

Vastaanottaja  
Hannukainen Mining Oy

Asiakirjatyyppi  
Raportti

Päivämäärä  
20.12.2017

Viite  
1510020528

# HANNUKAISEN KAIVOSHANKE PÖLYSELVITYS

## HANNUKAISEN KAIVOSHANKE PÖLYSELVITYS

Päivämäärä 20.12.2017  
Laatija Janne Nuutinen / Anne Kiljunen / Mikko Hoppo  
Tarkastaja Nathan Gaasenbeek

Kuvaus Hannukaisen avolouhoksen toimintojen pölypäästöjen leviämislaskelma

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan aineistoa.

[http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata\\_lisenssi\\_versio1\\_20120501](http://www.maanmittauslaitos.fi/avoindata_lisenssi_versio1_20120501)

Viite 1510020528

## SISÄLTÖ

1.	JOHDANTO	1
2.	KOHTEEN JA YMPÄRISTÖN KUVAUS	1
3.	ILMANLAADUN RAJA- ja OHJEARVOT	2
4.	PÖLYMALLINNUS	3
4.1	Leviämismalli ja sääaineisto	3
4.2	Pölyvät toiminnot	4
4.3	Räjätysten pöly	14
4.4	Pölyntorjuntakeinot	15
4.5	Epävarmuustarkastelu	16
5.	TULOKSET JA TULOSTEN TULKINTA	16
5.1	Suojavallin ja kaivoksen rakentamisen ilmanlaatuvaikutukset	16
5.2	Kaivoksen toiminta-ajan ilmanlaatuvaikutukset	23

## LIITTEET

1	Hannukaisen alueen rakentamisen aiheuttamat vuoden korkeimmat vuorokausipitoisuudet (PM <sub>10</sub> ).
2	Hannukaisen kaivostoimintojen aiheuttamat korkeimmat vuorokausipitoisuudet (PM <sub>10</sub> )
3	Mobiilimurskauksen ja siihen liittyvien toimintojen aiheuttamat korkeimmat vuorokausipitoisuudet (PM <sub>10</sub> )
4	Kuljetusreittien aiheuttamat korkeimmat vuorokausipitoisuudet (PM <sub>10</sub> )
5	Sivukivialueen aiheuttamat korkeimmat vuorokausipitoisuudet (PM <sub>10</sub> )
6	Avolouhoksen aiheuttamat korkeimmat vuorokausipitoisuudet (PM <sub>10</sub> )

## 1. JOHDANTO

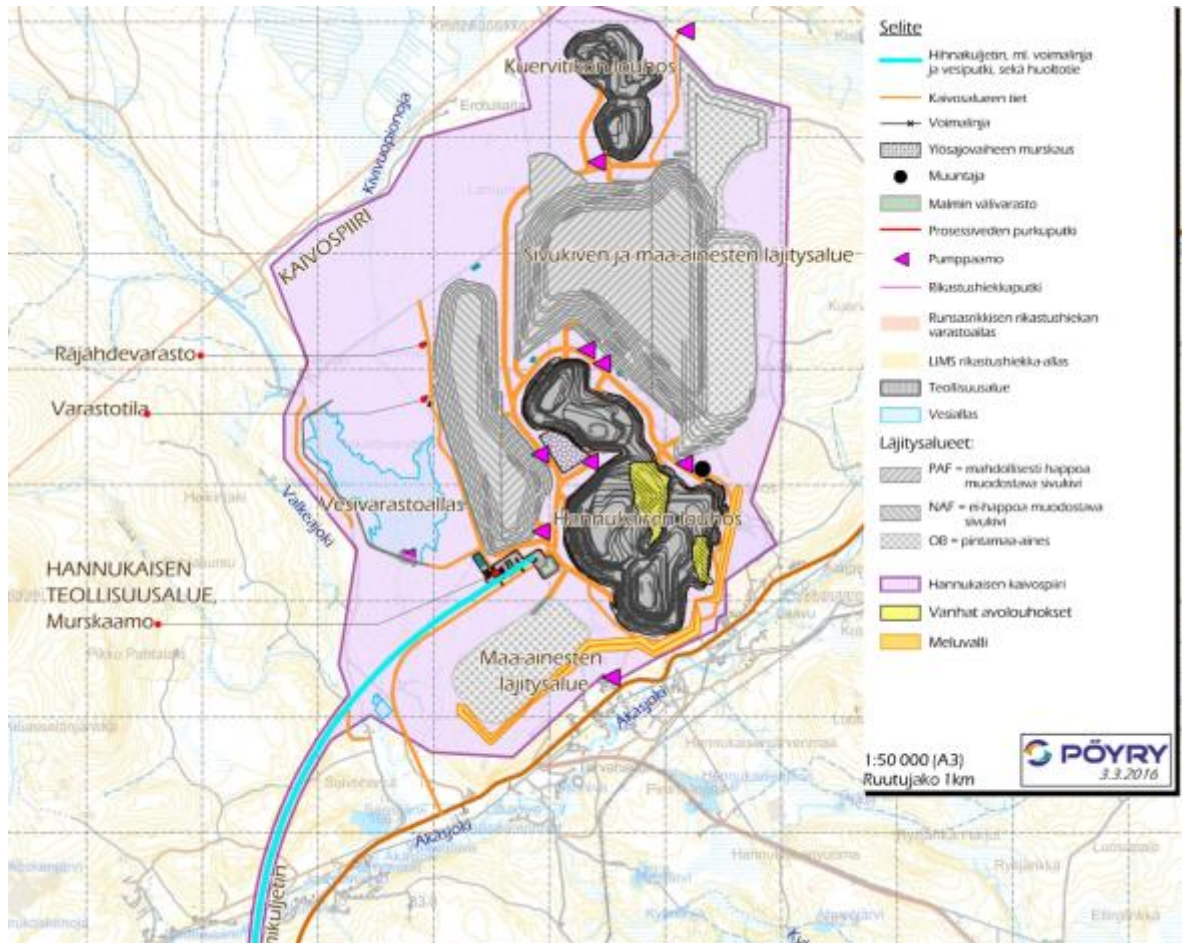
Hannukainen Mining Oy on hakenut ympäristölupaa Kolarissa Hannukaisen kylässä sijaitsevan esiintymän hyödyntämiselle. Ympäristölupahakemuksen ja kaivosalueen osayleiskaavoituksen tukena Ramboll on selvittänyt suunnitellusta kaivostoiminnasta Hannukaisen alueella aiheutuvien pölypäästöjen määrää ja leviämislaskelmien vaikutuksia lähiympäristön ilmanlaatuun mallintamalla. Alkuperäinen pölymallinnus (Hannukaisen kaivoshanke – pölyselvitys, 11.4.2016) on päivitetty ympäristölupahakemuksen ja kaavoitusprosessin aikana mm. suojavallin rakentamisen vaiheistuksen ja päästölähtöjen osalta (Hannukaisen kaivoshanke - pölyselvityksen täydennys 22.9.2017). Tässä raportissa on selvyyden vuoksi yhdistetty mallinuksen eri vaiheet yhteen raporttiin kaavoituksen selostuksen liitteeksi.

Suojavallin rakentamisvaiheen mallinnuksessa on otettu huomioon kolme erilaista tilannetta. Alueen rakentamisvaihetta kuvaavassa mallissa on otettu huomioon tilanne, jossa alueella on useita kaivinkoneita, murskauslaitteisto ja niihin liittyvä kuljetuskalusto, sekä suojavallin rakentamisen eri vaiheet. Pintamaa- ja sivukivialueiden pölypäästöjä kuvaamaan mallinnettiin tilanteeseen, jossa tuotantoa on ollut kaivoksella 10-15 vuotta ja läjitysalueet ovat käytössä. Tuotantovaiheen mallinnus tehtiin tilanteeseen, jolloin toiminta on täysimääräisenä käynnissä ja painottuu toiminta-alueen eteläpuolelle, ja toiminnan vaikutukset lähiasutusalueiden ilmanlaatuun ovat suurimmillaan.

Leviämislaskennoilla tarkasteltiin hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) päästöjen aiheuttamia vuorokausi- ja vuosipitoisuuksia maanpinnan tasolla ja niitä verrattiin ilmanlaadun raja-arvoihin. PM<sub>10</sub>-kokoluokalla tarkoitetaan ilmassa leijuvia hiukkasia, joiden halkaisija on alle 10 mikrometriä. Pölypäästöarviot ja leviämismallinnukset on tehnyt ympäristöasiantuntija ins. (AMK) Janne Nuutinen. Raportin ovat laatineet Janne Nuutinen ja Anne Kiljunen. Mikko Happon vastanut raporttien yhdistämisestä.

## 2. KOHTEEN JA YMPÄRISTÖN KUVAUS

Kaivosalueen lähiympäristössä sijaitsee asuin- ja vapaa-ajan kiinteistöjä, jotka painottuvat tien 940 ja Äkäsjoen varrelle. Lisäksi Äkäsjoen itäpuolella sijaitsee virkistysreittejä. Kaivosalueen lounaispuolella sijaitsee Saivojärven virkistysalue. Rikastushiekka-aluevaihtoehtojen läheisyydessä ei sijaitse häiriintyviä kohteita.



Kuva 1. Hannukaisen ja Kuervitikon avolouhokset on merkitty karttapohjalle tumman harmaalla. Lähimmät pölylle alttiit kiinteistöt sijaitsevat Hannukaisen avolouhosalueen eteläpuolella.

### 3. ILMANLAADUN RAJA- JA OHJEARVOT

Ympäristön sietokyvyn ja ilmanlaatuvaikutusten arvioinnissa on hyödynnetty ilmanlaadulle annettuja raja- ja ohjearvoja vertaamalla leviämislaskelmien tuloksia niihin. Ne on laadittu ilman pilaantumisen aiheuttamien terveydellisten haittojen ehkäisemiseksi sekä kasvillisuuden ja ekosysteemin suojelemiseksi. Ilmanlaadulle olevat säädökset ovat vuonna 1996 annetut ohjearvot terveyden suojelemiseksi (480/1996) vuonna 2017 voimaan tullut ilmanlaatuasetus (79/2017) (taulukko 1).

Ilmanlaadun *ohjearvot* on otettava huomioon suunnittelussa ja niitä sovelletaan mm. alueiden käytön, kaavoituksen, rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa ja ympäristölupaharkinnassa. Ohjearvojen soveltamisen avulla pyritään ehkäisemään ilman epäpuhtauksien aiheuttamia terveysvaikutuksia. Ohjearvot ovat raja-arvoja tiukemmat ja pitoisuuksien ollessa niiden alapuolella myös raja-arvot alittuvat.

Taulukko 1: Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) raja- ja ohjearvot vuorokausi- ja vuositasolle (µg/m<sup>3</sup>). Pitoisuudet ilmoitetaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa. RA = raja-arvo, OA = ohjearvo.

Laskenta-aika	Hengitettävät hiukkaset (PM <sub>10</sub> )
vuorokausi (RA)	50 µg/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>
vuorokausi (OA)	70 µg/m <sup>3</sup> <sup>(2)</sup>
vuosi (RA)	40 µg/m <sup>3</sup>

1) vuoden 36. korkein vrk-pitoisuus, 2) kuukauden toiseksi korkein pitoisuus

Ilmanlaatuasetus sallii vuorokausipitoisuuden ylityksiä kalenterivuoden aikana 35 kpl, joten raja-arvo-pitoisuuden katsotaan ylittyneen, mikäli vuoden 36. korkein vuorokausipitoisuus on suurempi kuin 50 µg/m<sup>3</sup>.

## 4. PÖLYMALLINNUS

### 4.1 Leviämismalli ja sääaineisto

Louhinta- ja murskaustoimintojen sekä kuljetusten pölypäästöjen vaikutusta ilmanlaatuun arvioitiin EPA:n leviämismallikokoelmaan ISC-AERMOD kuuluvalla Industrial Source Complex Short Term (ISCST3) leviämismallilla. Malli on yleisesti käytössä USA:ssa, Euroopassa ja Aasiassa epäpuhtauksien leviämislaskennassa. Leviämismallin perustana on gaussilainen leviämisyhtälö, joka olettaa päästön laimenevan Gaussin jakauman mukaisesti pysty- ja vaakasuunnassa. Vaaka- ja pystysuunnan standardipoikkeamat kasvavat, kun etäisyys lähteestä kasvaa. Pinta-lähteiden hajapölypäästöjen leviämisen arvioinnissa hiukkaspitoisuudet lasketaan numeerisella integraatiolla alueen yli tuulen suuntaan ja 90 asteen kulmassa tuulta vastaan. Päästökorkeutena käytettiin tie- ja murskausalueilla 0,5 metriä. Laskentatulokset eivät ole vertailukelpoisia itse pintalähteen alueella.

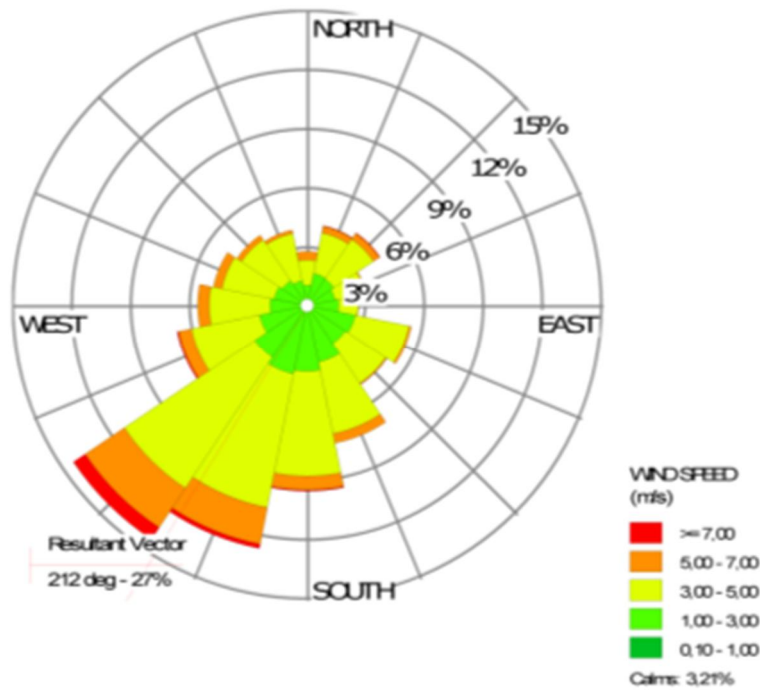
Laskentamalli käyttää epäpuhtauspitoisuuksien leviämisen ja laimenemisen laskennassa meteorologisen tilanteen tuntikeskiarvoja (ulkoilman lämpötila, tuulen nopeus, tuulen suunta, pilvisuus, pilvien korkeus). Laskenta etenee tunnin aika-askeleella, kunnes koko vuoden pituinen säätietojen aikasarja on käyty läpi.

Leviämismallissa käytettiin n. 900 tarkastelupistettä, joista arvioitiin pölypäästöjen leviämistä toiminta-alueen ympäristöön alueelle, jonka koko oli noin 24 x 24 km. Maastomallit laadittiin maanmittauslaitoksen maastotietokannan korkeusaineistosta, jossa korkeuskäyrät on esitetty 2,5 metrin välein.

Leviämislaskelmissa ei ole huomioitu puustoa. Malli huomioi päästöalueen ympäröivän maaston karkealla tasolla (kaupunki/maaseutu) dispersiokertoimella. Puusto tehostaa kuitenkin ilmavirtojen sekoittumista ja laimentaa näin kaikkien epäpuhtauksien pitoisuuksia ilmassa. Kasvillisuus, erityisesti puusto, vaikuttaa ilmanlaatuun suoraan pidättämällä ja emittoimalla hiukkasia ja kaasuja sekä epäsuoraan muuttamalla meteorologisia olosuhteita.

Leviämislaskennoissa käytettiin alueen ilmastollisia olosuhteita edustavaa MM5-aineistoa vuodelta 2013. Sääaineisto on muodostettu tarkastelualueelle meteorologisella prosessorilla, joka käyttää hyväksi pitkän aikavälin säätilastoja ja lähimpien sääasemien havaintoaineistoja.

Kuvassa 2 on tuulien suunta- ja nopeusjakaumat. Tuulen suunnat on jaettu 24 sektoriin. Sektorien palkkien pituudella kuvataan ajallista osuutta, jona aikana tuulen suunta on ollut kyseisestä sektorista. Palkin värien osuudet kuvaavat nopeusluokkia. Vallitseva tuulen suunta lounaasta.



Kuva 2: Sääaineiston tuulen suuntajakauma. Vallitsevat tuulen suunnat ovat lounaasta.

#### 4.2 Pölyävät toiminnot

Toiminta-alueella pölypäästöjä aiheutuu mm. louheen rikotuksesta ja murskauksesta, lastauksista ja purkamisista sekä kuljetuksista. Lisäksi toiminta-, varasto- ja tiealueilta voi joissakin olosuhteissa aiheutua pölypäästöjä esim. pyörteisen ja puuskittaisen tuulen nostaessa pölyä ilmaan. Merkittävimmät pölypäästöt aiheutuvat murskaustoiminnasta, koska siihen liittyy monia pölyviä vaiheita ja se on jatkuvaa koko työpäivän ajan. Liikennemäärä vaihtelevat toimintojen määrän ja aktiivisuuden mukaan, ja sen aiheuttamat hajapölypäästöt päästöt voivat olla merkittäviä ruuhkaisimpina vuorokausina.

Louheen ja murskeen kuljetuksista ja muusta toiminnasta aiheutuvien pölypäästöjen määrä ja niiden leviäminen riippuvat merkittävästi sääolosuhteista. Normaalityönnän pölypäästöt ja vaikutukset ilmanlaatuun ovat todennäköisesti suurimmillaan loppukevään ja alkukesän poutajaksojen aikana, jolloin kasvillisuuden aiheuttama depositio (hiukkasten poistuminen ilmakehästä tarttumalla johonkin pintaan) on pienimmillään.

