

Vastaanottaja

Epsilon Advanced Materials
Finnish Minerals Group

Asiakirjatyyppi

Raportti

Päivämäärä

28.3.2024

Viite

1510078115

Raportti

Ilmaan johdettavien epäpuhtauksien leviämismallinnus Vaasan anodimateriaali-tehtaalla



Raportti

Ilmaan johdettavien epäpuhtauksien leviämismallinnus
Vaasan anodimateriaali-tehtaalla

Projekti **Air Dispersion for anode plant in Vaasa**
Projekti nro **1510078115**
Asiakirjatyyppi **Raportti**
Versio **2.0**
Päivämäärä **28.3.2024**
Laatija **Heikki Lamberg**
Tarkastaja **Toni Keskitalo**

Ramboll
Puutarhakatu 9
70300 Kuopio

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201

Versioon 2.0 on päivitetty NO₂ ja bentso[a]pyreenin tulokset molempien vaiheiden osalta.

Sisältö

1.	Työn tausta ja tavoitteet	2
2.	Aineisto ja menetelmät	2
2.1	Leviämismallinnus	3
2.2	Raja- ja ohjearvot	5
2.3	Epävarmuustekijöitä	6
3.	Tulokset	7
3.1	PAH-päästöjen arviointi	7
3.2	VE1a	10
3.3	VE1b	27
4.	Johtopäätökset	44
	Lähteet	45
	Liite	46

1. Työn tausta ja tavoitteet

Tässä työssä tarkasteltiin laskennallisesti Epsilon Advanced Materialsin ja Suomen Malmijalosteen (Finnish Minerals Group) Vaasaan suunnitteleman anodimateriaalitehtaan ilmaan leviäviä päästöjä ja päästöjen vaikutusta tehtaan lähialueen ilmanlaatuun.

Tehdas sijaitsee Vaasan lentokentän itäpuolella, Laajametsän teollisuusalueelle (ns. GigaVaasan) ja sen etäisyys Vaasan keskustasta on noin 8 km. Tehtaan suunniteltu vuosikapasiteetti ensimmäisessä vaiheessa (VE1a) on 10 000 t ja toisen vaiheen (VE1b) valmistumisen jälkeen vuosikapasiteetti on 50 000 t.

Työn tavoitteena oli selvittää anodimateriaalitehtaasta peräisin olevien ilmaan johdettavien epäpuhtauksien leviämistä ympäristöön leviämismallinnuksen avulla. Tarkasteltavia epäpuhtauksia olivat typpidioksidi (NO₂), rikkidioksidi (SO₂), hiilivedyt (VOC), hiukkaset (PM) ja bentso[a]pyreeni (BaP). Lisäksi tarkasteltiin PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuutta.

