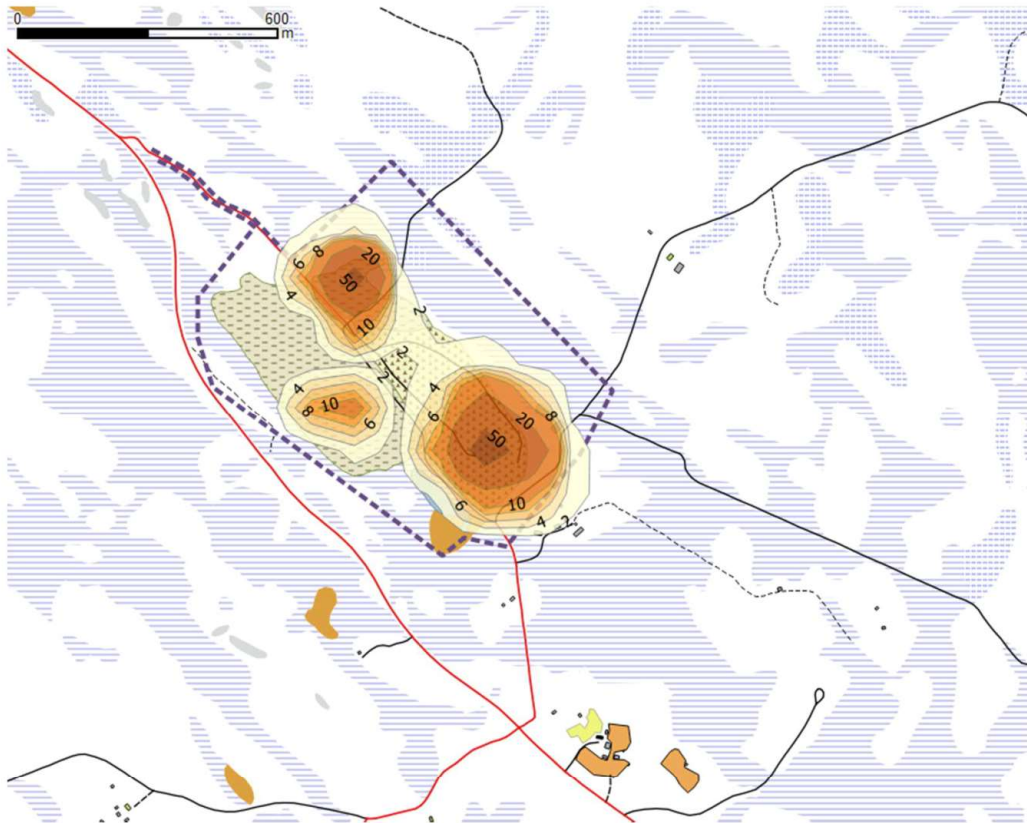
Pölypitoisuuden vuosikeskiarvojen ylitykset ovat mahdollisia avolouhoksessa ja malmin välivarastoalueella. Vuosikeskiarvot jäävät alueella todennäköisesti alle raja- arvojen, johtuen louhinnan lyhyestä kestoista.

Taulukko 4: Tilanne VE0, suurimmat kuormitukset

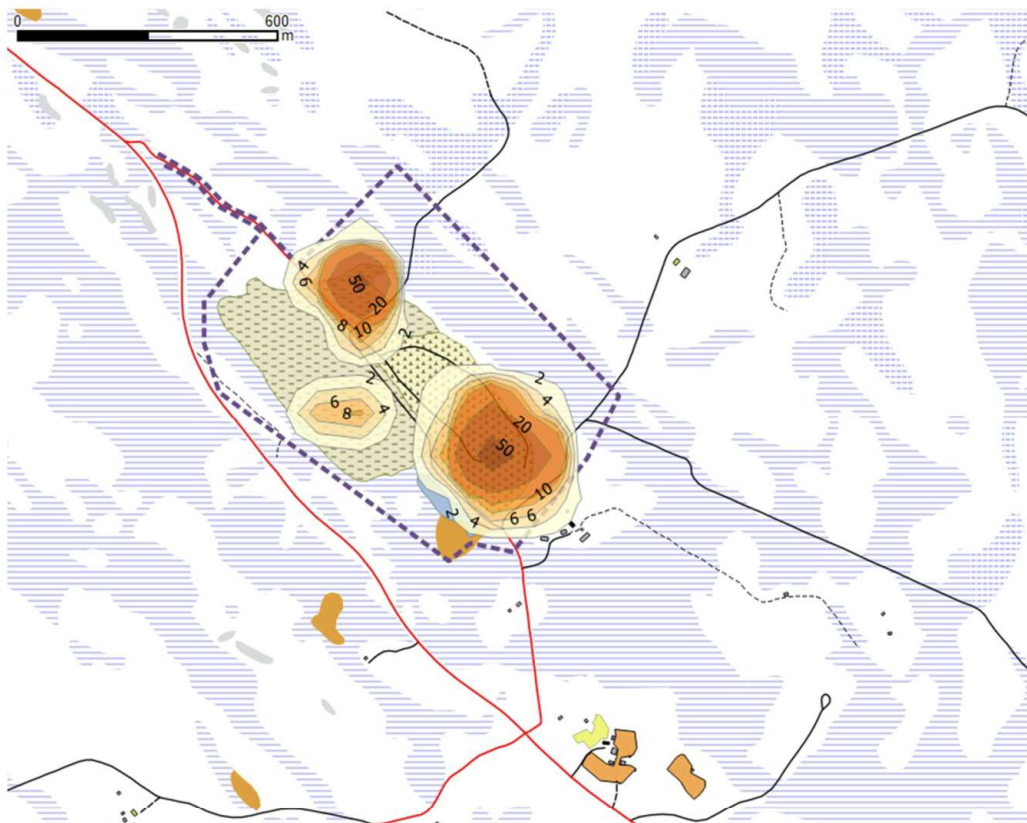
Alue		Teho	PM10, kg/h	TSP kg/h
Alue A	Poraus		4,17 kg/h	8,0 kg/h
	Räjätys	1 x 1h	33 kg/h	63 kg/h
	Kuormaus	700 tn/h	7,7 kg/h	17,5 kg/h
Alue B	Sivukiven kippaus	350 tn/h	3,9 kg/h	8,8 kg/h
Alue C	Malmin kippaus	350 tn/h	3,9 kg/h	8,8 kg/h
	Malmin lastaus rekkoihin	350 tn/h	3,9 kg/h	8,8 kg/h
Tiet				
T1	Malmi välivarastoon	6,3 km/h	590 g/km	4160 g/km
T2	Sivukivi kasaan	10 km/h	590 g/km	4160 g/km
T3	Malmi tehtaalle	6,5 km/h	590 g/km	4160 g/km