Kuljetusten pölypäästöjen määrä riippuu sääolosuhteiden lisäksi lastausten ja käsittelyn määrästä sekä siirtomatkojen pituudesta. Tiealueet toimivat pintalähteinä renkaiden ja tuulen nostaessa ilmaan pölyä. Kivipölypäästöjen lisäksi kuljetukset aiheuttavat vähäisiä määriä pakokaasupäästöjä ja ne on huomioitu kuljetusten päästökertoimissa. Myös murskeen varastokasat ja niiden läjitys huomioitiin tarkastelussa pintalähteinä. Murskausalueella olevat tiealueet oletettiin päästökertoimien laskennassa päällystämättömiksi.

Louhinta koostuu seuraavista työvaiheista: poraus, räjäytys ja rikotus. Näistä työvaiheista huomioitiin mallinuksissa poraus. Rikotuksen pölypäästöt ovat vähäisiä ja räjäytyspäivinä toiminnot ovat osittain pysähdyksissä.

Louheen ja murskeen siirtämisessä ja maansiirtoautojen lastauksessa käytetään kaivinkoneita ja kauhakuormaajia. Louhetta kuljetetaan joko mobiilimurskalle tai karkeamurskalle. Mobiilimurskaimen suunniteltu sijoituspaikka on keskellä toiminta-alueita, suhteellisen kaukana lähi-asutuksesta. Mobiilimurskain koostuu 1–3 murskaimesta, kuljettimista ja seuloista. Syntyvien pölyhiukkasten kokonais- ja pienhiukkasten määrä kasvaa esimurskauksesta jälkimurskaukseen. Karkeamurskaimeen louhe kipataan maanpintatasossa olevan ritilän tai aukon kautta, ja murskattu louhe putoaa koteloidulle kuljettimelle, jolla aines kuljetetaan rikastamoon. Karkeamurskan pölypäästöt ja vaikutukset lähialueen ilmanlaatuun ovat selvästi mobiilimurskausta pienemmät.

Mobiilimurskausta on suunniteltu tehtäväksi vain kaivoksen rakentamisvaiheessa ja tuotantovaiheen alussa. Koteloidun hihnakuljettimen pölypäästöt ja ilmanlaatuvaikutukset ovat

normaalinkaltaisessa tilanteessa suhteellisen vähäisiä, joten hinnakuljettimen pölypäästöjä ei huomioitu mallinuksissa.

Mobiilimurskauksen pölypäästöjen hallintaan käytetään tarvittaessa kastelua ja koteloituja hihnakuljettimia. Kirjallisuuden perusteella kostean välimurskauksen pölypäästö on noin 5 % kuivan kiviaineksen murskauksesta. Murskeen käsittelyssä on useita pölyviä työvaiheita, joten kastelun vaikutus toiminnan kokonaispölypäästöön on melko vähäinen. Valmis murske siirretään välivarastoitavaksi murskaimen läheisyyteen, josta se kuljetetaan edelleen käyttökohteisiin.

Kuljetusreitit (tiealueet) on käsitelty mallinuksessa viivalähteinä. Murskeen käsittely-, pinta- maa-, sivukivi ja avolouhosalueet sekä murskaamot on laskettu aluelähteinä. Päästökorkeutena käytettiin tiealueilla 0,5 metriä ja mobiilimurskaimen päästökorkeutena 2 metriä.

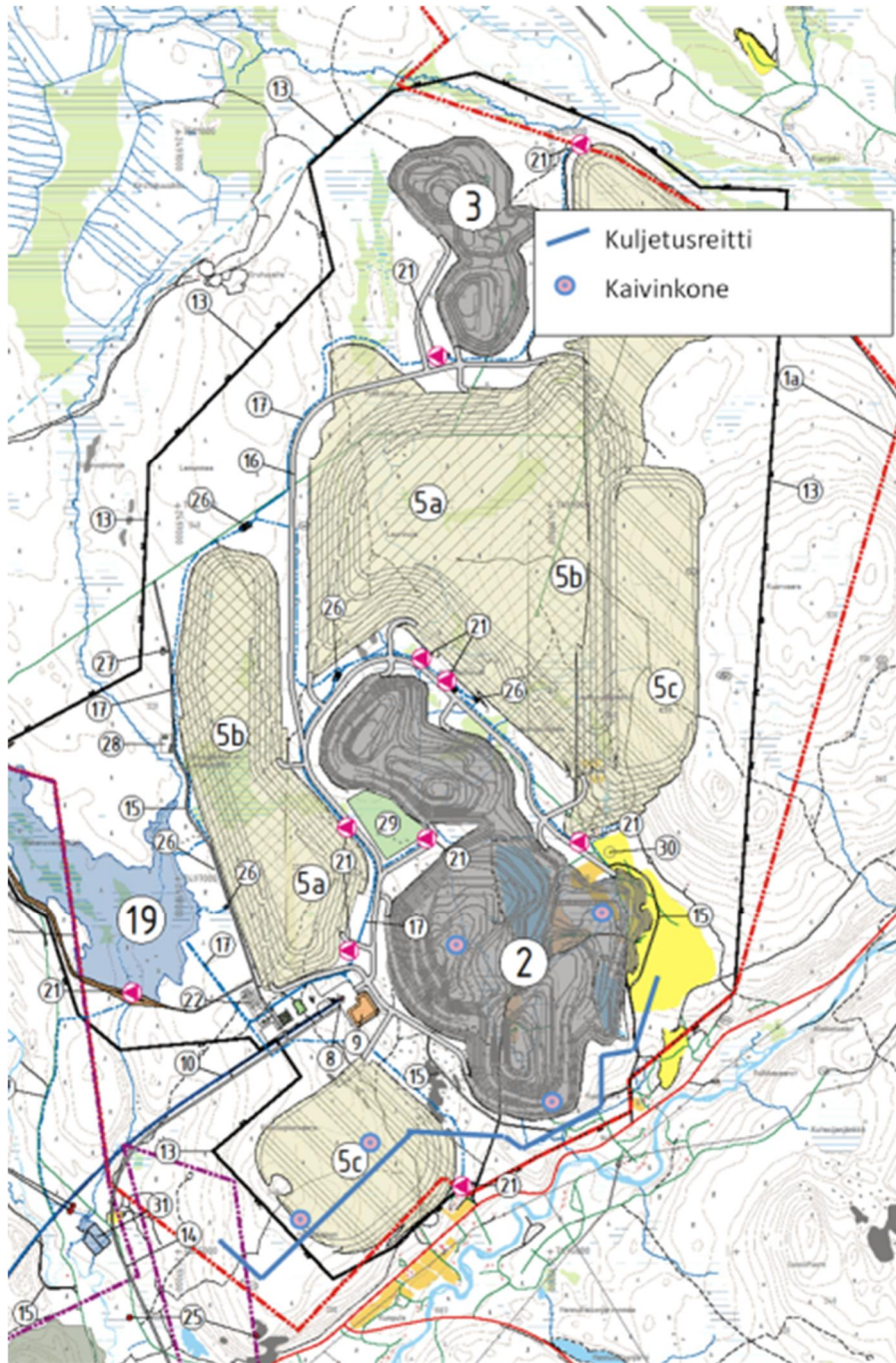
Kuljetusten pölypäästöjen määrittämisessä on huomioitu mm. tienpinnan laatu ja leveys, ajoneuvojen keskimääräinen paino, ajotiheys ja hiukkaskokovakiot. Murskauslaitoksen, murska- ja louhealueiden sekä kuljetusten hiukkaskoko-kohtaiset vakiot ja päästöjen laskentakaavat ovat MINERA-hankkeen loppuraportista (tutkimusraportti 1999/2013), ja ne pohjautuvat Yhdysvaltain ympäristöviraston (EPA) tutkimuksiin ja julkaisuihin.

Pinta- ja sivukivialueiden pölypäästöjen mallinuksessa päästöt muodostuvat pääosin kiviautojen liikenteestä ja kippauksista. Kuivina aikoina myös puuskittainen tuuli nostaa pölyä ilmaan. Sateisena ja lumipeitteen aikana päästöjä ei muodostu. Mallinnus tehtiin tilanteeseen, jolloin tuotantoa on ollut 10-15 vuotta ja läjitysalueet ovat käytössä.

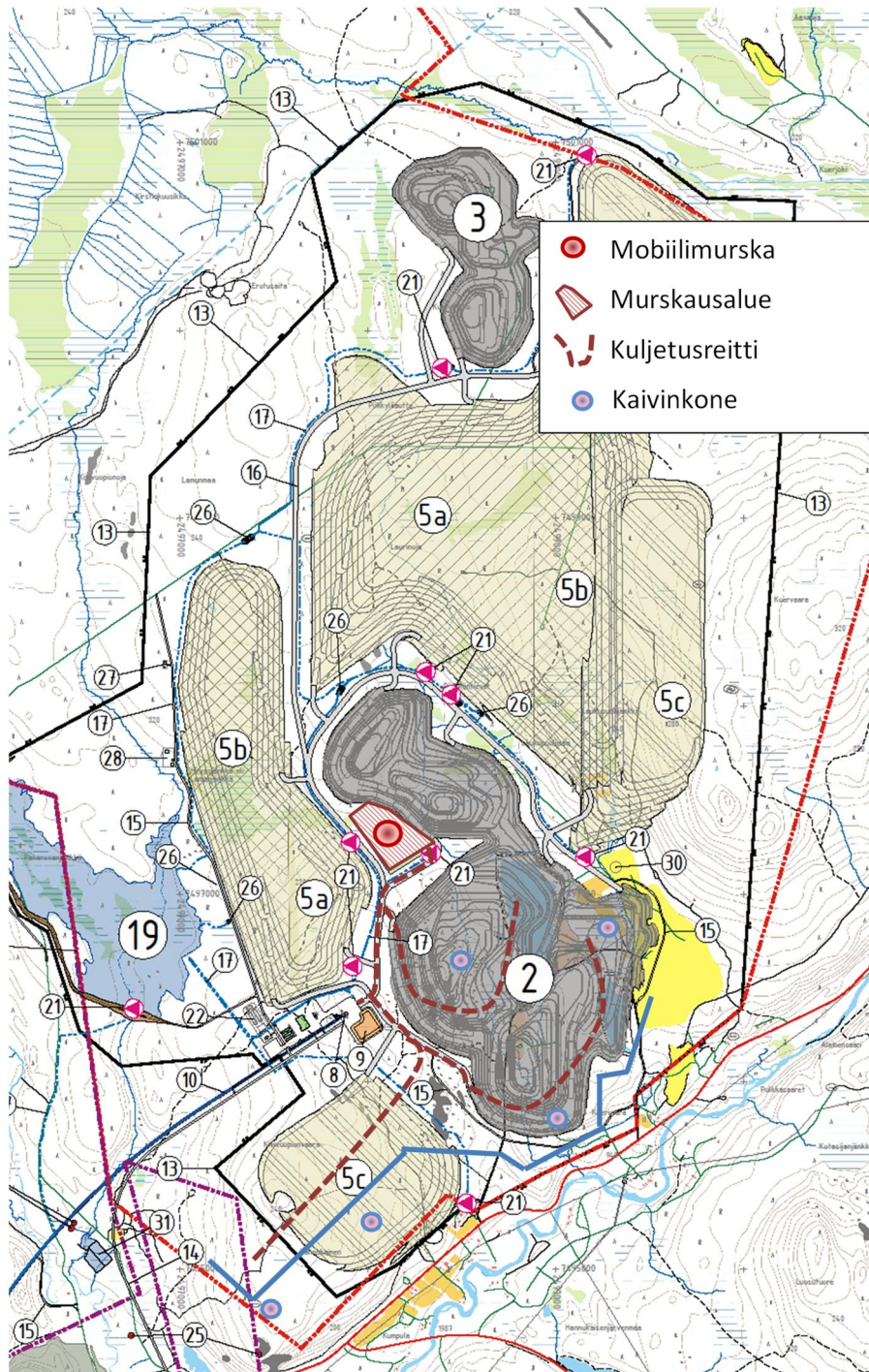
Kaivoksen suojavallin rakentamisvaiheen pölymallinnus on tehty kolmessa eri tilanteessa: 1) suojavallin rakentamisen aloitushetkellä itäpäästä, 2) rakentamisen saavutettua puolivälin ja 3) vallin valmistuessa rakentamisen loppuessa.

Pölymallinuksissa huomioidut pölylähteet on merkitty kuvien 3-9 karttapohjille. Toimintakohtaiset pölypäästökertoimet on esitetty taulukossa 2. Leviämislaskennat on tehty vuorokausille, jolloin toiminnat ovat käynnissä koko toimintapäivän ajan (klo 7-22).

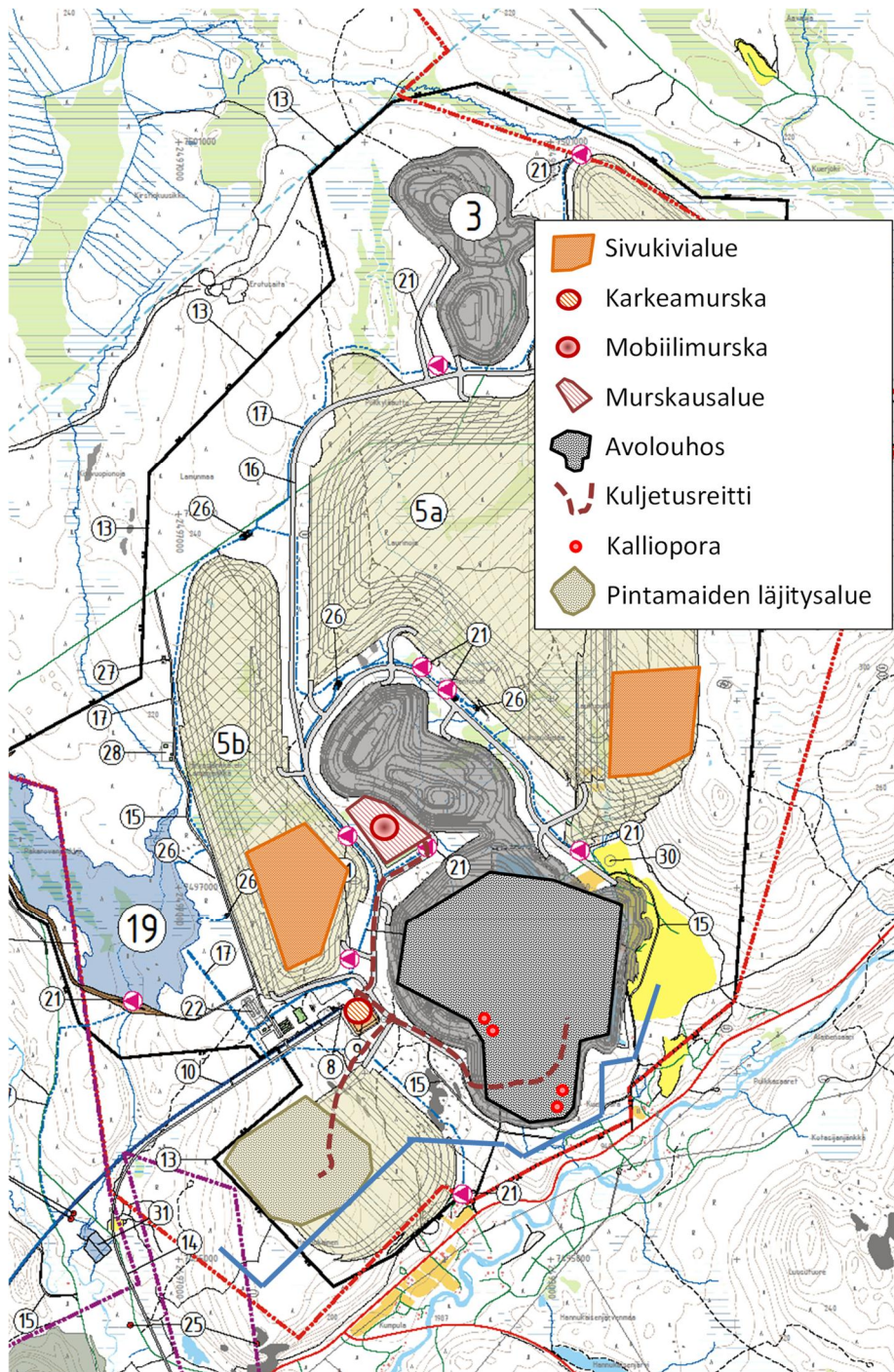




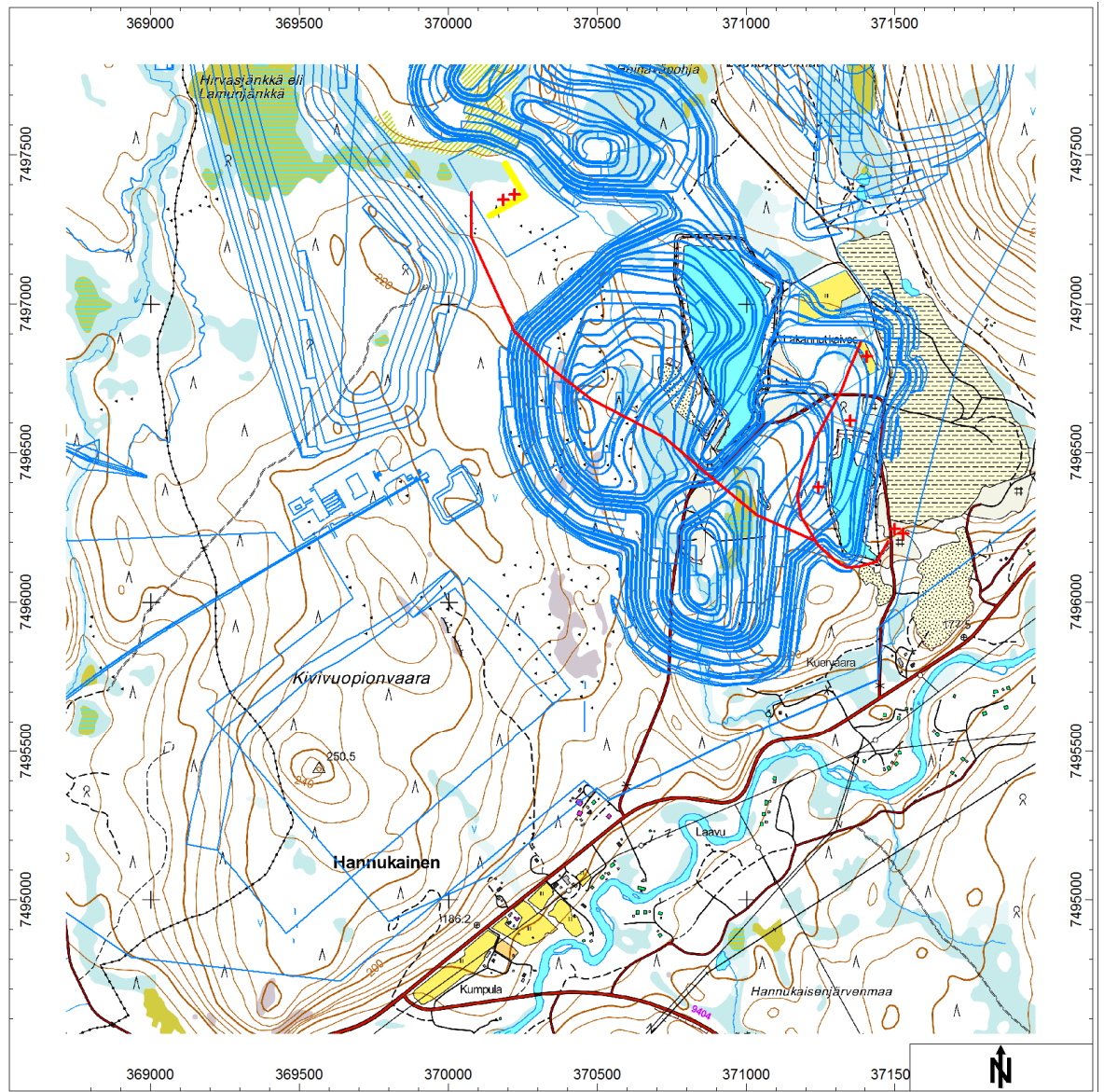
Kuva 3: Suojavallin rakentamisen pölymallinnuksessa huomioitdut toiminnot ja niiden sijoittuminen. Merkittävimmät pölypäästöt muodostuvat maansiirtoautojen liikenteestä ja kippauksista sekä suojavallin rakentamisesta kaivinkoneilla.



