



Datakeskus QTS Jokela

Jokelan datakeskus ja 110 kV voimajohtot Nurmijärven sähköasemalle

Datakeskuksen varavoimageneraattoreiden ilmanlaatumallinnus

1.6.2026



Yhteyshenkilö
Karla Tiensuu

Sähköposti
karla.tiensuu@afry.com

Projektin numero
101033519-001

Asiakas
QTS

Jokelan datakeskus ja 110 kV voimajohdot Nurmijärven sähköasemalle

**Datakeskuksen varavoimageneraattoreiden
ilmanlaatumallinnus**

1.6.2026

Sisällys

1	Johdanto	3
2	Ilmanlaadun raja-arvot	4
3	Ilmapäästöjen leviämismallinnus	5
3.1	Mallinnusparametrit.....	7
4	Mallinnustulokset	9
4.1	Mallinnustapaus A: kuukausittainen testikäyttö.....	9
4.2	Mallinnustapaus B: vuosittainen testikäyttö	11
4.3	Mallinnustapaukset C ja D: joustokäyttö	13
4.4	Mallinnustapaus E: hätäkäyttö ilman SCR-järjestelmää	17
4.5	Mallinnustapaus F: hätäkäyttö SCR-järjestelmän kanssa	19
5	Yhteenveto ja johtopäätökset	24

1 Johdanto

Jokelan Vihreä Maa Oy suunnittelee datakeskuksen rakentamista Tuusulan kunnan pohjoisosaan, Jokelan läntiselle työpaikka-alueelle Vallunlenkin varrelle. Tämä datakeskusalue sijaitsee noin 2 kilometriä Jokelan keskustasta länteen, Ridasjärventien pohjoispuolella. Alueelle rakennetaan kaksi datakeskusrakennusta. Datakeskuksen sähköntarve katetaan liittymällä Fingridin kantaverkkoon kahdella uudella 110 kV:n voimajohdolla. Tämä ilmanlaatumallinnus on tehty osana datakeskushankkeen YVA-menettelyä.

Koko datakeskuksen arvioitu vuotuinen sähkönkäyttö on noin 1 TWh, ja datakeskuksen energiatehokkuuden PUE-tavoitearvo on 1,2–1,3. Datakeskuksen häiriöttömän sähkönsyötön varmistavat UPS-järjestelmät ja 76 dieselvaravoimageraattoria, joista enintään 66:n on suunniteltu toimivan samanaikaisesti. Yksittäisen varavoimageraattorin polttoaineteho on 6,3 MW, ja samanaikaisesti toiminnassa olevien yhteenlaskettu polttoaineteho on 415,8 MW. UPS-laitteet turvaavat sähkönsyötön varavoimageraattoreiden käynnistymisen aikana.

Varavoimageraattoreiden käytön vaikutuksia ilmanlaatuun on selvitetty mallintamalla typen oksidien (NO_x) päästöjen leviämistä eri tilanteissa ja niiden aiheuttamia ulkoilman pitoisuuksia. Typen oksideihin keskityttiin, koska niiden osalta lainsäädännön määrittämät raja-arvot ylitetään ennen muiden ilmanlaatutekijöiden raja-arvoja.

2 Ilmanlaadun raja-arvot

Ilmanlaadun raja-arvot ovat ilman epäpuhtauksien enimmäispitoisuuksia, jotka asetetaan terveys-pohjaisesti ja joiden tulee pysyä säädettyjen aikarajojen sisällä. Raja-arvot ovat sitovia, ja ne on määritellyt valtioneuvoston asetuksessa 79/2017 (ns. ilmanlaatuasetus). Raja-arvot on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 1). Ilmanlaadun raja-arvot eivät koske työpaikkoja tai tehdasalueita, eikä niiden täyttymistä arvioida liikenneväylillä tai alueilla, joille ei ole vapaata pääsyä ja joissa ei ole vakituista asutusta.

Lokakuussa 2024 Euroopan unionin neuvosto hyväksyi direktiivin, joka asettaa päivitettyt ilmanlaatuvaatimukset koko EU:ssa (2881/2024). Nämä uudet ilmanlaatuvaatimukset on saavutettava 1.1.2030 mennessä, ja ne vastaavat aiempaa paremmin WHO:n ilmanlaatuohjeistuksia. Uusi direktiivi tiukentaa raja-arvoja, vähentää sallittujen ylitysten määrää, tuo raja-arvot uusille aikaväleille ja muuttaa tavoitearvot raja-arvoiksi. Direktiivi kattaa muun muassa rikkidioksidin, typen oksidit, hiukaset (PM_{2,5} ja PM₁₀) sekä raskasmetallit. Suomessa uudistettu ilmanlaatudirektiivi tulee voimaan kansallisella lainsäädännöllä kahden vuoden kuluessa sen hyväksymisestä. Uuden direktiivin mukaiset raja-arvot on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 2).

Taulukko 1. Ilmanlaadun terveysperusteiset raja-arvot typpidioksidille (Valtioneuvoston asetus 79/2017).

Epäpuhtaus	Raja-arvo (µg/m ³)	Yksikkö	Kalenterivuoden aikana sallittu ylitysten määrä
Typpidioksidi NO ₂	200	1 tunti	18
	40	Kalenterivuosi	

Taulukko 2. Uuden ilmanlaatudirektiivin raja-arvot, jotka on saavutettava 1.1.2030 mennessä. Direktiivi saataan osaksi Suomen kansallista lainsäädäntöä vuoden 2026 aikana.

Epäpuhtaus	Raja-arvo (µg/m ³)	Yksikkö	Kalenterivuoden aikana sallittu ylitysten määrä
Typpidioksidi NO ₂	200	1 tunti	3
	50	24 tuntia	18
	20	Kalenterivuosi	

3 Ilmapäästöjen leviämismallinnus

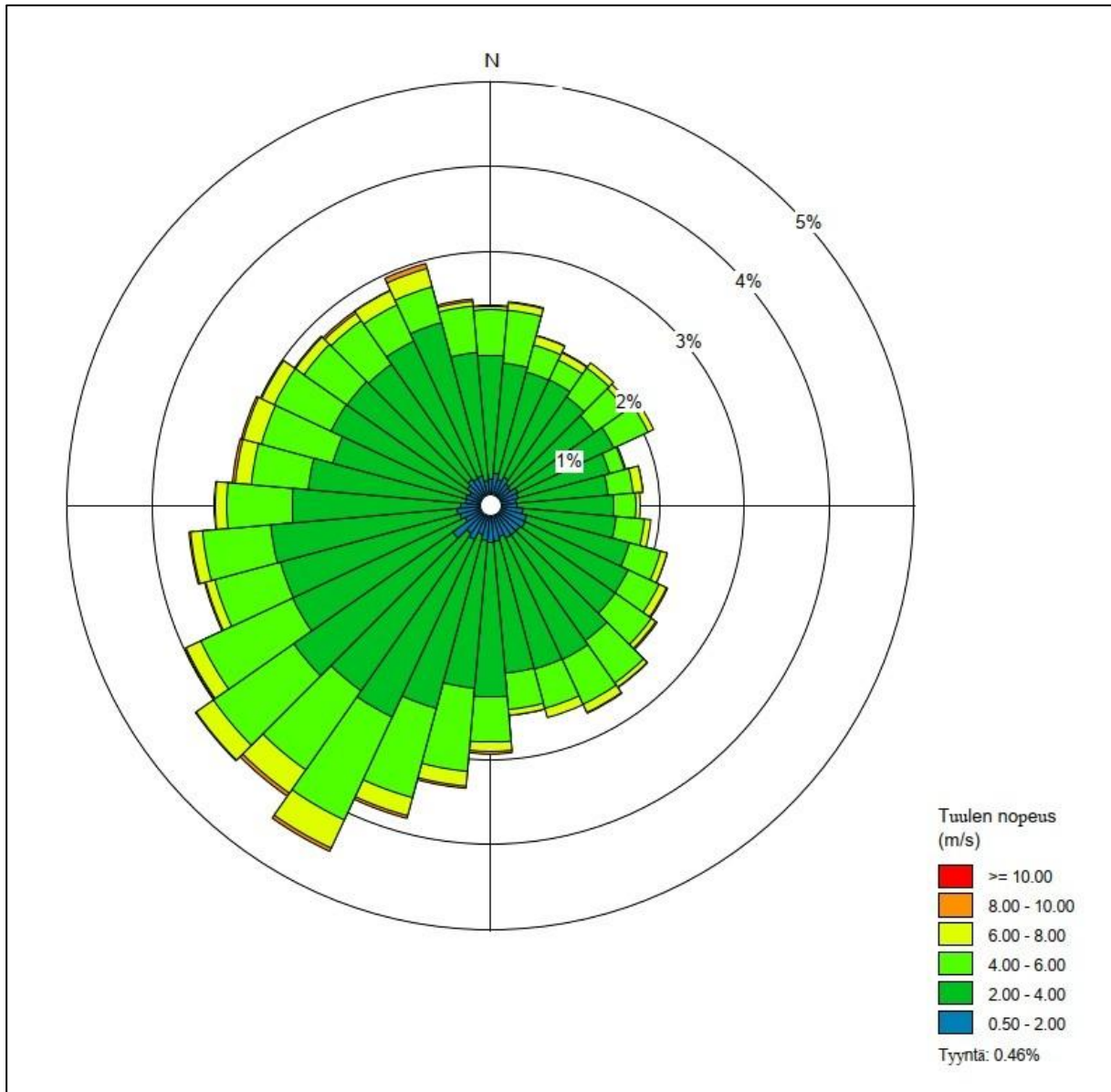
Typen oksidien (NO_x) leviämismallinnus tehtiin Yhdysvaltojen ympäristönsuojeluviraston (U.S. Environmental Protection Agency) kehittämällä AERMOD-laskentaohjelmalla ja sitä soveltavalla AERMOD View -käyttöliittymällä (Lakes Environment, 2026). AERMOD-mallinnuksessa oletetaan päästöjen leviävän ilmakehässä pysty- ja vaakasuunnassa normaalijakauman (Gaussin jakauman) mukaisesti sääolosuhteiden määräämällä tavalla. Tällä periaatteella lasketaan säätilaa ja päästöjä vastaava stationaarinen päästöjen leviämistilanne simuloitavan ajanjakson jokaiselle tunnille, käyttäjän määräämissä reseptoripisteissä.