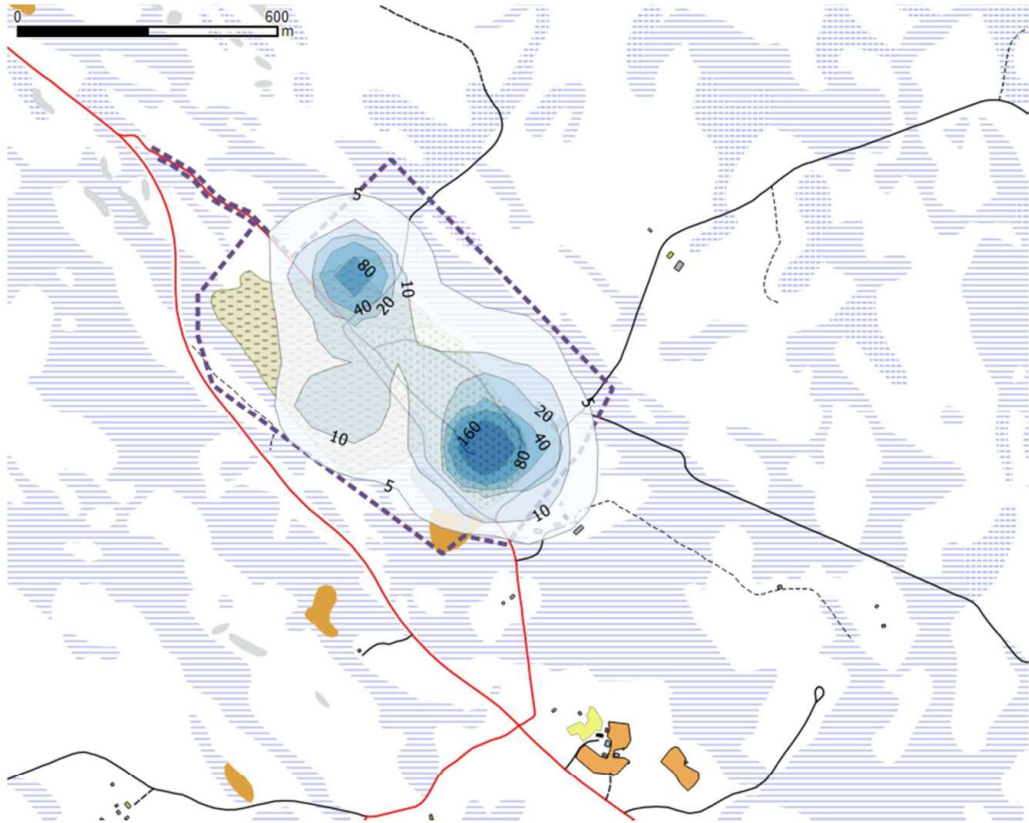
Kuva 4. Kaivosalueen pölykuormituslähteet vuonna 2016 taulukon 3 mukaisesti.



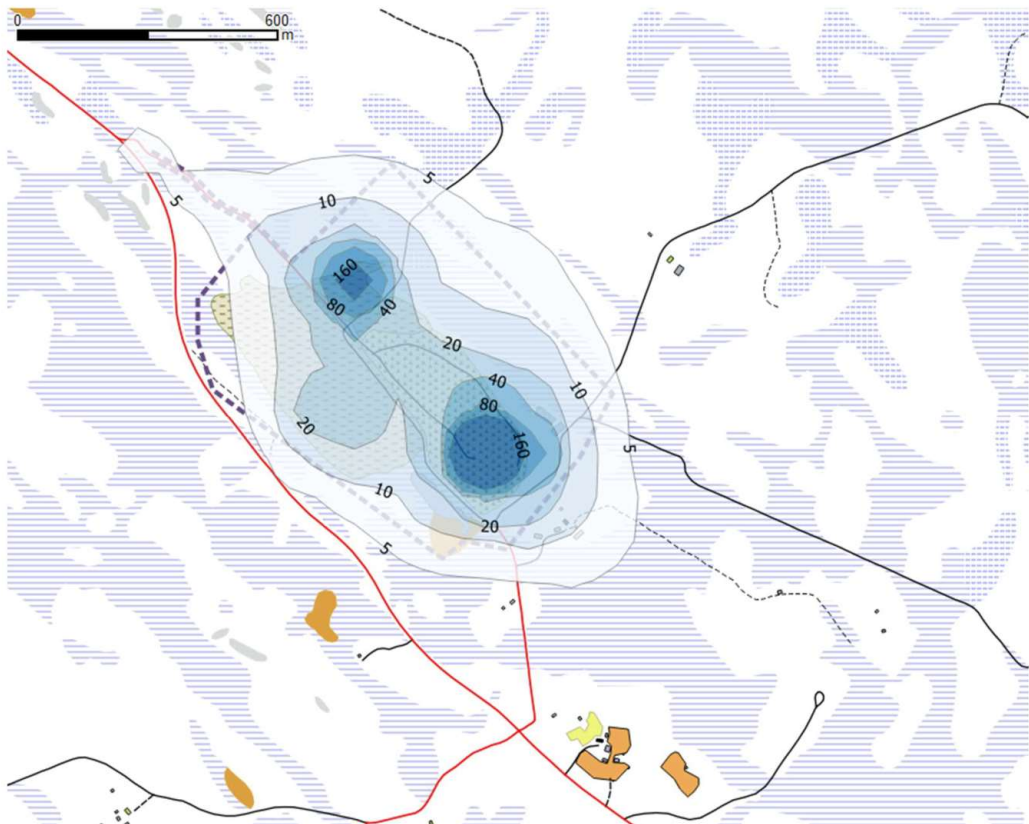
Kuva 5: VE0, laskentajakson aikana PM_{10} vuorokauden keskipitoisuuden $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittävien päivien osuus prosentteina laskentapäivien määrästä. Raja-arvo 35 d/a , (=10%, jos työt käynnissä koko vuoden).



Kuva 6: VE0, laskentajakson aikana TSP vuorokauden keskipitoisuuden $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittävien päivien osuus prosentteina laskentapäivien määrästä (ohjearvo $\sim 2 \%$).



Kuva 7: VE0, PM₁₀ keskipitoisuus laskentajakson ajalta kun louhinta on käynnissä jatkuvasti. Vuosikeskiarvon raja-arvo on 40 µg/m³.



Kuva 8: VE0, TSP keskipitoisuus laskentajakson ajalta kun louhinta on käynnissä jatkuvasti. Vuosikeskiarvon ohjearvo < 50 µg/m³.

4 LAAJENNUSVAIHTOEHTO VE1

Kaivosalueen vaihtoehdon VE1 pölykuormituslähteet on esitetty kuvassa 9 ja taulukossa 4. Vaihtoehdolla VE1 louhintaa tehdään 233 päivää vuodesta (47 vko) yhdessä vuorossa vastaavalla teholla kuin vaihtoehdossa VE0. Toiminta on muuten vastaavaa kuin vaihtoehdossa VE0, mutta sivukivet ajetaan itäiseen sivukivikasaan.