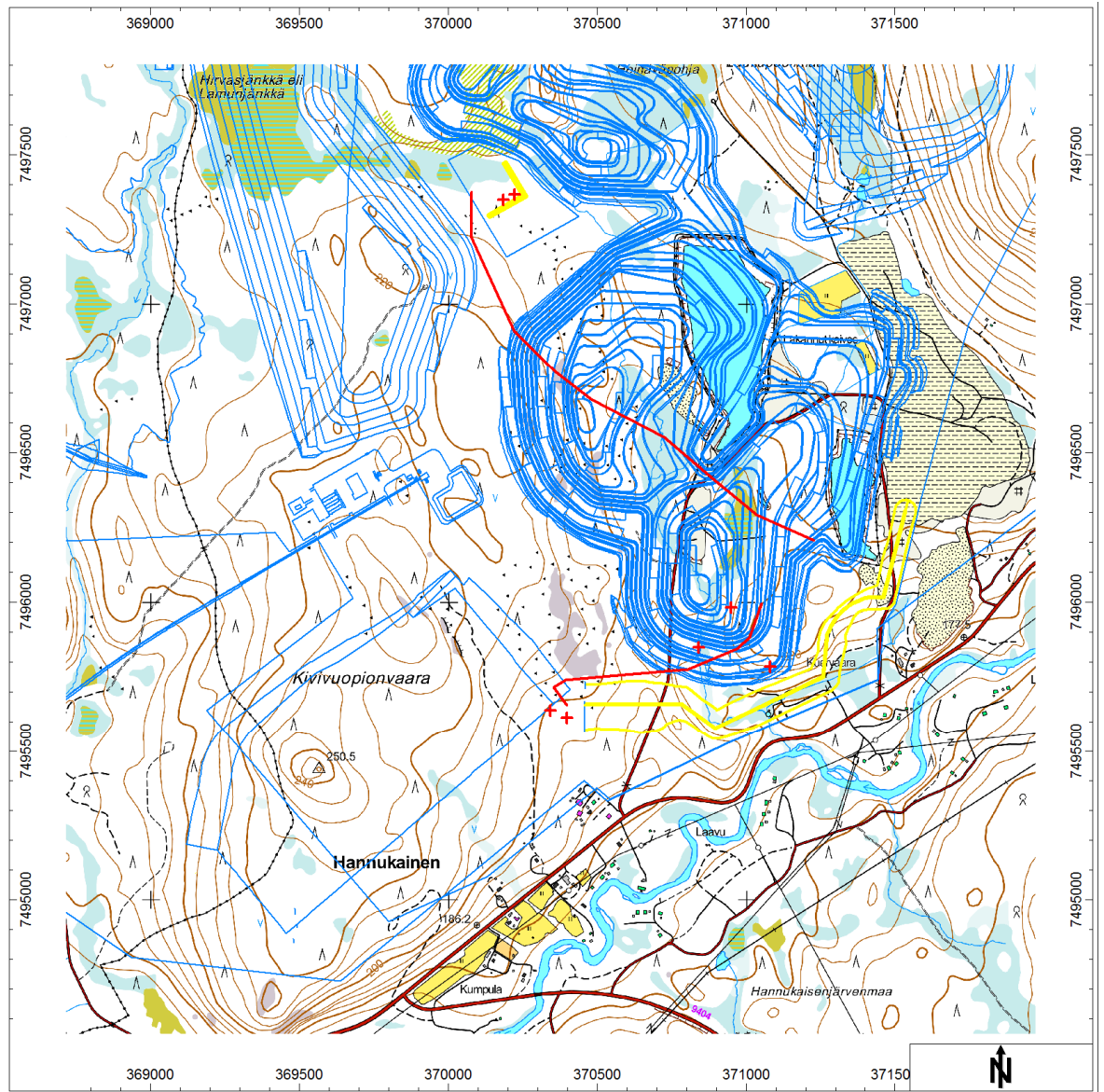
Kuva 4: Hannukaisen alueen rakentamisvaiheen pölymallinnuksessa huomioitut toiminnot. Merkittävimmät pölypäästöt muodostuvat pintamaan lastauksesta autoihin ja maansiirtoautojen liikenteestä sekä mobiilimurskauksesta. Mobiilimurska on mukana vain tuotannon alkuvaiheessa.



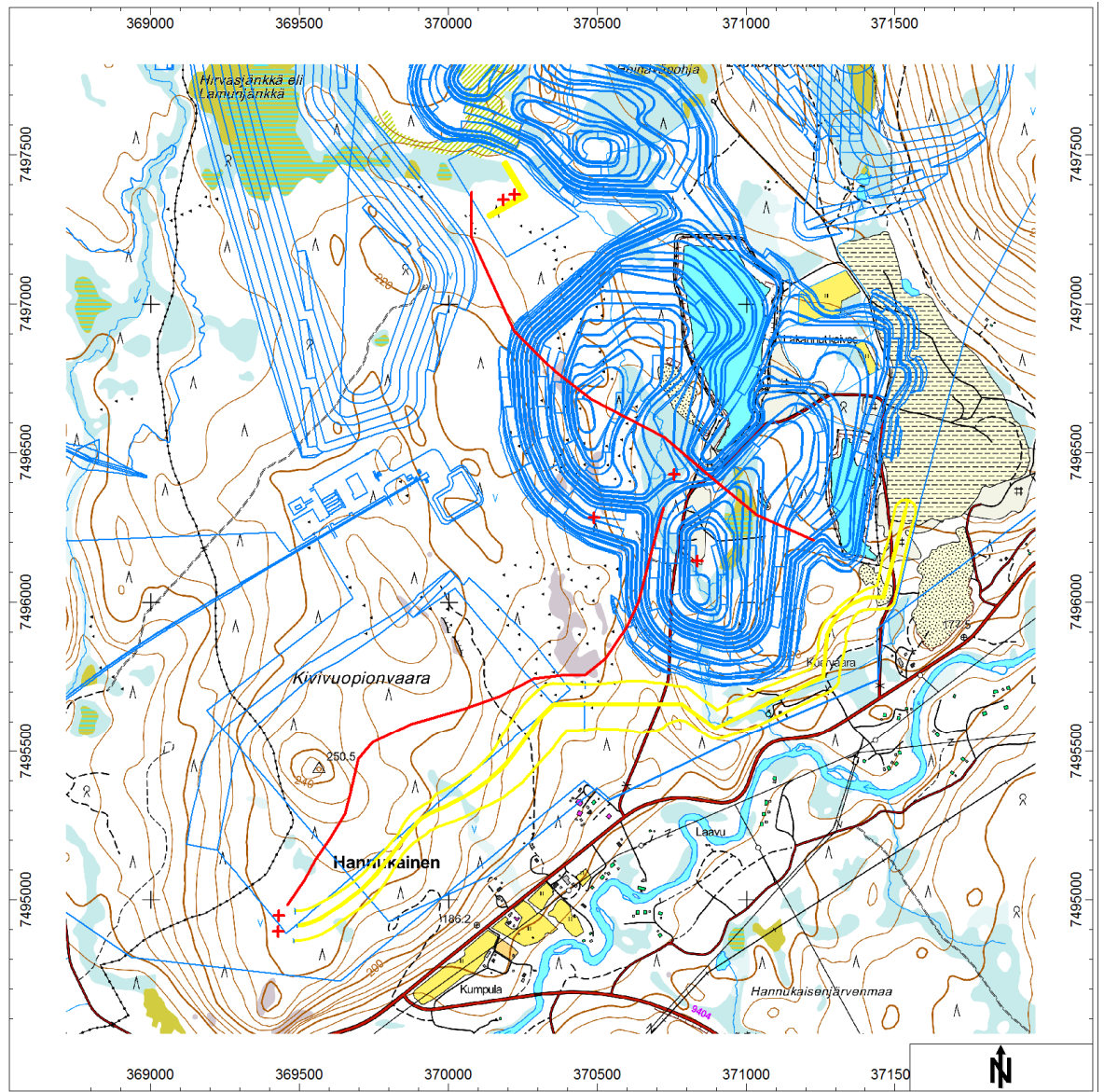
Kuva 5: Tuotantovaiheen pölymallinnuksessa huomioidut toiminnot. Pölypäästölähteitä on useita ja ne sijoittuvat erilleen laajalle alueelle. Suurin osa lähteistä on sääriippuvaisia, eli päästöjen määrä on suurimmillaan poutajaksojen ja puuskittaisen tuulen aikana. Mobiilimurskaus on mukana vain tuotannon alkuvaiheessa.



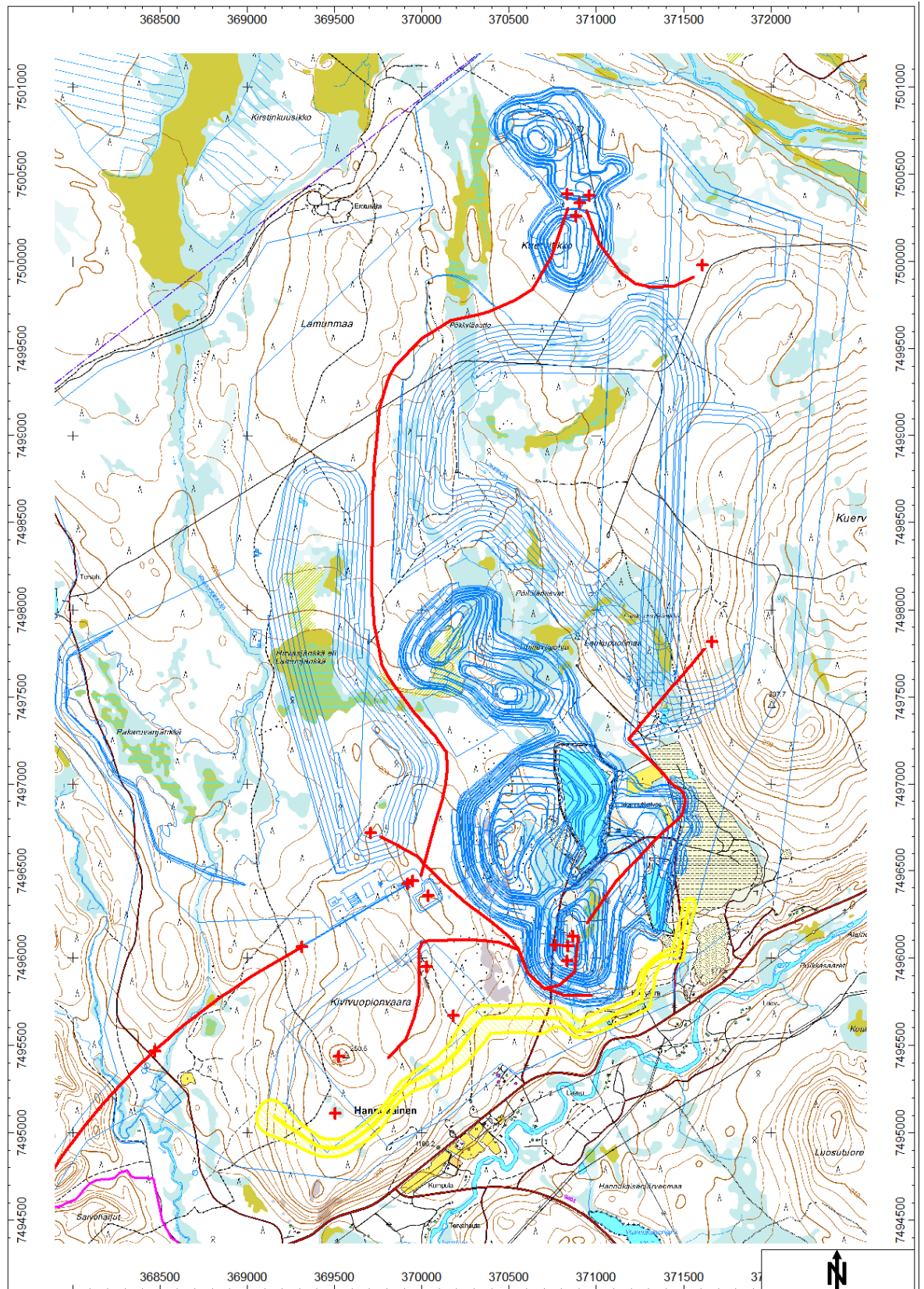
Kuva 6. Pölylähteiden sijainnit suojavallin rakentamisen alkuvaiheessa.



Kuva 7. Pölylähteiden sijainnit suojavallin rakentamisen puolivälissä.



Kuva 8. Pölylähteiden sijainnit suojavallin rakentamisen loppuvaiheessa.



Kuva 9. Pölylähteiden ja suojavallin sijainnit kaivoksen tuotantovaiheessa vuosien 10-15 tilantessa.

Taulukko 2: Pölypäästölähteet ja -kertoimet (PM<sub>10</sub>).

Päästölähde	PM <sub>10</sub> -päästökerroin (g/m <sup>2</sup> s)	Toiminta-aika	Huomioita
Kaivinkone	3,4 x 10 <sup>-4</sup>	klo 7-22	5 kpl, Pölyävän alueen koko noin 60 m <sup>2</sup>
Suojavallin rakentamislilike	4,0 x 10 <sup>-5</sup>	10 kuormaa/h	Avolouhoksen alueelta
Pintamaiden ja murskeen ajo rakennusvaiheessa	1,0 x 10 <sup>-5</sup>	5 kuormaa/h	Läjitysalueelle ja murskauskalusteille
Kalliopora	4,7 x 10 <sup>-6</sup>	klo 7-22	4 kpl
Mobiilimurska	4,4 x 10 <sup>-5</sup>	klo 7-22	Pölyävän alueen koko n. 1.0 ha
Murskausalue (murskeen varastointi ja lastaus)	4,9 x 10 <sup>-7</sup>	jatkuva	Pölyävän alueen koko n. 8.4 ha
Louheen ajo	4,0 x 10 <sup>-5</sup>	10 kuormaa/h	Louhokselta karkeamurskalle
Sivukiven ajo	1,0 x 10 <sup>-5</sup>	5 kuormaa/h	Läjitysalueelle
Karkeamurska	3,9 x 10 <sup>-4</sup>	klo 7-22	Pölyävän alueen koko n. 0,3 ha
Sivukivialueet	1,54 x 10 <sup>-7</sup>	jatkuva	Alueiden koko 17 ja 24 ha, tasoissa 215 ja 250 +m
Pintamaiden läjitysalue	3,86 x 10 <sup>-7</sup>	jatkuva	Pölyävän alueen koko n. 45 ha, tasossa +240 m
Avolouhos	1,54 x 10 <sup>-7</sup>	jatkuva	Alueen koko 80 ha, lousintataso +180 m

Päästökertoimien määritykset on käytännön syistä tehty pääosin olosuhteissa, jolloin olosuhteet ovat pölypäästöjen syntymiselle ja leviämiselle hyvät tai kohtuulliset. Tästä johtuen myös päästökertoimet ja leviämislaskelmien tulokset edustavat tilanteita, jolloin pölypäästöt ja niiden vaikutukset lähialueen ilmanlaatuun ovat suhteellisen suuria.

Tuotantovaiheen mallinnustilanne poikkeaa suunnitellusta toiminnasta murskainten määrän osalta. Normaalitylanteessa alueella on käytössä vain karkeamurska, ja mobiilimurskaa käytetään pääasiassa vain karkeamurskan huoltojen tai korjausten aikana.