Tässä työssä käytettiin Lakes Environmentin toimittamaa, mallinnusalueelle laskettua vuosien 2023–2025 maanpinnan ja ilmakehän ylempien osien sääaineistoa, jossa oli tiedot kokonaispilvisyydestä ja läpinäkymättömästä pilvipeitteestä, ilman lämpötilasta, kastepisteestä ja suhteellisesta kosteudesta, ilmanpaineesta, tuulen nopeudesta ja suunnasta, pilvien alarajan korkeudesta ja sadekertymästä tunnin aikana. Kuva 1 esittää tuulen suunta- ja nopeusjakaumaa tarkastelualueella niin sanotun tuuliruusun muodossa. Tutkimusalueella ovat vallitsevia lounaistuulet. Vähiten esiintyi idän ja koillisen puoleisia tuulia.

Mallinnuksissa käytettiin samaa laitosalueen suunnitelmaa kuin hankkeen melumallinnuksissakin. Varavoimageneraattorit on sijoitettu laitosrakennusten väliin, pääpiirteissään kahteen riviin. Malliin määritettiin laitosalueelle suunnitellut rakennukset kolmiulotteisina, ilman liikkeeseen ja siten ilmapäästöjen leviämiseen vaikuttavina kappaleina. Rakennukset mallinnettiin alueesta laaditun asemapiiirustuksen sekä suunniteltujen korkeuksien mukaisesti. Mallinnuksessa ei huomioitu korkeiden rakennusten aiheuttamaa ilman alavirtausta (ns. building downwash), koska päästölähteet (generaattoreiden poistopiiput) ovat selvästi korkeammalla kuin lähistön rakennusten katot ja lisäksi tämän mahdollinen vaikutus kohdentuisi ainoastaan datakeskusalueelle eikä ympäristöön, koska päästölähteet sijaitsevat datakeskusrakennusten välissä. Maanpinnan topografiana mallinnuksessa käytettiin Maanmittauslaitoksen korkeusmallia, jonka ruutukoko on 10 m × 10 m.

Epäpuhtauksien alueellisen jakauman laskentaa varten määritettiin 10 km × 10 km kokoiselle alueelle datakeskuksen ympärille säännöllinen suorakulmainen reseptoripisteverkko, jossa pisteiden välinen etäisyys oli 100–500 metriä, datakeskuksen lähellä 100 metriä ja yli kilometrin etäisyydellä 500 metriä. Paikalliseen väestöön kohdistuvien vaikutusten kannalta erityisen merkittäviin paikkoihin, kuten datakeskuksen lähialueen asuintalojen ja loma-asutuksen kohdalle, asetettiin lisäksi yhteensä 24 erillistä reseptoripistettä. Reseptoripisteet on esitetty kaikilla tulokartoilla ja taulukossa 3.

Mallinnus tehtiin ainoastaan typen oksidien (NO_x) päästöille, koska ne ovat ratkaisevia suhteessa ilmanlaadun raja-arvoihin. Mallinnusohjelma laskee NO_2 -pitoisuuden ilmassa ottamalla huomioon sen osuuden päästöistä ja muuntumisen typpidioksidiksi kulkeutumisen aikana. Malli tarvitsee muutun laskemiseen lähtötiedoksi otsonipitoisuudet. Tässä työssä otsonitietona käytettiin Espoon Luukin taustailmanlaadun mittausaseman vuosien 2023–2025 tuntipitoisuuksia. Mallinnusten tuloksena saatuja ulkoilman pitoisuuksia verrattiin soveltuvin osin uuden EU:n ilmanlaatudirektiivin (2881/2024) raja-arvoihin, jotka tullaan ottamaan osaksi suomalaista lainsäädäntöä vuoden 2026 aikana.



Kuva 1. Tuulen suunta- ja nopeusjakauma tarkastelualueella vuosina 2023–2025 tuuliruusun muodossa.

Taulukko 3. Datakeskuksen ympärillä sijaitsevien reseptoripisteiden kuvaus ja koordinaatit.

Reseptori	Käyttötarkoitus	Koordinaatti	Koordinaatti
R1	Asuinrakennus	386231.30	6713950.90
LR1	Loma-asuinrakennus	386186.40	6714459.10
LP1	Virkistysalue	386802.90	6714195.20
R2	Asuinrakennus	386139.50	6714161.80
LP2	Virkistysalue	386852.20	6713910.50
R3	Asuinrakennus	386201.40	6714327.30
R4	Asuinrakennus	387012.70	6714486.70
R5	Asuinrakennus	386525.70	6713705.30
R6	Asuinrakennus	387020.40	6713622.50
R7	Asuinrakennus	386441.80	6714674.30
R8	Asuinrakennus	385772.70	6713730.50
R9	Asuinrakennus	386344.30	6713601.30
R10	Asuinrakennus	386237.80	6714501.30
R11	Asuinrakennus	386282.00	6714571.80
R12	Asuinrakennus	387039.10	6713565.90
R13	Asuinrakennus	386914.30	6713468.80
R14	Asuinrakennus	386256.50	6713450.20
R15	Asuinrakennus	386503.20	6713436.50
R16	Asuinrakennus	386112.30	6714226.70
R17	Asuinrakennus	386015.30	6714063.20
R18	Asuinrakennus	386151.00	6714302.90
Vantaanjoki	Luonnonsuojelualue	385613.10	6712095.50
Lepänoja	Luonnonsuojelualue	388807.90	6712479.50
LP3	Virkistysalue	386549.10	6714434.90

3.1 Mallinnusparametrit

Varavoimageneraattoreiden todelliset käyttöajat ja käytetyt mallinnusparametrit on esitetty seuraavissa taulukoissa (tauukot 4 ja 5). Mallinnustapaukset ovat samat, joita käytettiin datakeskuksen melumallinnuksessa (YVA-selostuksen liite 5; AFRY Finland Oy). Todellisten käyntiaikojen sijaan ilmapäästöjen leviämismallilaskelmat on tehty ns. maksimipäästötarkasteluna, jossa varavoimageneraattoreiden oletetaan toimivan jatkuvasti koko kolmen vuoden tarkastelujakson ajan. Tällä tarkastelulla saadaan selville pitoisuuksien enimmäistasot, jotka voivat syntyä silloin, jos päästö tapahtuu päästöjen leviämisen ja laimenemisen kannalta epäedullisten sääolosuhteiden aikana. Tällainen epäedullinen tilanne voi olla esimerkiksi tuuleton pakkassää ja samanaikaisesti varavoimageneraattoreiden käynnistys. Mallilaskelmissa on oletettu, että SCR-järjestelmä ei ole lainkaan käytössä varavoimageneraattoreiden testauksien aikana aikana (mallinnustapaukset A ja B). Varavoimageneraattoreiden joustokäytön ja hätäkäytön osalta mallinnettiin pitoisuudet ilman SCR-järjestelmää ja sen kanssa (mallinnustapaukset C–F). Täydellä kapasiteetilla toimiessaan SCR-puhdistuksen on oletettu poistavan typen oksidit (NO_x) 90-prosenttisesti. Mallinnustapaukset ilman SCR-järjestelmää ovat teoreettisia tilanteita, jotka on tässä esitetty kuvaamassa päästövähennystoimien tehokkuutta ja vaikutusta ilmanlaatuun.

Taulukko 4. Generaattoreiden todelliset käyttöajat.

Skenaario	Ilmapäästöjen leviämismallinnus
1	Varavoimageraattoreiden kuukausittainen testiajo (11 kertaa vuodessa). Varavoimageraattorit testataan kuukausittain 20 minuutin ajan ilman kuormaa, ja vain yksi generaattori on samanaikaisesti käytössä.
2	Varavoimageraattoreiden vuosittainen testiajo (kerran vuodessa). Varavoimageraattorit testataan vuosittain 90 minuutin ajan porrastetulla kuormalla (25 % - 15 min; 50 % - 15 min; 100 % - 60 min), ja kaksi generaattoria on samanaikaisesti käytössä.
3	Varavoimageraattoreiden joustokäyttö, yhteensä 14 varageraattoria toiminnassa enintään kahden tunnin ajan vuorokaudessa.
4	Varavoimageraattoreiden käyttö sähkökatkon aikana, varageraattoreista 66 kpl toiminnassa.

Taulukko 5. Mallinnusparametrit. SCR-puhdistuksen on oletettu poistavan typen oksidit (NO_x) 90-prosenttisesti.

	Malli A	Malli B	Malli C	Malli D	Malli E	Malli F
Generaattorien lukumäärä	1	2	14	14	66	66
Kuorma (%)	25	100	100	100	100	100
SCR käytössä	ei	ei	ei	kyllä	ei	kyllä
Piipun korkeus (m)	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4
Piipun sisähalkaisija (m)	0,604	0,604	0,604	0,604	0,604	0,604
Poistokaasun lämpötila (°C)	343	403	403	403	403	403
Poistokaasun nopeus (m/s)	11,7	32,0	32,0	32,0	32,0	32,0
NO _x päästönopeus (g/s)	2,32	8,51	8,51	8,51	8,51	8,51

4 Mallinnustulokset

Mallinnustuloksia tarkasteltiin suhteessa EU:n uuden ilmanlaatudirektiivin raja-arvoihin (2881/2024). Pitoisuudet alittavat automaattisesti myös nykyiset raja-arvot (79/2017), jos ne alittavat uudet tiukentuvat raja-arvot. Alle vuorokauden kestävien päästötapahtumien pitoisuuksia verrattiin tuntiraja-arvoon ja vuorokausiraja-arvoon verrannollinen pitoisuus laskettiin ainoastaan hätäkäytön tapaukselle, jossa polttoainesäiliön kapasiteettia vastaava käyntiaika on 48 tuntia (2 vrk).