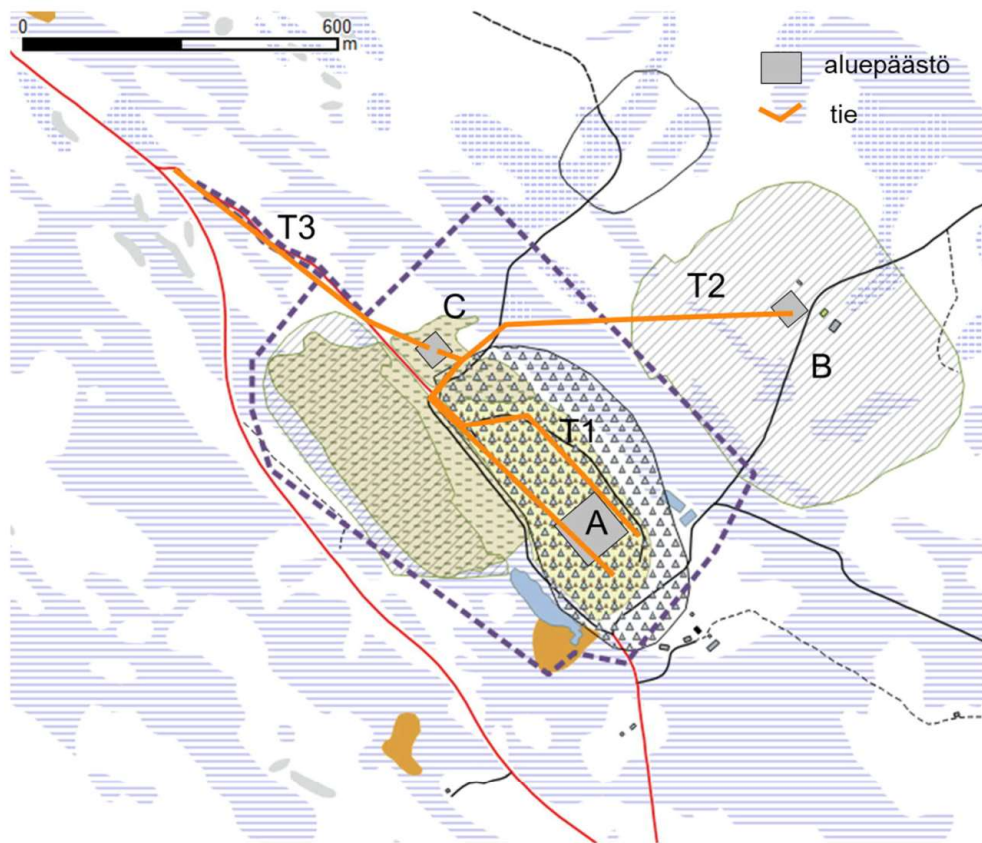
Laskentajakso kullekin laskentavuodelle oli 28.1.–23.12. Laskennan tuloksista on esitetty kolmen vuoden keskiarvona laskettu prosenttiosuus päivistä, jolloin päivän keskimääräinen PM₁₀ pitoisuus ylittää 50 µg/m³, sekä prosenttiosuus päivistä, jolloin päivän keskimääräinen TSP pitoisuus ylittää 120 µg/m³. PM₁₀ ylityspäivien osuudet on esitetty kuvassa 10 ja TSP pitoisuuksien ylityspäivien osuudet kuvassa 11. Keskimääräiset PM₁₀ vuorokausipitoisuudet on esitetty kuvassa 12 ja vastaavat TSP pitoisuudet kuvassa 13.

Taulukko 5: Tilanne VE1, suurimmat kuormitukset

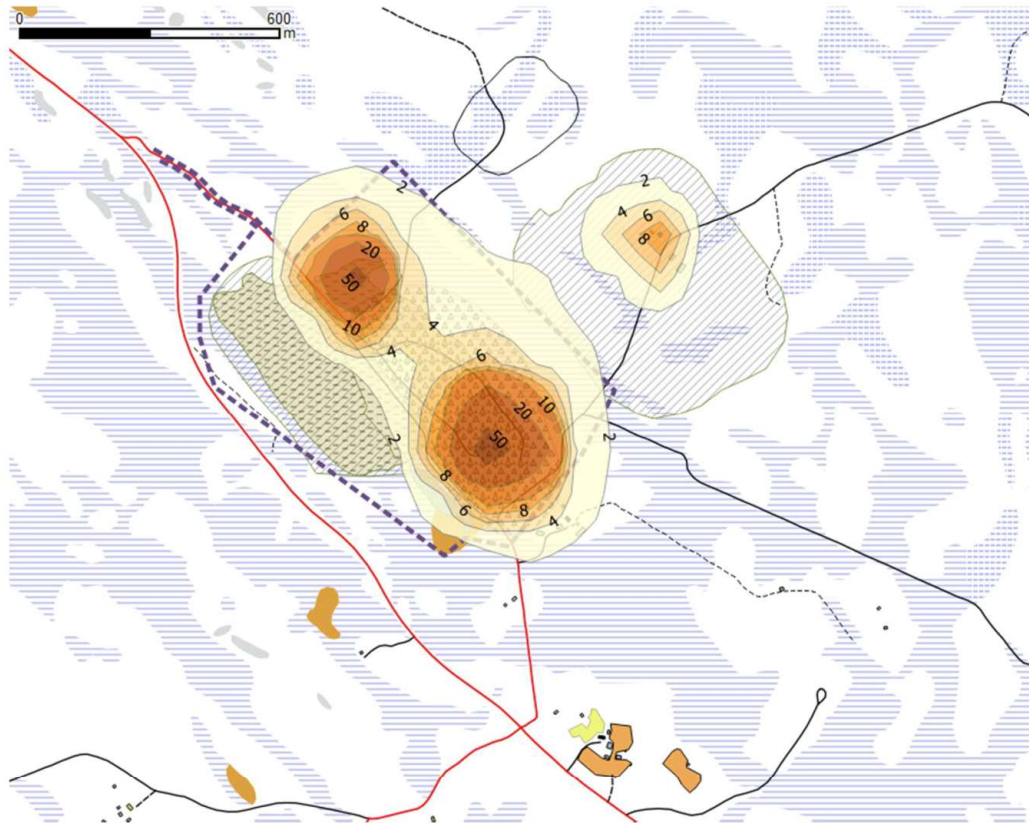
Alue		Teho	PM ₁₀ , kg/h	TSP kg/h
Alue A	Poraus		4,17 kg/h	8,0 kg/h
	Räjäytys	1 x 1h	33 kg/h	63 kg/h
	Kuormaus	700 tn/h	7,7 kg/h	17,5 kg/h
Alue B	Sivukiven kippaus	350 tn/h	3,9 kg/h	8,8 kg/h
Alue C	Malmin kippaus	350 tn/h	3,9 kg/h	8,8 kg/h
	Malmin lastaus rekkoihin	350 tn/h	3,9 kg/h	8,8 kg/h
Tiet				
T1	Malmi välivarastoon	6,3 km/h	590 g/km	4160 g/km
T2	Sivukivi kasaan	14,8 km/h	590 g/km	4160 g/km
T3	Malmi tehtaalle	6,5 km/h	590 g/km	4160 g/km

Vaihtoehdon VE1 raja- ja ohjearvojen päivän keskipitoisuuden ylityksiä tapahtuu avolouhoksessa ja malmin välivarastoalueen ympäristössä. Osa ylitysalueesta ulottuu hieman nykyisen kaivospiirin ulkopuolelle sekä avolouhoksen eteläreunalla, että malmin välivarastoalueen pohjoispuolella. Ylitysalue on suurempi TSP-pitoisuuksille (ohjearvo) kuin PM₁₀-pitoisuuksille (raja-arvo). Louhintajakso käsittää lähes koko vuoden, joten lasketut ylityspäiviä voi verrata suoraan raja- ja ohjearvoihin.