Eri mallinnetut pölyämistilanteet on lueteltu taulukossa 3.



Taulukko 3: Työssä tehdyt pölyjen leviämismallit eri toimenpiteiden aikana.

Mallinnettu tilanne	Kuvat
Suojavallin rakentamisen aloitusvaihe	10
Suojavallin rakentamisen puoliväli	11
Suojavallin rakentamisen loppuvaihe	12
Kaivosalueen rakentaminen	13 – 15
Avolouhoksen toiminnan aiheuttamat päästöt	16 – 18
Hannukaisen alueen pintamaa- ja sivukivialueiden täytöstä johtuvat päästöt	19 – 20
Hannukaisen alueen tuotantovaihe, kun kaivos on ollut käytössä 10-15 vuotta	21
Kaivosalueen rakentamisen korkeimmat päästöt	Liite 1
Kaivostoimintojen aiheuttamat korkeimmat päästöt	Liite 2
Mobiilimurskauksen ja siihen liittyvien toimintojen korkeimmat päästöt	Liite 3
Kuljetusreittien korkeimmat päästöt	Liite 4
Sivukivialueiden korkeimmat päästöt	Liite 5
Avolouhoksen aiheuttamat korkeimmat päästöt	Liite 6

#### 4.3 Räjäytysten pöly

Louhinnan räjähdyksissä aiheutuu lyhytaikaisesti merkittäviä tärinä-, melu- ja pölypäästöjä, joiden vaikutukset voivat olla havaittavissa kaukanakin räjähdytysalueelta. Räjähdykset aiheuttavat lyhytkestoisien pölypäästöjen ja räjähdyksen aiheuttama pöly jää pääsääntöisesti leijumaan louhimon alueelle räjähdytyspaikan lähiympäristöön. Suurimmat pölypäästöt avolouhoksen ulkopuolelle muodostuvat louhinnan alkuvaiheessa. Louhinnan edetessä räjähdyksessä muodostunut pölypäästö jää yhä enenevässä määrin louhoksen sisälle. Räjähdyksessä syntyvää pölypäästöä voidaan pienentää käyttämällä avuksi pölynkeräystekniikkaa.

Räjähdyksen pölypäästöjen määrään vaikuttavat kerralla räjäytettävä vaakasuora pinta-ala, räjäytysreikien syvyys ja käytetty räjähdysainemäärä ja kallioperän laatu.

Räjähdyksen pölymäärää ei sisälly malleihin vaan määrä arvioitiin Commonwealth of Australian (2001) esittämällä menetelmällä (NPI Emission Estimation Technique Manual for Mining), joka perustuu räjäytettävän rintausten vaakasuoraan pinta-alaan. Tämä menetelmä soveltuu räjähdytysten pölypäästöjen karkeaan arviointiin, eikä se ota huomioon esimerkiksi räjäytysteknisiä keinoja pölyvaikutusten vähentämiseksi.

Menetelmässä kokonaisleijuman (TSP) määrä saadaan kaavalla  $E=0,00022 \cdot A^{1,5}$  (kg/kertaräjätys). Menetelmässä PM<sub>10</sub>-hiukkaskokoluokan osuus saadaan kokonaisleijumasta kertoimella 0,52 ja PM<sub>2,5</sub>-osuus kertoimella 0,03. Eli kokonaispölystä hengitettävää (halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin) pölyä on 52 % ja pienhiukkasten osuus 3 % räjäytyspölyn kokonaismassasta.

Hannukaisen avolouhosalueella tehdään räjähdyksiä arviolta kaksi kertaa viikossa ympäri vuoden. Räjähdyksessä kerralla irrotettava kivimäärä on n. 200 000 t = n. 65 000 m<sup>3</sup>. Penkkakorkeuden ollessa n. 10 m, on penkan pinta-ala tällöin n. 6 500 m<sup>2</sup>. Räjäytettävä vaakasuora pinta-ala voi tyypillisesti olla siis n. 25 m x 250 m.

Edellä mainitun räjähdyksen pölymäärän arviointimenetelmän perusteella syntyvä pölymäärä on tällöin n. 109 kg/ kertaräjätys ja n. 11,3 t/vuosi. Hengitettävien hiukkasten (PM<sub>10</sub>) määrä on n. 57 kg/kertaräjätys ja 5,9 t/vuosi. Räjähdyksessä syntyvän pienhiukkasten määrä (PM<sub>2,5</sub>) on n. 3,3 kg/kertaräjätys ja 0,3 t/vuosi.

Esimerkiksi Emission Estimation Technique Manual for Mining-julkaisun mukaan louhosautojen nostama kokonaisleijuma (TSP) on 4,23 kg per ajettu kilometri. Räjätysten nostama kokonaisleijuma on huomattavasti pienempi ja lyhytkestoisempi. Räjätysten osuus kaivoksen kokonaispäästöistä arvioidaan olevan vähäinen.

#### 4.4 Pölyntorjuntakeinot

Toiminta-alueella käytettäviä pölyntorjuntakeinoja ovat teiden ja kuljetusväylien kastelu, suo-  
laus ja asfalttipintojen puhtaanapito. Risteysalueet puhdistetaan harjaamalla tarpeen mukaan. Murskauksen pölypäästöjä vaimennetaan tarvittaessa kastelulla murskauksen jokaisessa vai-  
heessa ja koteloituilla kuljetinhihoilla. Varastokasojen pölypäästöön vaikuttaa maa-aineksen  
hienoainespitoisuuden lisäksi kasojen korkeus ja pinnan kosteus. Varastokasojen hajapölypääs-  
töihin voidaan vaikuttaa kastelulla (esim. lumitykkien avulla), mutta käytännön toteutus on alu-  
eiden laajuuden ja tarvittavan vesimäärän takia melko hankalaa.

Tehokkaalla kastelulla murskauksen pölypäästöt pienenevät kirjallisuuden perusteella 80-90 %.  
Materiaalin siirron ja kuljetuksen pölypäästökertoimet ovat kostealla maa-aineksella noin 90 %  
pienempiä. Lisäksi hinnan oikeanlainen lastaaminen, lastauksessa käytetty suojaus ja mahdolli-  
simman matalat pudotuskorkeudet vähentävät pölyn muodostumista, kun taas hinnan käyttämi-  
nen ylikapasiteetilla lisää pölypäästöjä.

#### 4.5 Epävarmuustarkastelu

Yleisesti leviämislaskelmien kokonaisepävarmuus koostuu pääosin päästötietojen epävarmuuksista (10–40 %), sääaineiston ja sen edustavuuden epävarmuuksista (10–30 %) ja laskennan epävarmuuksista (10–20 %). Lopputuloksen luotettavuus yksittäisessä pisteessä on heikoimmillaan tuntipitoisuuksia laskettaessa ja sen edustavuus paranee pitempiä aikavälisiä pitoisuuksia laskettaessa. Epävarmuudet ovat pienempiä verrattaessa eri toimintojen mallinnustuloksia keskenään.

Hajapölypäästöjen arvioinnissa suurimmat epävarmuudet liittyvät päästömäärään ja sen riippuvuuteen olosuhteista, käsiteltävän aineen laadusta ja toimintatapojen vaikutuksista. Pölypäästömäärät ja hiukkaskokojakauma vaihtelevat suuresti toiminnan aktiviteetin, pintojen kuivuuden ja olosuhteiden mukaan. Intensiivisimmät päästöjaksot ovat lyhyitä ja voivat olla hyvinkin korkeita verrattuna normaaliin tuotantotilanteeseen ja pidemmän ajan keskiarvoihin.

Epävarmuutta laskentatuloksiin aiheuttaa myös mallin stationaarisuus. Mallilla lasketaan päästölähteeltä etenevän epäpuhtauspilven keskimääräistä jakautumista ympäristöön tunnin aika-askelin, olettaen sääolosuhteen ja päästön pysyvän vakiona koko ajan. Tyyneissä olosuhteissa pöly voi leijaila ilmassa pitempään, seuraavienkin tuntien aikana. Ääriolosuhteissa päästö voi vaihdella paljonkin esim. tuulen nopeuden ja puuskittaisuuden mukaan.

Kasvillisuus, erityisesti puusto, vaikuttaa ilmanlaatuun suoraan pidättämällä ja emittoimalla hiukkasia ja kaasuja sekä epäsuoraan muuttamalla meteorologisia olosuhteita. Meteorologisilla tekijöillä on vaikutusta epäpuhtauksien kulkeutumiseen sekä sen aikana tapahtuvaan epäpuhtauksien sekoittumiseen, laimenemiseen, deponointiin ja muutuntaan. Suojametsävyöhykkeet parantavat ilmanlaatua ja vähentävät pölyhaittoja erityisesti poistamalla karkeita hiukkasia ilmasta. Pienhiukkasten (PM<sub>2,5</sub>) ja monien kaasumaisten epäpuhtauksien pitoisuuksiin metsäkaistalla on ilmeisesti pienempi vaikutus, sillä kasvillisuus pidättää niitä heikommin. Malli huomioi päästöalueen ympäröivän maaston karkealla tasolla (kaupunki/maaseutu) dispersiokertoimella. Puusto tehostaa kuitenkin ilmavirtojen sekoittumista ja laimentaa näin kaikkien epäpuhtauksien pitoisuuksia ilmassa.

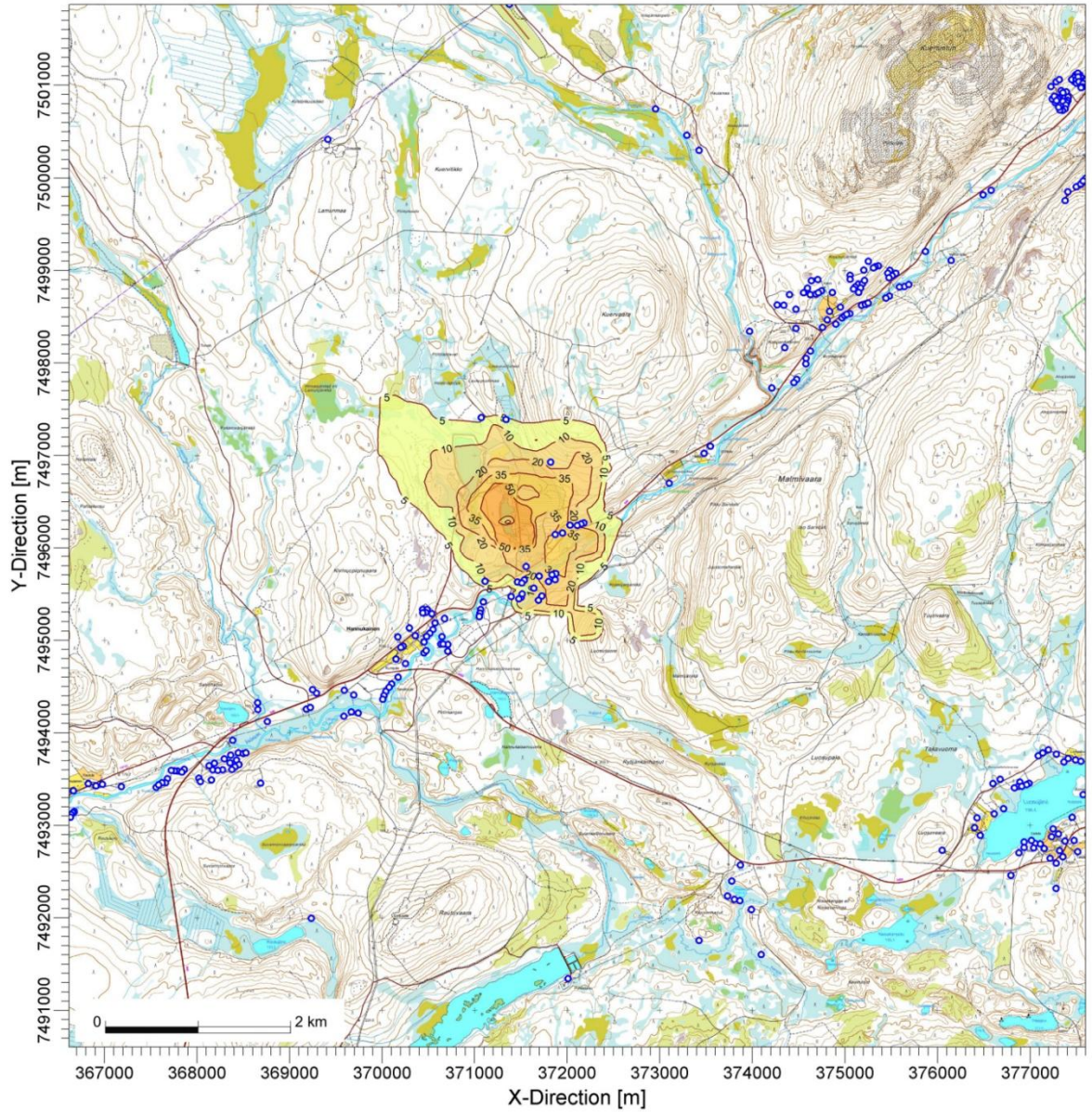
## 5. TULOKSET JA TULOSTEN TULKINTA

Hajapölypäästöjen määrään vaikuttavat toiminnan ohella merkittävästi sääolosuhteet (sadanta ja tuuli). Pölyn vaikutusarvioilla on pyritty kuvaamaan rakennusvaiheiden normaalitilannetta. Tuotantotilanteen arvio edustaa poikkeustilannetta, jolloin maan alla oleva murska ei ole toiminnassa, vaan murskaus tehdään mobiilimurskalla. Tulosten tulkinnassa on lisäksi huomioitava, että hajapölypäästöt ovat talvella laskentatilannetta pienemmät, kun esim. pintamaiden ja sivukiven läjitysalueet sekä avolouhos ovat suurelta osin lumipeitteen alla.

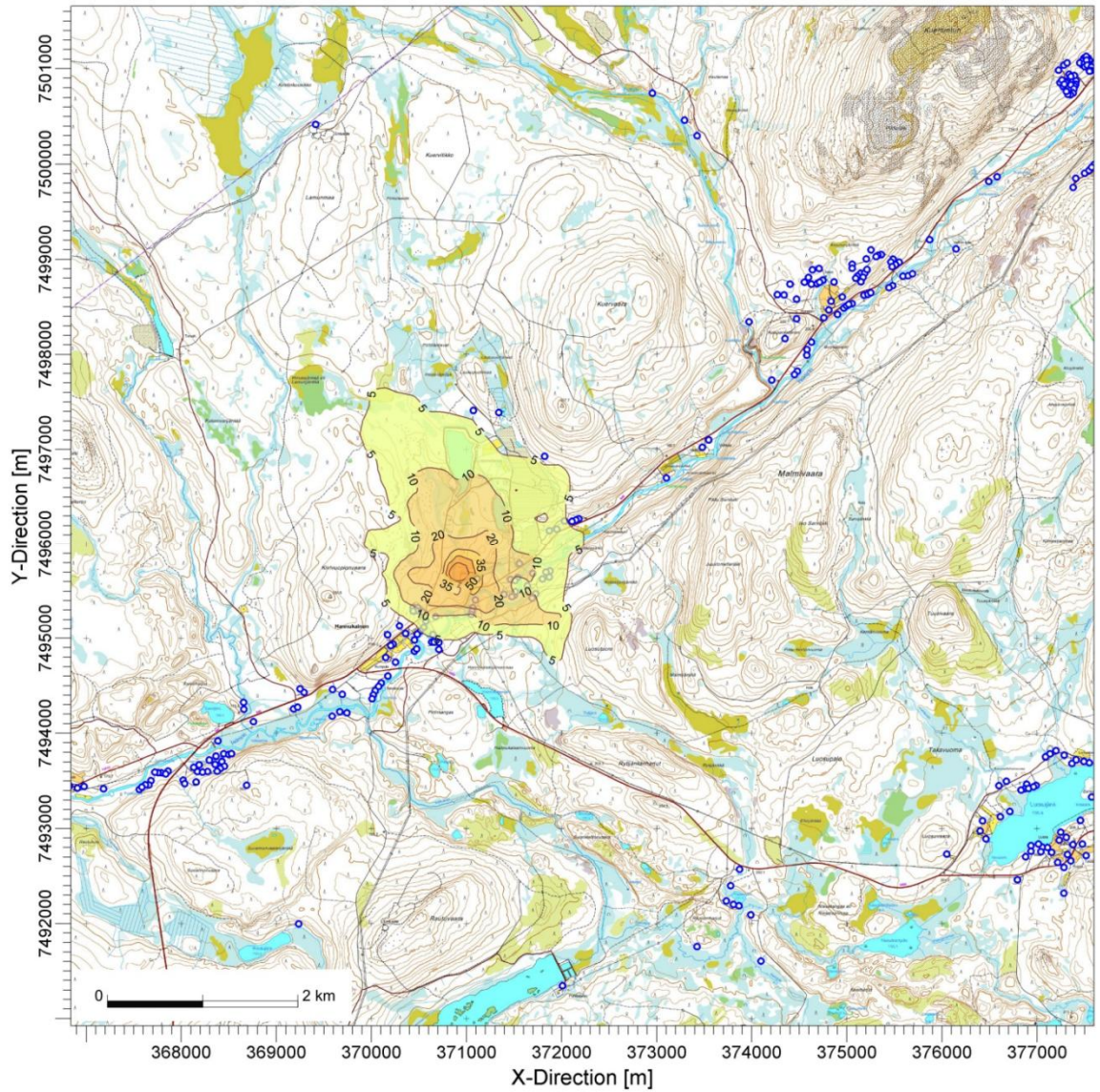
Karttapohjilla esitetyt pitoisuuskäyrät eivät edusta koko tarkastelualueella samanaikaisesti vallitsevaa tilannetta, vaan pitoisuuksien suurimmat arvot saattavat esiintyä eri laskentapisteteissä eri ajankohtina. Laskennoissa ei ole huomioitu alueen taustapitoisuuksia, joten pitoisuudet edustavat toimintojen aiheuttamia pitoisuuslisäisiä.