Mallinnuksessa on tarkasteltu generaattorien jatkuvaa toimintaa, vaikka todellisuudessa ne ovat käytössä vain lyhyitä jaksoja (taulukko 4). Käytännössä tämä lähestymistapa antaa ilmanlaadusta todellista tilannetta pessimistisemmän kuvan. Mallinnustulosta voidaankin pitää päästöjaksojen aikaisen pitoisuuden pahimpana mahdollisena tilanteena, ei todellisena pitoisuutena, ja mallinnetut lueumat kuvaavat pikemminkin todennäköisyyksiä kuin tarkkoja pitoisuuksia.

Pitoisuudet on esitetty kartoilla aluejakautumina, jotka eivät esitä minkään tietyn ajanhetken pitoisuuksia, vaan ne esittävät raja-arvoihin verrannollisten pitoisuuksien enimmäistasoa eri puolilla laskenta-alueita koko mallinnuksen aikana. Millään ajanhetkellä pitoisuudet eivät ole enimmäistasolla koko mallinnusalueella, vaan pitoisuuksien suuruuteen ja leviämisseurantaan vaikuttavat voimakkaasti hetkelliset sääolosuhteet.

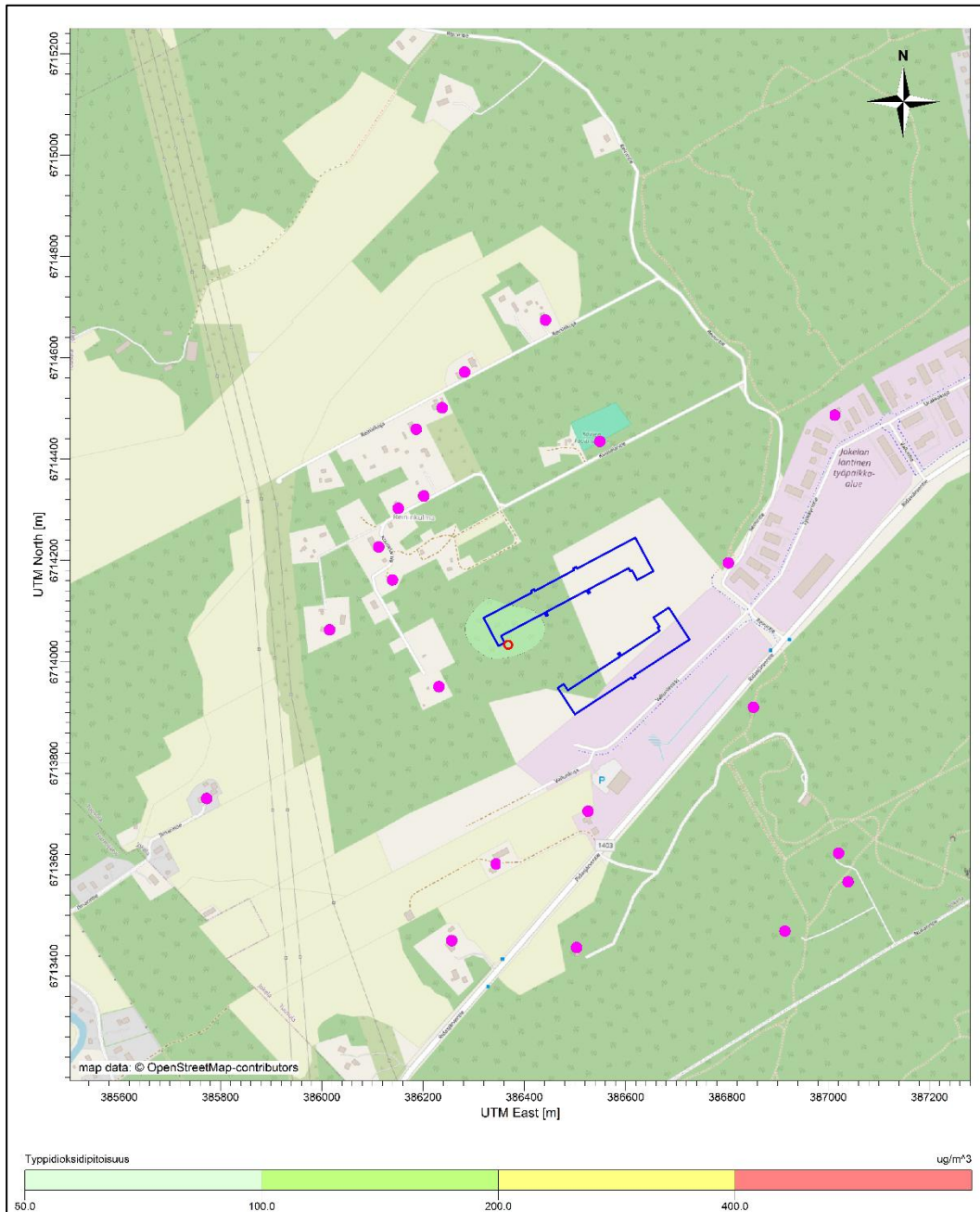
4.1 Mallinnustapaus A: kuukausittainen testikäyttö

Mallinnustapaus A kuvaa tilannetta, jossa yhtä varavoimageneraattoria kerrallaan koekäytetään ilman generattorista otettavaa tehoa eli ilman kuormaa. Tilanne on mallinnettu käyttäen 25-prosenttisen kuorman arvoja, koska tätä pienemmän kuorman päästöarvoja ei ole ollut saatavilla. Tämä mallinnus tuottaa konservatiivisen arvion, ja ilmanlautilanne on todellisuudessa tätä parempi. Generaattorin koekäytössä ei käytetä SCR-järjestelmää. Tämä mallinnustapaus kuvaa varavoimageneraattoreiden kuukausittain, kaikkiaan 11 kertaa vuodessa tapahtuvaa koekäyttöä, jossa jokainen generaattori käynnistetään vuorollaan.

Mallilaskelmien tulosten (taulukko 6 ja kuva 2). perusteella kuukausittainen testikäyttö aiheuttaa typpidioksidipitoisuuksia, jotka jäävät selvästi alle typpidioksidin tuntiraja-arvon $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Korkeimmat pitoisuudet havaitaan kunkin generaattorin poistopiipun välittömässä läheisyydessä ja pitoisuudet pienentyvät nopeasti etäisyyden kasvaessa (kuva 2).

Taulukko 6. Typpidioksidin tuntiraja-arvoon (200 µg/m³) verrannolliset pitoisuudet reseptoripisteissä varavoimageneraattoreiden kerran kuukaudessa tapahtuvan testauksen aikana.

Reseptori	Käyttötarkoitus	Typpidioksidin pitoisuus (µg/m³)
R1	Asuinrakennus	38
LR1	Loma-asuinrakennus	26
LP1	Virkistysalue	27
R2	Asuinrakennus	35
LP2	Virkistysalue	26
R3	Asuinrakennus	31
R4	Asuinrakennus	21
R5	Asuinrakennus	30
R6	Asuinrakennus	20
R7	Asuinrakennus	23
R8	Asuinrakennus	20
R9	Asuinrakennus	28
R10	Asuinrakennus	26
R11	Asuinrakennus	26
R12	Asuinrakennus	19
R13	Asuinrakennus	20
R14	Asuinrakennus	24
R15	Asuinrakennus	23
R16	Asuinrakennus	33
R17	Asuinrakennus	31
R18	Asuinrakennus	31
Vantaanjoki	Luonnonsuojelualue	9
Lepänoja	Luonnonsuojelualue	7
LP3	Virkistysalue	27



Kuva 2. Typpidioksidin tuntiraja-arvoon ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet varavoimageneraattoreiden kuu-
 kausittaisen testauksen aikana. Mallinnuksessa huomioitu 1 generaattori, jota käytetään 25 % kuormalla. SCR-
 järjestelmä ei ole käytössä. Punaisella ympyrällä merkitty toiminnassa olevan generaattorin sijainti, pinkillä re-
 septoripisteet.

