

Liite 5

Afry Finland Oy

Ilmanpäästöjen leviämismallinnus Inkoon
terästehtaalle

Yhteyshenkilö
Pentti, Elias
Puhelin
+358505706800
Sähköposti
elias.pentti@afry.com

Pvm
28.10.2024
Projektiviite
101021533

Asiakas
Blastr Green Steel

Ilmapäästöjen leviämismallinnus Inkoon terästehtaalle

AFRY Finland Oy

Pentti, Elias

Sisältö

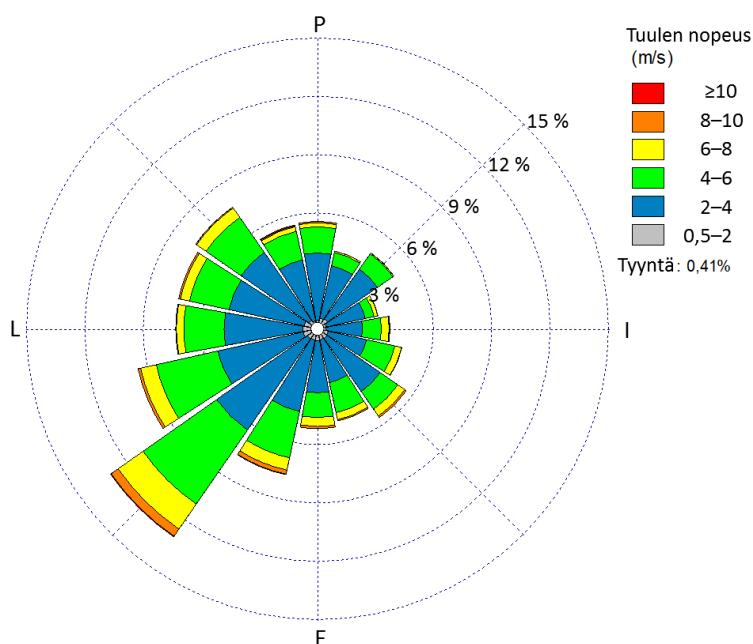
1	Johdanto	4
2	Leviämismallinnus	4
3	Tulokset	10
3.1	Typen oksidit	10
3.2	Rikkidioksidi	15
3.3	Lyijy	20
3.4	Elohopea	23
3.5	Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	26
3.5.1	Pitoisuudet rakentamisen aikana	26
3.5.2	Pitoisuudet toiminnan aikana	30
4	Johtopäätöksiä	35
	Lähteet	36

1 Johdanto

Blastr Green Steel Oy suunnittelee Inkoon Joddböleen veden elektrolyysiin perustuvaa vedyn tuotantolaitosta ja terästehtasta, jossa valmistettaisiin teräslopputuotteita vetypelkistetyistä rautasienestä ja kierrätetystä metalliromusta. Tässä raportissa kuvataan tehdashankkeen ympäristövaikutusten arviointia varten tehty ilmapäästöjen leviämismallinnus. Mallinnuksella tarkasteltiin terästehtaan toiminnan aikaisista ilmapäästöistä merkittävimmiksi arvioidut typen oksidit, rikkidioksidi, lyijy, elohopea ja kiinteät hengitettävät hiukkaset sekä rakentamisen aikaiset pölypäästöt. Tuloksena saatuja epäpuhtauksien pitoisuuksia ilmassa maanpinnan lähellä verrattiin Suomen ilmanlaatuasetuksessa (79/2017) säädettyihin raja-arvoihin, ja elohopean tapauksessa raja-arvojen puuttuessa luonnolliseen taustapitoisuuteen.

2 Leviämismallinnus

Ilmapäästöjen leviämismallinnus tehtiin Yhdysvaltojen ympäristönsuojeluviraston (U.S. Environmental Protection Agency) kehittämällä AERMOD-laskentaohjelmalla ja sitä soveltavalla AERMOD View -käyttöliittymällä (Lakes Software). AERMOD-mallinnuksessa oletetaan päästöjen leviävän ilmacehässä 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 määräämissä reseptoripisteissä. Tässä työssä käytettiin Lakes Softwarin toimittamaa, mallinnusalueelle laskettua vuosien 2020–2022 maanpinnan ja ilmacehän ylempien osien sääaineistoa. Kuvassa 1 on esitetty tuulen suunta- ja nopeusjakauma tarkastelualueella tuuliruusun muodossa. Tutkimusalueella ovat vallitsevia lounais- ja länsituulet. Vähiten esiintyi idän ja koillisen puoleisia tuulia.



Kuva 1. Tuulen suunta- ja nopeusjakauma tarkastelualueella vuosina 2020–2022 tuuliruusun muodossa.

Malliin määritettiin tehdasalueelle suunnitellut rakennukset kaikkein matalimpia lukuun ottamatta kolmiulotteisina, ilmapäästöjen leviämiseen vaikuttavina kappaleina. Ne on esitetty kuvan 2 kartassa. Maanpinnan topografia perustuu Maanmittauslaitoksen korkeusmalliin, jonka ruutukoko on 10 m × 10 m. Korkeusmallia muokattiin maanpinnan suunnitellun tasoituksen (ks. kartta) mukaisesti niin, että varsinaisen tehdasalueen korkeuspisteet asetettiin 13 metriin ja satama-alueen itäisen laajennuksen pisteet 3 metriin. Tehtaan luoteispuolella sijaitsevan kaatopaikka-alueen korkeutta muokattiin niin, että yli 15 metrin korkeudella olevat pisteet laskettiin 15 metriin ja alle 11,5 metrin korkeudella olevat nostettiin 11,5 metriin. Kolmiulotteinen näkymä mallinnetusta tehdasalueesta on kuvassa 3.

Epäpuhtauksien alueellisen jakauman laskentaa varten määritettiin säännöllinen suorakulmainen reseptoripisteverkko, jonka koko oli 100 × 100 pistettä ja ruutukoko 100 m × 100 m, eli verkon koko yhteensä 9,9 km × 9,9 km. Paikalliseen väestöön kohdistuvien vaikutusten kannalta erityisen merkittäviin paikkoihin, kuten tehtaan lähialueen asuintalojen ja loma-asutuksen sekä Inkoon keskustassa sijaitsevien Kirkkolahden koulun ja Knattebon päiväkodin kohdalle, asetettiin vielä yhteensä 19 erillistä reseptoripistettä (taulukko 1). Säännöllisen reseptoriverkon kattama alue ja erillisten reseptoripisteiden sijainnit on merkitty kuvan 4 karttaan. Karttaan on korostettu myös mallinnusalueella olevat luonnonsuojelualueet, joista laskenta-alueen eteläreunalla oleva Elisaaren ja Rövassin lehtoalue kuuluu Natura 2000 -verkostoon.



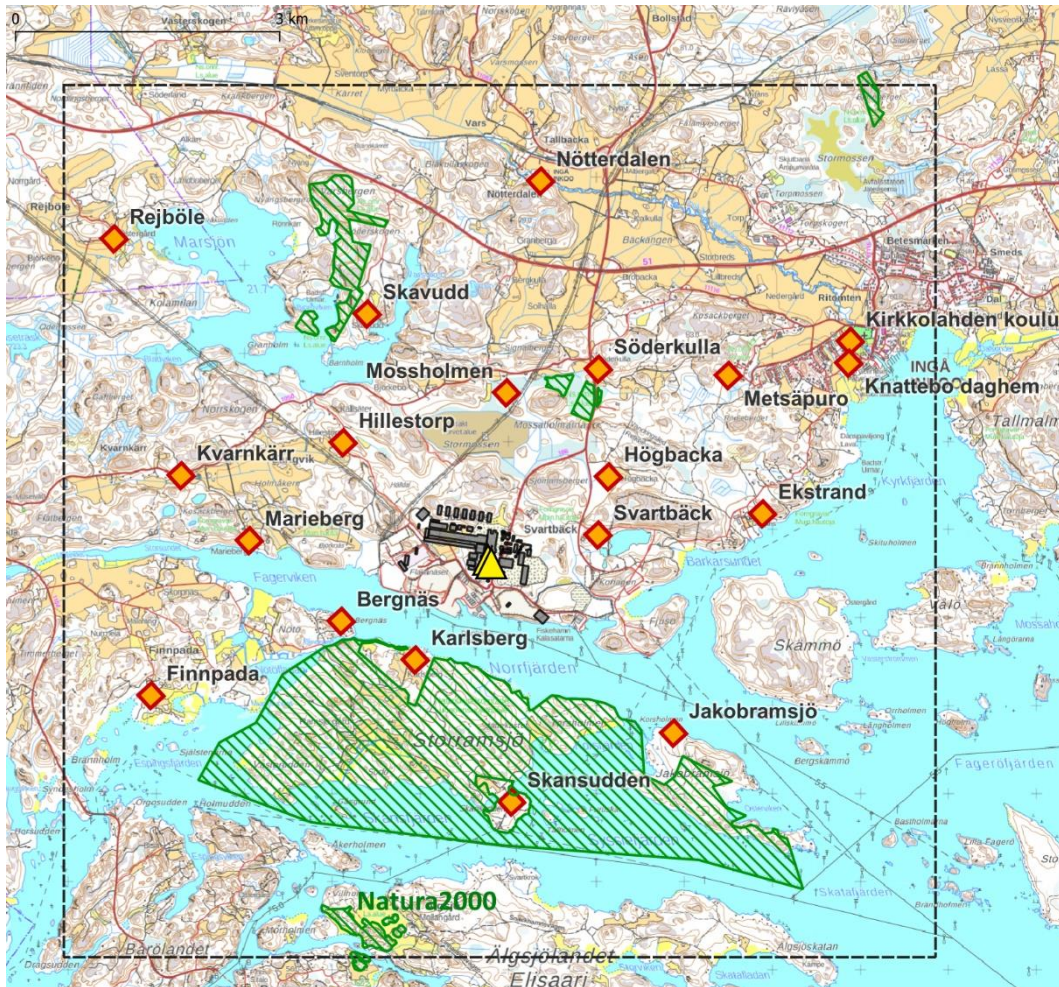
Kuva 2. Ilmapäästöjen leviämismalliin viedyt suunnitellut rakennukset (tummanharmaalla) ja tasoitettavaksi suunnitellut alueet (ruskealla, lopulliset maastonkorkeudet merkitty). Päästölähteinä olevat kaksi piippua on merkitty keltaisilla kolmioilla. Karttapohja: Maanmittauslaitoksen maastokartta.



Kuva 3. Ilmapäästöjen leviämismalliin kolmiulotteisina kappaleina määritetyt tehdasalueen rakennukset (harmaa) ja päästölähteinä käytetyt piiput (punainen). Näkymä lounaasta kohti Inkoon keskustaa.

Taulukko 1. Mallin erilliset reseptoripisteet.

Sijainti TM35FIN)		Nimi	Tyyppi	Etäisyys päästö- lähteistä (km)
X (m)	Y (m)			
330016	6657942	Svartbäck	talo	1,3
327122	6658990	Hillestorp	talo	2,1
328976	6659556	Mossholmen	talo	1,9
330135	6658601	Högbacka	talo	1,7
327941	6656523	Karlsberg	talo	1,4
326056	6657878	Marieberg	talo	2,7
330020	6659824	Söderkulla	talo	2,5
332882	6660140	Kirkkolahden koulu	koulu	4,8
332863	6659893	Knattebo daghem	päiväkoti	4,7
331885	6658183	Ekstrand	talo	3,1
331496	6659752	Metsäpuro	asuinalue	3,4
325282	6658616	Kvarnkärr	talo	3,6
329366	6661960	Nötterdalen	kylä	4,4
327100	6656963	Bergnäs	loma-asuntoja	1,8
324940	6656119	Finnpada	kylä	4,1
329036	6654910	Skansudden	loma-asuntoja	2,7
330874	6655692	Jakobramsjö	loma-asuntoja	2,9
327395	6660450	Skavudd	leirikeskus	3,1
324521	6661304	Rejböle	kylä	5,6



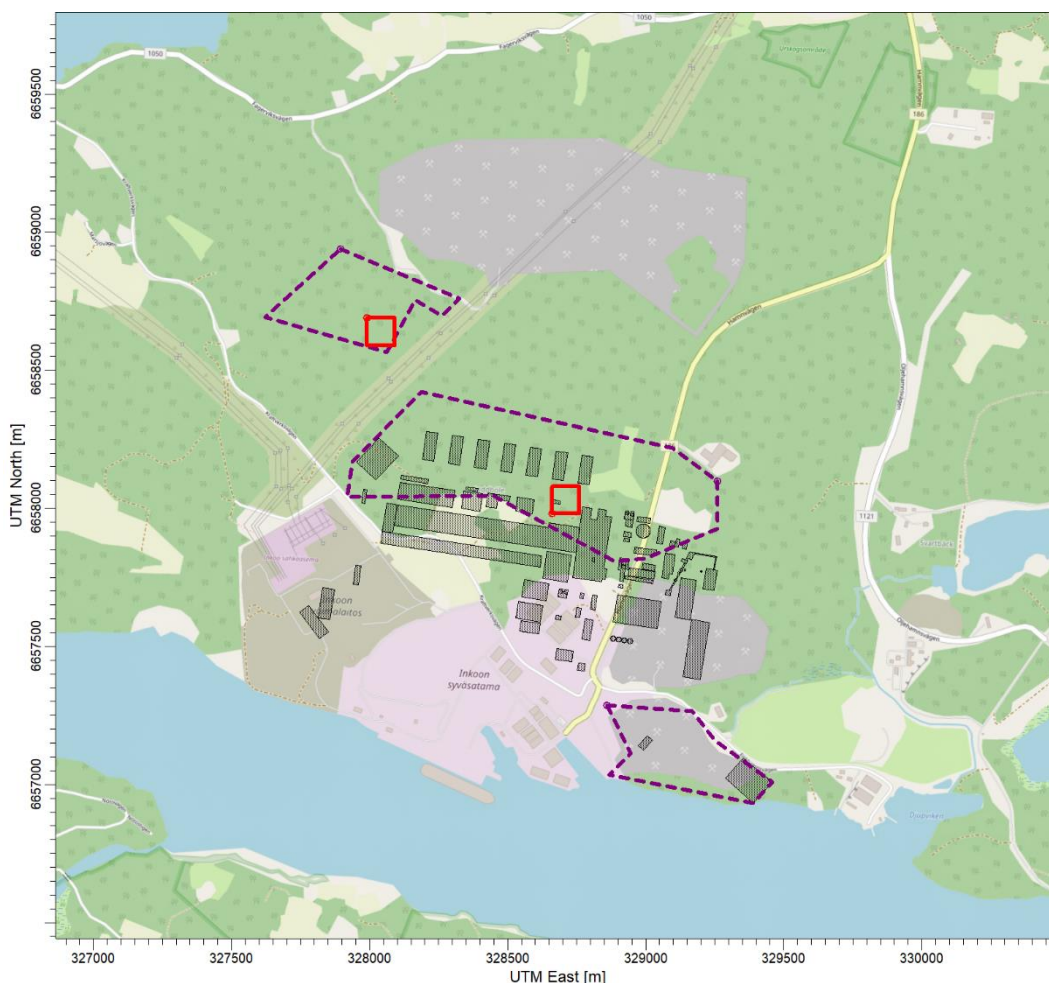
Kuva 4. Ilmapäästöjen leviämismallinnuksessa tarkasteltu alue: laskentaverkon reunat (musta katkoviiva), suunnitellut tehdasalueen rakennukset (harmaa), päästölähteinä käytettyjen kahden piipun sijainnit (keltaiset kolmiot), mallin erilliset reseptoripisteet Inkoon alueella ja Raaseporin Rejbolessä (punakeltaiset vinoneliöt) ja luonnonsuojelualueet (vihreä viivoitus). Karttapohja: Maanmittauslaitoksen maastokartta.