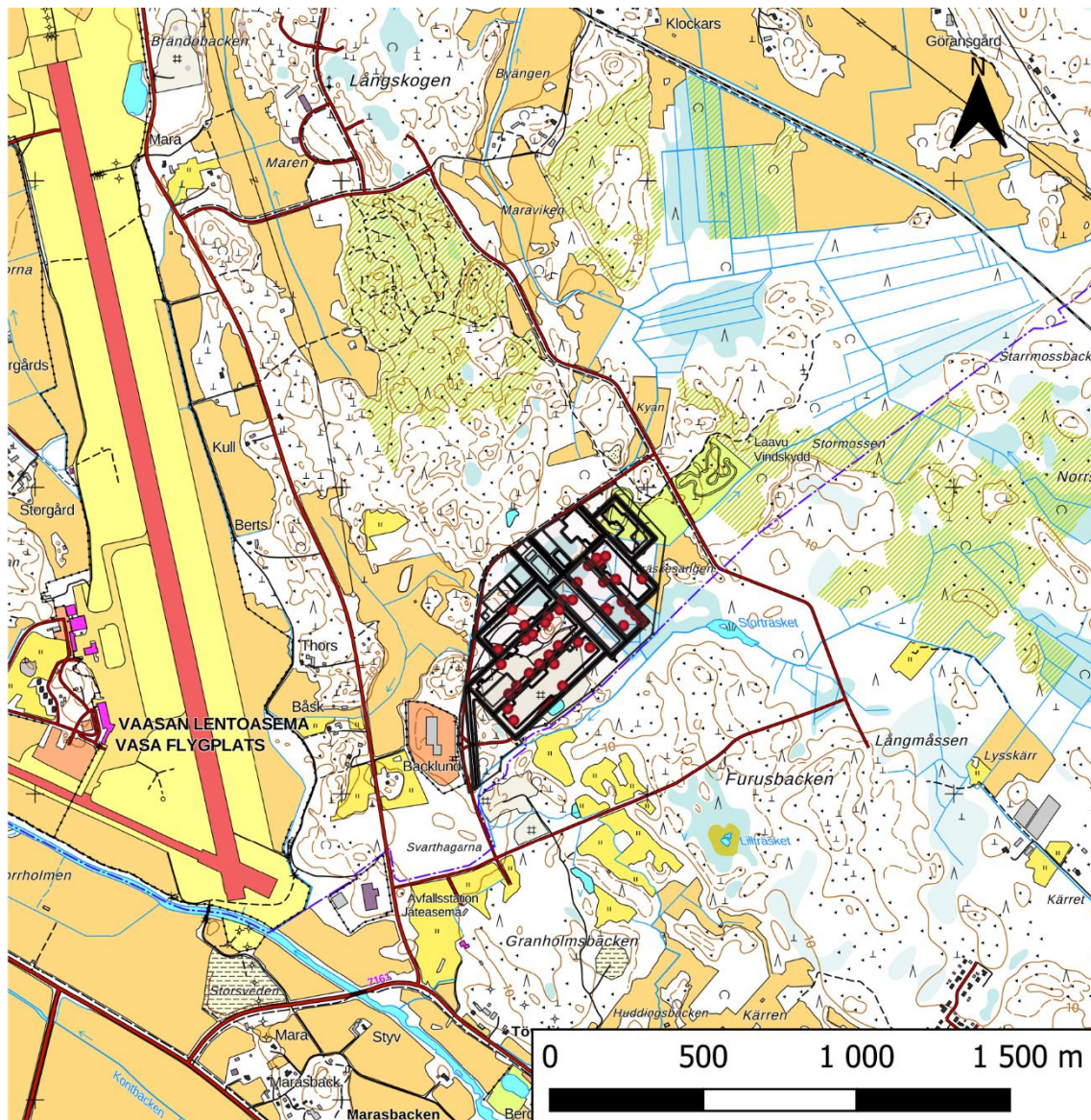
2. Aineisto ja menetelmät

Mallinnuksen lähtötietoina käytettiin tehtaan suunnittelusta saatuja suunnittelutietoja, jotka ovat peräisin Epsilon Advanced Materialsilta. Mallinnuksen lähtötietoina on käytetty poistojen sijainteja, joista epäpuhtaudet vapautuvat ulkoilmaan, poistokaasujen virtauksia, lämpötiloja, päästömääriä, poistokanavien halkaisijoita ja korkeuksia, sekä poistokaasun virtausnopeutta. Poistokaasujen epäpuhtauksien pitoisuudet saatiin BAT-vertailuasiakirjasta (Non-Ferrous Metals Industries). Tehtaan sijoittuminen on esitetty alla (Kuva 1). Mallissa käytettyjä lähtötietoja on kuvattu laajemmin Liitteen 1 taulukossa.

Ensimmäisessä vaiheessa VE1a poistoja on yhteensä 17, ja vaiheessa VE1b niitä on 39. Piippujen sijainnit näkyvät kuvassa Kuva 1 ja tulososion (kappale 3) kuvissa. Käytetyt lähtötiedot on esitetty taulukossa (Taulukko 2).

Taulukko 1. Mallinnuksen lähtötietoina käytetyt päästötiedot.

Epäpuhtaus	Pitoisuus poistokaasussa (mg/m ³)	VE1a			VE1b		
		Päästö (g/s), koko tehdas	Päästö (kg/h)	Päästö (t/a, 330 vrk)	Päästö (g/s), koko tehdas	Päästö (kg/h)	Päästö (t/a, 330 vrk)
NO ₂	30	1,0	3,6	29	3,2	12	91
Hiukkaset (PM ₁₀)	5	0,53	1,9	13	1,6	5,9	39
VOC-PAH	2,5	0,062	0,22	1.6	0,22	0,80	6
SO ₂	50	0,56	2,0	16	1,9	6,8	54
BaP	0,006	0,00015	0,00054	0,0041	0,00053	0,0019	0,013

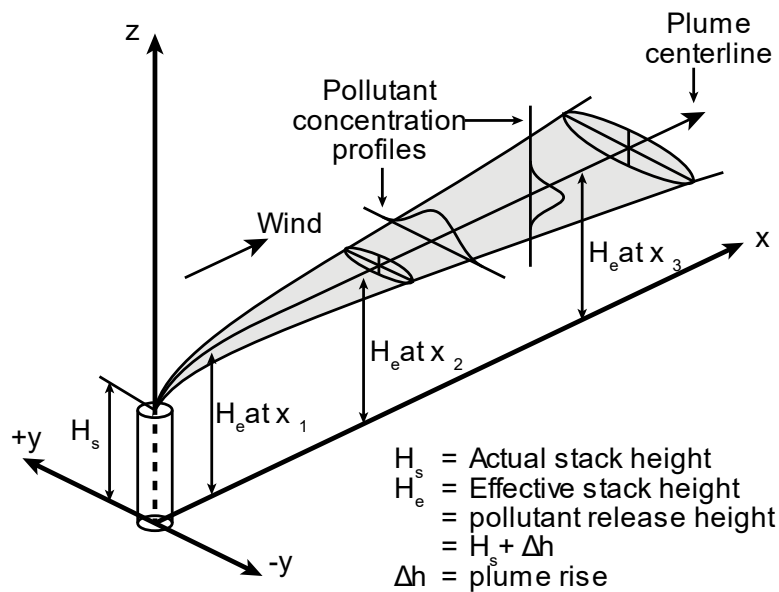


Kuva 1. Anodimateriaalitehtaan sijoittuminen Vaasa lentokentän itäpuolelle. Päästölähteet (VE1b) on kuvattu kartalla punaisilla palloilla.