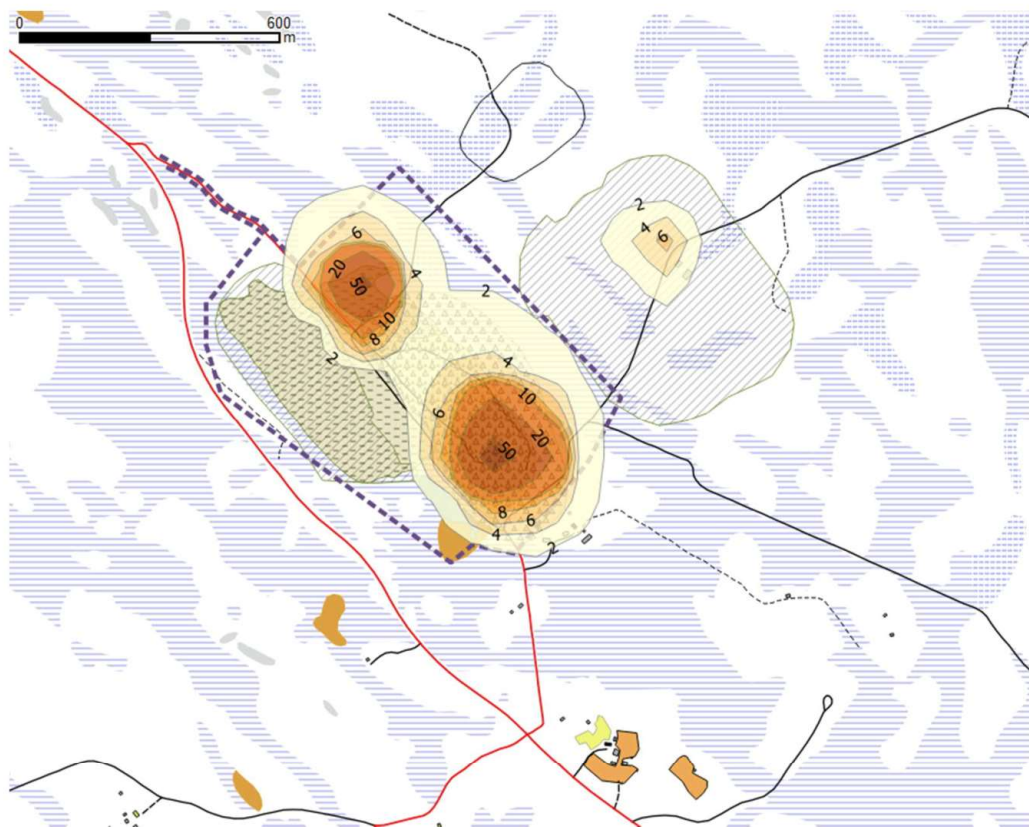
Pölypitoisuuden vuosikeskiarvojen ylitykset rajoittuvat nykyisen kaivospiirin sisäpuolelle.



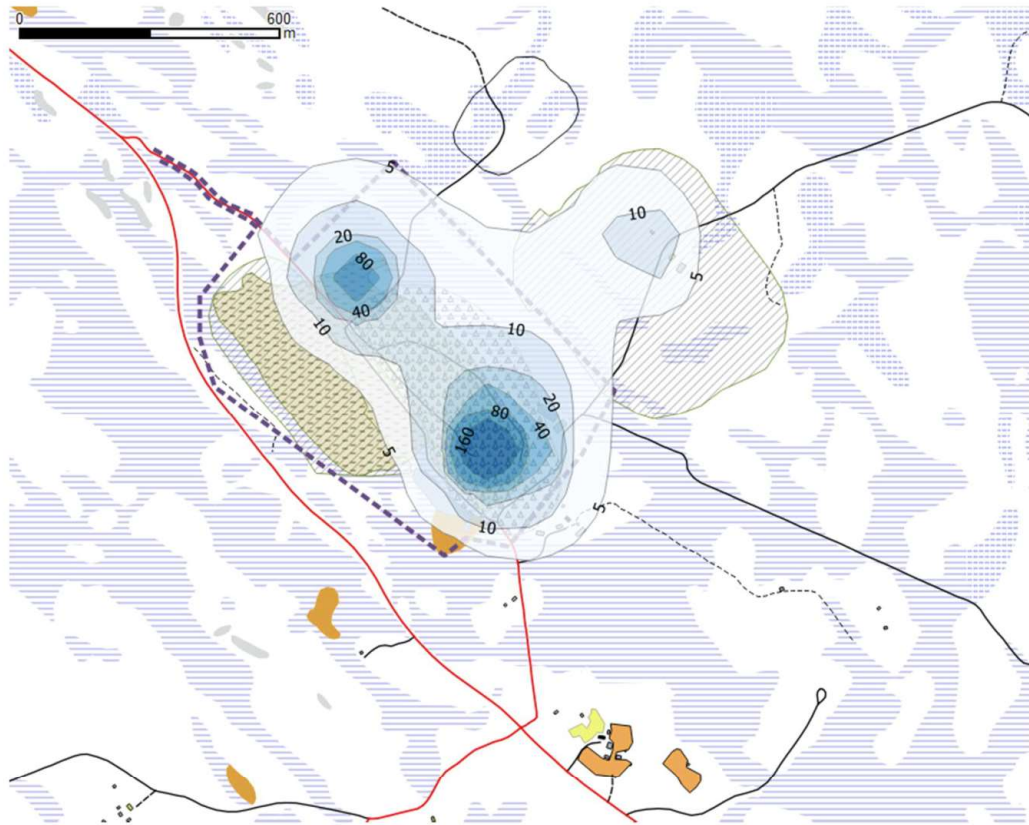
Kuva 9. Kaivosalueen pölykuormituslähteet vaihtoehdolla VE1 taulukon 4 mukaisesti