4.2 Mallinnustapaus B: vuosittainen testikäyttö

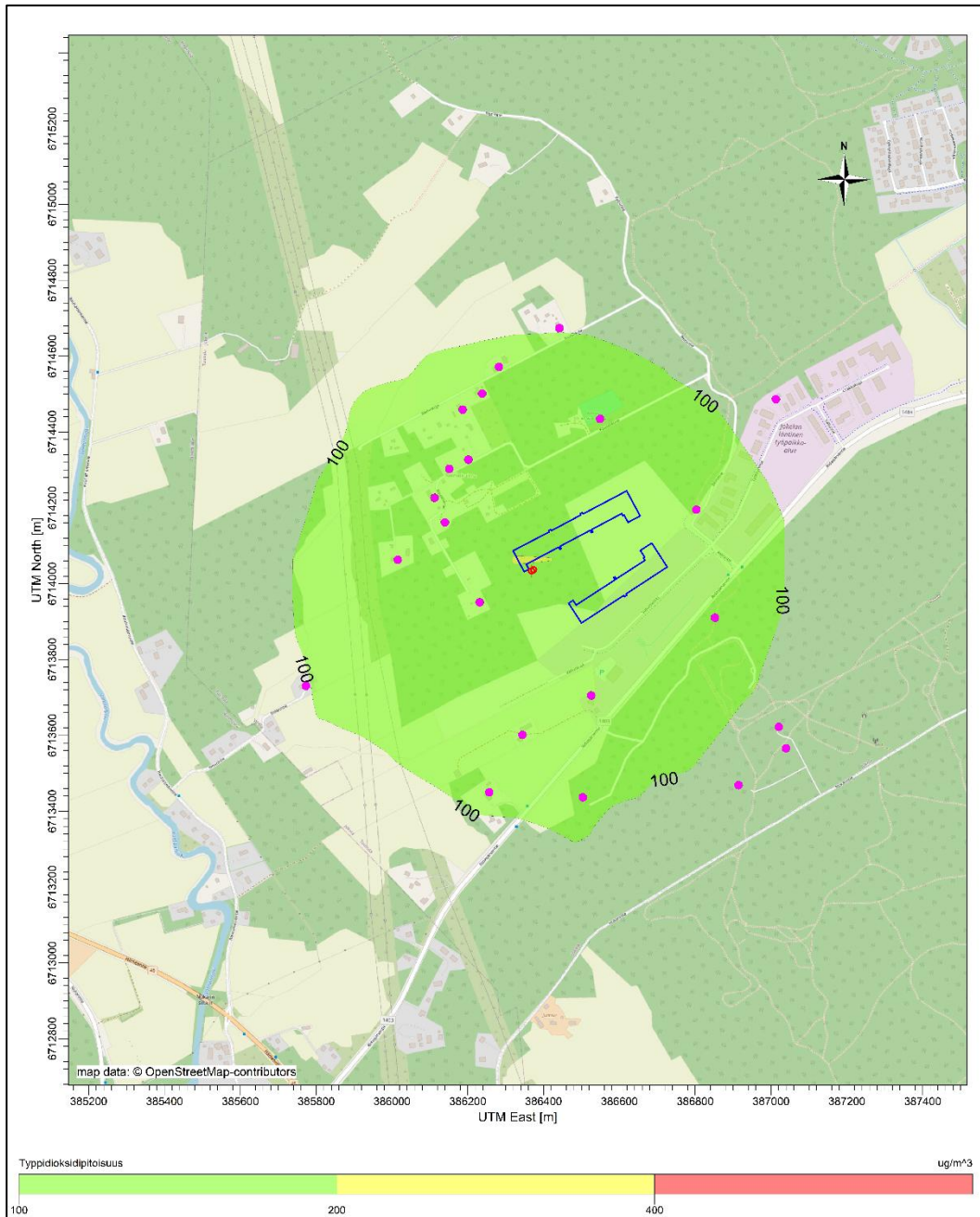
Mallinnustapauksessa B kaksi varavoimagenerattoria on toiminnassa samanaikaisesti. Tämä mallin-
 nustapaus kuvaa varavoimageneraattoreiden kerran vuodessa tapahtuvaa koekäyttöä, jossa gene-
 raattorit käynnistetään vuorotellen, aina kaksi kerrallaan. Todellisuudessa generaattoreiden kuormaa
 kasvatetaan asteittain, mutta tässä mallinnuksessa on keskitytty täyden kuorman vaiheeseen, jossa

päästöt ja ilmanlaatuvaikutukset ovat suurimmillaan. Generaattoreiden koeajon mallinnuksessa ei ole huomioitu SCR-järjestelmää.

Mallilaskelmien tulosten (Taulukko 7 ja Kuva 3) perusteella vuosittainen testikäyttö aiheuttaa typpidioksidipitoisuuksia, jotka jäävät alle typpidioksidin tuntiraja-arvon $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ datakeskuskusalueen ympäristössä. Raja-arvon ylittäviä typpidioksidipitoisuuksia (maksimipitoisuus $207 \mu\text{g}/\text{m}^3$) havaitaan vain aivan generaattorin poistopiipun välittömässä läheisyydessä datakeskusalueella ja pitoisuudet pienenevät nopeasti etäisyyden kasvaessa. Datakeskusalueella raja-arvot eivät ole voimassa. Lähimpien asuinrakennusten kohdalla pitoisuudet ovat noin $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Kuva 3).

Taulukko 7. Typpidioksidin tuntiraja-arvoon ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet reseptoripisteissä varavoimageneraattoreiden kerran vuodessa tapahtuvan testauksen aikana.

Reseptori	Käyttötarkoitus	Typpidioksidin pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R1	Asuinrakennus	134
LR1	Loma-asuinrakennus	116
LP1	Virkistysalue	119
R2	Asuinrakennus	145
LP2	Virkistysalue	114
R3	Asuinrakennus	133
R4	Asuinrakennus	85
R5	Asuinrakennus	130
R6	Asuinrakennus	92
R7	Asuinrakennus	99
R8	Asuinrakennus	99
R9	Asuinrakennus	121
R10	Asuinrakennus	115
R11	Asuinrakennus	108
R12	Asuinrakennus	85
R13	Asuinrakennus	88
R14	Asuinrakennus	107
R15	Asuinrakennus	107
R16	Asuinrakennus	137
R17	Asuinrakennus	131
R18	Asuinrakennus	133
Vantaanjoki	Luonnonsuojelualue	38
Lepänoja	Luonnonsuojelualue	31
LP3	Virkistysalue	120



Kuva 3. Typpidioksidin tuntiraja-arvoon ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet varavoimageneraattoreiden keran vuodessa tapahtuvan testauksen aikana. Mallinnuksessa on huomioitu 2 generaattoria täydellä kuormalla, SCR-järjestelmä ei ole käytössä. Punaisella ympyrällä merkitty generaattoreiden sijainti, pinkillä reseptoripisteet.

4.3 Mallinnustapaukset C ja D: joustokäyttö

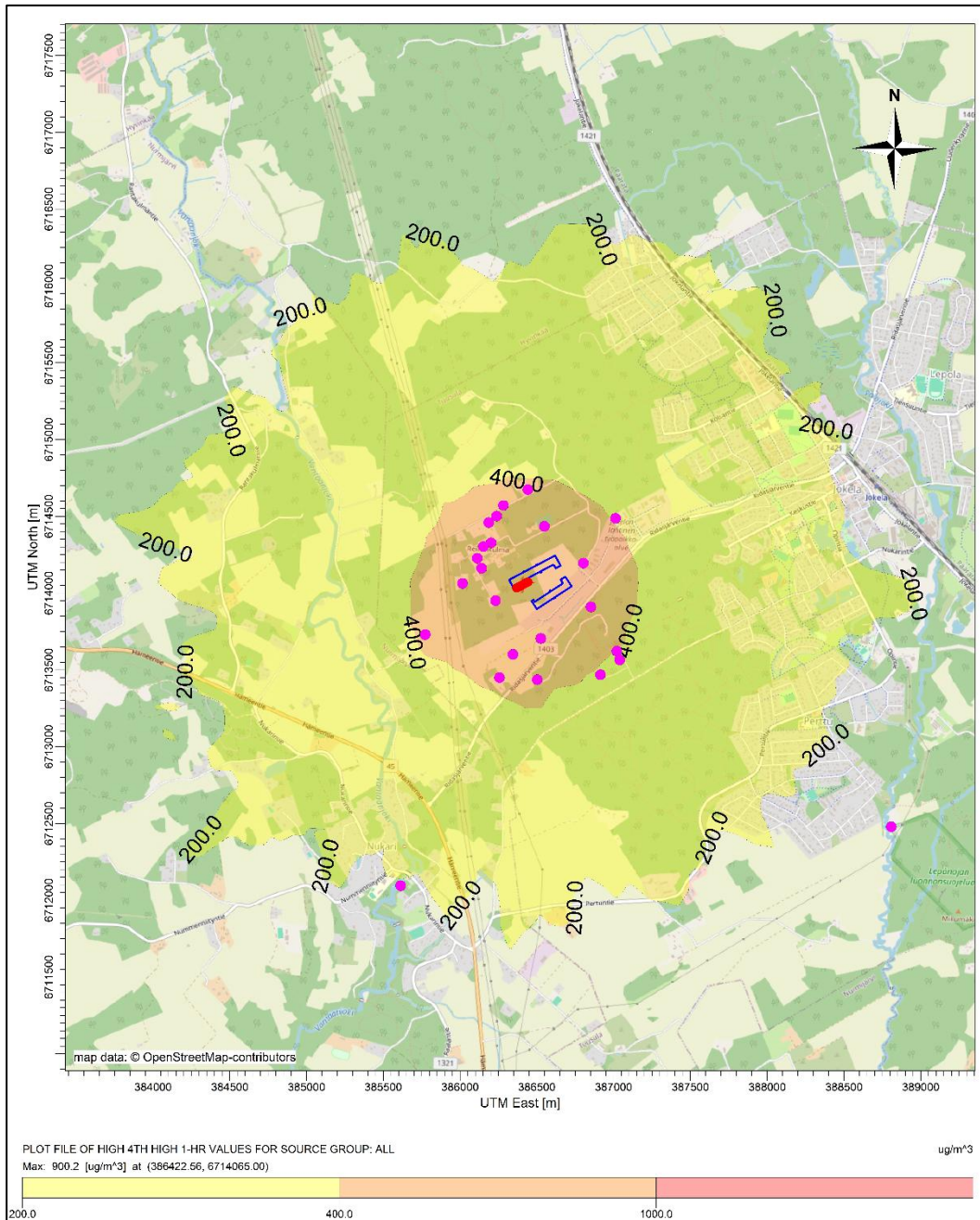
Mallinnustapaukset C ja D kuvaavat tilannetta, jossa varavoimageneraattoreita käytetään joustokäyttönä, yhteensä 14 generaattoria samanaikaisesti. Tämä mallinnustapaus kuvaa tilannetta, jossa verkko-operaattorin pyynnöstä datakeskus vähentää kantaverkosta ottamansa sähkön määrää ja tuottaa osan käyttämästään sähköstä varavoimageneraattoreilla. Teoreettisessa mallinnustapauksessa C SCR-järjestelmä ei ole käytössä ja mallinnustapauksessa D järjestelmän oletetaan toimivan täydellä kapasiteetillaan ja poistavan typen oksidit savukaasuista 90-prosenttisesti.