2.1 Leviämismallinnus

Päästöjen leviämismallinnuksessa käytettiin 3-ulotteista mallia, joka huomioi maastonmuodot, rakennusten aiheuttaman kaasupainuman, kaasujen lämpötilasta johtuvan nosteen ja sääolosuhteet. Mallinnukseen käytettiin U.S. EPA:n AERMOD-mallinnusohjelman versiolla 22112 käyttäen apuna graafista käyttöliittymää AERMOD View 12.0.0. Malli on laajalti käytössä Yhdysvalloissa ja Euroopassa. Mallinnettavan alueen koko (neliökilometreistä satoihin neliökilometreihin) ja reseptorisiteiden tiheys suhteutetaan päästöihin ja niiden leviämiseen. Lähialueella sekä lähimmissä häiriintyvissä kohteissa voidaan käyttää tiheämpää reseptoriverkkoa, minimissään 20 m.

Leviämismallin perustana on gaussilainen leviämisyhtälö, joka olettaa päästön laimenevan Gaussin jakauman mukaisesti pysty- ja vaakasuunnassa (Kuva 2).



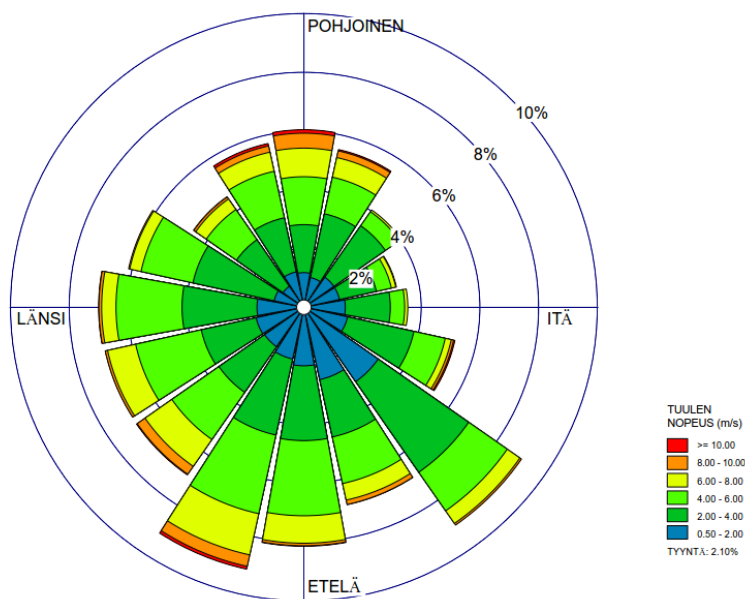
Kuva 2. Päästövanan hajoaminen gaussilaisen leviämisyhtälön mukaan.

Mallissa käytetyt hajontaparametrit ovat tilastollisia ja ne on saatu empiirisesti. Vaaka- ja pystysuunnan standardipoikkeamat luonnollisesti kasvavat, kun etäisyys lähteestä kasvaa. Malli huomioi päästövanan korkeutta laskiessaan päästökorkeuden (H_s), päästön virtausnopeuden ja lämpösisälön. Tuulenoisuuden oletetaan edustavan savuviuhkan kulkeutumisenopeutta ja se määritetään savuviuhkan keskiakselin korkeudelle (H_e). Gaussin vanamallin lisäksi malli sisältää osamalleja esim. päästöjen vaihteluiden ja rakennusten virtaushäiriöiden käsittelemiseksi. Typen oksidien ja rikin oksidien oletettiin muuntuvan ilmakehässä täydellisesti yhdisteiden dioksidimuotoon (NO_2 ja SO_2). Mallinnuksessa on huomioitu rakennusten aiheuttama savukaasupainuma.

Säätietoina mallinnuksissa käytettiin Vaasan lentoaseman sääaseman (Ilmatieteen laitos, avoin data) säätietoja vuosilta 2020–2022. Asema sijaitsee noin 2 km tehdasalueen luoteispuolella. Laskentamalli käyttää epäpuhtauspitoisuuksien leviämisen ja laimenemisen laskennassa meteorologisen tilanteen tuntikeskiarvoja (ulkoilman lämpötila, tuulen nopeus, tuulen suunta, pilvisuus, pilvien korkeus). Laskenta etenee tunnin aika-askeleilla, kunnes koko vuoden pituinen säätietojen aikasarja on käyty läpi. Malli lasketaan kolmen vuoden sääaineistolla, ja lopuksi eri vuosien tulokset yhdistetään. Tuloksena saatavat pitoisuudet ilmoitetaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Pitoisuudet kuvaavat pitoisuuksia ilmassa lähellä maan pintaa hengitysilman korkeudella (1,5 m). Leviämismallilla arvioitiin päästöjen leviäminen 8 km × 8 km kokoisella alueella. Mallin laskentapistet sijoitettiin 50 m välein etäisyydelle 500 m alueen keskipisteestä ja tätä kauempana 200 m välein.

Typen oksidien leviämismalleissa oletettiin, että kaikki poistokaasun typen oksidit (NO_x) muuttuvat typpidioksidiksi (NO_2). Todellisuudessa typpioksidin (NO) muutunta NO_2 :ksi ei ole täydellistä vaan siihen vaikuttavat ympäristöolot kuten lämpötila, auringon säteily ja otsonin määrä. Näin ollen mallinnus kuvaa pahinta mahdollista tilannetta NO_2 :n osalta.