### 5.1 Suojavallin ja kaivoksen rakentamisen ilmanlaatuvaikutukset

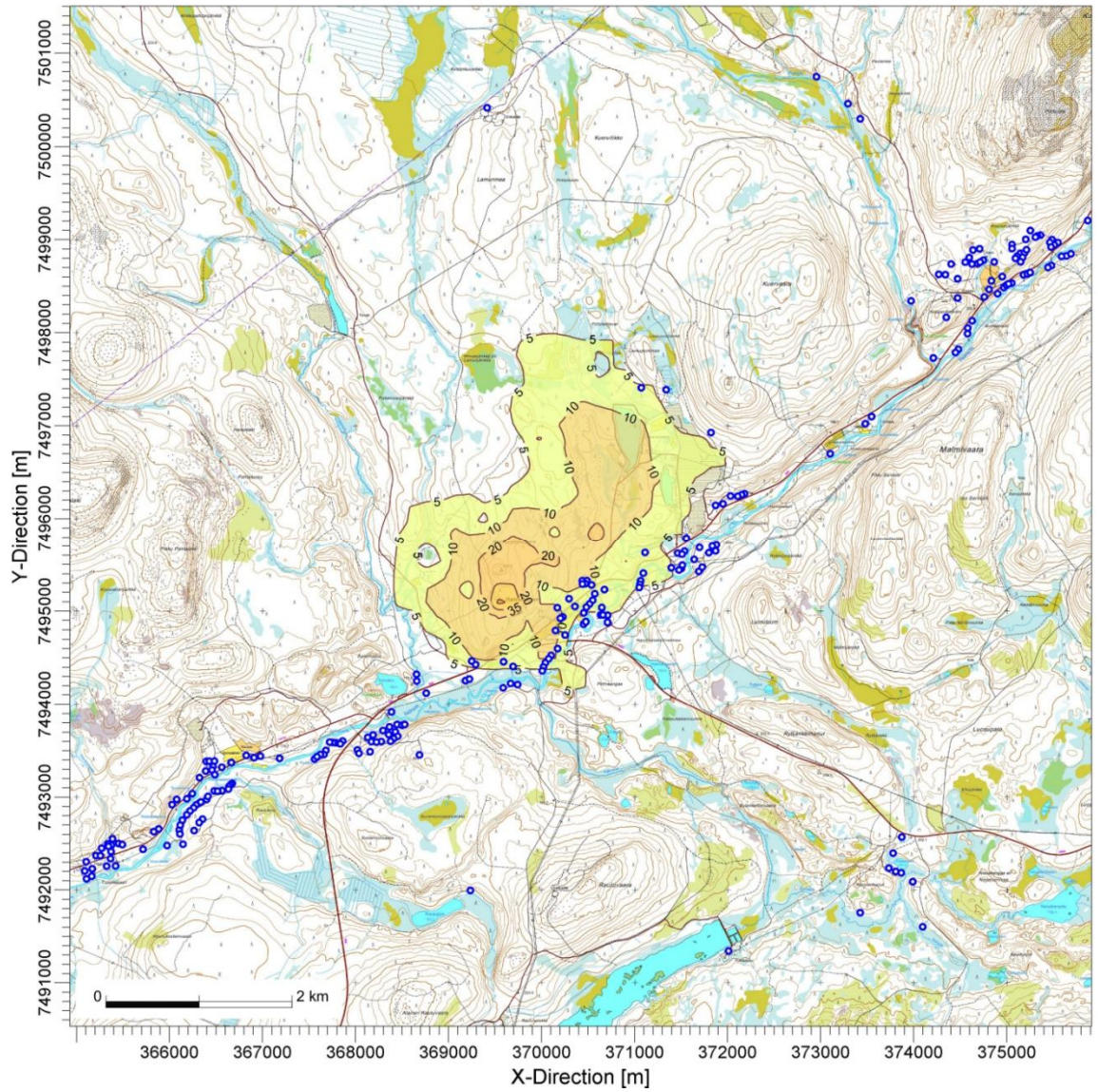
Suojavallin rakentamisen aikaisten toimintojen pölypäästöjen leviämislaskelmien tulokset on esitetty kuvien 10-12 karttapohjilla. Kaivosalueen rakentamisen aikaisten toimintojen pölypäästöt on esitetty karttapohjilla 13-15. Kuvissa esitetyt tulokset on laskettu vuoden 2013 sääaineistolla. Vuorokausipitoisuudet ovat ilmanlaadun raja- ja ohjearvoihin verrattavia vuorokausipitoisuuksia. Siniset ympyrät kuvaavat lähimpien asuinalueiden sijaintia.



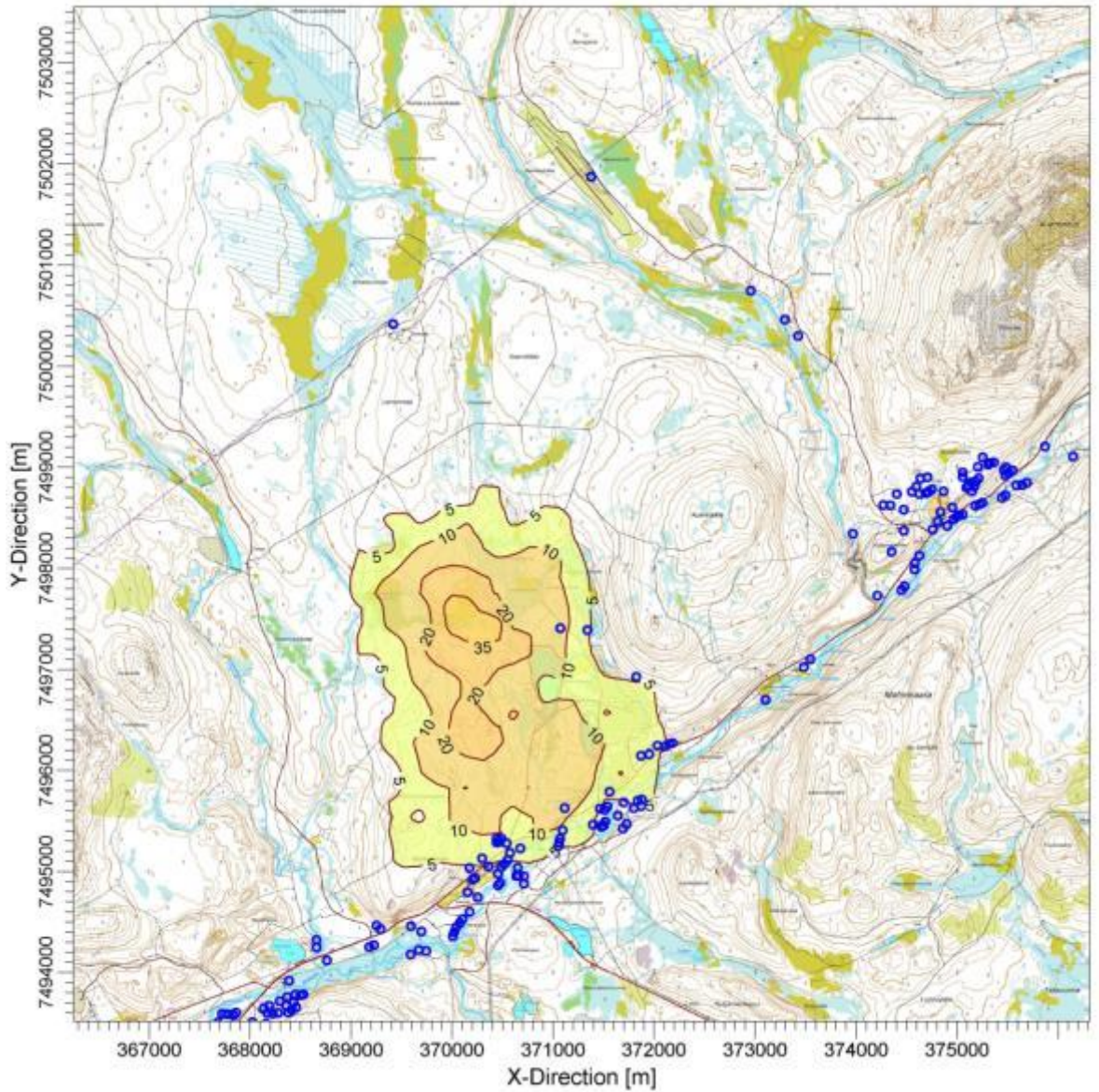
Kuva 10: Hannukaisen alueen suojavallin rakentamisen aloitusvaiheen aiheuttamat ilmanlaadun raja-arvoon verrattavat, vuoden 36. korkeimmat PM<sub>10</sub>-vuorokausipitoisuudet (µg/m<sup>3</sup>). Vuorokausipitoisuuden raja-arvo on 50 µg/m<sup>3</sup>.



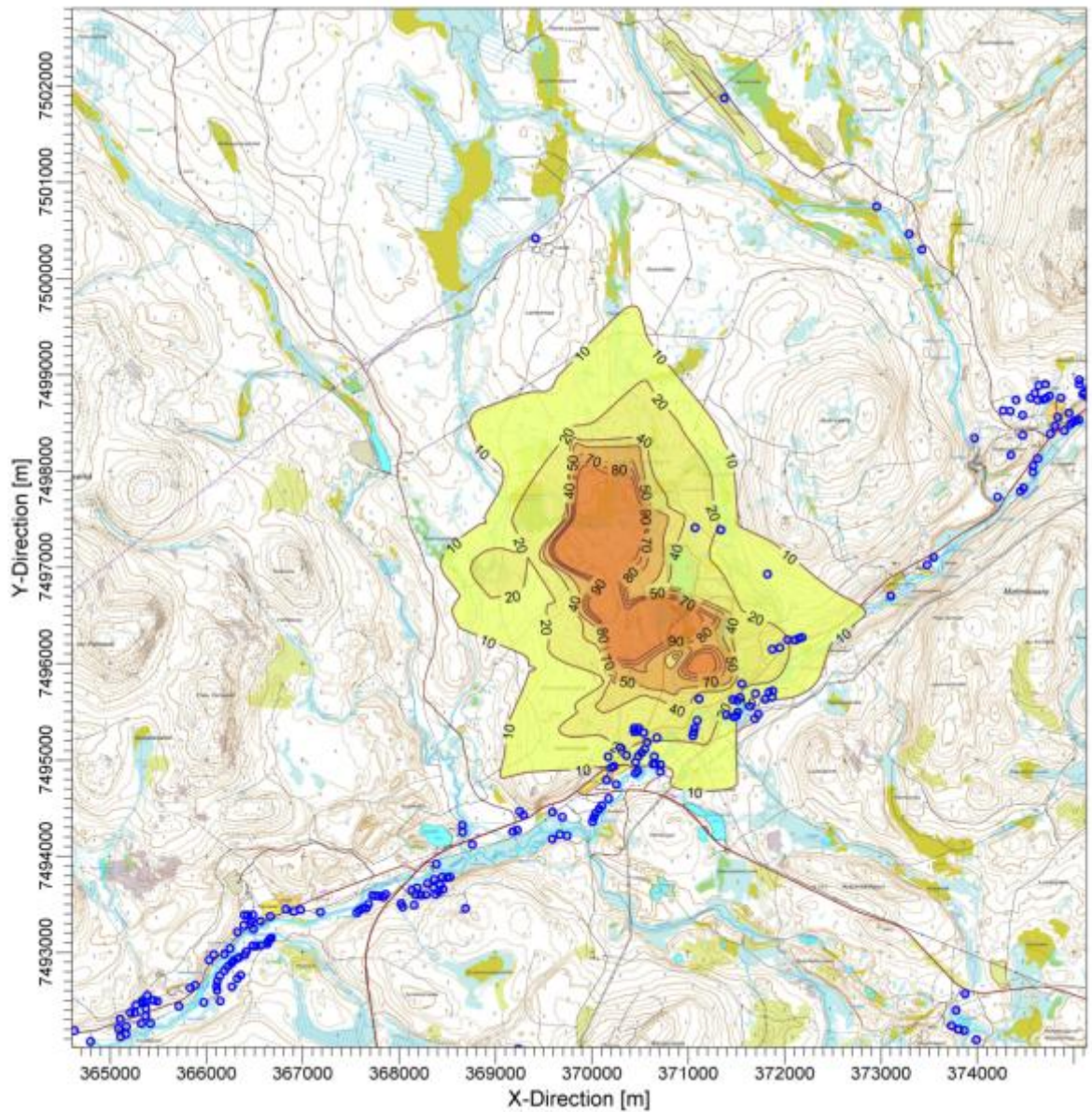
Kuva 11: Hannukaisen alueen suojavallin rakentamisen (puolivälissä) aiheuttamat ilmanlaadun raja-arvoon verrattavat, vuoden 36. korkeimmat PM<sub>10</sub>-vuorokausipitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Vuorokausipitoisuuden raja-arvo on  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Kuva 12: Hannukaisen alueen suojavallin rakentamisen (loppuvaihe) aiheuttamat ilmanlaadun raja-arvoon verrattavat, vuoden 36. korkeimmat  $\text{PM}_{10}$ -vuorokausipitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Vuorokausipitoisuuden raja-arvo on  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



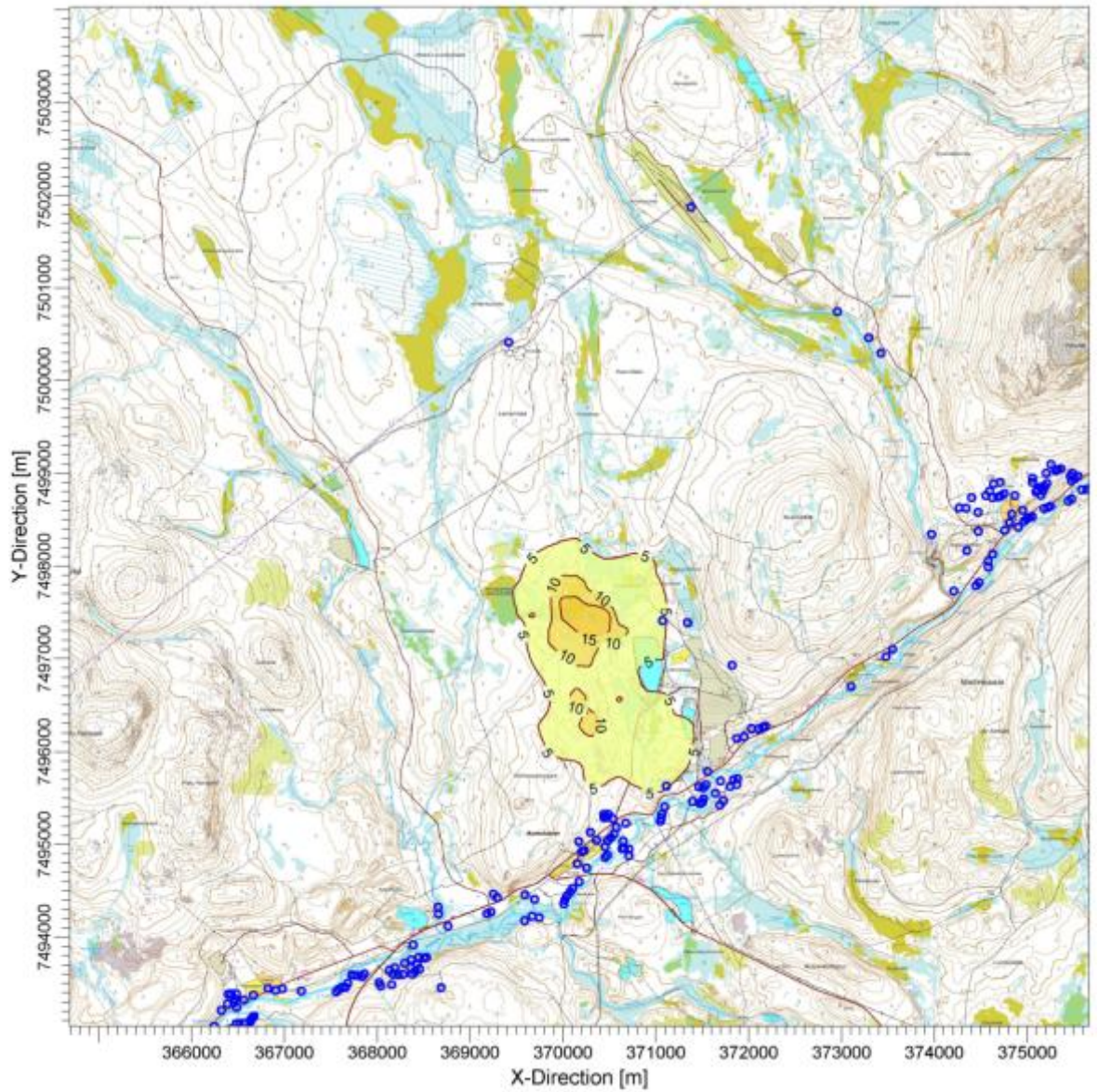
Kuva 13: Hannukaisen kaivosalueen rakentamisen aiheuttamat ilmanlaadun raja-arvoon verrattavat, vuoden 36. korkeimmat PM<sub>10</sub>-vuorokausipitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Vuorokausipitoisuuden raja-arvo on 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Kuva 14: Hannukaisen kaivosalueen rakentamisen aiheuttamat ilmanlaadun ohjearvoon verrattavat, kuukauden 2. korkeimpien PM<sub>10</sub>-vuorokausipitoisuuksien maksimiarvot ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Vuorokausipitoisuuden ohjearvo on  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Liitteessä 1 on Hannukaisen alueen rakentamisen aiheuttamat vuoden tarkastelujakson korkeimmat vuorokausipitoisuudet.