Terästehtaan toiminnan aikaisten päästöjen mallinnuksessa käytettiin päästölähteinä kahta piippua, joista valtaosa tehtaan päästöistä ilmakehään vapautuu. Päästölähteiden mallinnusparametrit on esitetty taulukossa 2. Lyijyn ja elohopean vuosipäästöt muutettiin päästönopeuksiksi olettamalla, että laitoksen vuotuinen toiminta-aika on 7 502 h.

Taulukko 2. Päästölähteiden mallinnusparametrit. Lihavoidut luvut ovat mallinnusta varten toimitettuja lähtötietoja ja päästönopeudet (g/s) on laskettu kaasun virtauksista, pitoisuuksista ja vuosipäästöistä.

	Piippu 1 "Main EAF Stack"	Piippu 2 "Material handling stack"
Korkeus (m)	50	50
Sisähalkaisija (m)	8	3
Kaasun lämpötila (°C)	75	30
Kaasun virtaus (m ³ _N /h)	2 750 000	300 000
SO ₂ -pitoisuus (mg/m ³ _N)	17	17
SO ₂ :n päästönopeus (g/s)	13,0	1,42
NO _x -pitoisuus (mg/m ³ _N)	28	28
NO _x :n päästönopeus (g/s)	21,4	2,3
PM ₁₀ -pitoisuus (mg/m ³ _N)	5	5
PM ₁₀ :n päästönopeus (g/s)	3,8	0,4
Lyijypäästöt (kg/a)	150	0
Lyijyn päästönopeus (g/s)	0,0056	0
Elohopeapäästöt (kg/a)	yhteensä 20	
Elohopean päästönopeus (g/s)	6,7×10 ⁻⁴	7,3×10 ⁻⁵

Rakentamisen ajan päästöjen mallinnuksessa tarkasteltiin pölypäästöjä (PM₁₀), joita muodostuu alueen tasoittamisesta ja louhitun kiviaineksen murskauksesta. Näistä toiminnoista aiheutuvien päästöjen arvioiminen on hyvin epätarkkaa. Murskauksen päästönopeutta arvioitiin Geologian Tutkimuskeskuksen MINERA-hankkeen loppuraportin perusteella (GTK 2011). Raportin mukaan kostean malmin murskauksesta (sis. esi-, väli- ja hienomurskauksen ja murskeen siirrot ja kuljetuksen) muodostuu PM₁₀-päästöjä yhteensä 0,028 kg/t. Murskauslaitoksen tuotanto on luokkaa 150–400 t/h, joten PM₁₀-päästönopeuden voi arvioida olevan 4,2–11,2 kg/h eli 1,17–3,11 g/s. Mallinnettavaksi murskausaseman jatkuvaksi päästönopeudeksi valittiin tältä vaihteluväliltä 2 g/s. Mallinnuksessa oletettiin kaksi murskausasemaa, joista kumpikin kuvattiin 100 m × 100 m kokoisena aluelähteenä. Niiden lisäksi tehtaan rakentamista varten louhimalla ja kaivamalla tasoitettavat alueet määritettiin päästölähteiksi kallion poraamisen ja louhinnan, paljaan sora- ja kalliopinnan pölyämisen sekä alueella tapahtuvan liikenteen aiheuttaman pölyämisen kuvaamiseksi. Murskausasemien oletetut sijainnit ja mallinnetut pölyävät alueet on esitetty kuvassa 5. Pölyäviä alueita oli mallissa kolme: luoteessa kaatopaikan alueella (ala 12,7 ha), itse tehtaan alueen pohjoisosassa (45,6 ha) ja satamassa (12 ha). Näiden alueiden PM₁₀-päästöparametreiksi asetettiin 2×10⁻⁷ g/(m²s), joten alueiden pinta-aloilla kerrottuna päästönopeudet ovat 0,0254 g/s, 0,0912 g/s ja 0,024 g/s, yhteensä noin 0,14 g/s. Päästöparametri perustuu kahden kaivoskohteen YVA-menettelyjä varten tehdyissä pölyn leviämismallinnuksissa sivukivi- ja avolouhosalueille käytettyihin parametreihin (Keliber 2020 ja Sotkamo 2024).



Kuva 5. Rakentamisen ajan pölypäästöjen mallinnuksessa oletetut päästölähteet: kahden murskausaseman oletetut sijainnit merkitty punaisilla neliöillä ja louhimalla tai kaivamalla tasoitettavien alueiden rajat violetilla katkoviivalla.

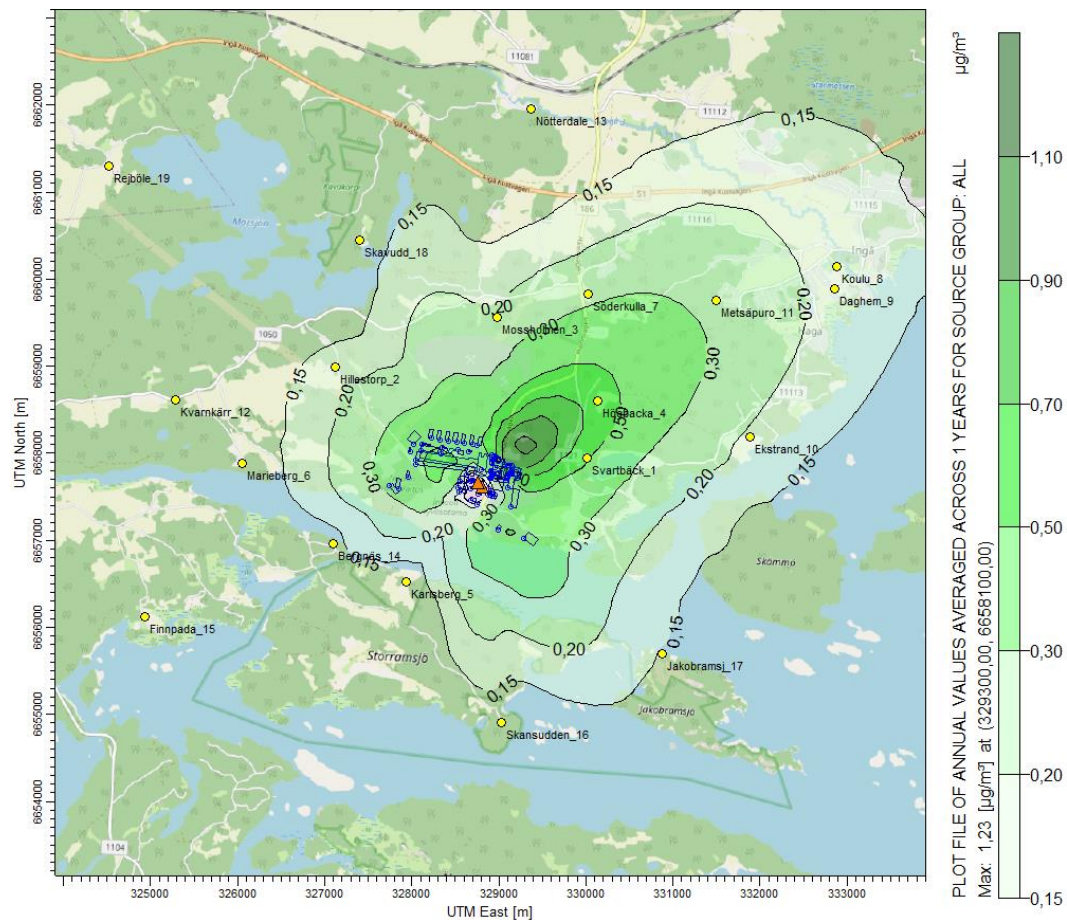
3 Tulokset

3.1 Typen oksidit

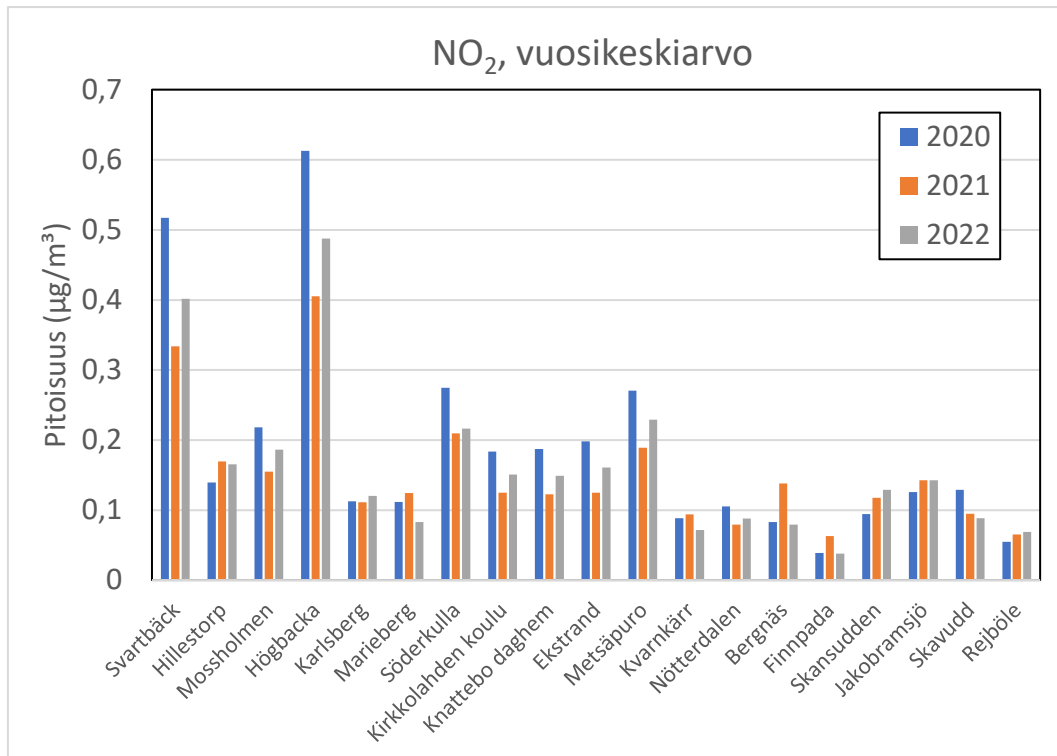
Ilmanlaatuasetuksessa (79/2017) määrätään typpidioksidille NO_2 kaksi raja-arvoa: pitoisuuden vuosikeskiarvolle $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja tuntikeskiarvolle $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, josta kuitenkin sallitaan 18 ylitystä kalenterivuoden aikana. Lisäksi kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi säädetään typen oksidien (NO_x) vuosikeskiarvolle kriittinen taso $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jota sovelletaan rakennetun ympäristön ulkopuolella olevilla alueilla, kuten luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla.

Mallinnuksessa oletettiin typen oksidien (NO_x) pitoisuuden olevan $28 \text{ mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ kummastakin piipusta purkautuvassa kaasussa, jolloin päästönopeudet ovat $21,4 \text{ g/s}$ piipusta 1 ja $2,3 \text{ g/s}$ piipusta 2. Mallinnusohjelma laskee NO_2 -pitoisuuden ilmassa ottamalla huomioon sen osuuden päästöistä ja muiden typen oksidien muuntumisen typpidioksidiksi kulkeutumisen aikana. Kuva 6 esittää laskennallisen NO_2 -pitoisuuden vuosikeskiarvon jakauman mallinnetulla alueella. Esitetty luku on saatu valitsemalla jokaisessa laskentapisteessä suurin kalenterivuoden keskiarvo kolmesta simuloidusta

vuodesta. Kuva 7 esittää pylväsdiagrammina NO₂-pitoisuuden vuosikeskiarvot erillisissä reseptoripisteissä kaikilta kolmelta simuloidulta vuodelta. Tulosten mukaan NO₂-pitoisuuden suurimmat vuosikeskiarvot ovat noin 1–1,2 µg/m³ alueella, joka on noin 0,5–1 km piipuista koilliseen. Muissa suunnissa keskiarvopitoisuus on alle 0,5 µg/m³ kaikilla etäisyyksillä. Reseptoripisteistä lähimpänä koillisessa sijaitsevista Svartbäckissä ja Högbäckassa vuosikeskiarvot vaihtelevat välillä 0,3–0,6 µg/m³, ja muissa pisteissä jäävät alle 0,3 µg/m³ kaikkina kolmena simuloituna vuonna. Pitoisuuden vuosikeskiarvo on siis kaikkialla mallinnetulla alueella korkeintaan 3 % ja reseptoripisteissä alle 2 % sille asetetusta raja-arvosta (40 µg/m³).