Kuva3. Tuuliruusu Vaasa lentoaseman sääasemalta vuosilta 2020–2022. Tuuliruusu kuvaa, mistä suunnasta on tuullut. Tyyntä (<0,5 m/s) oli 2,1 % ajanjakson havainnoista.

2.2 Raja- ja ohjearvot

Leviämislaskelmilla saatuja tuloksia on verrattu asetettuihin ilmanlaadun ohje-, raja- ja tavoitearvoihin. Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot on laadittu puhtaan ympäristön takaamiseksi ja terveydellisten haittojen ehkäisemiseksi. Ilmanlaadulle voimassa olevat säädökset ovat vuonna 1996 annetut ohjearvot terveyden suojelemiseksi (Vnp 480/1996, Taulukko 2) ja vuonna 2017 voimaan tullut ilmanlaatuasetus (79/2017, Taulukko 3). Ohjearvot ovat raja-arvoja tiukemmat, ja pitoisuuksien ollessa niiden alapuolella myös raja-arvot alittuvat.

Taulukko 2: Typpidioksidin (NO₂), rikkidioksidin (SO₂) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ohjearvot tunti-, vuorokausi- ja vuosipitoisuuksille [µg/m³] (Valtioneuvoston päätös 480/1996), sekä ilmanlaadun tavoitearvo bentso[a]pyreenille. Pitoisuudet on ilmoitettu olosuhteissa +20 °C ja 101,3 kPa.

Epäpuhtaus	Tarkasteluaika		Tilastollinen määritelmä	Ohjearvo [µg/m ³]
Typpidioksidi (NO ₂)	Ohjearvo	tunti	kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste	150
Typpidioksidi (NO ₂)	Ohjearvo	vuorokausi	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo	70
Rikkidioksidi (SO ₂)	Ohjearvo	tunti	kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste	250
Rikkidioksidi (SO ₂)	Ohjearvo	vuorokausi	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo	80
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	Ohjearvo	vuorokausi	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo	70
Bentso[a]pyreeni	Ilmanlaadun tavoitearvo	vuosi	vuosikeskiarvo	0,001

Taulukko 3. Typpidioksidin (NO₂), rikkidioksidin (SO₂) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) raja-arvot tunti-, vuorokausi- ja vuosipitoisuuksille [µg/m³]. Pitoisuudet on ilmoitettu olosuhteissa +20 °C ja 101,3 kPa.

Epäpuhtaus		Tarkastelu-aika	Tilastollinen määritelmä	Raja-arvo [µg/m ³]
Typpidioksidi (NO ₂)	Raja-arvo	tunti	raja-arvon lukuarvo saa ylittyä 18 kertaa vuodessa	200
Typpidioksidi (NO ₂)	Raja-arvo	vuosi	vuosikeskiarvo	40
Rikkidioksidi (SO ₂)	Raja-arvo	tunti	raja-arvon lukuarvo saa ylittyä 24 kertaa vuodessa	350
Rikkidioksidi (SO ₂)	Raja-arvo	vuorokausi	raja-arvon lukuarvo saa ylittyä 3 kertaa vuodessa	125
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	Raja-arvo	vuorokausi	raja-arvon lukuarvo saa ylittyä 35 kertaa vuodessa	50
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	Raja-arvo	vuosi	vuosikeskiarvo	40

2.3 Epävarmuustekijöitä

Tässä työssä leviämismalli perustuu laskettuihin päästöarvoihin, jolloin päästötietojen epävarmuudet eivät vaikuta mallinnettuihin tuloksiin. Epävarmuustekijöitä ovat silti sääaineiston ja sen edustavuuden epävarmuudet (10–40 %) ja laskennan epävarmuudet (10–20 %). Lopputuloksen luotettavuus yksittäisessä pisteessä on heikoimmillaan tuntipitoisuuksia laskettaessa ja sen edustavuus paranee pitempiäkaispitoisuuksia laskettaessa. Leviämismallin kokonaisepävarmuutena on pidetty 10–40 % pitoisuuksia, kun tarkastellaan suurimpia päästöarvoja (EPA 2017).

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. Tyynissä olosuhteissa etenkin pölymäiset päästöt voivat leijaila ilmassa pitempään, seuraavienkin tuntien aikana. Ääriolosuhteissa päästö voi vaihdella paljonkin esim. tuulen nopeuden ja puuskittaisuuden mukaan.

Kasvillisuus, erityisesti puusto, vaikuttavat ilmanlaatuun suoraan pidättämällä ja emittoimalla hiukkasja ja kaasuja sekä epäsuoraan muuttamalla meteorologisia olosuhteita. Meteorologisilla tekijöillä on vaikutusta epäpuhtauksien kulkeutumiseen sekä sen aikana tapahtuvaan epäpuhtauksien sekoittumiseen, laimenemiseen, depositioon ja muutuntaan. Suojametsävyöhykkeet parantavat ilmanlaatua ja vähentävät pölyhaittoja erityisesti poistamalla karkeita hiukkasja ilmassa. Pienhiukkasten (PM_{2,5}) 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.

Käytetyt päästötiedot laskettiin tilaajan toimittamien tietojen ja BAT-vertailuasiakirjasta Non-Ferrous Metals Industries saatujen pitoisuuksien avulla, koska mittaustietoa ei ole vielä olemassa.