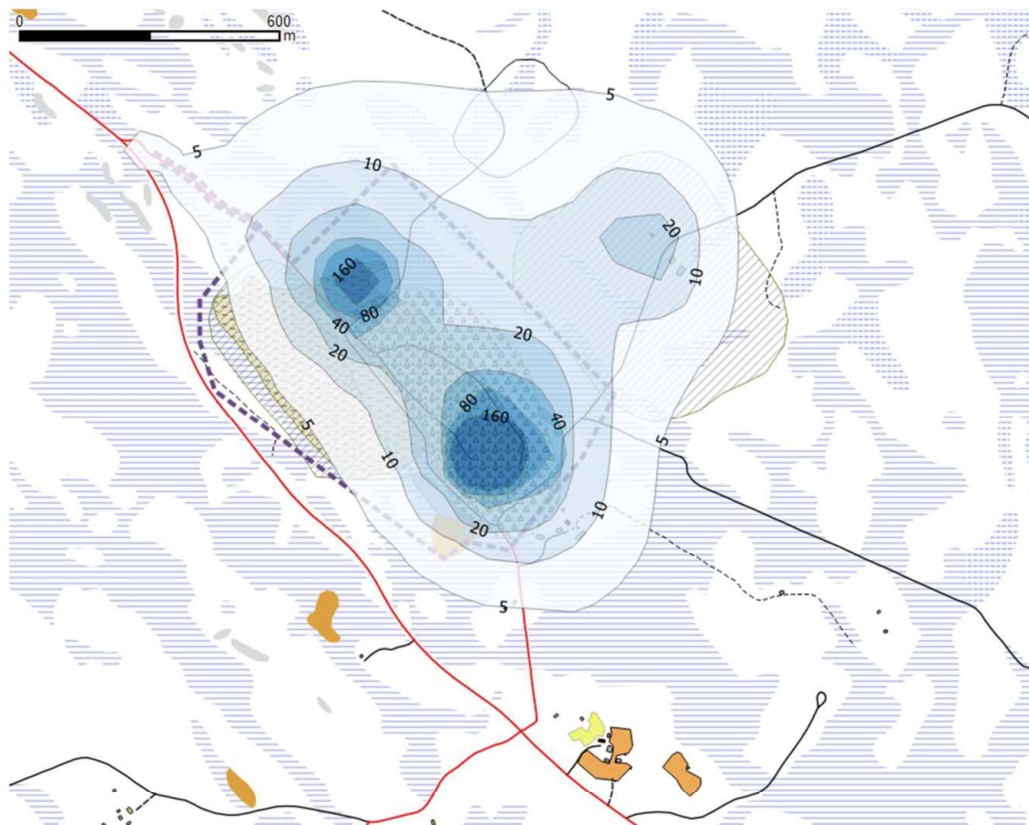
Kuva 10: VE1, laskentajakson aikana PM₁₀ vuorokauden keskipitoisuuden 50 µg/m³ ylittävien päivien osuus prosentteina laskentapäivien määrästä. Raja-arvo 35 d/a, (=10%, jos työt käynnissä koko vuoden).



Kuva 11: VE1, laskentajakson aikana TSP vuorokauden keskipitoisuuden 120 µg/m³ ylittävien päivien osuus prosentteina laskentapäivien määrästä (ohjearvo ~ 2 %).



Kuva 12: VE1, PM₁₀ keskipitoisuus laskentajakson ajalta kun louhinta on käynnissä jatkuvasti. Vuosikeskiarvon raja-arvo on 40 µg/m³.



Kuva 13: VE1, TSP keskipitoisuus laskentajakson ajalta kun louhinta on käynnissä jatkuvasti. Vuosikeskiarvon ohjearvo < 50 µg/m³.

5 LAAJENNUSVAIHTOEHTO VE2

Kaivosalueen vaihtoehdon VE2 pölykuormituslähteet on esitetty kuvassa 14 ja taulukossa 6. Vaihtoehdolla VE2 louhintaa tehdään osan vuodesta yhdessä vuorossa ja osa kahdessa vuorossa, laskennassa koko jakso on tehty kuitenkin kahdessa vuorossa. Louhinta on kalustoltaan vastaavaa kuin vaihtoehdossa VE0, mutta louhinta tehdään Viinakorven louhoksessa ja sivukivet ajetaan itäiseen sivukivikasaan. Laskentajakso kullekin laskentavuodelle oli 1.1.–31.12.

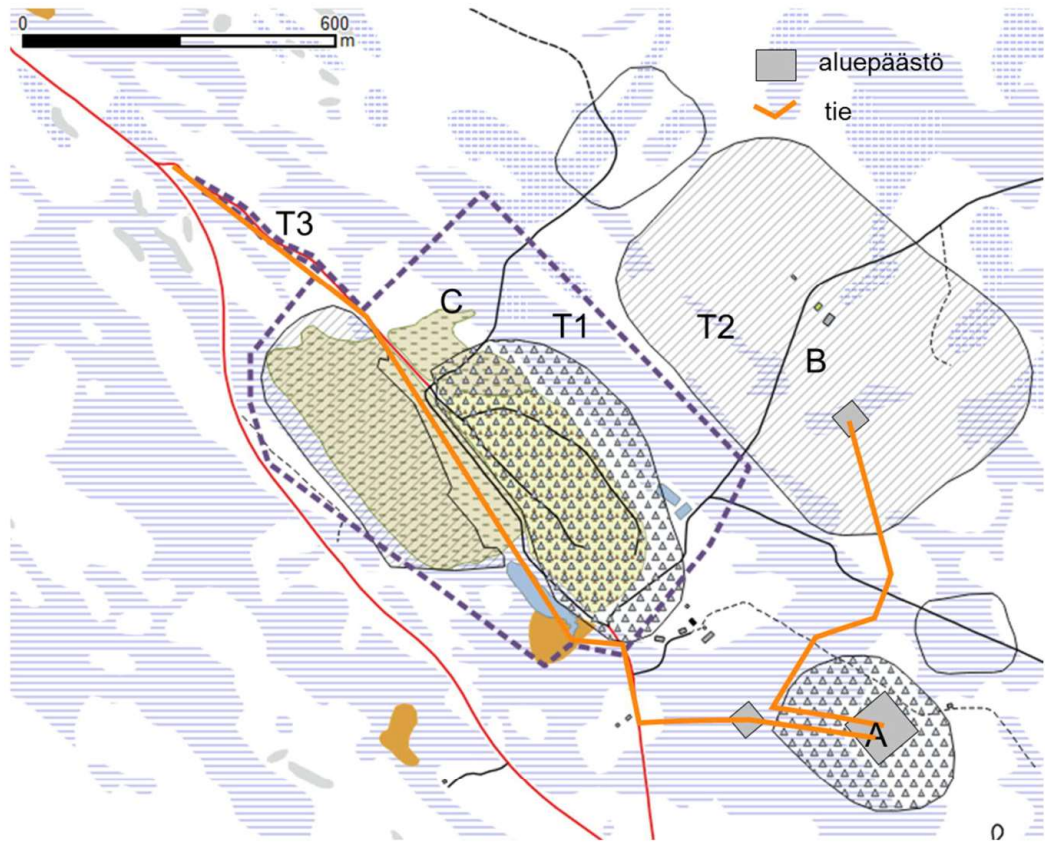
Laskennan tuloksista on esitetty kolmen vuoden keskiarvona laskettu prosenttiosuus päivistä, jolloin päivän keskimääräinen PM₁₀ pitoisuus ylittää 50 µg/m³, sekä prosenttiosuus päivistä, jolloin päivän keskimääräinen TSP pitoisuus ylittää 120 µg/m³. Tulokset on piirretty karttakuvana, eli kartalla näkyy pisteittäin ylityspäivien osuus lasketuista päivistä. PM₁₀ ylityspäivien osuudet on esitetty kuvassa 15 ja TSP pitoisuuksien ylityspäivät kuvassa 16. Keskimääräiset PM₁₀ vuorokausipitoisuudet on esitetty kuvassa 17 ja vastaavat TSP pitoisuudet kuvassa 18.