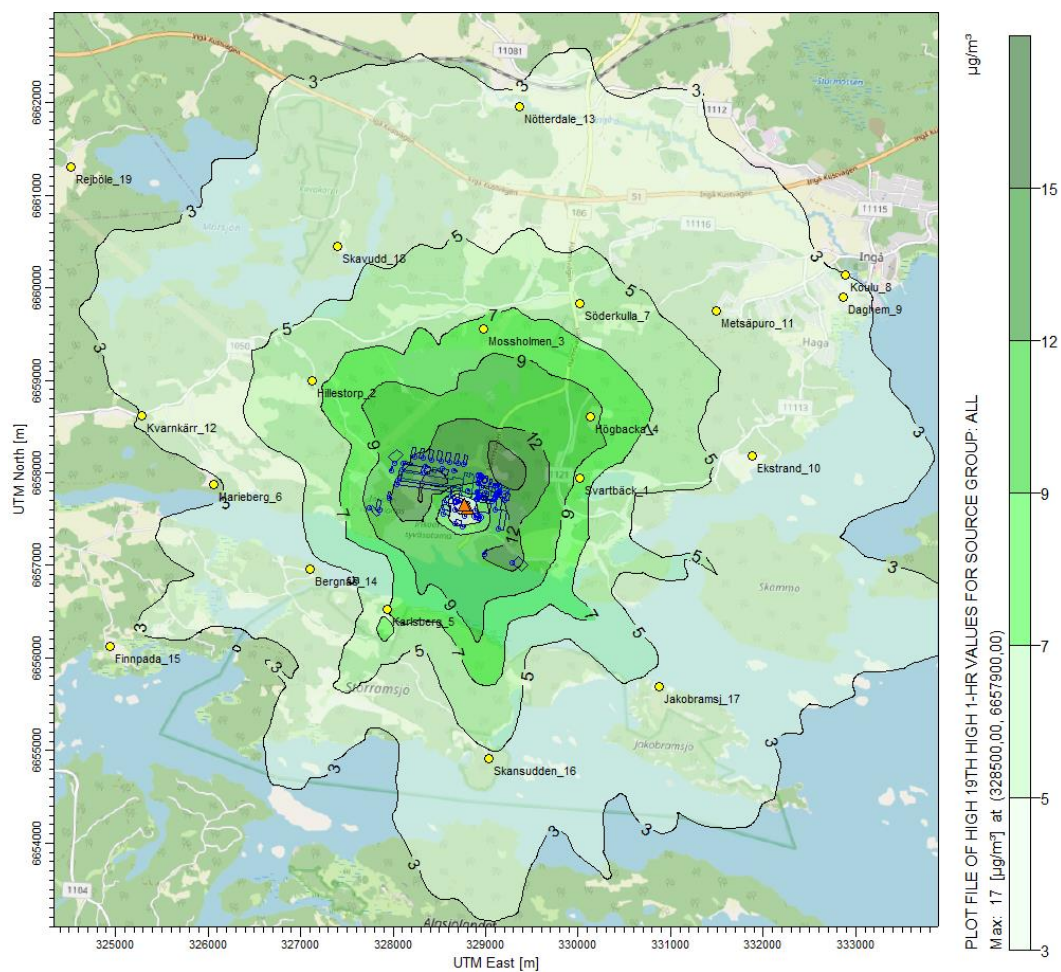


Kuva 6. Mallinnetun NO₂-pitoisuuden (µg/m³) suurimman vuosikeskiarvon alueellinen jakauma (raja-arvo 40 µg/m³).

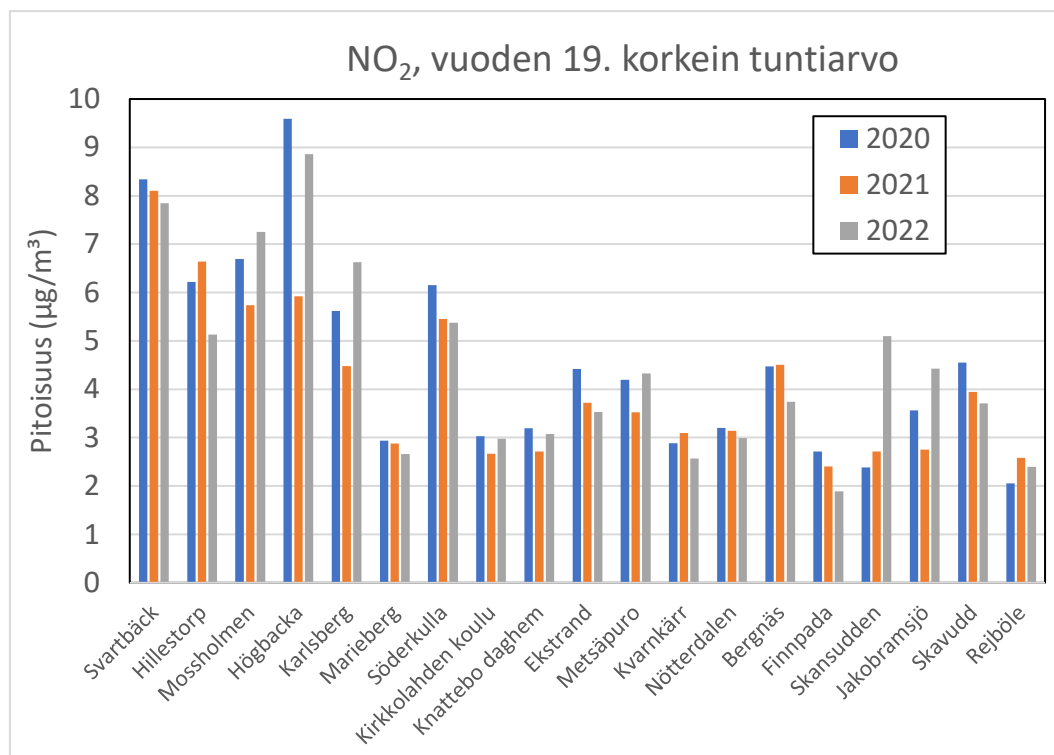


Kuva 7. Mallinnetut NO₂-pitoisuuden vuosikeskiarvot erillisissä reseptoripisteissä (raja-arvo 40 µg/m³).

Tuntikohtaisen pitoisuuden mallinnustulokset esitetään tarkastelemalla simuloitujen vuosien 19. korkeimmista arvoista laskentapisteittäin valittuja suurimpia arvoja. Näin saadaan arvo, jota voidaan suoraan verrata ilmanlaatuasetuksessa säädettyyn tuntikeskiarvon raja-arvoon, josta sallitaan 18 ylitystä vuodessa. Kuva 8 esittää tämän raja-arvoon verrannollisen tuntipitoisuuden jakauman mallinnusalueella, ja kuvan pylväsdiaagrammi vastaavat pitoisuudet erillisissä reseptoripisteissä. Tulosten mukaan tuntikohtainen arvo on suurimmillaan alle 1 km päässä piipuista koilliseen ja luoteeseen välillä 15–17 µg/m³, ja laskee siitä etäisyyden kasvaessa. Reseptoripisteistä suurimpia tuntikohtaisia arvoja (7–10 µg/m³) esiintyy lähimmillä pohjoisen ja idän välillä sijaitsevilla Svartbäckin, Mossholmenin ja Högbäckin pisteissä; kaukaisimmissa reseptoripisteissä tulos vaihtelee yleisesti välillä 2–5 µg/m³.

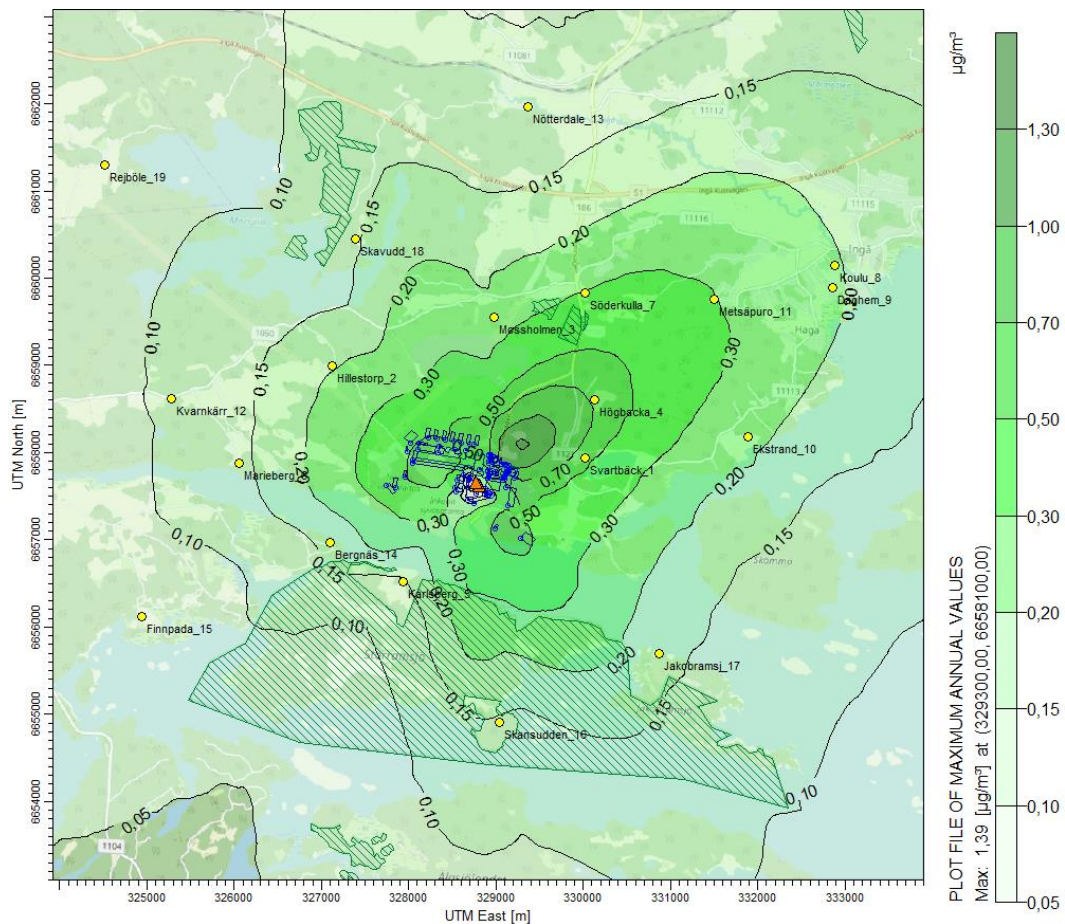


Kuva 8. Mallinnettu typpidioksidin tuntiraja-arvoon ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannollinen pitoisuus.



Kuva 9. Mallinnetut typpidioksidin tuntiraja-arvoon (200 µg/m³) verrannolliset pitoisuudet erillisissä reseptoripisteissä.

Kuva 10 esittää laskennallisen kaikkien typen oksidien (NO_x) pitoisuuden suurimman vuosikeskiarvon jakauman mallinnetulla alueella. NO_x-pitoisuudelle tehtiin erillinen laskenta, koska kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelun kannalta kriittinen taso on määritelty sen suhteen. Tulokset ovat hieman suurempia kuin edellä pelkälle typpidioksidille esitetyt: maksimi on nyt noin 1,4 µg/m³, joka saavutetaan noin 1 km piipuista koilliseen. Mallinnusalueen luonnonsuojelualueista vuosikeskipitoisuudet ovat suurimmat, 0,3–0,5 µg/m³, Söderkullan lounaispuolella n. 2 km suunnitellusta tehtaasta pohjoiskoilliseen sijaitsevilla alueilla. Storramsjön luonnonsuojelualueella mallinnettu vuosikeskipitoisuus vaihtelee lähimpänä suunniteltua tehdasta olevan pohjoisreunan noin 0,3 µg/m³:sta noin 0,1 µg/m³:aan alueen itäpäässä ja selvästi alle 0,1 µg/m³:aan länsipäässä. Mallinnusalueen luoteisosan luonnonsuojelualueella Marsjön-järven ja kantatie 51:n välissä mallinnettu vuosikeskipitoisuus on välillä 0,1–0,15 µg/m³, ja Elisaaren ja Rövassin lehtojen Natura 2000 -verkostoon kuuluvalla alueella mallinnusalueen eteläreunalla välillä 0,05–0,1 µg/m³. Typen oksidien pitoisuuden vuosikeskiarvo on siis kasvillisuuden kannalta kriittiseen tasoon (30 µg/m³) verrattuna kaikkialla mallinnetulla alueella alle 5 %, lähimmällä luonnonsuojelualueella alle 2 %, muilla luonnonsuojelualueilla selvästi alle 1 % ja lähimmällä Natura-alueella alle 0,5 %.



Kuva 10. Mallinnetun typen oksidien (NO_x) pitoisuuden ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) suurimman vuosikeskiarvon alueellinen jakauma (kasvillisuuden ja ekosysteemien kannalta kriittinen taso $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Mallinnusalueella sijaitsevat luonnonsuojelualueet on merkitty vihreällä vinoviivoituksella.

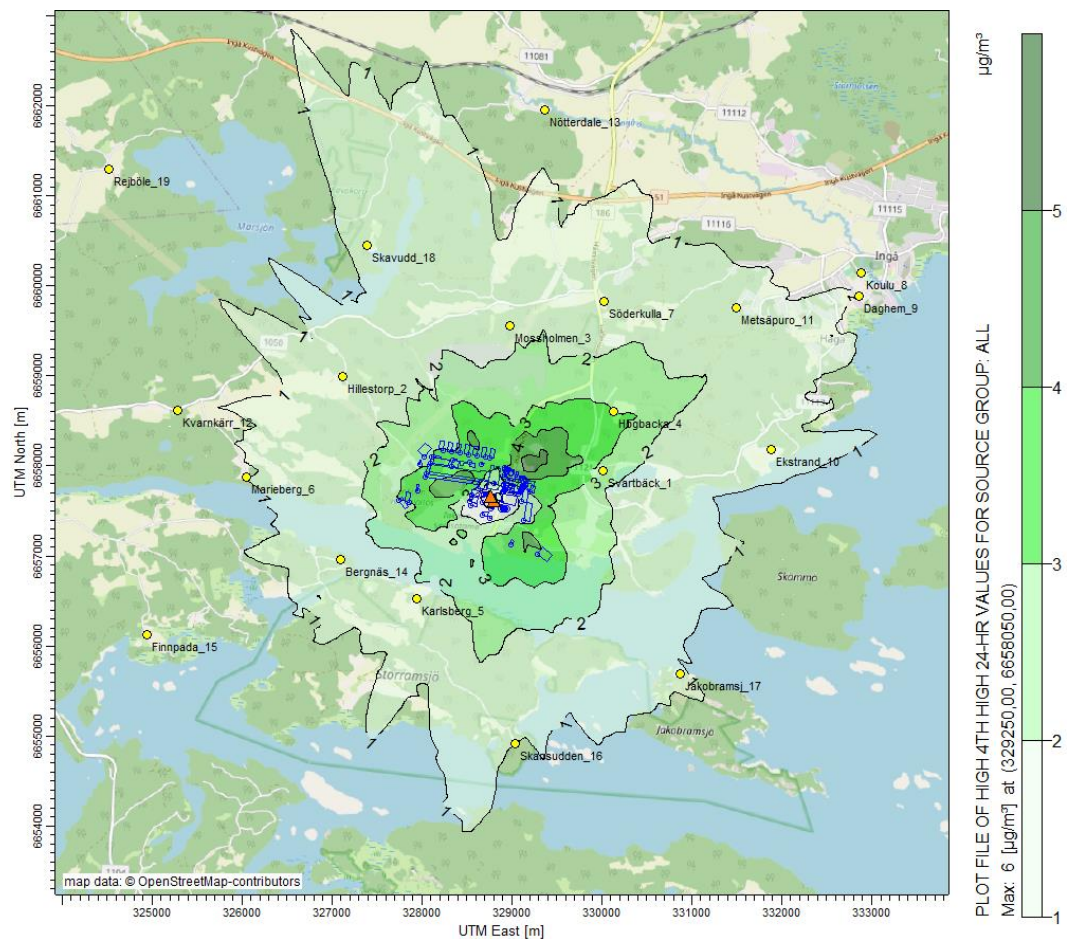
3.2 Rikkidioksidi

Ilmanlaatuasetuksessa (79/2017) määrätään rikkidioksidille (SO_2) kaksi raja-arvoa: pitoisuuden vuorokausikeskiarvolle $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, josta sallitaan kolme ylitystä kalenterivuoden aikana, ja tuntikeskiarvolle $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$, josta sallitaan 24 ylitystä kalenterivuoden aikana. Lisäksi kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi säädetään vuosikeskiarvolle ja talvikaudelle (lokakuun alusta maaliskuun loppuun) kriittinen taso $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jota sovelletaan rakennetun ympäristön ulkopuolella olevilla alueilla, kuten luonnonsuojelun kannalta merkityksellisillä alueilla.