3. Tulokset

Päästöjen leviämismallinnuksen tulokset on esitetty vaiheelle VE1a kuvissa (Kuva 4–Kuva 20) ja vaiheelle VE1b kuvissa (Kuva 21–Kuva 37). VE1a tuloksissa on esitetty raja- ja ohjearvoihin verrannolliset NO₂ (Kuva 4–Kuva 7), PM₁₀- (Kuva 12–Kuva 14) ja SO₂-pitoisuudet (Kuva 8–Kuva 11). Kolmen vuoden aikana esiintyvät korkeimmat mallinnetut tunti-, vuorokausi- ja vuosipitoisuudet on esitetty VOC- (Kuva 15–Kuva 17) ja BaP-pitoisuuksille (Kuva 18–Kuva 20). Vastaavat kuvat VE1b on esitetty seuraavasti: NO₂ (Kuva 21–Kuva 24), PM₁₀ (Kuva 29–Kuva 31), SO₂ (Kuva 26–Kuva 28), VOC (Kuva 32–Kuva 34) ja BaP (Kuva 35–Kuva 37). Tulokuvissa on esitetty kaikki kiinteistöt, niin asuinkiinteistöt kuin muut rakennukset.

Kuvissa esitetyt tulokset kuvaavat pitoisuutta 1,5 m korkeudella maanpinnasta. Tarkastelussa on huomiotavaa, että pitoisuuskäyrästöt eivät edusta koko tarkastelualueella samanaikaisesti vallitsevaa tilannetta, vaan pitoisuuksien suurimmat arvot esiintyvät eri laskentapisteissä eri ajankohdina. Tuloksia tulkittaessa täytyy ottaa huomioon, että mallinnuksen tulokset tulkitaan pitoisuuslisänä taustapitoisuuteen. Tehdasalueella tapahtuvia ylityksiä ei oteta huomioon tarkasteltaessa mahdollista ympäristöhaittaa, mutta mahdolliset ylitykset on mainittu tuloksia tarkasteltaessa. Päästö pisteet on merkitty tuloskarttoihin keltaisilla palloilla. Mallinnustulokset ovat raja- ja ohjearvoihin verrannollisia tuloksia niiden epäpuhtauksien osalta, joille raja- ja ohjearvot on asetettu. Näin ollen ne eivät kuvaa tarkasteluajanjakson pahinta mahdollista tilannetta, vaan tarkastelussa on huomiotu esimerkiksi vuositasolla sallitut ylitykset. Niiden epäpuhtauksien osalta, joille ei ole raja- tai ohjearvoa, kuvaavat mallinnetut tulokset tarkasteluajanjakson korkeimpia ulkoilman pitoisuuksia.

Vaiheessa VE1a, suurimmat anodimateriaalitehtaan päästöistä aiheutuvat pitoisuudet ulkoilmassa havaitaan mallinnuksen mukaan tehdasalueella ja sen läheisyydessä. Pitoisuudet laskevat siirryttäessä kauemmaksi päästölähteestä. Raja- ja ohjearvopitoisuudet eivät ole mallinnuksen mukaan vaarassa ylittyä tehdasalueella tai sen ulkopuolella. Myös niiden ilmaan johdettavien epäpuhtauksien pitoisuudet, joille ei ole raja- tai ohjearvoa Suomen lainsäädännössä, jäävät ulkoilmassa pieniksi.

Vaiheessa VE1b ilmaan johdettavien päästöjen määrä kasvaa tuotantomäärien kasvaessa verrattuna vaiheeseen VE1a. Samoin kuin vaiheessa VE1a, suurimmat anodimateriaalitehtaan päästöistä aiheutuvat pitoisuudet ulkoilmassa havaitaan mallinnuksen mukaan tehdasalueella ja sen läheisyydessä. Pitoisuudet laskevat siirryttäessä kauemmaksi päästölähteestä. Raja- ja ohjearvopitoisuudet eivät ole mallinnuksen mukaan vaarassa ylittyä vaiheessa VE1b tehdasalueella tai sen ulkopuolella.

Myös niiden ilmaan johdettavien epäpuhtauksien pitoisuudet, joille ei ole raja- tai ohjearvoa Suomen lainsäädännössä, jäävät mallinnuksen mukaan ulkoilmassa pieniksi.

Korkeimmat mallinnetut pitoisuudet tehdasalueen ulkopuolella ja niiden vertailuarvot on esitetty kootusti alla (Taulukko 4, Taulukko 5).

3.1 PAH-päästöjen arviointi

Tilaajan arvion mukaan ilmaan johdettavat päästöt sisältävät polyaromaattisia hiilivetyjä (PAH), erityisesti raskaita PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteistä bentso[a]pyreenille on asetettu ilmanlaadun tavoitearvo. Tehtaan arvioiduille bentso[a]pyreenin päästöjä tarkasteltiin leviämismallinnuksen avulla, samaan tapaan kuin muita päästökomponeentteja, kuitenkin niin, että mallinnuksen avulla pyrittiin löytämään sellainen poistokaasun pitoisuus vaiheessa VE1b, jossa BaP vuosikeskiarvo ei ylitä tehdasalueen ulkopuolella. Tällaiseksi BaP:n pitoisuudeksi poistokaasussa saatiin 0,006 mg/m³. Tämä pitoisuutta käytettiin myös VE1a BaP leviämismallinnuksessa.