Kuva 4 osoittaa, että mallinnustapauksessa C typpidioksidin tuntiraja-arvo ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyisi noin 1,5–2 kilometrin etäisyydelle generaattorialueesta, mikäli 14 generaattoria käytettäisiin jatkuvasti. Joustokäytössä käyttöaika on kuitenkin rajattu enintään kahteen (2) tuntiin vuorokaudessa, mikä pienentää todennäköisyyttä käytön osumisesta kaikkein epäedullisimpiin olosuhteisiin. Lähimpien asuinrakennusten kohdalla pitoisuudet ovat mallinnuksessa korkeimmillaan noin $740 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Taulukko 8).

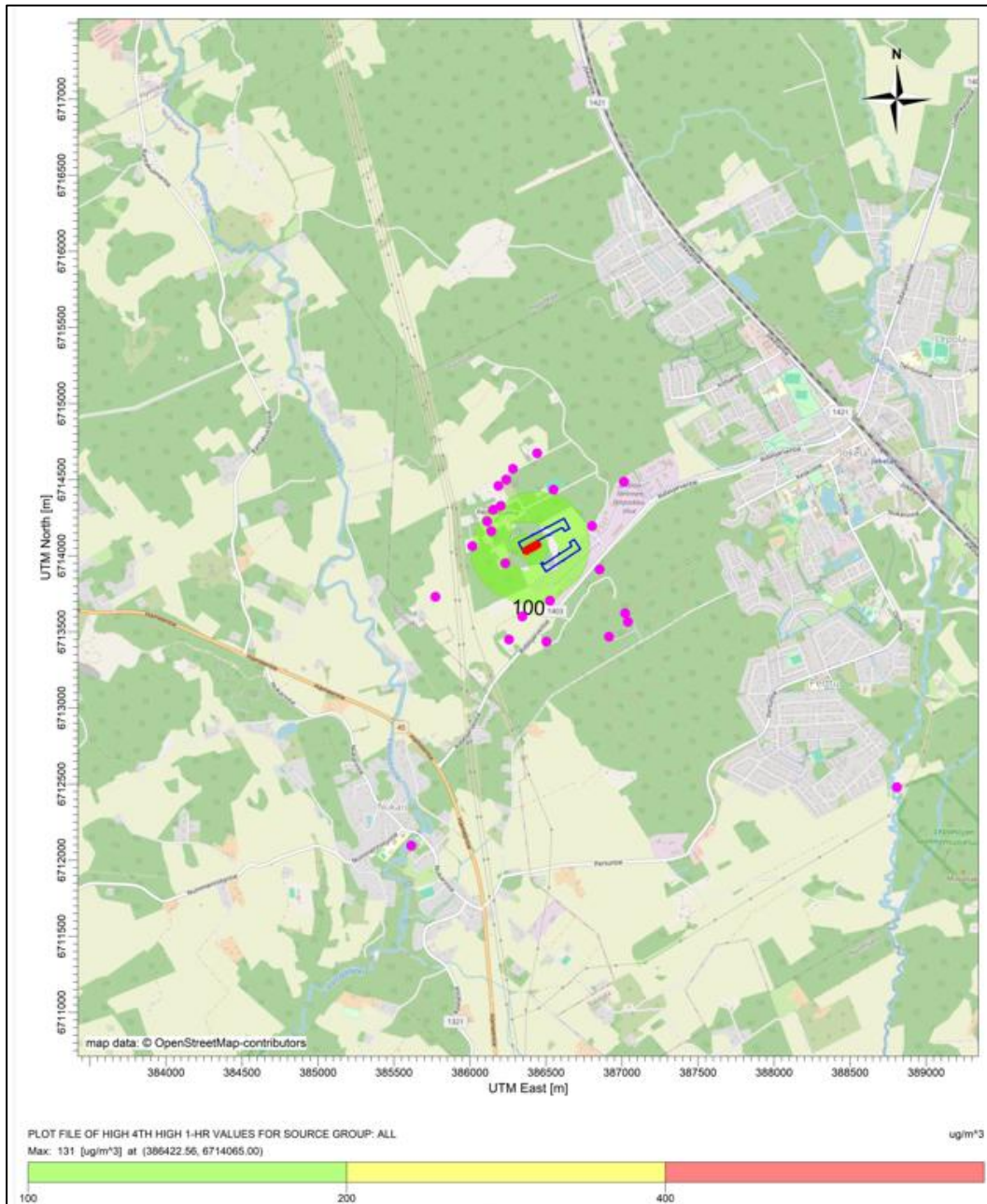
Kuva 5 osoittaa, että SCR-järjestelmä pienentää datakeskusalueen ympäristöön aiheutuvia pitoisuuksia merkittävästi. Typpidioksidipitoisuudet jäävät alle tuntiraja-arvon $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kaikkialla datakeskusalueen ympäristössä. Lähimpien asuinrakennusten kohdalla pitoisuudet ovat mallinnuksessa korkeimmillaan noin $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Taulukko 8).

Taulukko 8. Typpidioksidin tuntiraja-arvoon ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet reseptoripisteissä varavoimageneraattoreiden joustokäytön aikana. Taulukossa on esitetty sekä ilman SCR-järjestelmää (teoreettinen tilanne) että SCR-järjestelmän kanssa saadut mallinnustulokset.

Reseptori	Käyttötarkoitus	Typpidioksidin tuntipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ilman SCR-järjestelmää	Typpidioksidin tuntipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) SCR-järjestelmän kanssa
R1	Asuinrakennus	736	115
LR1	Loma-asuinrakennus	519	85
LP1	Virkistysalue	577	96
R2	Asuinrakennus	686	110
LP2	Virkistysalue	536	88
R3	Asuinrakennus	624	104
R4	Asuinrakennus	391	62
R5	Asuinrakennus	624	103
R6	Asuinrakennus	392	62
R7	Asuinrakennus	437	70
R8	Asuinrakennus	421	67
R9	Asuinrakennus	543	89
R10	Asuinrakennus	514	84
R11	Asuinrakennus	482	78
R12	Asuinrakennus	379	60
R13	Asuinrakennus	385	61
R14	Asuinrakennus	455	74
R15	Asuinrakennus	454	73
R16	Asuinrakennus	641	105
R17	Asuinrakennus	605	100
R18	Asuinrakennus	620	103
Vantaanjoki	Luonnonsuojelualue	194	26
Lepänoja	Luonnonsuojelualue	168	22
LP3	Virkistysalue	581	96



Kuva 4. Typpidioksidin tuntiraja-arvoon ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet varavoimageneraattoreiden jous-
 tokäytön aikana. Mallinnuksessa huomioitu 14 generaattoria täydellä kuormalla, SCR-järjestelmä ei ole käytössä
 (teoreettinen tilanne). Punaisella ympyrällä merkitty generaattoreiden sijainti, pinkillä reseptoripisteet.



Kuva 5. Typpidioksidin tuntiraja-arvoon ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet varavoimageneraattoreiden jous-
 tokäytön aikana. Mallinnuksessa huomioitu 14 generaattoria täydellä kuormalla, SCR-järjestelmä on käytössä.
 Punaisella ympyrällä merkitty generaattoreiden sijainti, pinkillä reseptoripisteet.

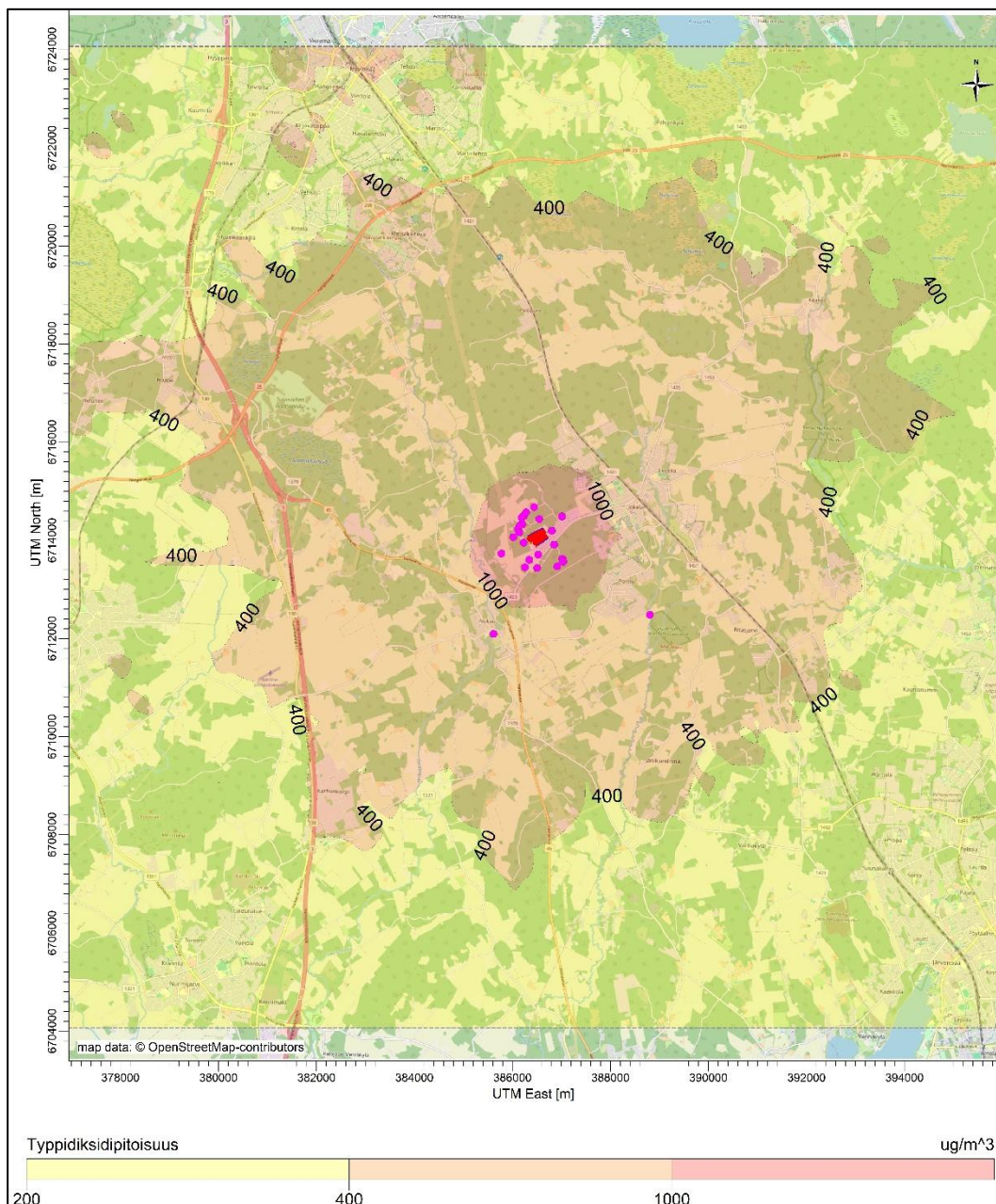
4.4 Mallinnustapaus E: hätäkäyttö ilman SCR-järjestelmää