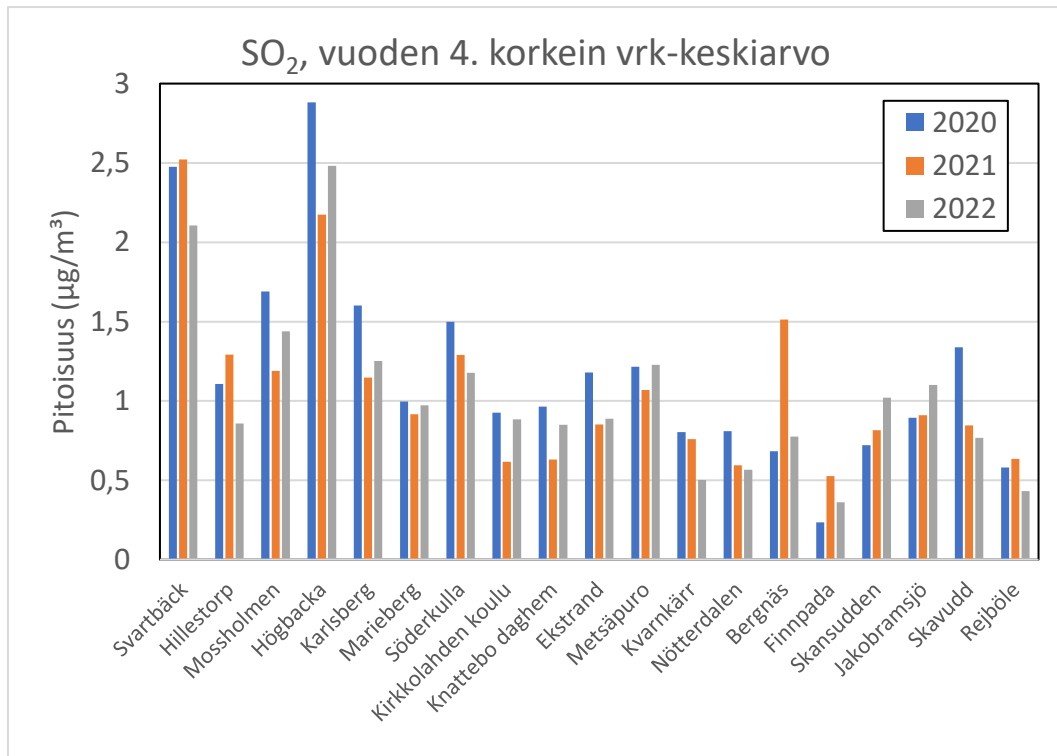
Mallinnuksessa oletettiin kummastakin piipusta purkautuvan kaasun rikkidioksidipitoisuudeksi $17 \text{ mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$, jolloin päästönopeudet ovat $13,0 \text{ g/s}$ piipusta 1 ja $1,42 \text{ g/s}$ piipusta 2.

Kuva 11 esittää SO_2 -pitoisuuden vuorokausikeskiarvon raja-arvoon verrattavan pitoisuuden alueellisen jakauman. Jokaisessa laskentahilan pisteessä esitetty luku on suurin simuloitujen kolmen vuoden 4. korkeimmista vuorokausikeskiarvoista. Kuvan pylväsdiaagrammi esittää simuloitujen vuosien 4. korkeimmat vuorokausikeskiarvot erillisille reseptoripisteille. Tulosten mukaan raja-arvoon verrattava pitoisuus on suurimmillaan $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alle 1 km etäisyydellä piipuista koilliseen, samalla alueella, jossa

myös mallinnettu typpidioksidipitoisuus on suurin. Reseptoripisteistä suurimmat arvot ovat välillä 2–3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Svartbäckissä ja Högbackassa, ja suurimmassa osassa pisteistä 0,5–1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

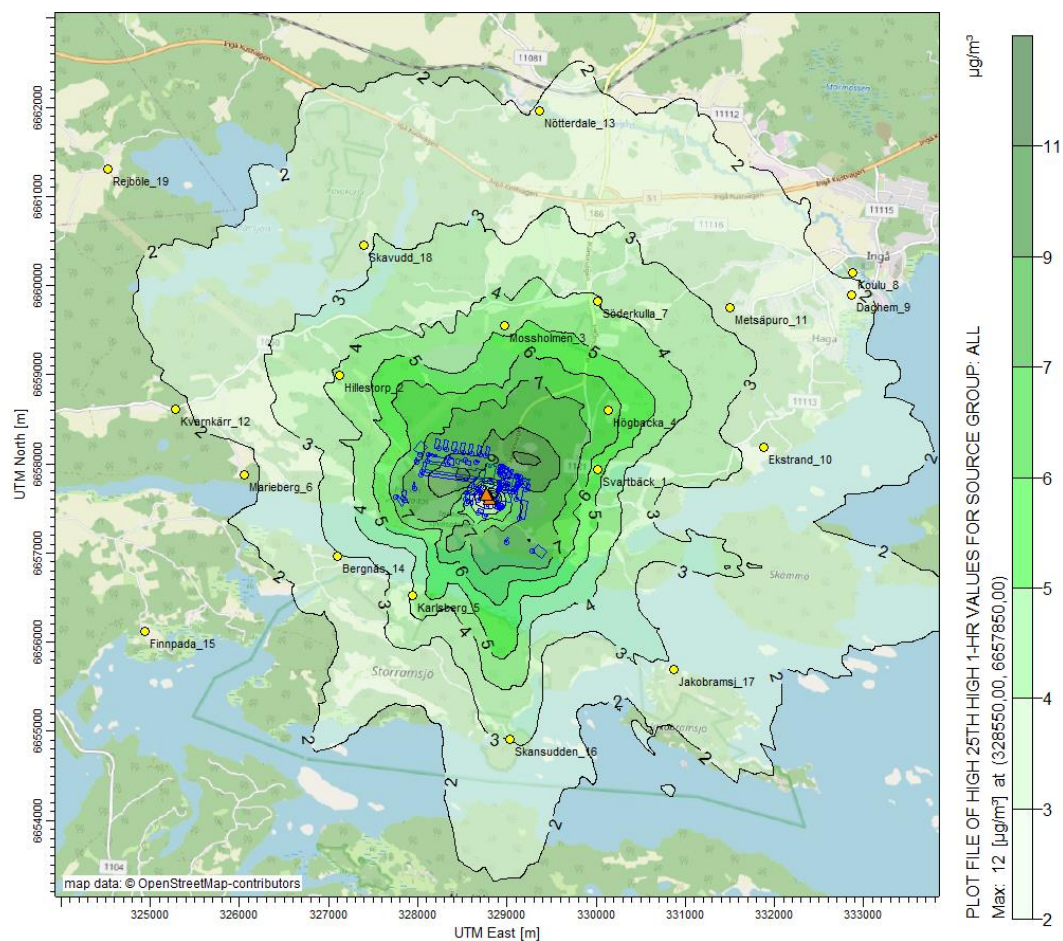


Kuva 11. Mallinnettu rikkidioksidin vuorokausiraja-arvoon (125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannollinen pitoisuus.

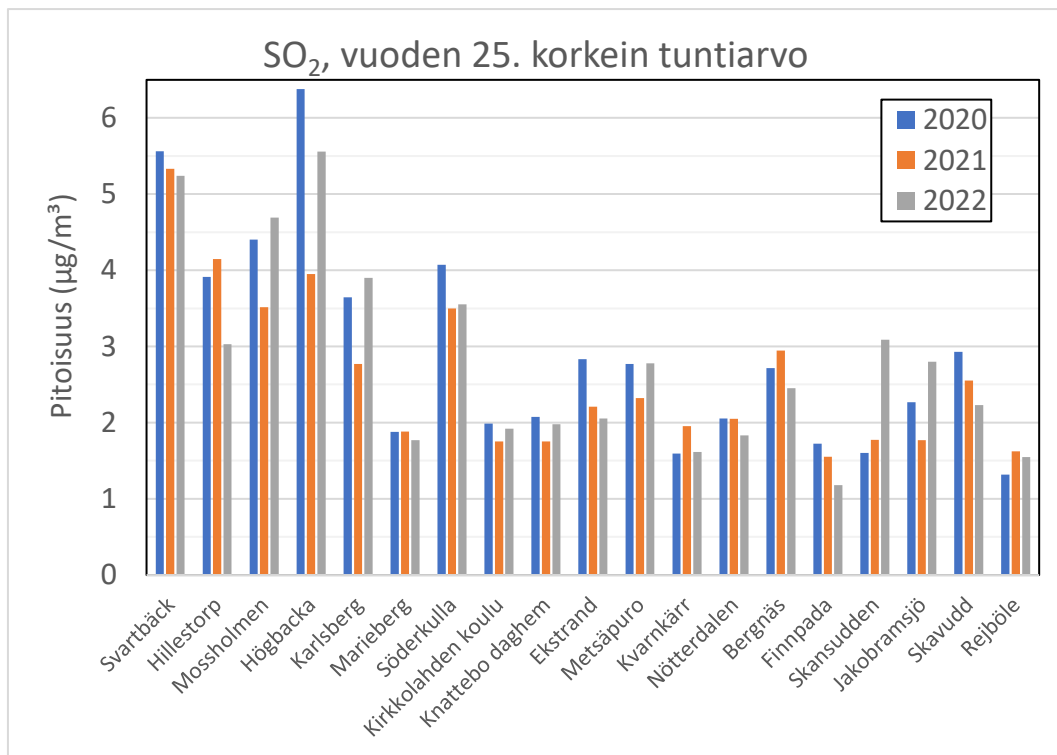


Kuva 12. Mallinnetut rikkidioksidin vuorokausiraja-arvoon (125 µg/m³) verrannolliset pitoisuudet erillisissä reseptoripisteissä.

Kuva 13 esittää SO₂-pitoisuuden tuntiakohtaiseen raja-arvoon verrattavan vuoden 25. korkeimman arvon alueellisen jakauman, ja kuvan 14 pylväsdiagrammi vuosittaiset 25. korkeimmat tunti-arvot erillisissä reseptoripisteissä. Pitoisuus on suurimmillaan 12 µg/m³ alle 1 km päässä piipuista koilliseen, ja reseptoripisteissä simuloidusta vuodesta ja pisteestä riippuen välillä 1–6,5 µg/m³. Tulos on siis alle 4 % raja-arvosta kaikkialla ja alle 2 % kaikissa reseptoripisteissä.

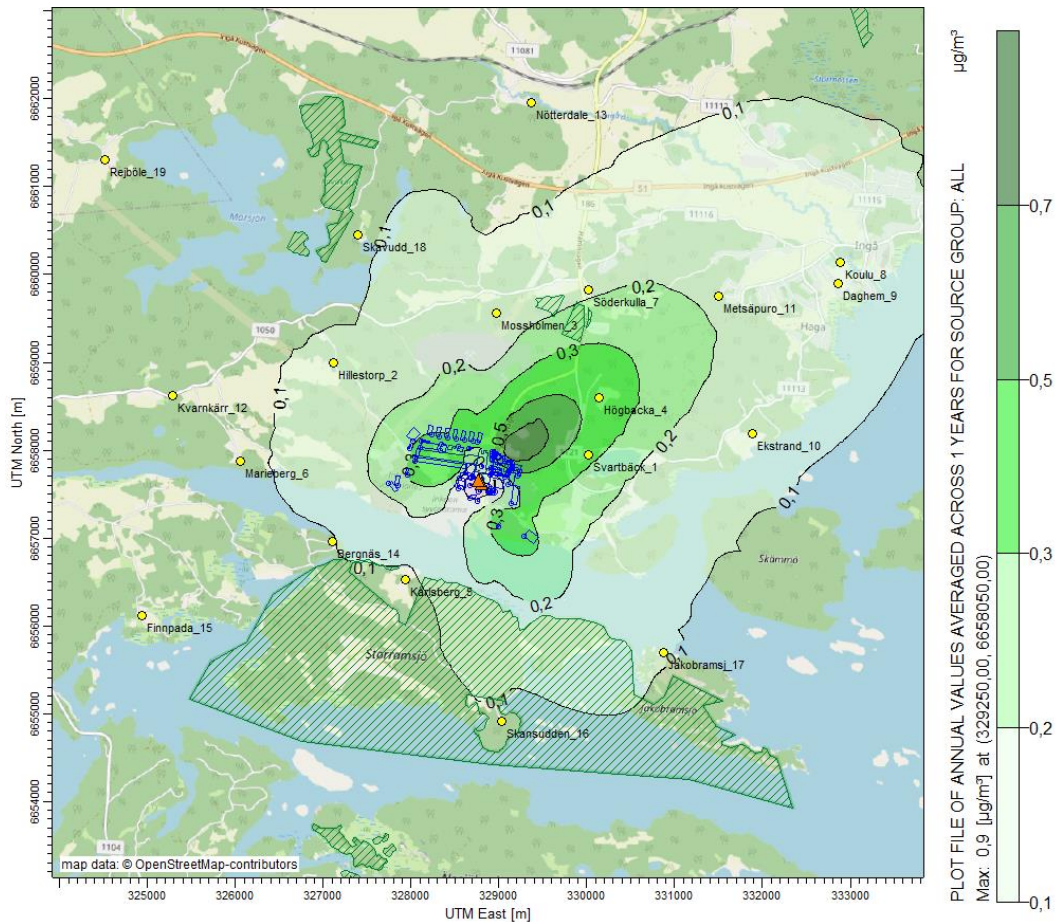


Kuva 13. Mallinnettu rikkidioksidin tuntiraja-arvoon ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannollinen pitoisuus.