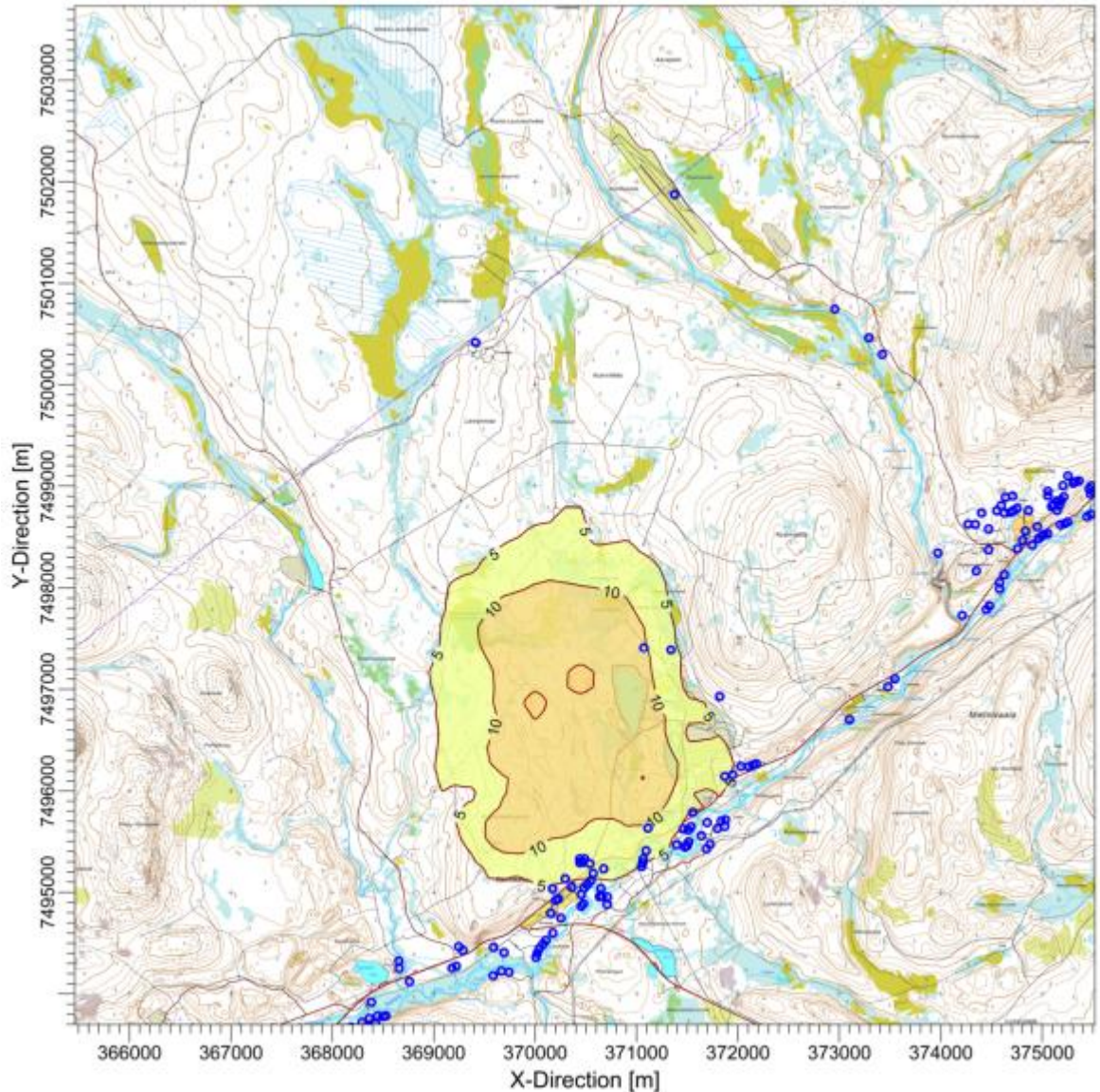


Kuva 15: Hannukaisen kaivosalueen rakentamisen PM<sub>10</sub>-päästöjen aiheuttamat vuosipitoisuudet (µg/m<sup>3</sup>). Vuosipitoisuuden raja-arvo on 40 µg/m<sup>3</sup>.

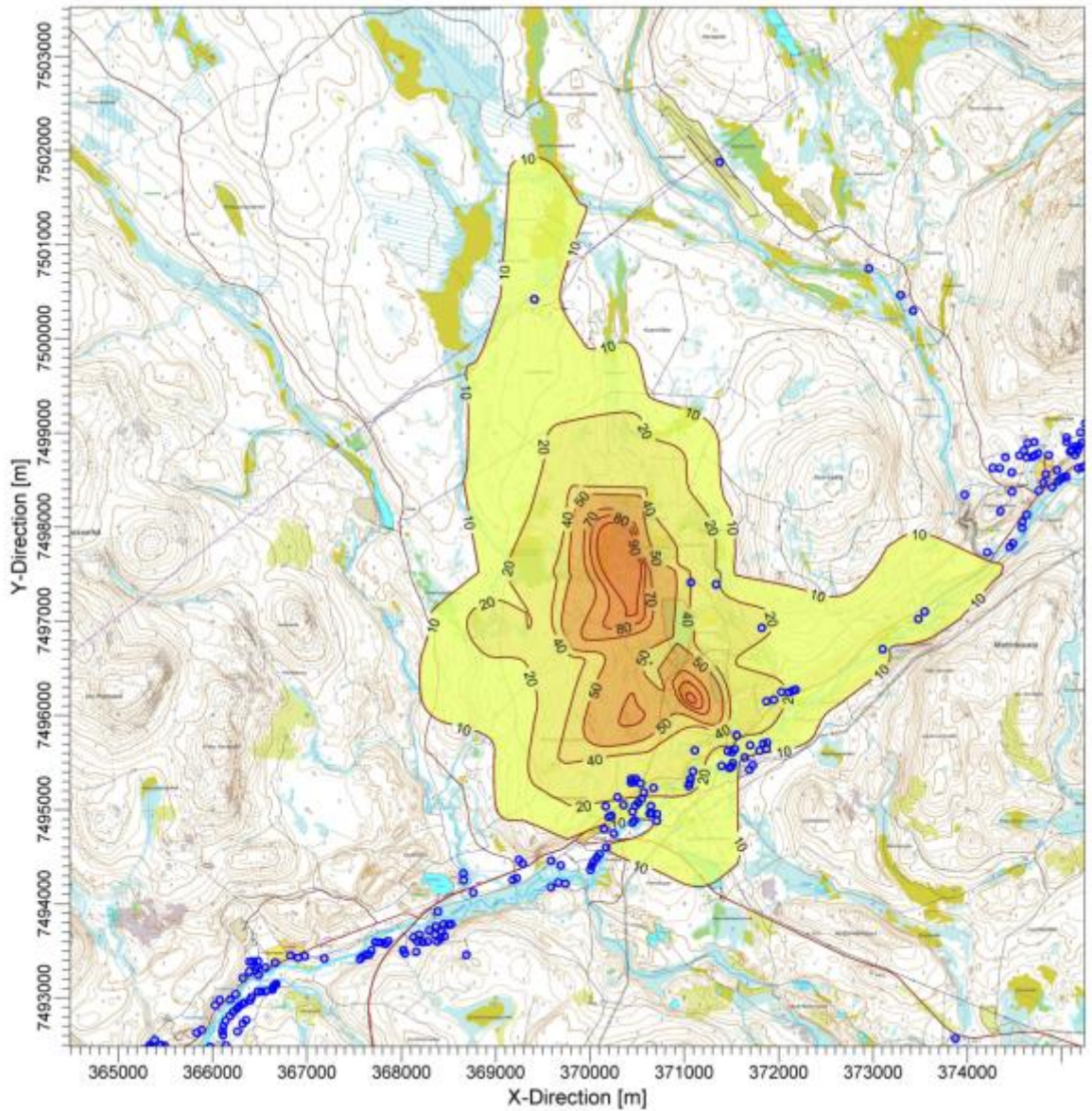
## 5.2 Kaivoksen toiminta-ajan ilmanlaatuvaikutukset

Tuotantotilanteeseen mallinnetut vuorokausi- ja vuosipitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) on esitetty kuvien 16-21 karttapohjilla. Mallinnukset on tehty tilanteeseen, jolloin maan alla oleva murska ei ole käytössä vaan murskaus tehdään mobiillimurskalla. Toiminnan aloitusvaiheessa, kun kaikki toiminnot ovat lähimpänä maanpinnan tasoa, ovat ilmanlaatuvaikutukset jonkin verran suurempia esim. louhinnan ja lastausten osalta. Toisaalta pintamaa- ja sivukivialueiden päästömäärät ja -korkeudet ovat alkuvaiheessa pienempiä kuin toiminnan edetessä.

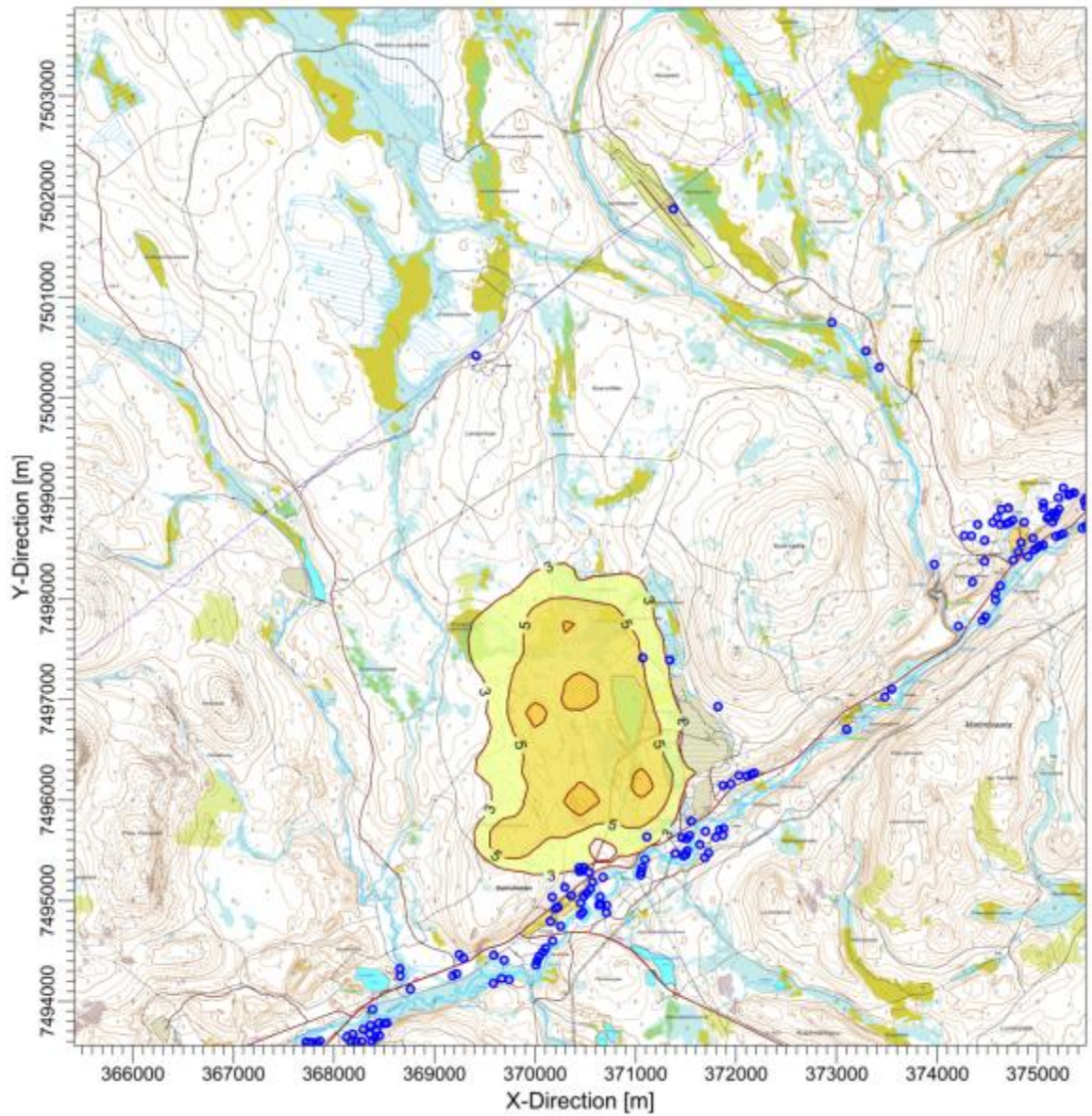
Liitteessä 2 on tuotantotilanteen toimintojen yhteisvaikutusten aiheuttamat vuoden tarkastelujakson korkeimmat vuorokausipitoisuudet ja liitteissä 3-6 on merkittävimpien pölylähteiden aiheuttamat vuoden korkeimmat vuorokausipitoisuudet.



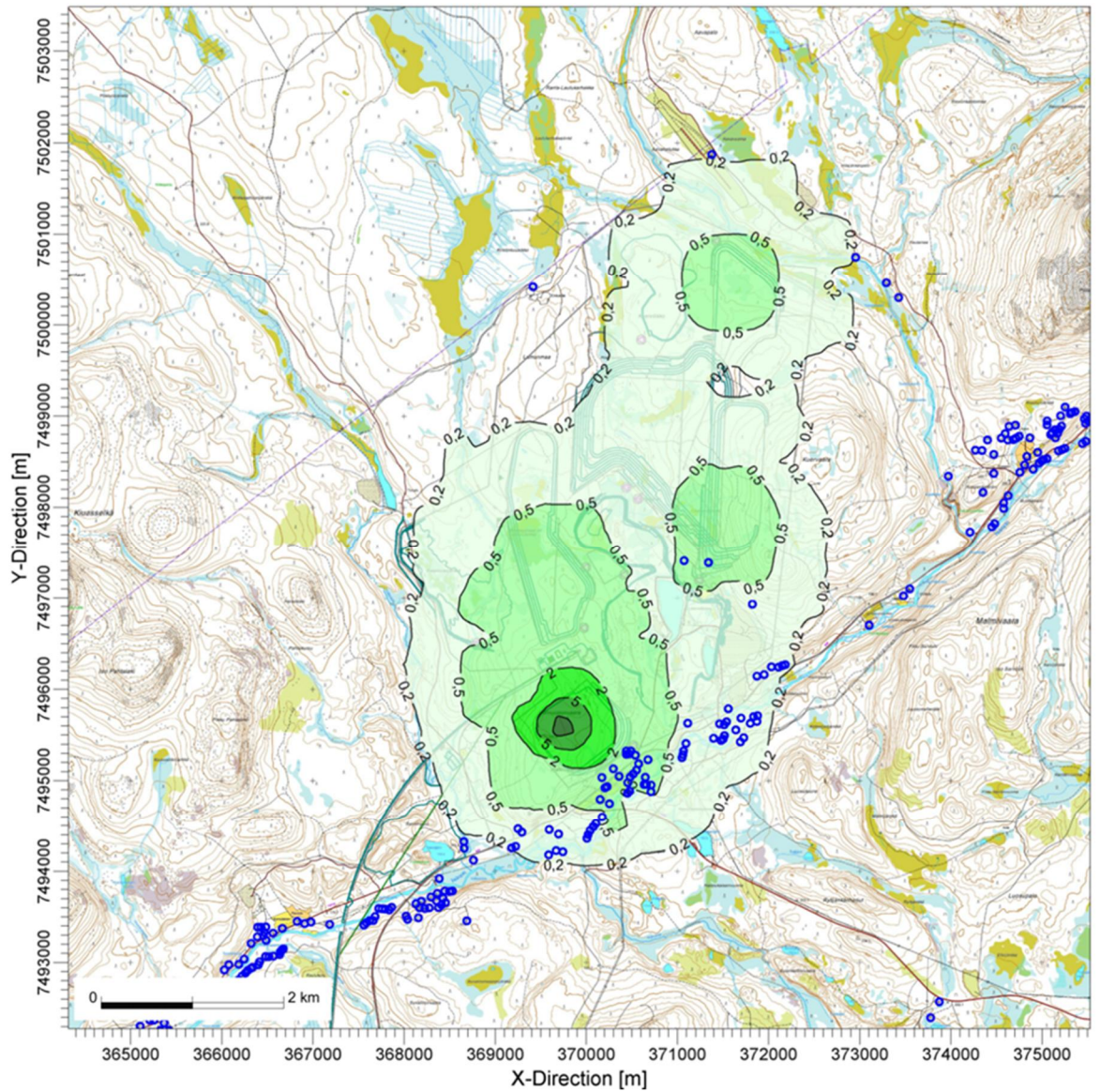
Kuva 16: Hannukaisen avolouhoksen toiminnan aiheuttamat ilmanlaadun raja-arvoon verrattavat, vuoden 36. korkeimmat  $\text{PM}_{10}$ -vuorokausipitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Vuorokausipitoisuuden raja-arvo on  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Kuva 17: Hannukaisen avolouhoksen toiminnan aiheuttamat ilmanlaadun ohjearvoon verrattavat, kuu-  
kauden 2. korkeimpien PM<sub>10</sub>-vuorokausipitoisuuksien maksimi-arvot (µg/m<sup>3</sup>). Vuorokausipitoisuuden  
ohjearvo on 70 µg/m<sup>3</sup>.