Mallinnustapauksessa E käytössä on yhtä aikaa 66 varavoimageneraattoria. Generaattoreita käytetään hätäkäytössä sähkökatkon aikana, jotta turvataan datakeskuksen häiriötön sähkönsaanti. Mallinnuksessa generaattoreille on määritetty täysi kuormitus ilman SCR-käsittelyä (teoreettinen tilanne).

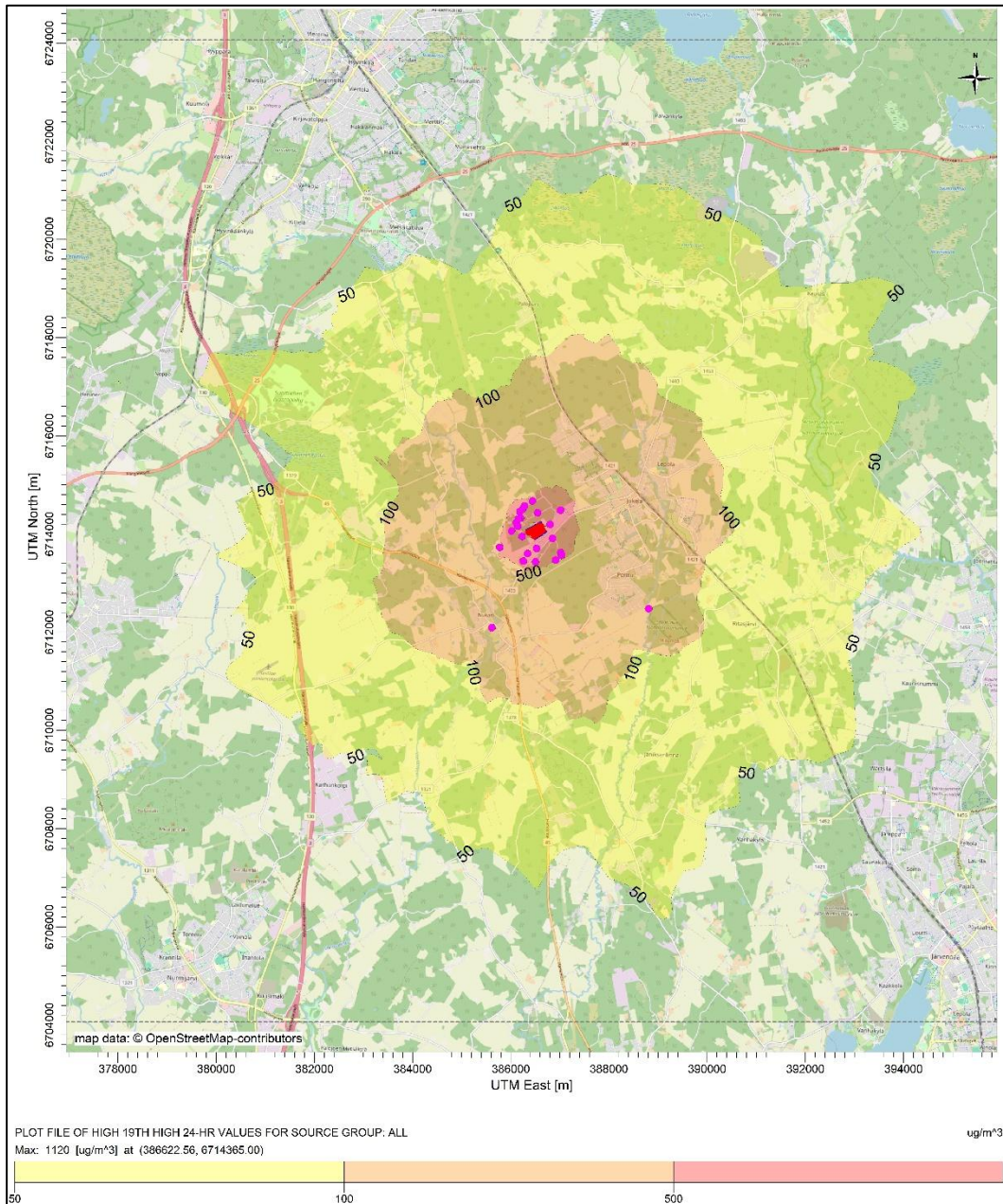
Tässä tapauksessa typpidioksidin tuntiraja-arvo ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyisi koko mallinnusalueella, mikäli 66 generaattoria käytettäisiin jatkuvasti (Kuva 6). Jatkuvalle käytölle tässä mallinnuksessa uuden ilmanlaatudirektiivin mukainen vuorokausiraja-arvo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittyisi hankealueen ympäristössä noin kuuden kilometrin etäisyydelle (Kuva 7). Reseptoripisteisiin lasketut pitoisuudet on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 9).

Taulukko 9. Typpidioksidin tuntiraja-arvoon ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja vuorokausiraja-arvoon ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet reseptoripisteissä varavoimageneraattoreiden hätäkäytön aikana (sähkökatko), teoreettisessa tilanteessa, jossa 66 generaattoria toimii täydellä kuormalla ja SCR-järjestelmä ei ole käytössä.

Reseptori	Käyttötarkoitus	Typpidioksidin tuntipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), raja-arvo $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Typpidioksidin vuorokausipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), raja-arvo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
R1	Asuinrakennus	2 213	745
LR1	Loma-asuinrakennus	1 718	659
LP1	Virkistysalue	2 089	935
R2	Asuinrakennus	2 137	757
LP2	Virkistysalue	2 103	853
R3	Asuinrakennus	1 925	726
R4	Asuinrakennus	1 665	749
R5	Asuinrakennus	2 041	833
R6	Asuinrakennus	1 538	568
R7	Asuinrakennus	1 592	521
R8	Asuinrakennus	1 488	475
R9	Asuinrakennus	1 811	685
R10	Asuinrakennus	1 704	649
R11	Asuinrakennus	1 652	620
R12	Asuinrakennus	1 487	516
R13	Asuinrakennus	1 454	515
R14	Asuinrakennus	1 606	616
R15	Asuinrakennus	1 625	648
R16	Asuinrakennus	1 995	655
R17	Asuinrakennus	1 987	685
R18	Asuinrakennus	1 969	741
Vantaanjoki	Luonnonsuojelualue	685	149
Lepänoja	Luonnonsuojelualue	615	142
LP3	Virkistysalue	2 008	874



Kuva 6. Typpidioksidin **tuntiraja-arvoon** ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet varavoimageneraattoreiden hätkäytön aikana (sähkökatko). Mallinnuksessa on huomioitu 66 generaattoria täydellä kuormalla, ei SCR-järjestelmää käytössä (teoreettinen tilanne). Punaisella ympyrällä merkitty generaattoreiden sijainti, pinkillä reseptipisteet.



Kuva 7. Typpidioksidin **vuorokausiraja-arvoon** ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet datakeskusalueella ja sen lähiympäristössä vara-voimageneraattoreiden hätäkäytön aikana (sähkökatko). Mallinnuksessa on huomioitu 66 generaattoria täydellä kuormalla, ei SCR-järjestelmää (teoreettinen tilanne). Punaisella ympyrällä merkitty generaattoreiden sijainti, pinkillä reseptoripisteet.

4.5 Mallinnustapaus F: hätäkäyttö SCR-järjestelmän kanssa

Mallinnustapauksessa F käytössä on yhtä aikaa 66 varavoimageneraattoria. Generaattoreita käytetään hätäkäytössä sähkökatkon aikana. Generaattoreissa käytetään SCR-järjestelmää, jonka oletetaan toimivan täydellä kapasiteetillaan ja poistavan typen oksidit savukaasuista 90-prosenttisesti.