Kuva 14. Mallinnetut rikkidioksidin tuntiraja-arvoon ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet erillisissä reseptoripisteissä.

Kuva 15 esittää SO₂-pitoisuuden vuosikeskiarvojen maksimin alueellisen jakauman kolmelta simuloidulta vuodelta. Se on kaikkialla alle $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja kaikilla mallinnusalueen luonnonsuojelualueilla alle $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi annettu rikkidioksidin kriittinen taso alittuu selvästi mallinnusalueen eteläreunassa sijaitsevilla luonnonsuojelualueilla.



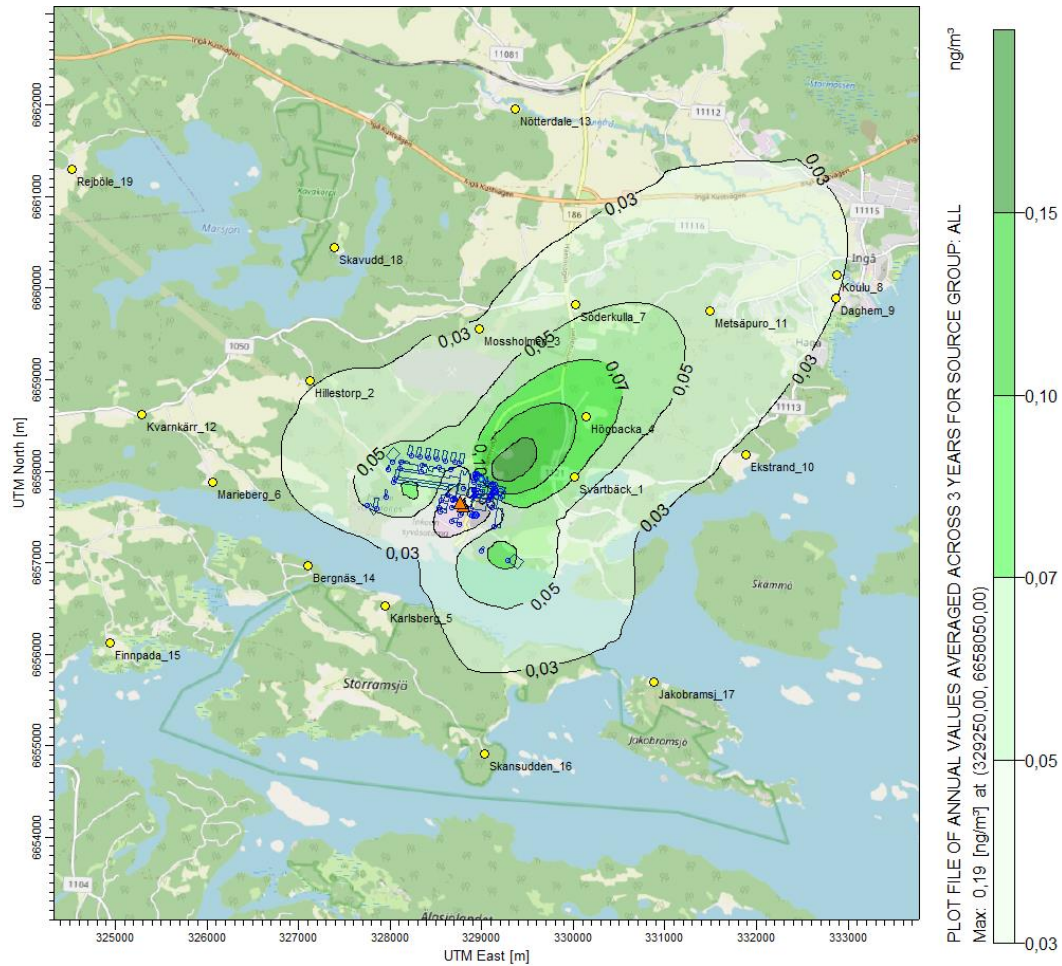
Kuva 15. Mallinnettu SO_2 -pitoisuuden korkeimman vuosikeskiarvon alueellinen jakauma (kriittinen taso $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Mallinnusalueella sijaitsevat luonnonsuojelualueet on merkitty vihreällä vinoviivoituksella.

3.3 Lyijy

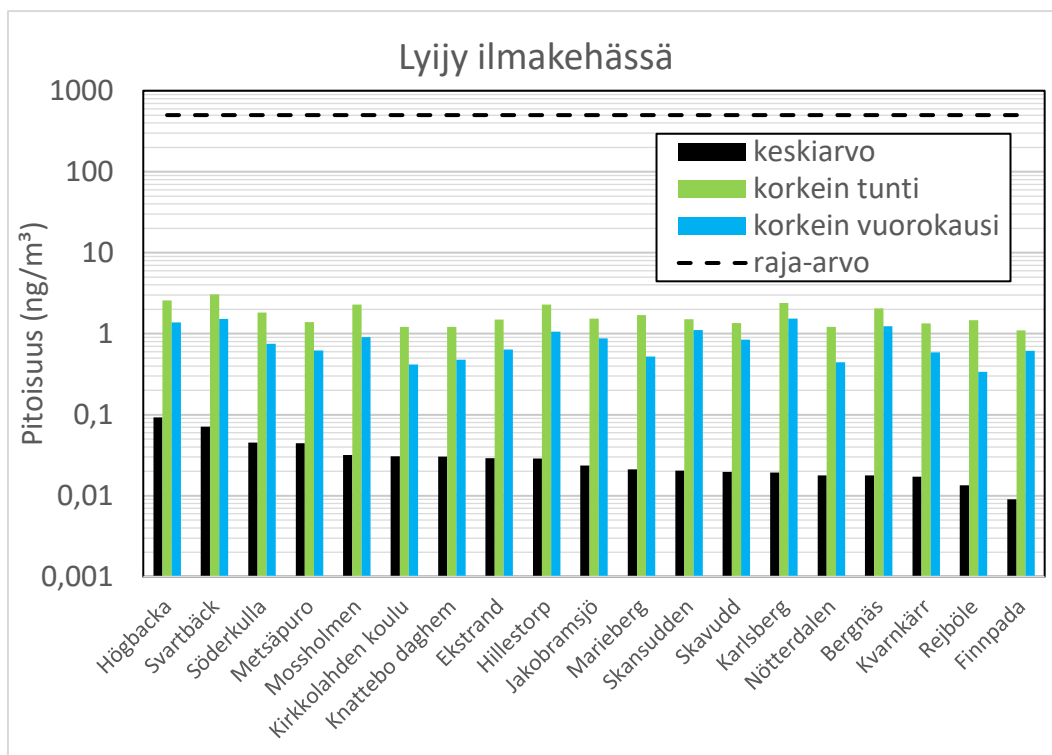
Ilmanlaatuasetuksessa määrätään lyijypitoisuudelle raja-arvo $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($500 \text{ ng}/\text{m}^3$), joka koskee kalenterivuoden ajalta laskettua keskiarvoa. Lyijypäästöiksi oletettiin mallinnuksessa $150 \text{ kg}/\text{a}$, joka vastaa päästönopeutta $0,0056 \text{ g}/\text{s}$ piipusta 1.

Kuva 16 esittää mallinnuksen tuloksena saadun ilman lyijypitoisuuden kolmen vuoden keskiarvon alueellisen jakauman, ja kuva 17 korkeimman vuorokausikeskiarvon jakauman. Kuvan 18 pylväsdigrammi esittää erillisissä reseptoripisteissä lasketut pitoisuuden kolmen vuoden keskiarvot ja korkeimmat vuorokausi- ja tuntikeskiarvot. Tulosten mukaan tehtaan päästöistä johtuva keskimääräinen pitoisuuden nousu on suurimmillaan noin $0,2 \text{ ng}/\text{m}^3$ piippujen koillispuolella noin $0,5\text{--}1 \text{ km}$ etäisyydellä ja kaikissa erillisissä reseptoripisteissä alle $0,1 \text{ ng}/\text{m}^3$. Vuorokausikeskiarvon suurimpia arvoja välillä $10\text{--}18 \text{ ng}/\text{m}^3$ esiintyy tehdasalueella alle 150 m etäisyydellä piippujen koillispuolella, kun reseptoripisteiden korkeimmat vuorokausikeskiarvot ovat välillä $0,3\text{--}1,6 \text{ ng}/\text{m}^3$ ja korkeimmat tuntikohtaiset arvot väliltä $1,1\text{--}3,1 \text{ ng}/\text{m}^3$. Ilmanlaatuasetuksen raja-arvoon verrattava lyijypäästöjen vaikutus on siis kaikkialla selvästi alle tuhannesosa sallitusta, ja lyhyelläkin aikavälillä pitoisuus nousee

tehdasalueella korkeintaan muutamaan prosenttiin ja sen ulkopuolella alle prosenttiin raja-arvosta.



Kuva 16. Mallinnettu ilman lyijypitoisuuden (ng/m^3) korkeimman vuosikeskiarvon alueellinen jakauma (raja-arvo 500 ng/m^3).

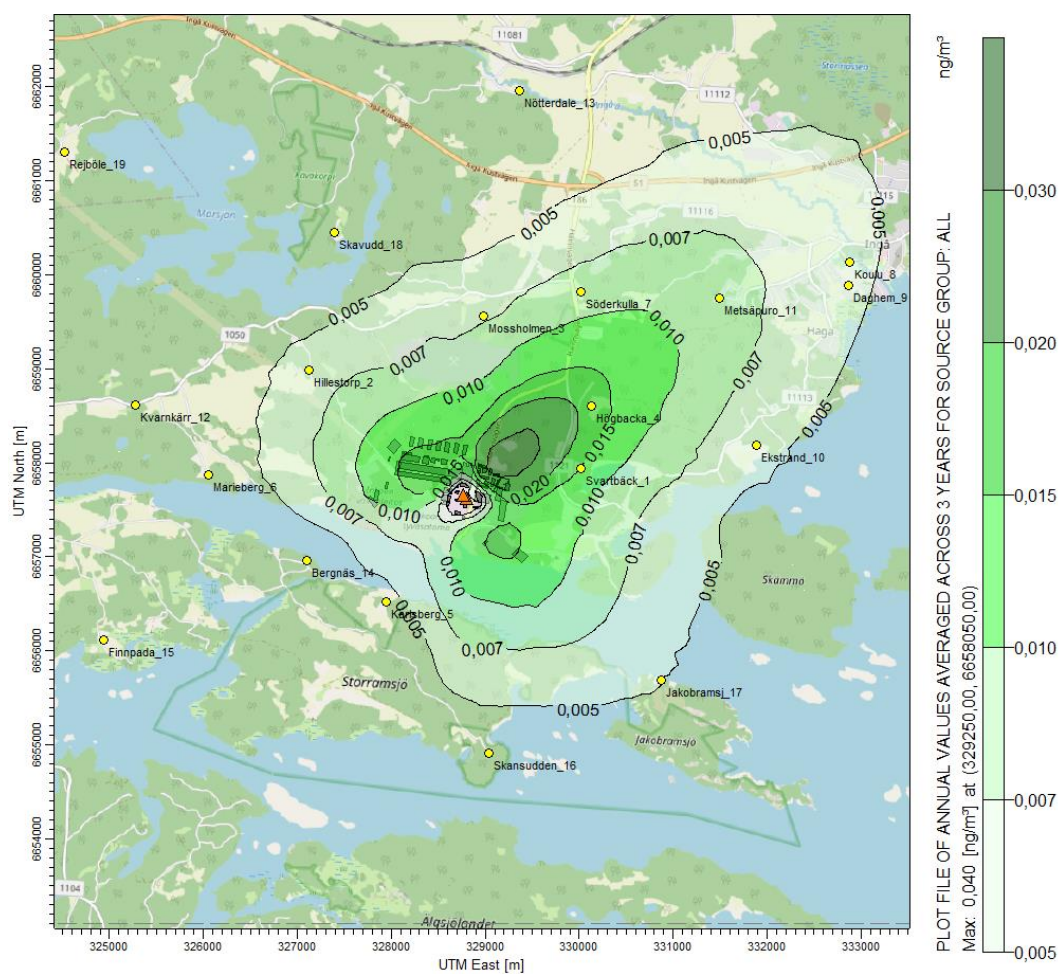


Kuva 18. Mallinnetut ilman lyijypitoisuuden keskiarvot ja korkeimmat tunti- ja vuorokausikeskiarvot erillisissä reseptoripisteissä sekä lyijypitoisuudelle säädetty raja-arvo. Pitoisuudet (ng/m³) on esitetty logaritmisella asteikolla.