Lisäksi haluttiin selvittää, mikä olisi hyväksyttävä PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus poistokaasussa sellaisessa tilanteessa, että lähimmän asuinrakennuksen kohdalla havaittaisiin vastaava keskimääräinen PAH-vuosipitoisuus kuin mitä on mitattu Raahen Lapaluodossa (Raahen ilmanlaatu 2022). Raahen valittiin vertailualueeksi, koska Raahessa sijaitsevan teollisuuden tiedettiin päästävän

ilmaan myös raskaita PAH-yhdisteitä. Tarkasteltavaksi ulkoilman pitoisuudeksi valittiin 23 ng/m³, joka oli korkein Lapaluodossa vuosien 2018–2022 välisenä aikana mitattu vuosikeskiarvo. Tarkastelupisteeksi otettiin tehdasalueen länsipuolella noin 400 m etäisyydellä sijaitseva asuinkiinteistö. Ulkoilman pitoisuuden ja tehtaan lähtötietojen avulla tehtiin käänteinen mallinnus, josta saatiin tulokseksi poistokaasun pitoisuus.

Tuloksena saatiin PAH-pitoisuus vaiheille VE1a ja VE1b. Vaiheessa VE1a haluttuun ulkoilman pitoisuuteen päästiin poistokaasun pitoisuudella 3,4 mg/m³. Vaiheessa VE1b epäpuhtaudet vapautuvat useamman poiston kautta kuin vaiheessa VE1a ja pitoisuudeksi saatiin 0,78 mg/m³. Tarkastelluissa tilanteissa oletettiin, että poistokaasujen PAH-pitoisuus olisi aina sama. Tilaaajan mukaan PAH-yhdisteet vapautuvat samoista pisteistä kuin VOC-yhdisteet, joten näitä käytettiin myös tässä tarkastelussa.

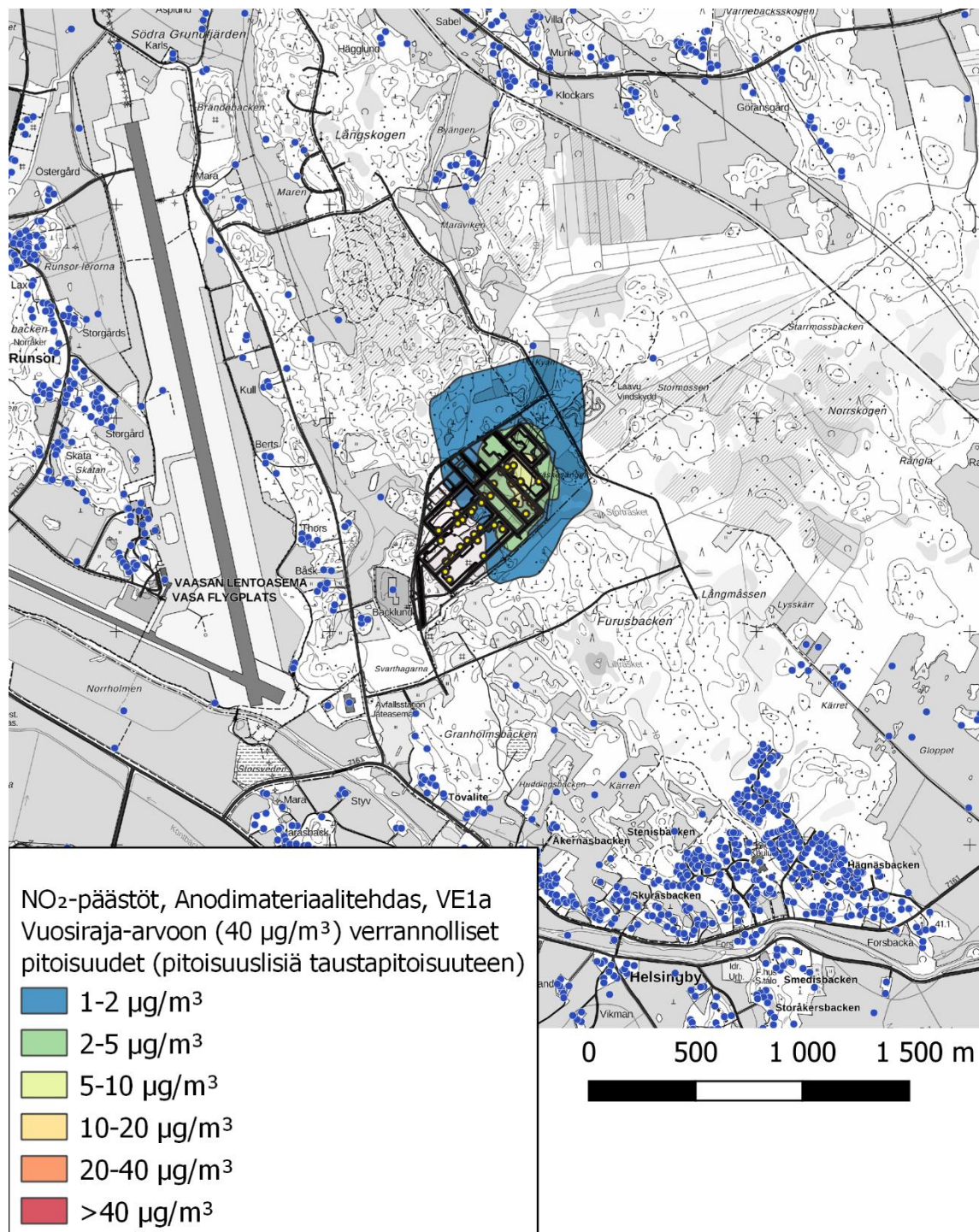
Taulukko 4. VE1a. Mallinnettujen tilanteiden korkeimmat pitoisuudet tehdasalueen ulkopuolella ja niiden vertailuarvot. Taulukon pitoisuudet yksikössä µg/m³.