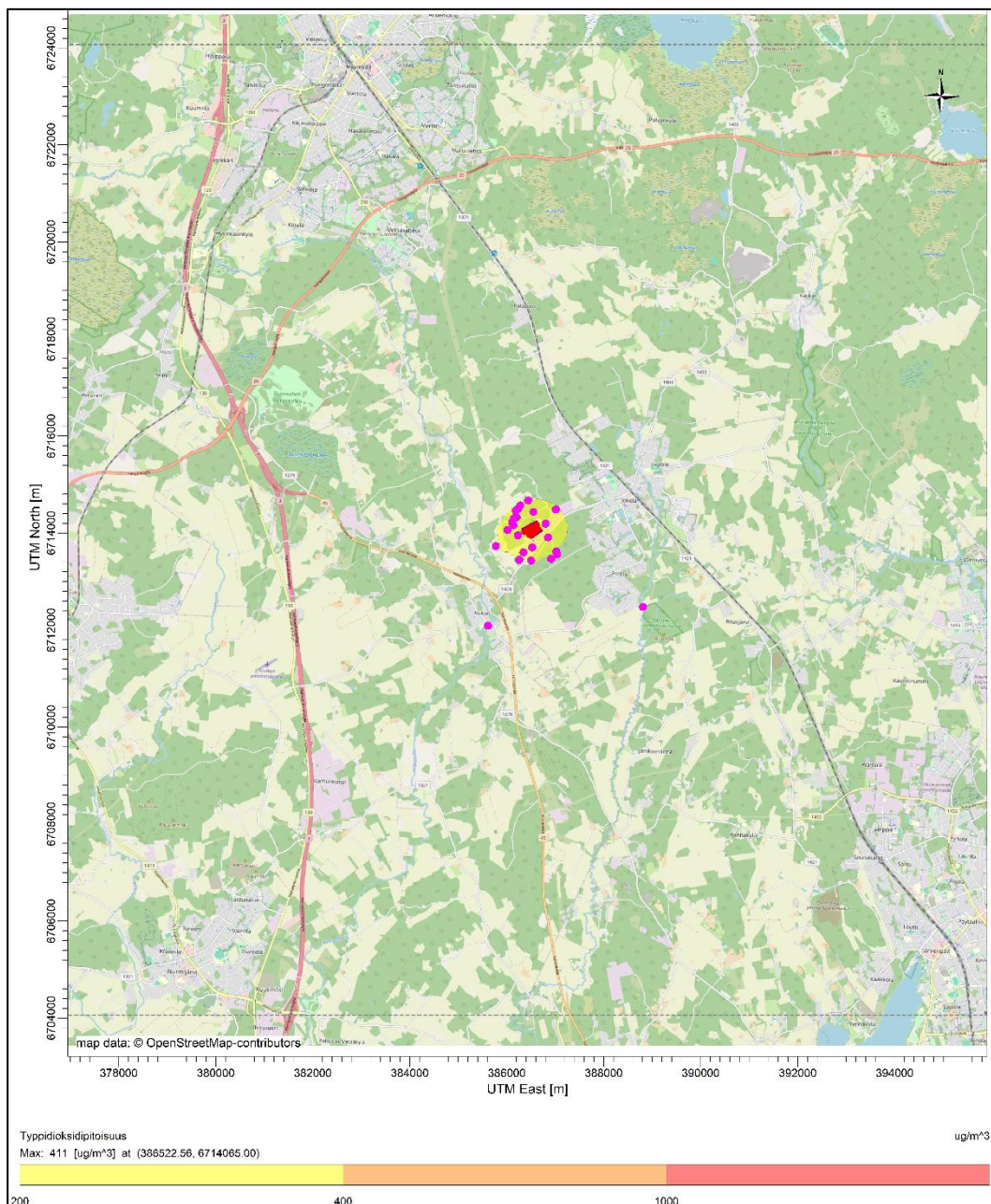
Typpidioksidin tuntiraja-arvo ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyisi noin 600 metrin etäisyydelle hankealueen keskipisteestä, mikäli 66 generaattoria käytettäisiin jatkuvasti (Kuva 8 ja Kuva 9). Ero mallinnustapaukseen E, jossa SCR-järjestelmää ei käytetty, on huomattava. Raja-arvon ylitys on selvästi pienempi sekä pitoisuustasoltaan että alueelliselta laajuudeltaan. Lähimpien asuinrakennusten kohdalla

tuntiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet ovat noin 250 µg/m³ (Taulukko 10). Korkeimmat typpi-dioksidipitoisuudet (maksimipitoisuus yli 400 µg/m³) havaitaan aivan generaattorien poistopiippujen välittömässä läheisyydessä datakeskusalueella ja pitoisuudet pienentyvät nopeasti etäisyyden kasvaessa päästölähteistä.

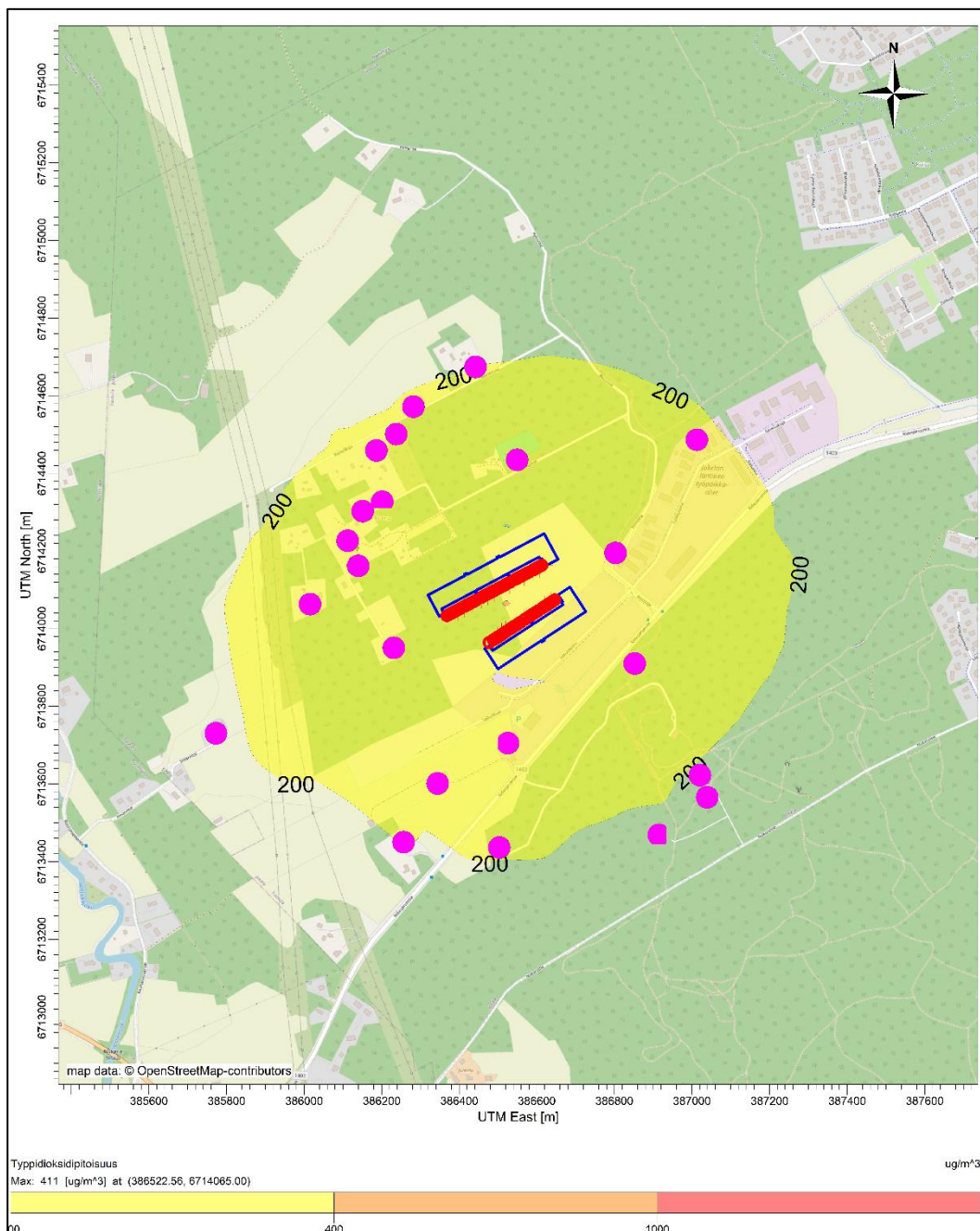
Jatkuvalla käytöllä ilmanlaatudirektiivin mukainen vuorokausiraja-arvo 50 µg/m³ ylittyisi hankealueelta enintään noin 1,2 kilometrin etäisyydelle (Kuva 10). Lähimpien asuinrakennusten kohdalla pitoisuudet ovat mallinnuksessa korkeimmillaan noin 100 µg/m³ (Taulukko 10).

Taulukko 10. Typpidioksidin tuntiraja-arvoon (200 µg/m³) ja vuorokausiraja-arvoon (50 µg/m³) verrannolliset pitoisuudet reseptoripisteissä varavoimageneraattoreiden hätäkäytön aikana (sähkökatko), tilanteessa, jossa 66 generaattoria toimii täydellä kuormalla ja SCR-järjestelmä on käytössä.