Taulukko 6: Tilanne VE2, suurimmat kuormitukset

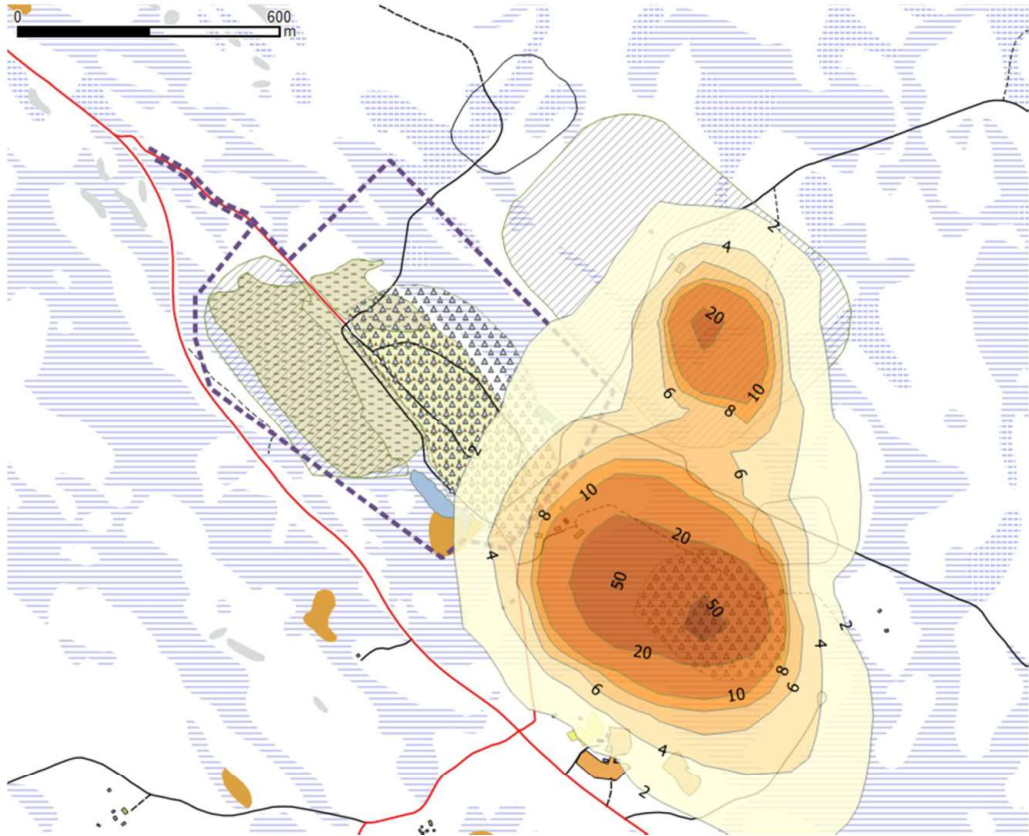
Alue		Teho	PM ₁₀ , kg/h	TSP kg/h
Alue A	Poraus		4,17 kg/h	8,0 kg/h
	Räjäytys	1 x 1h	33 kg/h	63 kg/h
	Kuormaus	700 tn/h	7,7 kg/h	17,5 kg/h
Alue B	Sivukiven kippaus	350 tn/h	3,9 kg/h	8,8 kg/h
Alue C	Malmin kippaus	350 tn/h	3,9 kg/h	8,8 kg/h
	Malmin lastaus rekkoihin	350 tn/h	3,9 kg/h	8,8 kg/h
Tiet				
T1	Malmi välivarastoon	12,8 km/h	590 g/km	4160 g/km
T2	Sivukivi kasaan	15,8 km/h	590 g/km	4160 g/km
T3	Malmi tehtaalle	6,5 km/h	590 g/km	4160 g/km

Vaihtoehdon VE2 raja- ja ohjearvojen päivän keskipitoisuuden ylityksiä tapahtuu avolouhoksessa ja malmin välivarastoalueen ympäristössä. Myös tällä vaihtoehdolla alue, jolla TSP-pitoisuuksien ohjearvo ylittyy, on suurempi kuin alue, jolla PM₁₀-pitoisuuksien raja-arvo ylittyy. Louhintajakso on koko vuosi, joten laskettuja ylityspäiviä voi verrata suoraan raja- ja ohjearvoihin. Laskenta on kuitenkin suoritettu siten, että koko jakso on laskettu kahdella työvuorolla tehtäväksi, joten tulos on yläarvio.

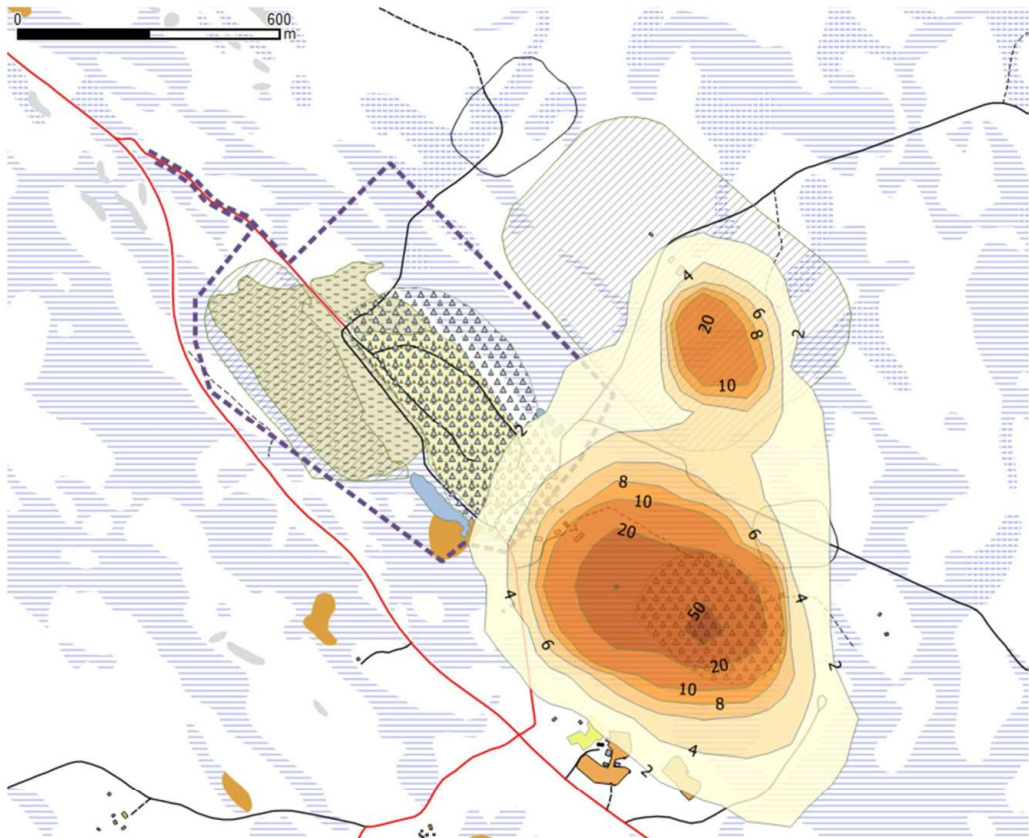
Pölypitoisuuden vuosikeskiarvojen ylitykset sijoittuvat avolouhokseen ja malmin välivarastoalueelle. Sivukivikasan ja kuljetusreittien alueella vuosikeskiarvon ylityksiä ei laskennan mukaan tapahdu.