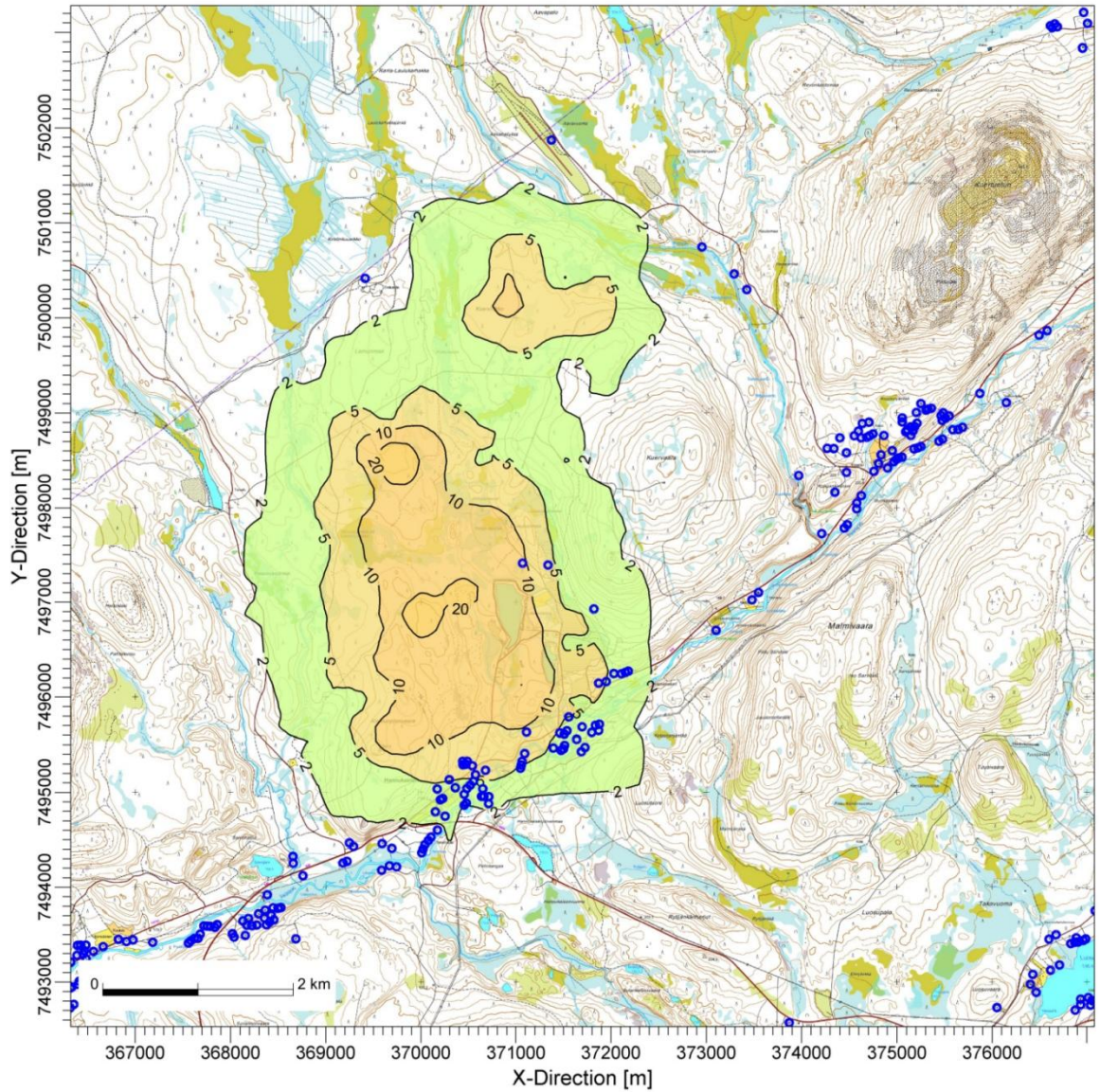


Kuva 18: Hannukaisen avolouhoksen toiminnan PM<sub>10</sub>-päästöjen aiheuttamat vuosipitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Vuosipitoisuuden raja-arvo on  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



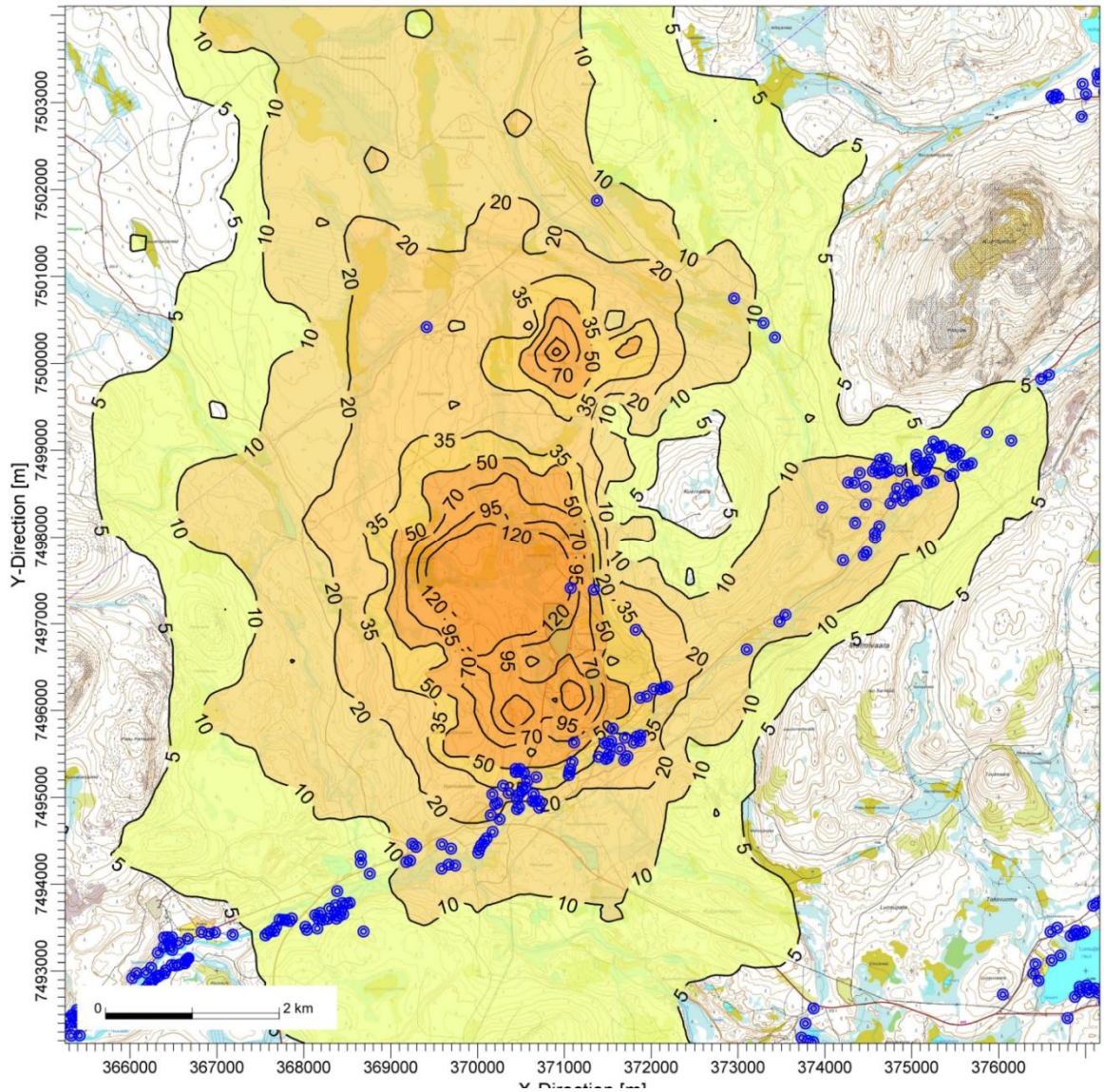
Kuva 19. Hannukaisen alueen pintamaa- ja sivukivialueiden täytöstä aiheutuvat ilmanlaadun raja-arvoon verrattavat, vuoden 36. korkeimmat PM<sub>10</sub>-vuorokausipitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Vuorokausipitoisuuden raja-arvo on  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Kuvan 19 karttapohjalla on esitetty Pintamaa- ja sivukivialueiden hajapölypäästöt. Pitoisuudet ovat ilmanlaadun raja-arvoon verrattavia vuorokausipitoisuuksia.



Kuva 20: Hannukaisen alueen tuotantovaiheen (tuotanto ollut käynnissä 10-15 vuotta) aiheuttamat ilmanlaadun raja-arvoon verrattavat, vuoden 36. korkeimmat PM<sub>10</sub>-vuorokausipitoisuudet (µg/m<sup>3</sup>). Vuorokausipitoisuuden raja-arvo on 50 µg/m<sup>3</sup>. Mobiilimurskaus ei ole enää mallissa mukana.

Kuvassa 20 on raja-arvoon verrattavat, vuoden 36 korkeimmat vuorokausipitoisuudet. Kuvassa 21 on esitetty vuoden korkeimmat vuorokausipitoisuudet.



Kuva 21: Hannukaisen alueen tuotantovaiheen (tuotanto ollut käynnissä 10-15 vuotta) aiheuttamat vuoden korkeimmat PM<sub>10</sub>-vuorokausipitoisuudet ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Korkeimmalle vuorokausipitoisuudelle ei ole raja-arvoa.

Louhustoimintojen ja murskauksen hajapölypäästölähteiden päästökorkeudet ovat suhteellisen matalia (suurin osa maanpinnalla tai louhintatasossa), joten normaalitoiminnan vaikutusalue on suhteellisen pieni, vaikka päästöjä muodostuu toiminnan aikana jatkuvasti. Päästökartoituksen ja -laskelmien sekä leviämismallinnustulosten perusteella kuljetusreittien ja mobiilimurskauksen hajapäästöt ovat suhteellisen suuria ja merkittävimmät lähialueen ilmanlaatuun vaikuttavat toiminnot. Sen sijaan pintamaiden ja sivukivien kuljetusten sekä varastoinnin aiheuttamat hajapölypäästöt ovat suhteellisen vähäisiä verrattaessa muihin toimintoihin sekä mallinnustuloksia raja-arvoihin.

Liikenteen aiheuttama pölypäästö vaihtelee toiminnan mukaan vuorokausitasolla suhteellisen paljon. Suurimman liikennetiheyden ja poutajakson aikana lyhytaikaiset pölypäästöt voivat pohjoistuulella aiheuttaa lähimmissä kohteissa lyhytaikaisia pölypitoisuushuippuja ja toiminnan painotuksessa alueen eteläpuolelle, on ohje- ja raja-arvopitoisuuksien ylittyminen vuorokausitasolla mahdollista. Kuljetusväylien pölyhallinnalla (esim. asfalttipintojen puhtaanapito ja kuljetusväylien kastelu/suolaus) voidaan vaikuttaa lähimpien kohteiden pölyvaikutuksiin merkittävästi.

Mobiilimurskaimen suunniteltu sijoituspaikka on keskellä toiminta-aluetta, suhteellisen kaukana lähiasutuksesta. Suurimmillaan mobiilimurskauksen aiheuttamat pitoisuuslisät vuorokausitasoihin ovat luokkaa 10-15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (liite 3). Mobiilimurskain on mukana vain kaivoksen perustamis- ja rakentamisvaiheen mallinnoissa.

Meluvallin rakentamisen pölypäästömallinnusten perusteella ohje- ja raja-arvoon verrattavat pitoisuudet olisivat suurimmillaan ohjearvon tasalla ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ja noin 70 % vuorokauden raja-arvosta, jos valliä rakennettaisiin samanaikaisesti koko matkalta. Käytetyissä malleissa on (kuvat 10-12) on kuitenkin huomioitu rakentamisen eri vaiheet, jolloin pitoisuudet jäävät jonkin verran alhaisemmiksi. Kaivosalueen rakentamisen aikana vastaavat pitoisuudet ovat suurimmillaan noin 60 % vuorokauden raja-arvosta.

Tuotannon aikaisten toimintojen pölypäästömallinnusten perusteella ohjearvoon verrattavat  $\text{PM}_{10}$ -pölyn vuorokausipitoisuudet ovat noin  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lähimpien kiinteistöjen kohdalla, joten toiminnan pölypäästöjen vaikutukset eivät todennäköisesti ylitä valtioneuvoston päätöksessä annettua  $\text{PM}_{10}$ -pitoisuuden ohjearvoa ( $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , kk:n toiseksi korkein vrk-pitoisuus).

Raja-arvoihin verrattavat (vuoden 36. korkeimmat) vuorokausipitoisuudet todennäköisesti rajoittuvat normaalituotannon aikana toiminta-alueelle ja merkittävimpien pölylähteiden läheisyyteen. Mallinnetussa toimintatilanteessa vuoden tarkastelujakson 36. korkeimmat vuorokausipitoisuudet lähimpien asuinrakennusten kohdalla olivat suurimmillaan noin  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eli noin 20 % vuorokauden raja-arvosta.

Tuotannon vakiinnuttua ja louhintasyvyyden kasvaessa toimintojen pölypäästömallinnusten perusteella raja-arvoon verrattavat  $\text{PM}_{10}$ -pölyn vuorokausipitoisuudet ovat selvästi alle vertailuarvon lähimpien kiinteistöjen kohdalla. Raja-arvoihin verrattavat (vuoden 36. korkeimmat) vuorokausipitoisuudet todennäköisesti rajoittuvat toiminta-alueelle ja merkittävimpien pölylähteiden läheisyyteen. Myöhäisemmän tuotantovaiheen pölypäästöihin vaikuttaa se, että mobiilimurskausta ei ole suunniteltu tehtäväksi rakentamisvaiheessa ja tuotantovaiheen alun jälkeen.

Leviämislaskelmien mukaan suunniteltujen toimintojen pölypäästöt voivat vaikuttaa ilmanlaatuun lähimpien kiinteistöjen kohdalla. Ilmanlaatuvaikutukset eivät todennäköisesti ylitä ilmanlaadun ohje- tai raja-arvoja, mutta poikkeustilanteissa, esim. puuskittaisen ja kovan tuulen sekä pitkän poutajakson aikana, voivat toiminnan aikaiset pölypäästöt ja pitoisuudet lyhytaikaisesti olla suurempia (vuorokausitasolla yli  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ja aiheuttaa viihtyvyyshaittaa, esim. pinnoilla tai lumessa näkyvänä kivipölynä.

Toiminnan vaikutukset lähimpien kiinteistöjen ulkoilman  $\text{PM}_{10}$ -pitoisuuden vuosikeskiarvoihin ovat leviämislaskelmien perusteella suhteellisen vähäiset, johtuen toiminnan päästöjen jaksottaisuudesta ja vaihtelusta sekä toimintojen ja kohteiden välisistä etäisyyksistä. Lähimmissä asuinalueissa, arvioitu toimintojen aiheuttama lisäys vuosikeskiarvoon on todennäköisesti alle 10 % vuoden raja-arvosta.

Pölyvien päästöjen viihtyvyyksivaikutusta arvioidaan laskeumatarkkailuna. Aiemmin ympäristövaikutusten arvioinnissa (2012) on tehty leviämismalli, jota voidaan pitää karkeasti suuntaa antavana. Tässä mallissa ei voitu todeta merkittäviä pitoisuuksien nousuja viihtyvyyksivaikutusten kannalta. Nyt laadittu pölyjen leviämismalli on tarkempi ja ottaa pölyn leviämisen kannalta tärkeimmät muutokset kaivoksen suunnitelmiin huomioon kuten suojavallin rakentamisen vaikutukset. Ympäristövaikutusten arvioinnin laatimisen aikana on silloisen hankevastaavan toimesta laskeumatarkkailua suoritettu Ruotsin Tapulin kaivoksella (Northland Mines Oy, Hannukaisen Kaivoshanke – Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2013). Tapulin kaivoksen laskeumatarkkailupisteiden sijainti vaihteli 2,7 km ja 7,6 km välillä, joissa todettiin kaivoksen toiminnasta aiheutuneen laskeuman olleen taustapitoisuuksien kanssa samoissa pitoisuuksissa. Sama tilanne arvioidaan esiintyvän myös Hannukaisen kaivoksen kohdalla.

Lahdessa 20. päivänä joulukuuta 2017.