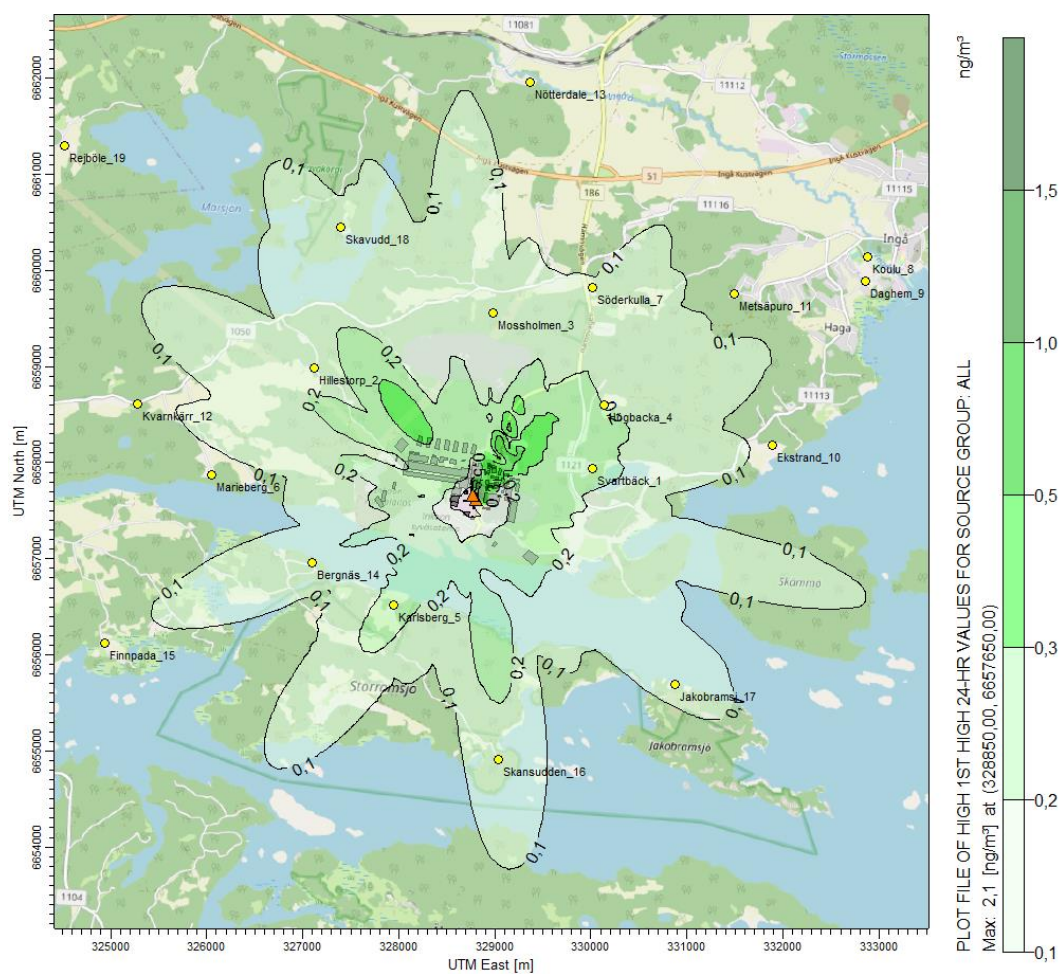
3.4 Elohopea

Ilmanlaatuasetuksessa ei säädetä raja-arvoa elohopean pitoisuudelle ulkoilmassa. Mallintamalla laskettua elohopeapäästöistä johtuvan pitoisuuden nousun merkitystä voi arvioida vertaamalla sitä taustapitoisuuden mittauksiin (Sprovieri et al. 2018), joiden mukaan pohjoisella pallonpuoliskolla ilmakehän elohopeapitoisuus on keskimäärin 1,5 ng/m³. Elohopean päästöiksi oletettiin mallinnuksessa yhteensä 20 kg/a, joka vastaa päästönopeuksia $6,7 \times 10^{-4}$ g/s piipusta 1 ja $7,3 \times 10^{-5}$ g/s piipusta 2.

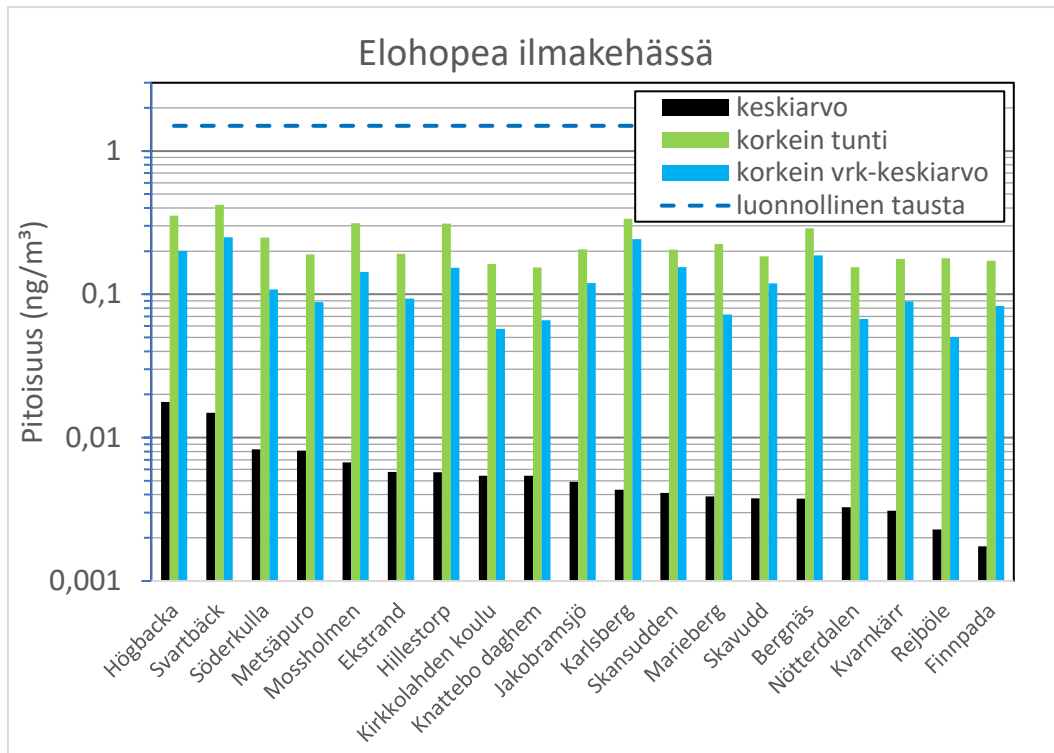
Kuva 19 esittää mallinnuksen tuloksena saadun ilman elohopeapitoisuuden kolmen vuoden keskiarvon alueellisen jakauman, ja kuva 20 korkeimman vuorokausikeskiarvon jakauman. Kuvan 21 pylväsdiaagrammi esittää erillisissä reseptoripisteissä lasketut pitoisuuden kolmen vuoden keskiarvot ja korkeimmat vuorokausi- ja tuntikeskiarvot. Tulosten mukaan tehtaan päästöistä johtuva keskimääräinen pitoisuuden nousu on suurimmillaan noin 0,04 ng/m³ piippujen koillispuolella noin 0,5–1 km etäisyydellä, reseptoripisteistä Högbäckassa ja Svartbäckissä alle 0,02 ng/m³ ja kaikissa muissa alle 0,01 ng/m³. Korkeimmat vuorokausikeskiarvot ovat tehdasalueella hieman yli 2 ng/m³ ja reseptoripisteissä 0,05–0,25 ng/m³, ja korkeimmat tuntikohtaiset pitoisuudet reseptoripisteissä 0,15–0,45 ng/m³. Päästöjen keskimääräinen vaikutus ilman elohopeapitoisuuteen on siis kaikkialla alle 3 % taustapitoisuudesta. Lyhytaikaisesti pitoisuus voi nousta piippujen lähellä noin kaksinkertaiseksi ja lähimmissä reseptoripisteissä 30 % taustaan verrattuna.



Kuva 19. Mallinnettu ilman elohopeapitoisuuden (ng/m^3) kolmen vuoden keskiarvon alueellinen jakauma.



Kuva 20. Mallinnettu ilman elohopeapitoisuuden (ng/m^3) korkeimman vuorokausikeskiarvon alueellinen jakauma kolmen vuoden simulaation ajalta.



Kuva 21. Mallinnetut ilman elohopeapitoisuuden keskiarvot ja korkeimmat tunti- ja vuorokausi-keskiarvot erillisissä reseptoripisteissä sekä luonnollinen taustapitoisuus. Pitoisuudet (ng/m³) on esitetty logaritmisella asteikolla.

3.5 Hengitettävät hiukkaset (PM₁₀)

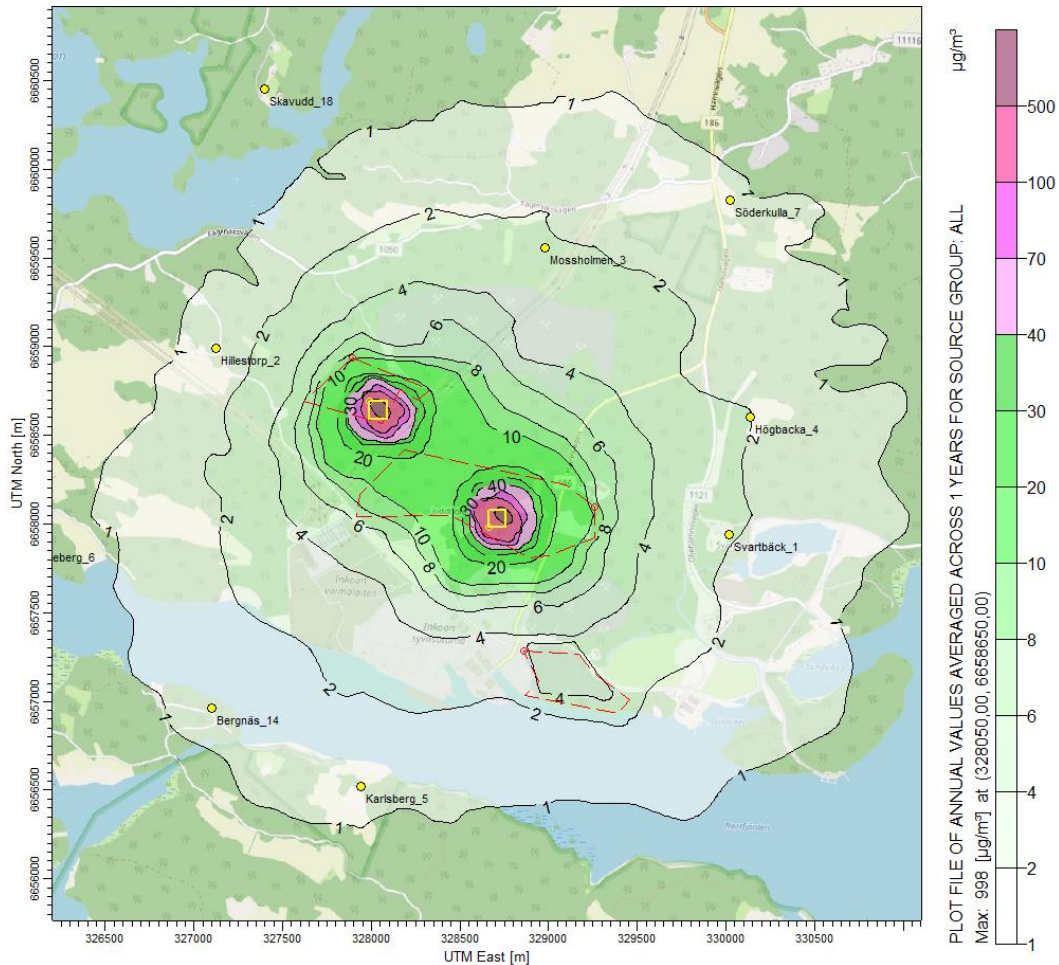
Hengitettävillä hiukkasilla (PM₁₀) tarkoitetaan kiinteitä partikkeleita, joiden halkaisija on korkeintaan 10 mikrometriä. Ne ovat riittävän pieniä, jotta ne voivat päätyä hengitysilman mukana alempiin hengitysteihin asti. Ilmanlaatuasetuksessa määrätään hengitettävien hiukkasten pitoisuudelle kaksi raja-arvoa: pitoisuuden vuosikeskiarvolle 40 µg/m³, ja vuorokausikeskiarvolle 50 µg/m³, josta kuitenkin sallitaan 35 ylitystä kalenterivuoden aikana.

3.5.1 Pitoisuudet rakentamisen aikana

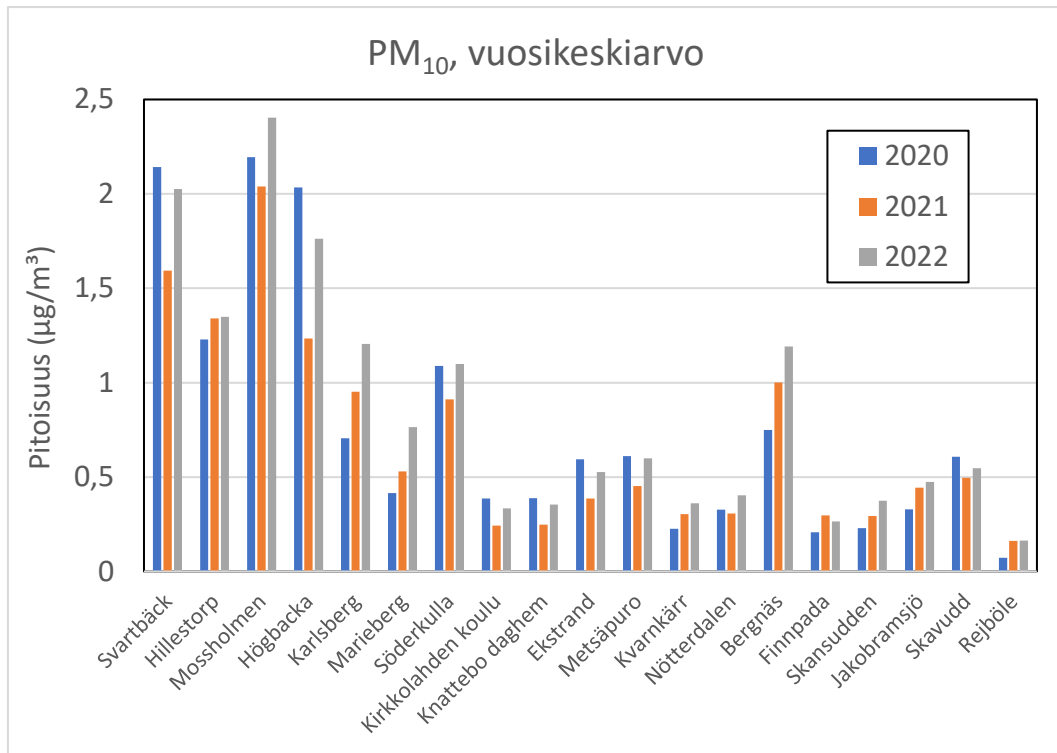
Alueen tasoittamisen ja kiviaineksen murskaamisen PM₁₀-päästöt mallinnettiin olettamalla, että louhittavilta alueilta muodostuu päästöjä nopeudella 2×10^{-7} g/(m²s) ja että niillä toimii kaksi murskausasemaa, joista kummankin päästöiksi oletettiin 2 g/s jakautuneena 100 × 100 metrin kokoiselle alueelle. Hiukkaspäästöjä oletettiin muodostuvan tasaisesti koko simuloidun kolmen vuoden jakson ajan, joten lasketut pitoisuudet kuvaavat vaikutusten odotusarvoja niiltä ajanjaksoilta, joina alueen tasoitus ja louheen murskaus ovat käynnissä.