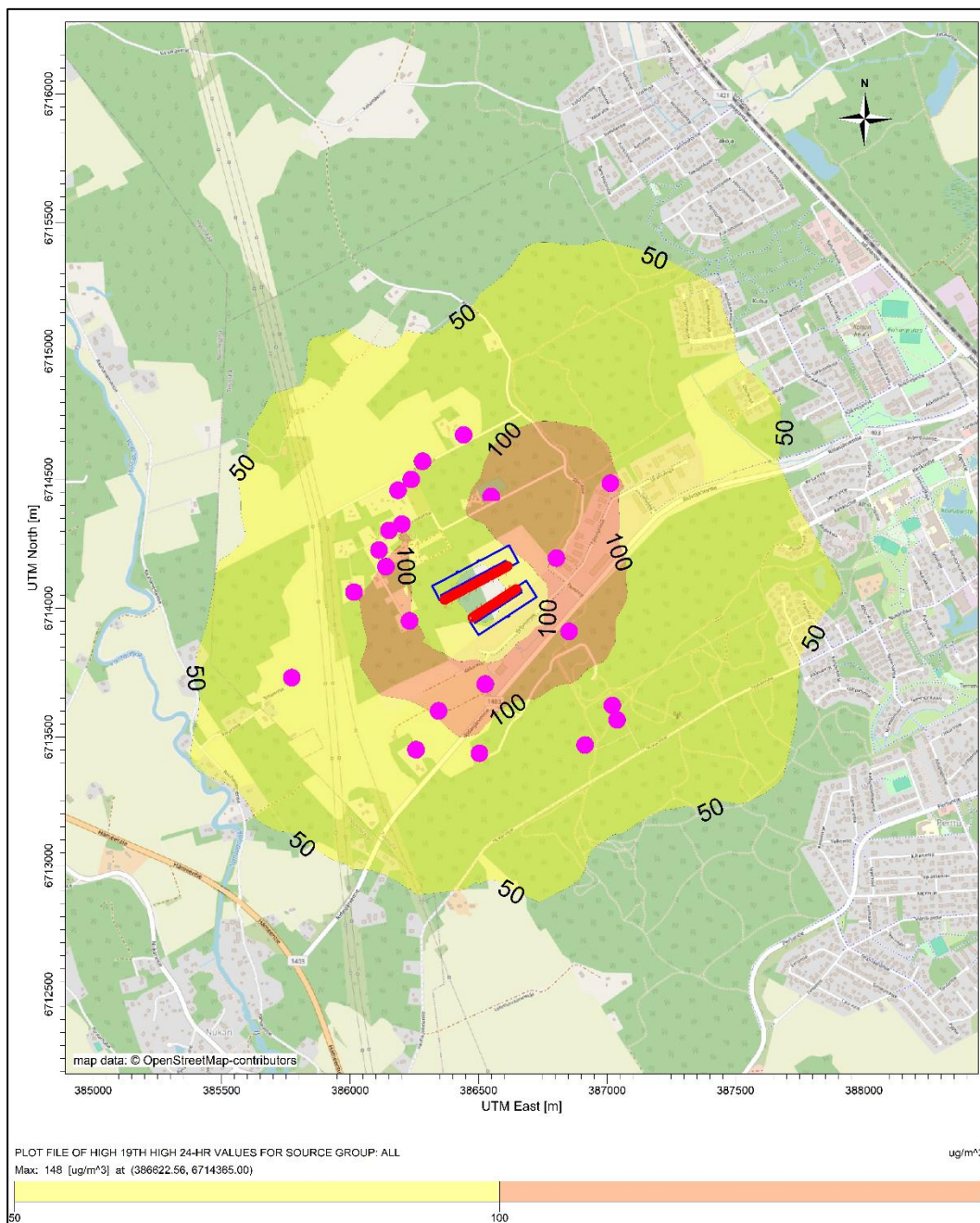
Reseptori	Käyttötarkoitus	Typpidioksidin tuntipitoisuus (µg/m ³), raja-arvo 200 µg/m ³	Typpidioksidin vuorokausipitoisuus (µg/m ³), raja-arvo 50 µg/m ³
R1	Asuinrakennus	263	105
LR1	Loma-asuinrakennus	213	93
LP1	Virkistysalue	250	126
R2	Asuinrakennus	255	104
LP2	Virkistysalue	252	116
R3	Asuinrakennus	234	100
R4	Asuinrakennus	208	104
R5	Asuinrakennus	245	110
R6	Asuinrakennus	195	83
R7	Asuinrakennus	201	77
R8	Asuinrakennus	190	69
R9	Asuinrakennus	223	98
R10	Asuinrakennus	212	93
R11	Asuinrakennus	207	88
R12	Asuinrakennus	190	79
R13	Asuinrakennus	187	74
R14	Asuinrakennus	202	90
R15	Asuinrakennus	204	92
R16	Asuinrakennus	241	93
R17	Asuinrakennus	240	99
R18	Asuinrakennus	238	99
Vantaanjoki	Luonnonsuojelualue	110	21
Lepänoja	Luonnonsuojelualue	102	20
LP3	Virkistysalue	242	123



Kuva 8. Typpidioksidin **tuntiraja-arvoon** (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet varavoimageneraattoreiden hätkäytön aikana (sähkökatko). Mallinnuksessa on huomioitu 66 generaattoria täydellä kuormalla, SCR-järjestelmä on käytössä. Punaisella ympyrällä merkitty generaattoreiden sijainti, pinkillä reseptoripisteet.



Kuva 9. Lähikuva. Typpidioksidin **tuntiraja-arvoon** (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet datakeskusalueella ja sen lähiympäristössä varavoimageneraattoreiden hätäkäytön aikana (sähkökatko). Mallinnuksessa on huomioitu 66 generaattoria täydellä kuormalla, SCR-järjestelmä on käytössä. Punaisella ympyrällä merkitty generaattoreiden sijainti, pinkillä reseptoripisteet.



Kuva 10. Typpidioksidin **vuorokausiraja-arvoon** (50 µg/m³) verrannolliset pitoisuudet datakeskusalueella ja sen lähiympäristössä varavoimageneraattoreiden hätäkäytön aikana (sähkökatko). Mallinnuksessa on huomioitu 66 generaattoria täydellä kuormalla, SCR-järjestelmä on käytössä. Punaisella ympyrällä merkitty generaattoreiden sijainti, pinkillä reseptoripisteet.

5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Ilmanlaatumallinnuksessa tarkasteltiin varavoimageneraattoreiden käytön aiheuttamia typpidioksidipitoisuuksia kuudessa eri käyttötilanteessa: kuukausittaisessa testikäytössä, vuosittaisessa testikäytössä, joustokäytössä ilman SCR-järjestelmää (teoreettinen tilanne) ja SCR-järjestelmän kanssa sekä hätäkäytössä ilman SCR-järjestelmää (teoreettinen tilanne) ja SCR-järjestelmän kanssa. Mallinnukset on tehty konservatiivisin oletuksin (ns. maksimipäästötarkastelu), millä saadaan selville pitoisuuksien enimmäistasot, jotka voivat syntyä silloin, jos varavoimageneraattoreita käytetään päästöjen leviämisen ja laimenemisen kannalta epäedullisten sääolosuhteiden aikana.

Kuukausittaisessa testikäytössä, jossa generaattoreita koekäytetään yksi kerrallaan ilman kuormaa, typpidioksidipitoisuudet jäävät koko tarkastelualueella alle tuntiraja-arvon $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vastaavasti vuosittaisessa testikäytössä, jossa kahta generaattoria koekäytetään samanaikaisesti täydellä kuormalla, tuntiraja-arvon ylityksiä havaitaan vain aivan päästölähteiden läheisyydessä, alueella, jossa raja-arvot eivät ole voimassa. Korkeimmat pitoisuudet esiintyvät ainoastaan generaattoreiden poistopiippujen välittömässä läheisyydessä ja pienenevät nopeasti etäisyyden kasvaessa. Datakeskusalueen ympäristössä ja lähimpien asuinrakennusten kohdalla pitoisuudet jäävät raja-arvon alapuolelle.

Joustokäyttöä kuvaavassa teoreettisessa mallinnustapauksessa, jossa 14 generaattoria toimii samanaikaisesti täydellä kuormalla ilman SCR-järjestelmää, typpidioksidin tuntiraja-arvo ylittyisi laajalla alueella, mikäli käyttö olisi jatkuvaa. Käytännössä joustokäyttö on kuitenkin ajallisesti rajattua enintään kahteen tuntiin vuorokaudessa, mikä vähentää todennäköisyyttä sille, että päästöt osuvat juuri epäedullisiin leviämisolosuhteisiin ja pitoisuudet kohoaisivat. Joustokäytössä SCR-järjestelmän kanssa typpidioksidipitoisuudet jäävät alle tuntiraja-arvon $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kaikkialla datakeskuskusalueen ympäristössä. Lähimpien asuinrakennusten kohdalla pitoisuudet ovat mallinnuksessa korkeimmillaan noin $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hätäkäyttötilanteissa ilman SCR-järjestelmää (teoreettinen tilanne) typpidioksidin tuntiraja-arvon ylitykset ulottuisivat laajoille alueille, mikäli kaikki 66 generaattoria toimisivat yhtäjaksoisesti. SCR-järjestelmän käyttö pienentää sekä pitoisuustasoja että ylitysalueen laajuutta selvästi. Tässä tapauksessa raja-arvon ylitykset jäävät vähäisemmiksi ja keskittyvät pääosin hankealueen välittömään läheisyyteen. Lähimpien asuinrakennusten kohdalla tuntiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet ovat noin $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vuorokausiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet noin $100 \text{g}/\text{m}^3$ kun SCR-järjestelmä on käytössä. Mallilaskelmissa tarkastellun hätäkäytön kaltainen tilanne on kuitenkin kaikkiaan hyvin epätodennäköinen, koska kantaverkon siirtovarmuus on hyvä. Vuonna 2025 siirtovarmuus oli 99,99995 % ja kymmenen vuoden keskiarvona 99,99983 % (Fingrid 2026: <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/sahkon-siirtovarmuus/>). Sähkönjakelun häiriöistä aiheutuva varavoimageneraattorien käyttötarve on siten hyvin harvinaista.

Typenoksidipäästöjä voidaan tehokkaasti vähentää SCR-jälkikäsitteilyjärjestelmällä. Savukaasujen puhdistus on olennaista typen oksidien (NO_x) pitoisuuksien hillitsemiseksi joustokäytön ja hätäkäytön aikana, kun varavoimageneraattoreita on käytössä useita yhtäkaaa. SCR-järjestelmän käyttö mahdollistaa sen, että typpidioksidipitoisuudet ympäristössä pysyvät raja-arvojen alapuolella, eikä niistä aiheudu merkittävää haittaa ilmanlaadulle ja ihmisten terveydelle.