Epäpuh- taus	Raja-arvo	Tavoite- arvo	Ohjearvo	Korkein mal- linnettu pit. (raja-arvo)	Korkein mallin- nettu pit. (oh- jearvo)	Korkeimmat mallinne- tut pitoisuudet
NO ₂	200 (tunti), 40 (vuosi)		Tunti (150), vrk (70)	Tunti (40), vuosi (1,7)	Tunti (34), vrk (11)	
PM ₁₀	Vrk (50), vuosi (40)		Vrk (70)	Vrk (3,8), vuosi (1,6)	vrk (8,4)	
VOC	Ei raja-arvoa		Ei ohjear- voa			1 h (2,9), 24 h (0,75), vuosi (0,091)
SO ₂	Tunti (350), päivä (125)		Tunti (250), vrk (80)	Tunti (42), vrk (8,6)	Tunti (33), vrk (8,4)	
BaP		Vuosi (0,001)				1 h (0,0070), 24 h (0,0018), vuosi (0,0002)

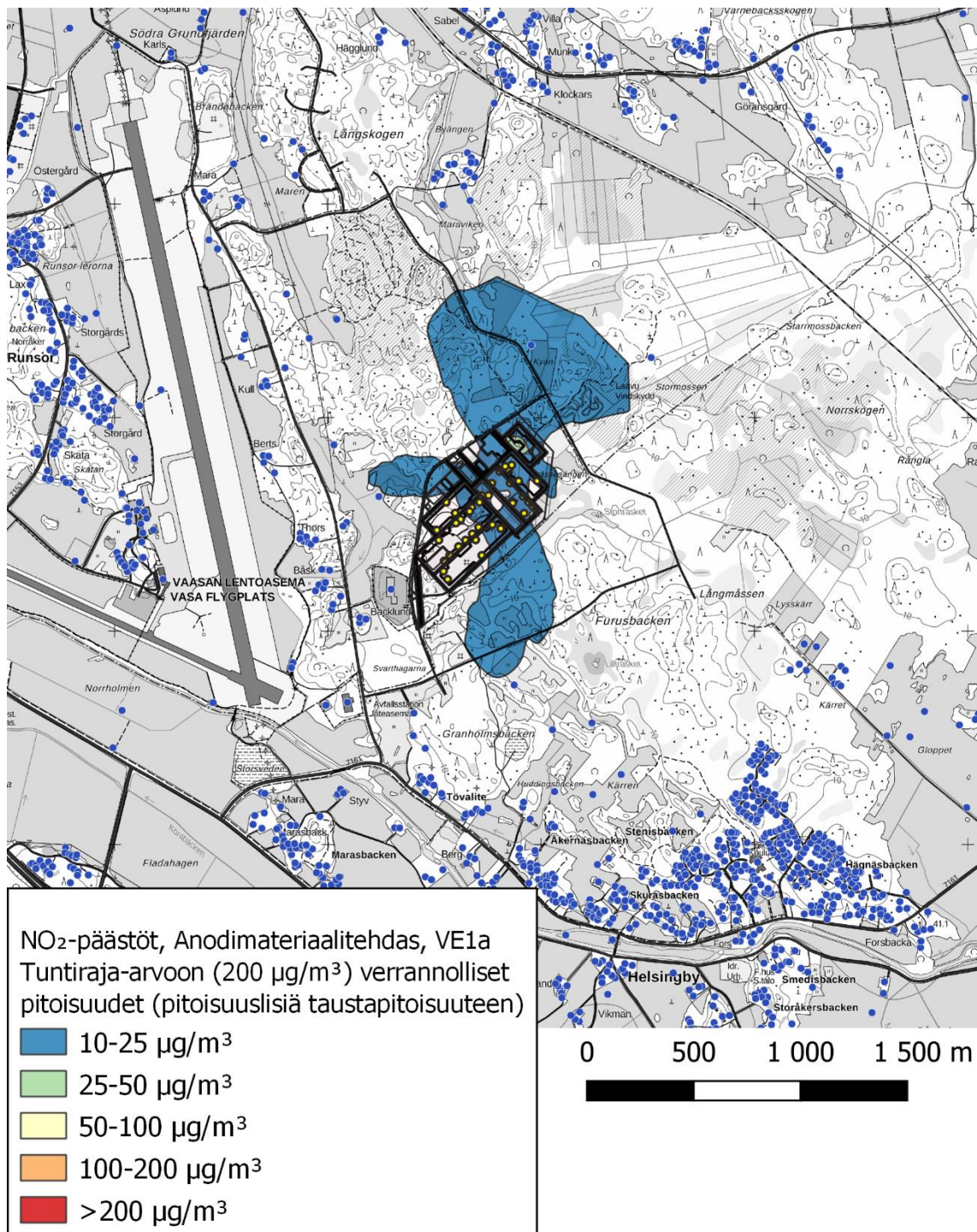
Taulukko 5. VE1b. Mallinnettujen tilanteiden korkeimmat pitoisuudet tehdasalueen ulkopuolella ja niiden vertailuarvot. Taulukon pitoisuudet yksikössä $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Epäpuh- taus	Raja-arvo	Tavoite- arvo	Ohjearvo	Korkein mal- linnettu pit. (raja-arvo)	Korkein mallin- nettu pit. (oh- jearvo)	Korkeimmat mallin- netut pitoisuudet
NO ₂	200 (tunti), 40 (vuosi)		Tunti (150), vrk (70)	Tunti (91), vuosi (4.2)	Tunti (50), vrk (31)	
PM ₁₀	Vrk (50), vuosi (40)		Vrk (70)	Vrk (12), vuosi (3,8)	vrk (23)	
VOC	Ei raja-arvoa		Ei ohjear- voa			1 h (12), 24 h (2,7), vuosi (0,34)
SO ₂	Tunti (350), päivä (125)		Tunti (250), vrk (80)	Tunti (81), vrk (27)	Tunti (70), vrk (28)	
BaP		Vuosi (0,001)				1 h (0,028), 24 h (0,007), vuosi (0,0010)