Kuva 22 esittää mallinnetun korkeimman PM₁₀-pitoisuuden vuosikeskiarvon alueellisen jakauman ja kuvan 23 pylväsdiagrammi vuosittaiset tulokset erillisissä reseptoripisteissä rakentamisen aikana. Suurimmat keskimääräiset vuosipitoisuudet ylittävät raja-arvon (40 µg/m³) ja korkeimmat pitoisuudet esiintyvät pääosin laitosalueella ja tehtaan luoteispuolella sijaitsevalla kaatopaikka-alueella. Raja-arvot eivät ole voimassa teollisuusalueilla. Pitoisuudet pienentyvät nopeasti etäisyyden kasvaessa

murskausasemista ja raja-arvotason arvioidaan alittuvan jo noin 200 metrin etäisyydellä murskausasemista. Vuosiraja-arvo alittuu selvästi kaikissa reseptoripisteissä. Niissä suurimpia vuosikeskiarvoja esiintyy Svartbäckissä, Mossholmenissa ja Högbäckassa, jossa pitoisuudet vaihtelevat välillä 1,2–2,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Reseptoripisteissä mallinnetut PM_{10} -pitoisuuden vuosikeskiarvot ovat suurimmillaankin alle 6 % sallitusta raja-arvosta.

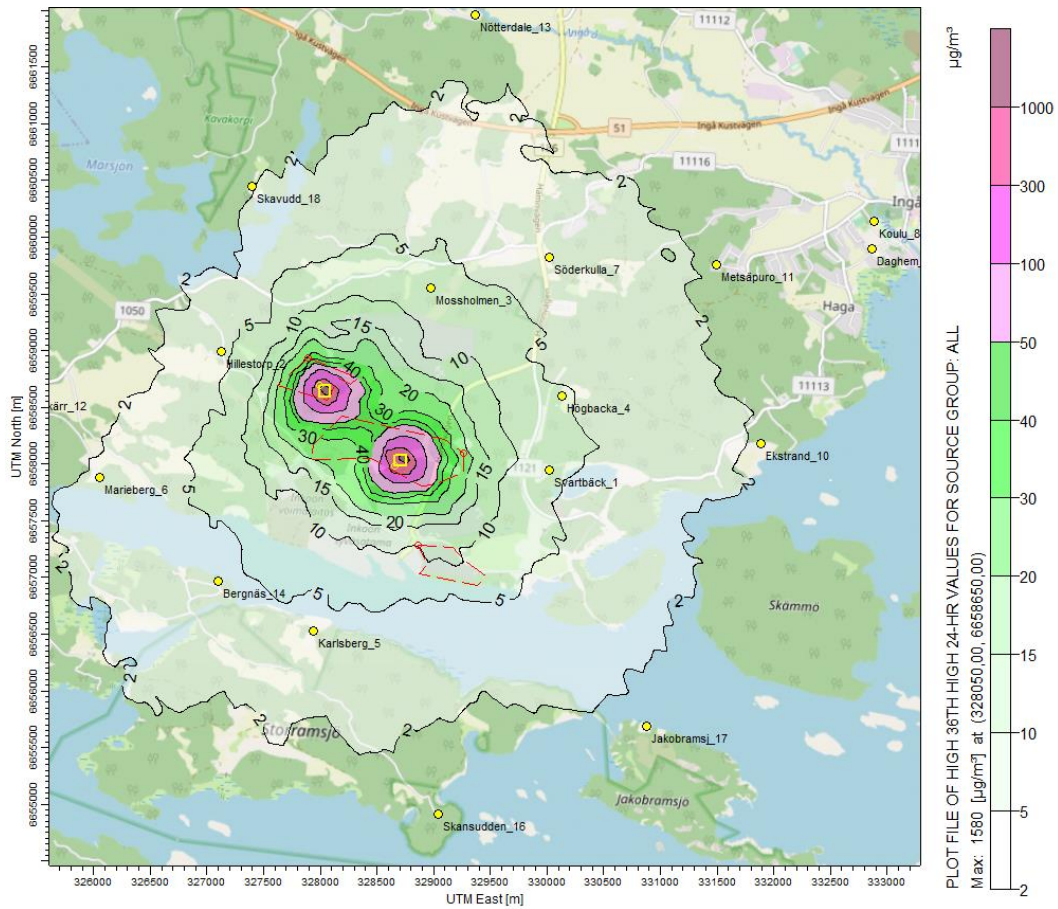


Kuva 22. Mallinnettu PM_{10} -pitoisuuden korkeimman vuosikeskiarvon alueellinen jakauma rakentamisaajan kolmen vuoden simulaatiossa. Punaisilla alueilla tulos ylittää raja-arvon 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Keltaiset neliöt osoittavat oletettujen kiviaineksen murskausasemien sijainnit ja punaiset katkoviivat alueet, jotka tasoitetaan louhimalla ja kaivamalla.

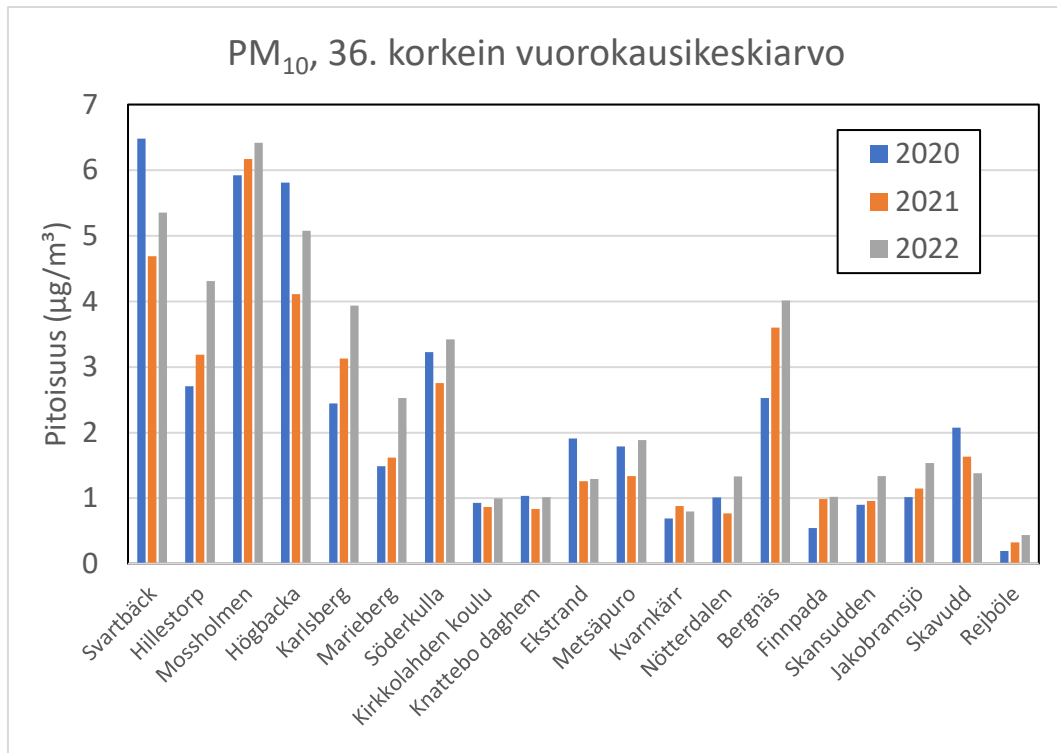


Kuva 23. Mallinnetut PM_{10} -pitoisuuden vuosikeskiarvot erillisissä reseptoripisteissä rakentamisen ajan kolmen vuoden simulaatiossa.

Kuva 24 esittää hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvoon verrannollisen pitoisuuden alueellisen jakauman ja kuvan 25 pylväsdiagrammi vuosittaiset tulokset erillisissä reseptoripisteissä rakentamisen aikana. Vuorokausiraja-arvo ylittyy molempien murskausasemien lähiympäristössä. Pitoisuudet pienentyvät nopeasti etäisyyden kasvaessa murskausasemista ja jo valtaosalla teollisuusaluetta pitoisuudet ovat selvästi raja-arvon alapuolella. Raja-arvot eivät ole voimassa teollisuusalueilla. Kaikissa reseptoripisteissä hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet ovat selvästi alle raja-arvon. Korkeimmillaan pitoisuus on noin $6,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eli 13 % raja-arvosta, lähimmissä Svartbäckin ja Mossholmenin reseptoripisteissä.



Kuva 24. Mallinnettu PM₁₀-pitoisuuden vuorokausiraja-arvoon (50 µg/m³) verrannollinen pitoisuus rakentamisajan kolmen vuoden simulaatiossa. Punaisilla alueilla tulos ylittää raja-arvon 50 µg/m³. Keltaiset neliöt osoittavat oletettujen kiviaineksen murskausasemien sijainnit ja punaiset katkoviivat alueet, jotka tasoitetaan louhimalla ja kaivamalla.

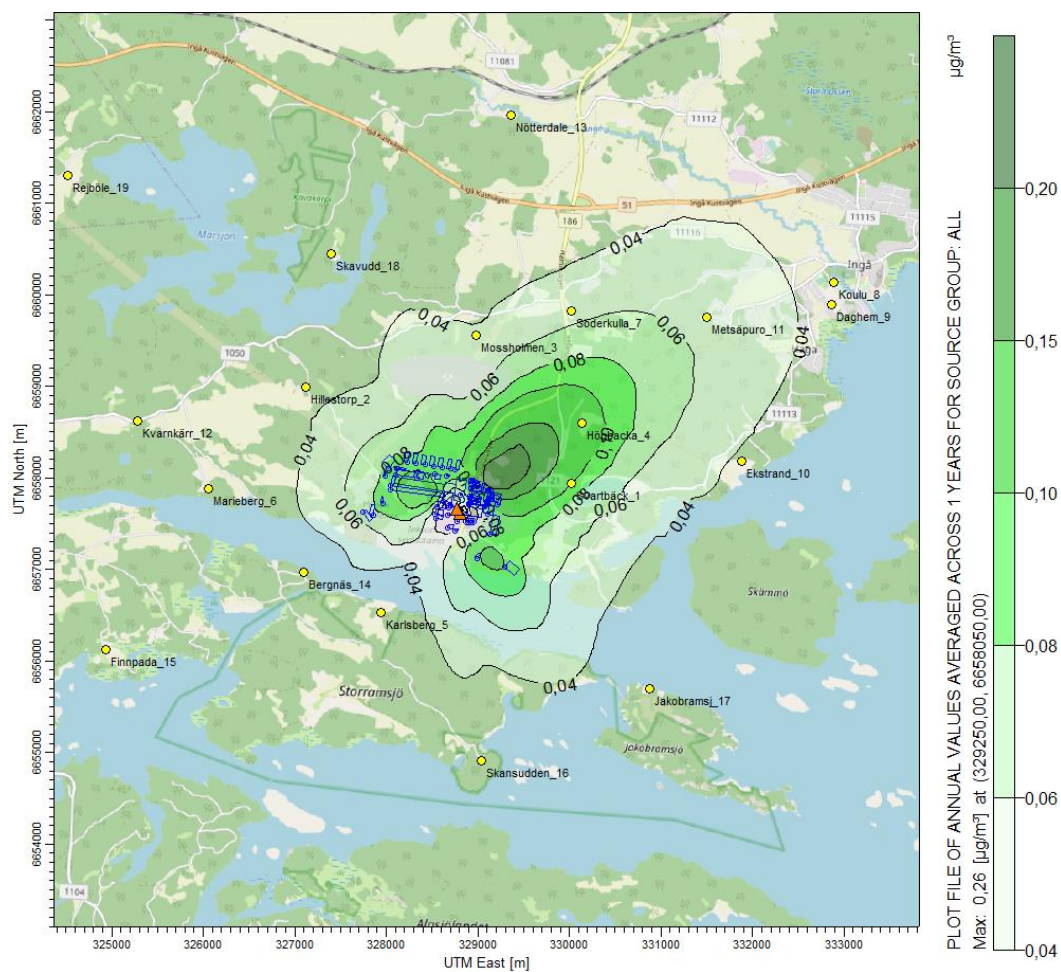


Kuva 25. Mallinnetut PM₁₀-pitoisuuden vuorokausiraja-arvoon (50 µg/m³) verrannolliset pitoisuudet erillisissä reseptoripisteissä rakentamisaian kolmen vuoden simulaatiossa.

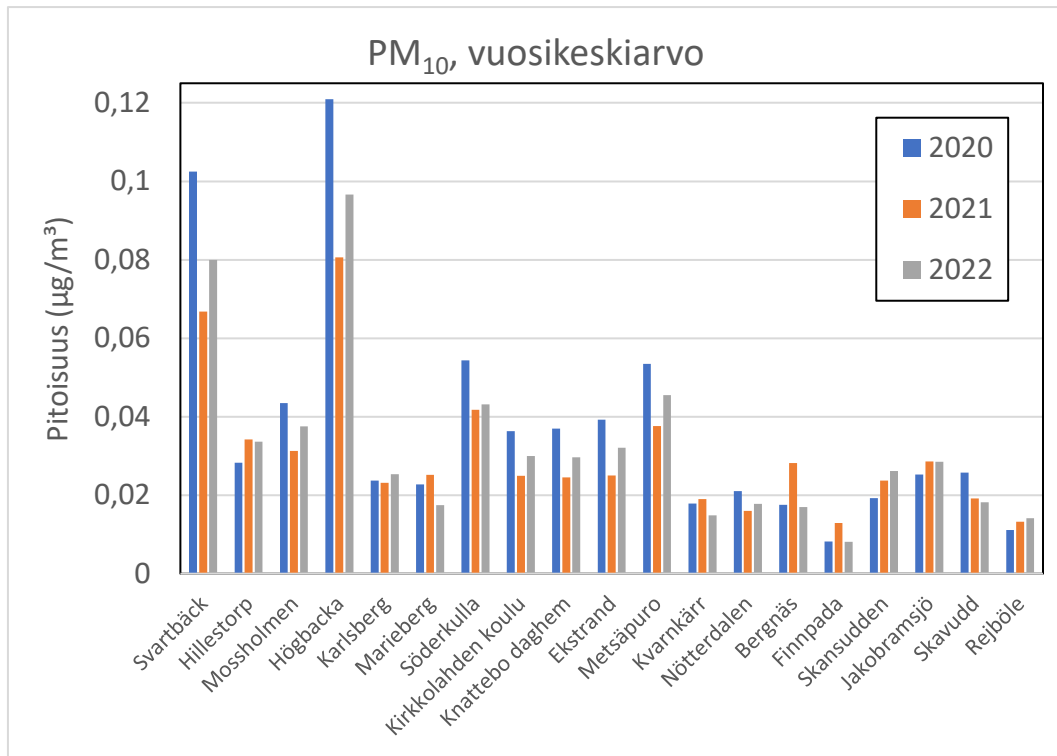
3.5.2 Pitoisuudet toiminnan aikana

Toiminnan ajan mallinnuksessa hiukkaspäästöjä oletettiin tulevan samoista kahdesta piipusta kuin muidenkin epäpuhtaustyyppien mallinnuksessa. Oletuksena oli, että kummankin piipun poistokaasun PM₁₀-pitoisuus on 5 mg/m³_N. Tällöin päästönopeudet ovat 3,8 g/s piipusta 1 ja 0,4 g/s piipusta 2. Vastaavat vuotuiset päästömäärät ovat 103,2 t ja 11,3 t.