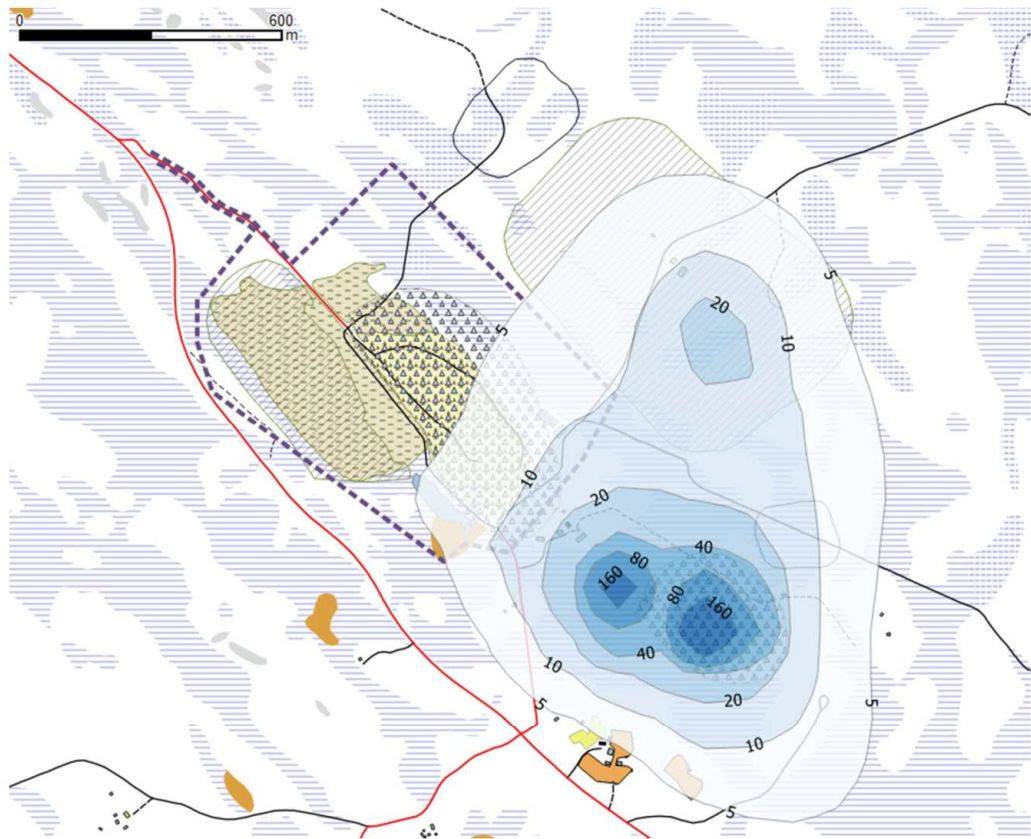
Kuva 14. Kaivosalueen pölykuormituslähteet vaihtoehdolla VE2 taulukon 5 mukaisesti



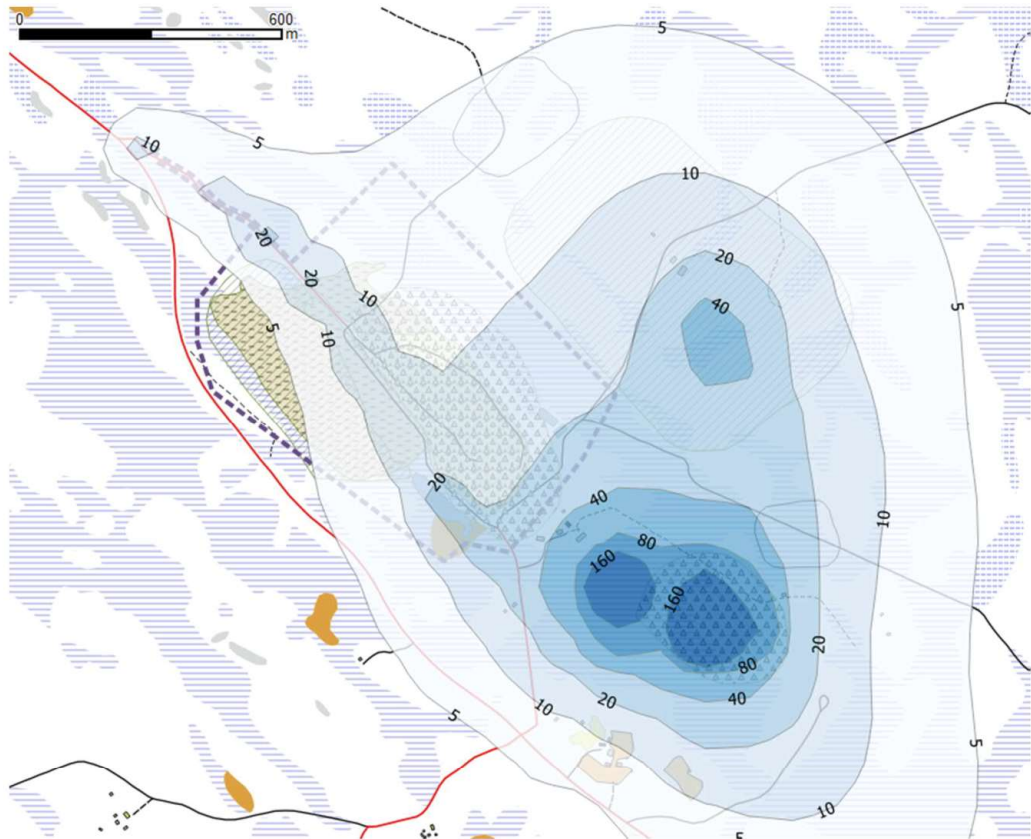
Kuva 15: VE2, laskentajakson aikana PM₁₀ vuorokauden keskipitoisuuden 50 µg/m³ ylittävien päivien osuus prosentteina laskentapäivien määrästä. Raja-arvo 35 d/a, (=10%, jos työt käynnissä koko vuoden).



Kuva 16: VE2, laskentajakson aikana TSP vuorokauden keskipitoisuuden 120 µg/m³ ylittävien päivien osuus prosentteina laskentapäivien määrästä (ohjearvo 2 %).



Kuva 17: VE2, PM₁₀ keskipitoisuus laskentajakson ajalta kun louhinta on käynnissä jatkuvasti. Vuosikeskiarvon raja-arvo on 40 µg/m³.



Kuva 18: VE2, TSP keskipitoisuus laskentajakson ajalta kun louhinta on käynnissä jatkuvasti. Vuosikeskiarvon ohjearvo < 50 µg/m³.