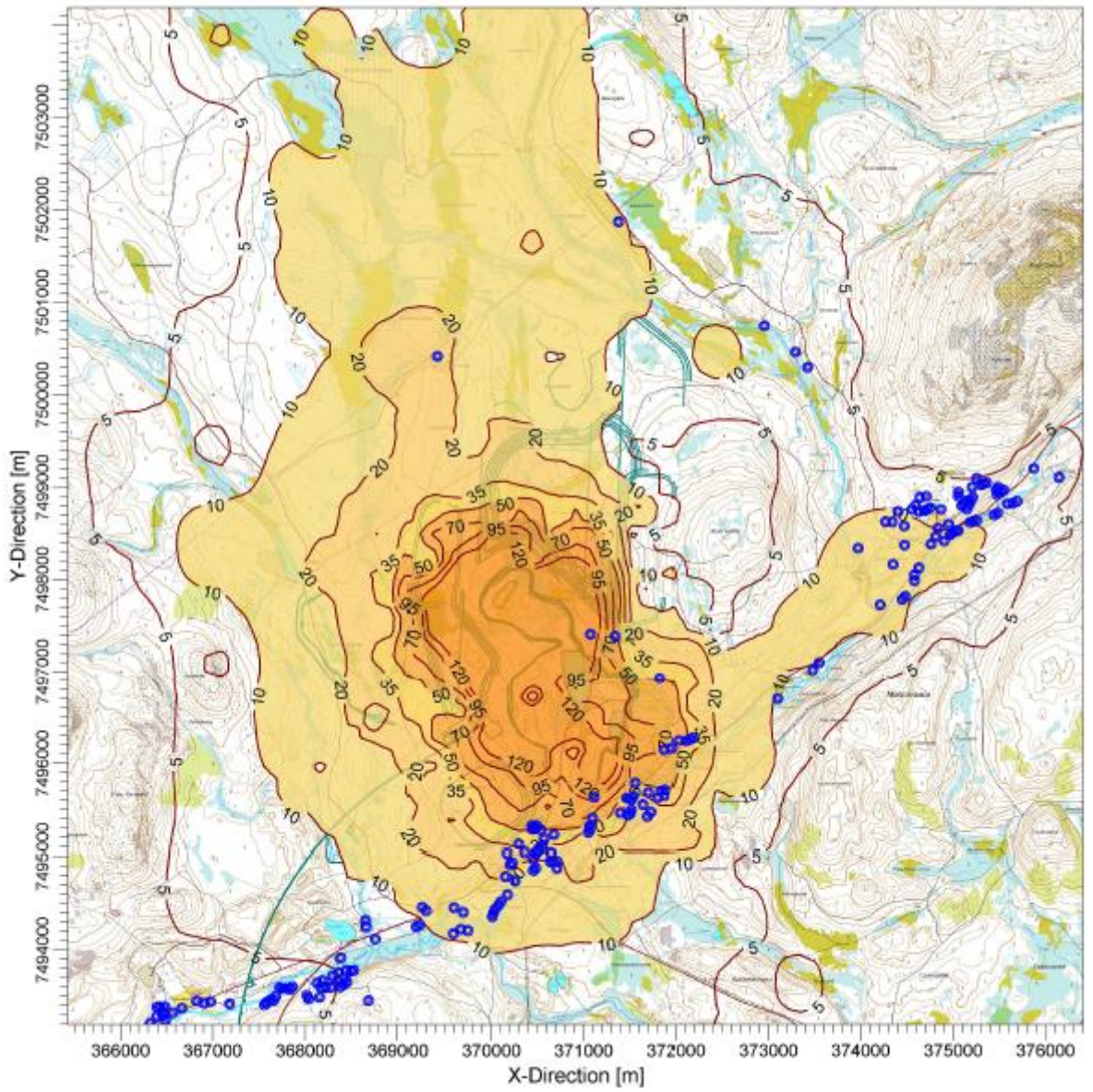
RAMBOLL FI NLAND OY

Nathan Gaasenbeek  
Projektipäällikkö

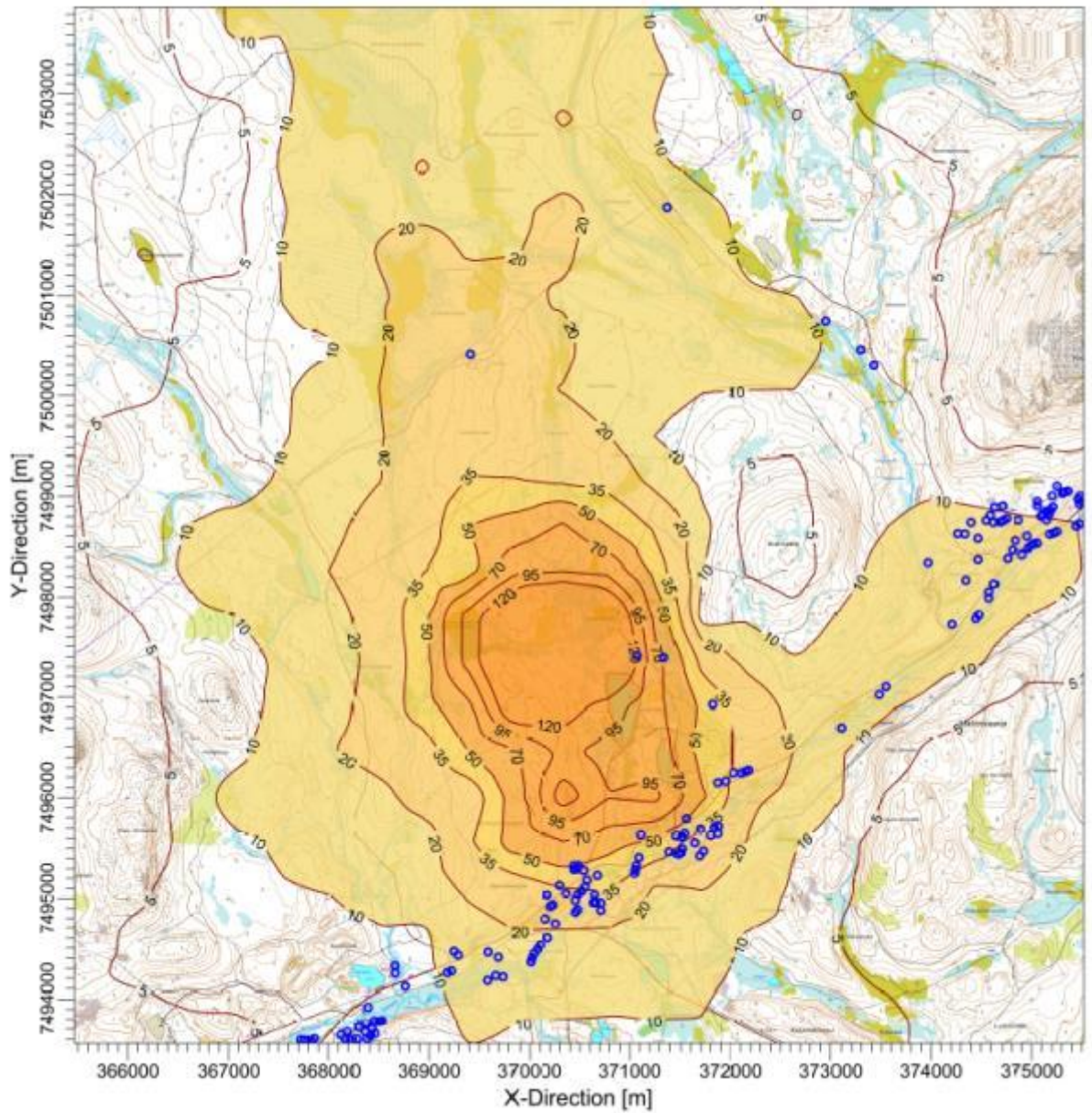
Eerik Järvinen  
FM, Yksikön päällikkö



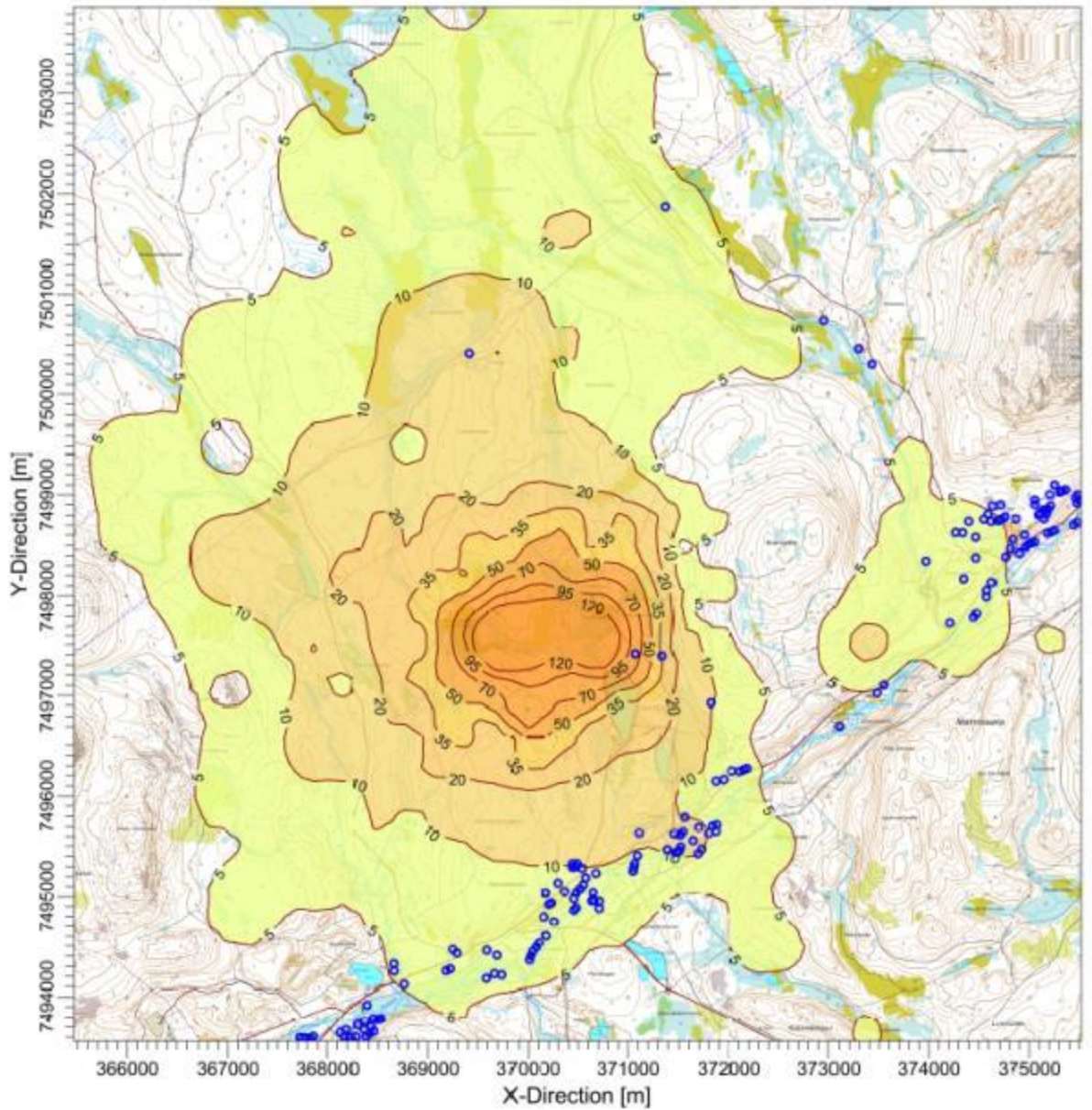
Liite 1: Hannukaisen kaivosalueen rakentamisen aiheuttamat vuoden korkeimmat vuorokausipitoisuudet (PM<sub>10</sub>, µg/m<sup>3</sup>).



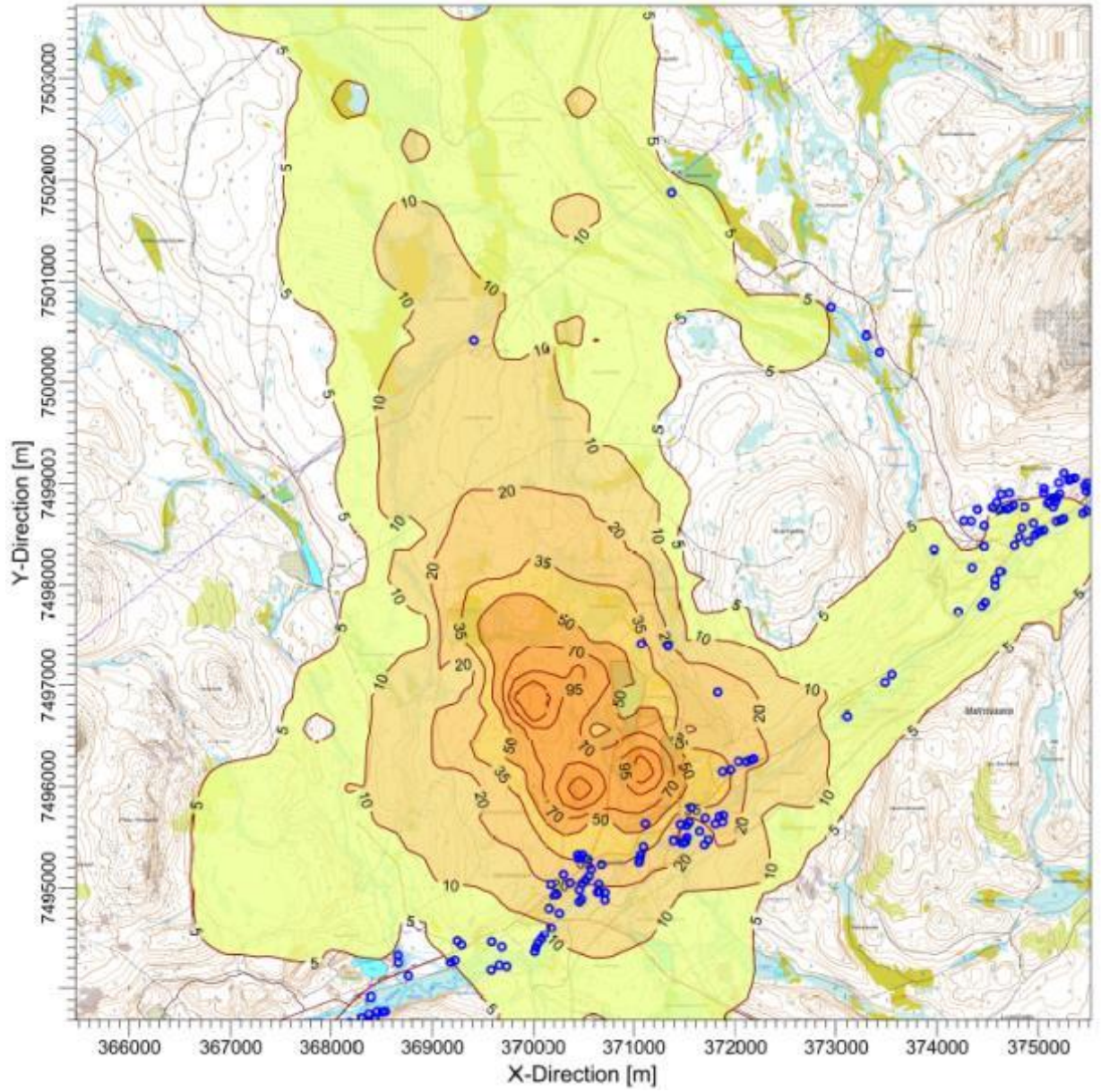
Liite 2: Hannukaisen kaivostoimintojen aiheuttamat korkeimmat vuorokausipitoisuudet (PM<sub>10</sub>, µg/m<sup>3</sup>).



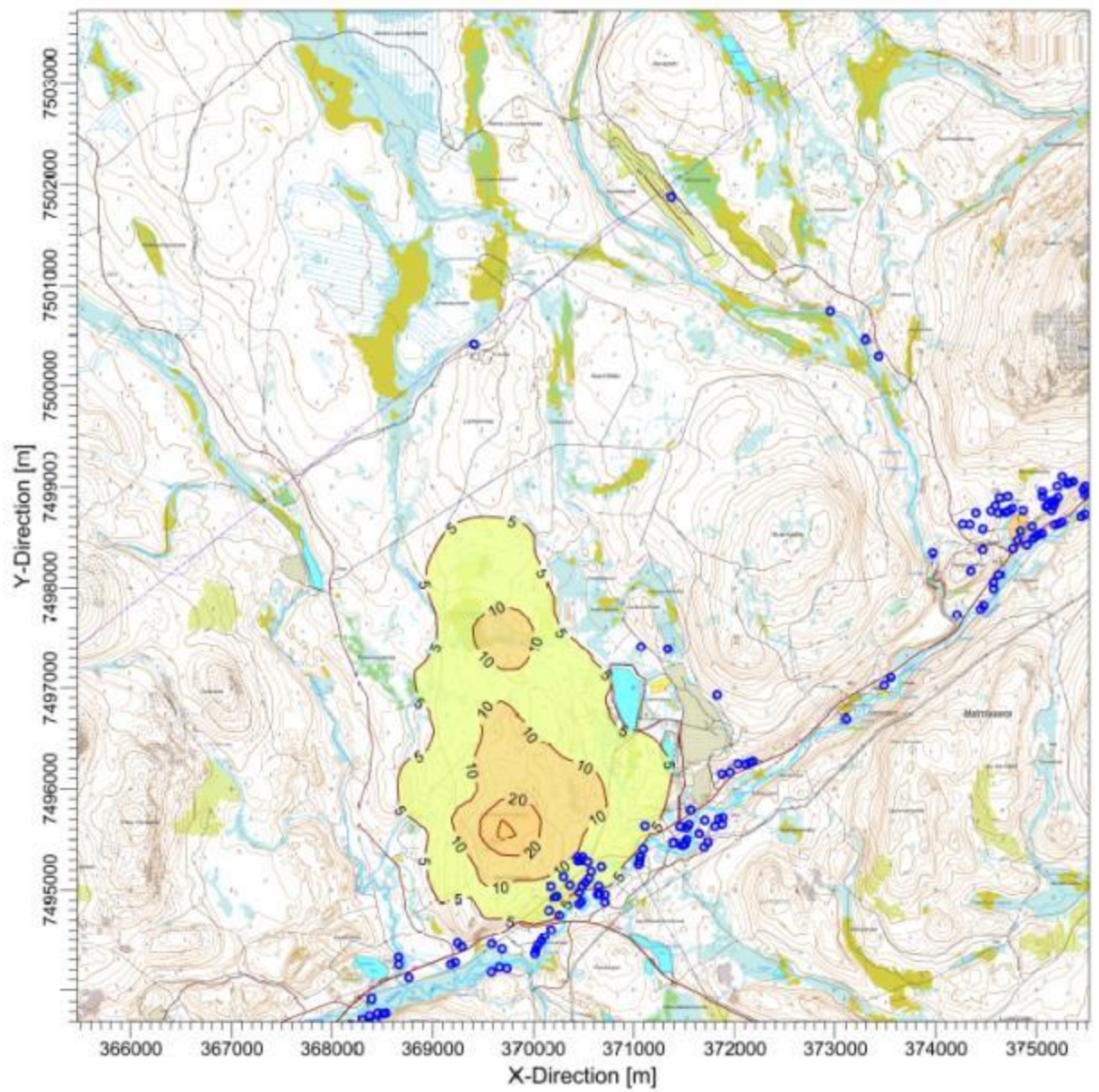
Liite 3: Mobiilimurskauksen ja siihen liittyvien toimintojen aiheuttamat korkeimmat vuorokausipitoisuudet ( $PM_{10}$ ,  $\mu g/m^3$ ).



Liite 4: Kuljetusreittien aiheuttamat korkeimmat vuorokausipitoisuudet (PM<sub>10</sub>, µg/m<sup>3</sup>).



Liite 5: Sivukivialueen aiheuttamat korkeimmat vuorokausipitoisuudet ( $PM_{10}$ ,  $\mu g/m^3$ ).



Liite 6: Avolouhoksen aiheuttamat korkeimmat vuorokausipitoisuudet (PM<sub>10</sub>, µg/m<sup>3</sup>).