Kuva 26 esittää mallinnetun korkeimman PM₁₀-pitoisuuden vuosikeskiarvon alueellisen jakauman ja kuvan 27 pylväsdiagrammi vuosittaiset tulokset erillisissä reseptoripisteissä. Tulosten mukaan suurimmat keskimääräiset pitoisuudet, 0,2–0,26 µg/m³, esiintyvät 0,5–1 km etäisyydellä piipuista koilliseen. Reseptoripisteistä suurimpia vuosikeskiarvoja esiintyy Svartbäckissä ja Högbackassa, jossa ne vaihtelevat välillä 0,06–0,12 µg/m³. Muissa reseptoripisteissä vuosikeskiarvo oli aina alle 0,06 µg/m³, ja suurimmassa osassa välillä 0,01–0,03 µg/m³. Mallinnetut PM₁₀-pitoisuuden vuosikeskiarvot ovat siis suurimmillaankin alle 0,7 % sallitusta raja-arvosta 40 µg/m³.

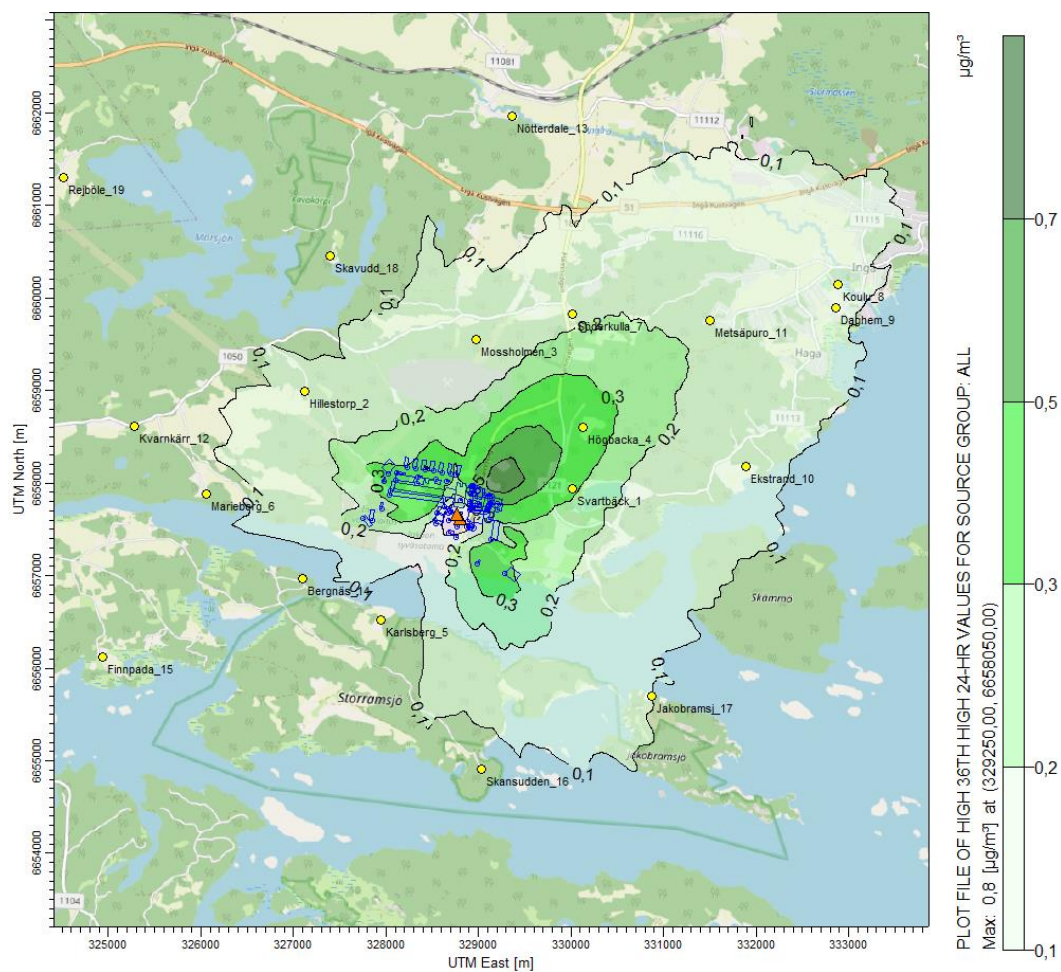


Kuva 26. Mallinnettu PM₁₀-pitoisuuden korkeimman vuosikeskiarvon alueellinen jakauma toiminta-ajan kolmen vuoden simulaatiossa.

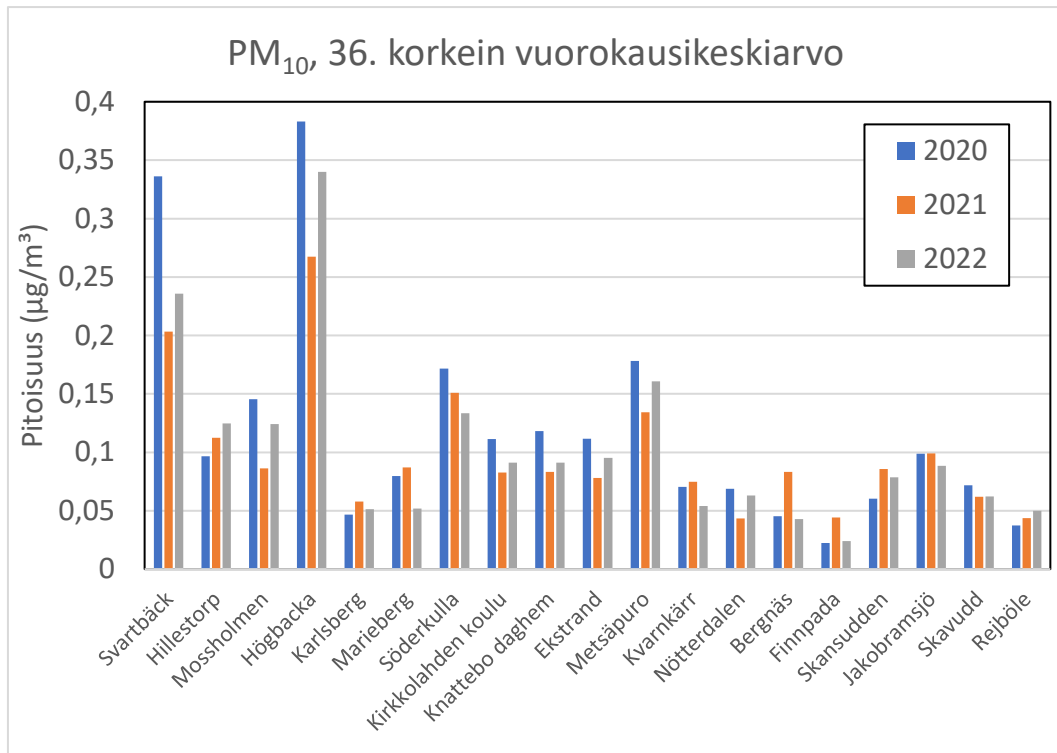


Kuva 27. Mallinnetut PM_{10} -pitoisuuden vuosikeskiarvot erillisissä reseptoripisteissä toiminta-ajan kolmen vuoden simulaatiossa.

Kuva 28 esittää hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvoon verrannollisen pitoisuuden alueellisen jakauman ja kuvan 29 pylväsdiagrammi vuosittaiset tulokset erillisissä reseptoripisteissä. Tulosten mukaan suurimmat pitoisuudet esiintyvät 0,5–1 km piipuista koilliseen, jossa vertailupitoisuus on 0,7–0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Svartbäckin ja Högbäckin reseptoripisteissä tulos vaihtelee välillä 0,2–0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Söderkullassa ja Metsäpurossa nousee joinakin vuosina hieman yli arvon 0,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Muissa pisteissä vuoden 36. korkein pitoisuuden vuorokausikeskiarvo on kaikkina simuloituina vuosina tätä alempi. Verrattuna vuorokausikeskiarvon raja-arvoon 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mallinnustulos on siis kaikkialla alle 2 % ja kaikissa reseptoripisteissä alle 1 % raja-arvosta.



Kuva 28. Mallinnettu PM₁₀-pitoisuuden vuoden 36. korkeimman vuorokausikeskiarvon alueellinen jakauma toiminta-ajan kolmen vuoden simulaatiossa.



Kuva 29. Mallinnetut PM₁₀-pitoisuuden vuoden 36. korkeimmat vuorokausikeskiarvot erillisissä reseptoripisteissä toiminta-ajan kolmen vuoden simulaatiossa.

4 Johtopäätöksiä

Inkoon Joddböleen suunnitellun terästehtaan ilmapäästöjen mallinnuksen mukaan mikään tarkastelluista päästötyypeistä ei aiheuta tehtaan toiminnan aikana ilmanlaadulle säädettyjen raja-arvojen ylityksiä tai elohopean osalta luonnollisesta taustasta oleellisesti poikkeavia pitoisuuksia maanpinnan lähellä. Typpidioksidin ja rikkidioksidin pitoisuuksille lasketut lyhyen ja pitkän aikavälin keskiarvot jäävät muutamaa prosenttiin raja-arvoista ja lyijyn ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet vielä tätäkin pienemmiksi. Tehtaan päästöjen vaikutus ilman elohopeapitoisuuteen voi olla tehtaan lähellä lyhytaikaisesti luonnollisen taustapitoisuuden suuruusluokkaa, mutta jää keskimäärin vain muutamaa prosenttiin siitä koko mallinnetulla alueella. Mallinnuksessa käytetyt epäpuhtauspäästöjen määrät ovat suunnitteluvaiheen tietoihin perustuvia ylärajoja, joten toteutetun tehtaan aiheuttamat pitoisuudet olisivat todennäköisesti vielä mallinnettuja alempia.

Rakentamisen aikana kiviaineksen murskauksesta muodostuva kivipöly aiheuttaa ilmanlaadun huomattavaa huonontumista työmaa-alueella ja etenkin murskausasemien välittömässä läheisyydessä, mutta ei ole odotettavissa, että hengitettävien hiukkasten pitoisuus hankealueen ulkopuolella kohoaisi sallittuja raja-arvoja suuremmaksi. Rakentamisen ajan pölypäästöjen leviämistä koskevat mallinnustulokset ovat tosin hyvin epätarkkoja, koska muodostuvan pölyn määrä ja se, missä ja milloin pölyä muodostuu, ei ole etukäteen tarkasti tiedossa. Rakentamisen aikainen ilmanlaadun heikentyminen on väliaikaista ja paikallista, ja se loppuu kokonaan rakentamistoimintojen päätyttyä. Rakentamisen aikaisiin pölypäästöjen määriin ja niiden leviämiseen voidaan vaikuttaa työmaalla ja murskausasemilla tehtävillä pölyntorjuntatoimilla.

Tässä raportissa kuvattuun rakentamisen tai toiminnan aikaisten ilmapäästöjen mallinnukseen ei sisällynyt hankkeeseen liittyvästä liikenteestä johtuvia pakokaasupäästöjä. Mallinnuksessa ei myöskään tarkasteltu laitoksen mahdollisia häiriöpäästöjä.

Nyt tehtyjen mallinnusten tulosten perusteella voidaan arvioida, että suunnitteilla olevan terästehtaan toiminnan aikaiset typenoksidi-, rikkidioksidi-, lyijy- ja hiukkaspäästöt eivät aiheuta terveydellistä riskiä lähialueen asukkaille, sillä terveyden suojelemiseksi annetut ilmanlaadun raja-arvot alittuvat selvästi laitoksen normaalitoiminnan päästöillä. Myös kasvillisuuden ja ekosysteemien suojelemiseksi annetut typpidioksidin ja rikkidioksidin kriittiset tasot alittuvat selvästi tarkastelualueella olevilla luonnonsuojelualueilla. Päästöjen leviämis- ja laimenemisolosuhteet ovat ilmanlaadun kannalta riittävän hyvät uuden laitoksen suunnittelun mukaisilla poistopiipuilla.

Lähteet

GTK 2013. Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERA-hankkeen loppuraportti, toimittaneet Kauppila, T., Komulainen, H., Makkonen, S. ja Tuomisto, J. Tutkimusraportti 199, Geologian Tutkimuskeskus, Espoo.

Keliber 2020. Keski-Pohjanmaan litiumprovinssin laajennus – pölyn leviämismallinnus. Keliber Oy.

https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Liite_13_Envineer_Rapasaari_polymallinnus.pdf

Lakes Software. AERMOD View, Versio 11.2.0.

Sotkamo 2024. Sotkamon kaivoksen rikastushiekka-allasalueen laajentamisen YVA-ohjelma: pölyn leviämismallinnus. Sotkamo Silver Oy.

Sprovieri, F., Pirrone, N., Bencardino, M., D'Amore, F., Carbone, F., Cinnirella, S., Mannarino, V., Landis, M., Ebinghaus, R., Weigelt, A., Brunke, E. G., Labuschagne, C., Martin, L., Munthe, J., Wängberg, I., Artaxo, P., Morais, F., de Melo Jorge Barbosa, H., Brito, J., Cairns, W., ... Norstrom, C. (2016). Atmospheric mercury concentrations observed at ground-based monitoring sites globally distributed in the framework of the GMOS network. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(18), 11915–11935.
<https://doi.org/10.5194/acp-16-11915-2016>

79/2017. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta ("Ilmanlaatuasetus") 26.1.2017/79.