6 MURSKAUKSEN PÖLYPÄÄSTÖT

Kaivosalueella tehdään satunnaisesti murskausta, jossa sivukiveä murskataan kaivosalueen rakennustarpeiksi (esim. teiden pohjaksi). Murskausmäärä vaihtelee, mutta on noin luokkaa 15 000 m³/a. Murskauksen on tässä oletettu olevan pääosin karkeamurskausta, jossa materiaali murskataan alle 100 mm raekokoon. Mikäli murskausteho on luokkaa 100 tn/h, saadaan aineksen tiheydellä 2,5 tn/m³ laskettuna murskausmääräksi on 480 m³/d kun tehdään 12 h vuoroa. Tällöin 15 000 m³ murskaukseen kuluu noin 31 pv. Pölypäästöt on esitetty taulukossa 7. Murskauskoneen sijaintipaikka voi vaihdella.

Taulukko 7: Murskaus, kuormitus 100 th/h teholla

Alue		Teho	PM10, kg/h	TSP kg/h
M1	150000 m ³ /a	40 m ³ /h	2 kg/h	20 kg/h

Murskauksen pölykuormitusta on voi verrata malmin välivarastoalueen kuormitukseen. Murskauksen pölypäästö jää PM10 kuormituksen osalta käytetyillä tehoarvoilla noin neljäsosaa malmin kippauksen ja lastauksen yhteensä tuottamasta pölykuormituksesta (2 kg/h vs. 7,8 kg/h). TSP kuormituksen osalta murskaimen pölykuormitus on käytetyillä luvuilla hieman kippauksen ja lastauksen yhteistä pölykuormitusta suurempi (20 kg/h vs. 17,6 kg/h).

Murskauksen pölypäästöjä ei tässä arvioitu em. arviota yksityiskohtaisemmin tarkempien sijainti- ja kuormitustietojen puuttuessa. Murskaimen pölykuormituksen määrää voi vähentää murskausalueen ympäröivällä tuulensuojamuurilla, murskattavan materiaalin kastelulla tai murskaimen koteloinnilla.

7 YHTEENVETO

7.1 Mallin lähtötiedot

Uutelan kaivosalueelle laadittiin pölyn kuormitus- ja leviämismalli, jonka avulla arvioitiin kaivoksen pölypäästöjä ja niiden leviämistä kaivosalueella ja sen lähistöllä. Pölyn leviäminen laskettiin vuosien 2014–2016 säätiedoilla. Laskennassa ei ole huomioitu vesisateen ja lumipeitteen aiheuttamaa pölykuormituksen vähenemistä, eikä sivukiven murskausta rakennusmateriaaliksi.

7.2 Tulokset

Nykytilanteessa (VE0) haitallisen tason pölypitoisuudet rajoittuvat kaivospiirin sisäpuolelle. Hengittävien PM₁₀-hiukkasten osalta pölypitoisuuden raja-arvot eivät ylity kaivospiirin ulkopuolella. Myöskään TSP-pitoisuuksien ohjearvot eivät ylity kaivospiirin ulkopuolella.

Laajennuksen VE1 pölypitoisuudet nousevat hieman nykytilanteeseen verrattuna pidemmästä louhintajaksosta johtuen. Korkeimmat pitoisuudet löytyvät avolouhoksesta ja malmin välivarastoalueen ympäristöstä.

Laajennusvaihtoehdolla VE2 pölypitoisuudet nousevat selvästi vaihtoehtoa VE1 enemmän, johtuen siitä, että louhintaa tehdään jatkuvasti, ja että osan aikaa vuodesta louhintaa tehdään kahdessa vuorossa. Pölypitoisuuksien raja- ja ohjearvot ylittyvät tässä tapauksessa avolouhoksen ja välivaraston lisäksi myös sivukiven kasausalueella. Laskennassa ei tässä otettu huomioon pölykuormituksen vähenemistä kastelun, sadepäivien tai talven seurauksena.

Laskennan mukaan pölypäästöt eivät leviä merkittävässä määrin kaivosalueen toimintojen rajoittaman piirin ulkopuolelle. Todennäköisin leviämissuunta on koillinen.

Suurimmat pölypäästöt aiheutuvat kuormitusarvion mukaan avolouhoksessa porauksesta, räjäytyksistä ja kuormauksesta, sekä malmin välivarastolla malmin lastauksesta. Pölypäästöjä voi vähentää oikein ajoitetuilla käytännön toimilla, kuten ajoteiden kastelulla, töiden ajoituksella vähemmän pölyävään vuodenaikaan (talveen) ja kuljetusreittien järjestelyillä. Teiden kastelun on arvioitu vähentävän pölyämistä jopa yli 75 %, eli kyseessä on tehokas keino kuljetusten pölypäästöjen hallintaan. Talvella pölypäästöt kaivosalueelta vähenevät jopa kolmasosaan lumettomaan aikaan verrattuna (Saari et al., 2017).

LÄHDELUETTELO

Berrisford P, Dee D, Poli P, Brugge R, Fielding K, Fuentes M, Kallberg P, Kobayashi S, Uppala S and Simmons A, 2011, The ERA-Interim archive Version 2.0, ERA report series no 1, November 2011, ECMWF

De Beers, 2012, Determination of Natural Winter Mitigation of Road Dust Emissions from Mining Operations in Northern Canada, submitted to EPA 2006, AP-42, Compilation of Air Emission Factors, Vol I chapter 13.2.2 Unpaved roads. Report prepared by Golder Associates for De Beers Canada Inc.

Kauppila T., Komulainen H., Makkonen S., Tuomisto J., (ed.), 2013, Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen, MINERA-hankkeen loppuraportti, GTK tutkimusraportti no 199.

Luonnonvarakeskus, 2017, Latauspalvelu <http://kartta.luke.fi/opendata/valinta.html>, teema 'Puuston keskipituus 2013', tiedot haettu 05/2017.

Maanmittauslaitos, 2017, Avoimien aineistojen tiedostopalvelu, tiedot haettu 05/2017, lisenssi ja tietojen haku sivulta <http://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/avoimien-aineistojen-tiedostopalvelu>

NOAA, 2018, Integrated Surface Data, <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/noaa>

Saari H., Komppula B., Salmi J., 2017, Ilmanlaatumittaukset Terrafamen Kaivoksen Ympäristössä, Hengitettävien hiukkasten, arseenin ja metallien pitoisuudet jaksolla joulukuu 2015 – elokuu 2015, Ilmatieteen laitos – ilmanlaadun asiantuntijapalvelut, Terrafame Oy.

Suomen Ympäristökeskus, 2017, Corine 2012 - data Lapio-paikkatietojärjestelmästä, <http://www.syke.fi/AVOINTIETO>, haettu 05/2017.

Tammisto S., 2016, Terrafame Oy, hiukkaspitoisuusmittaus 9-10.12.2015. Ramboll Finland Oy

ymparisto.fi, 2018, Ilmanlaatua koskeva sääntely, www-sivu, haettu 1.10.2018, http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Ilmansuojelu/Ilmansuojelun_raja_ja_ohjeartot,