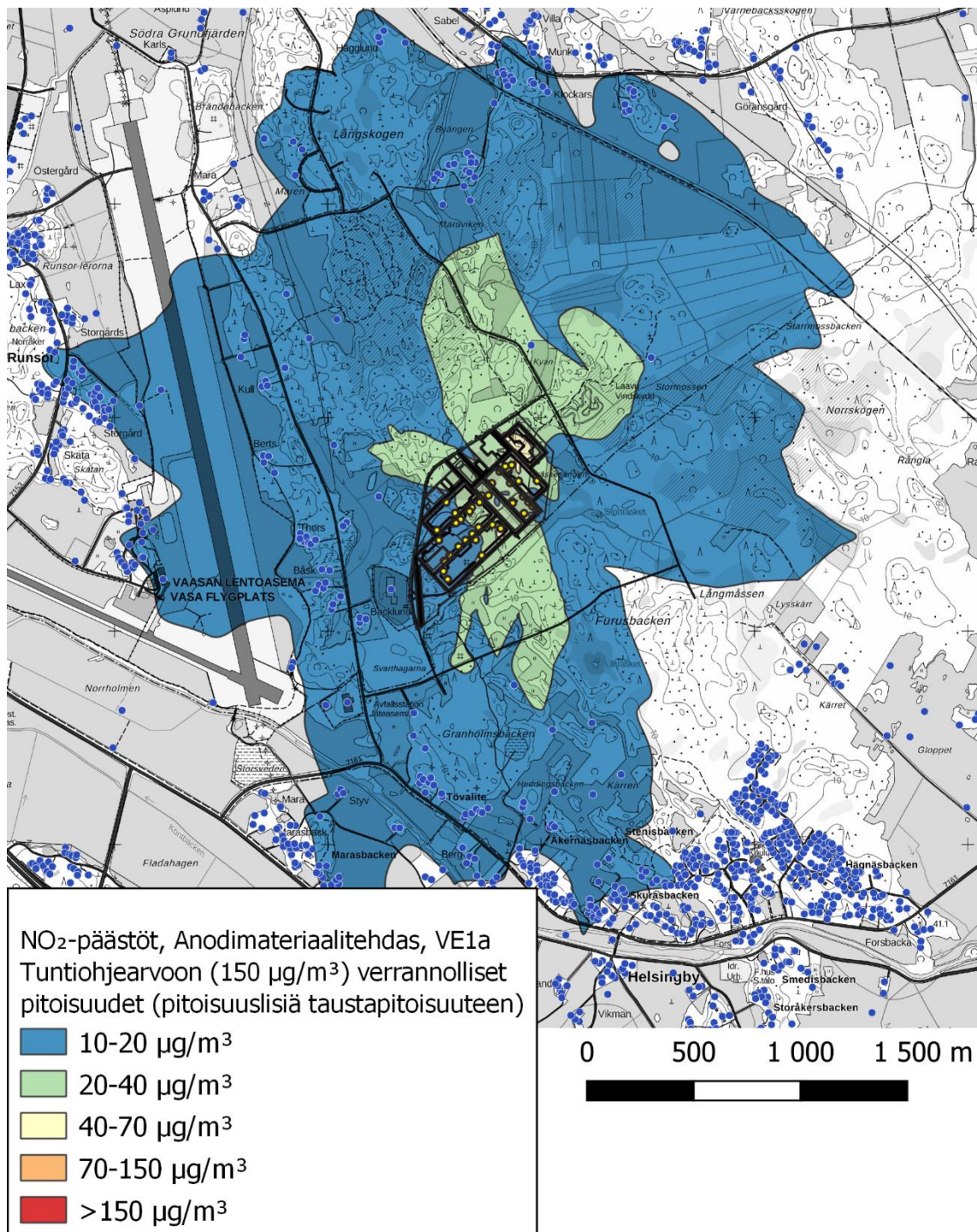
3.2 VE1a



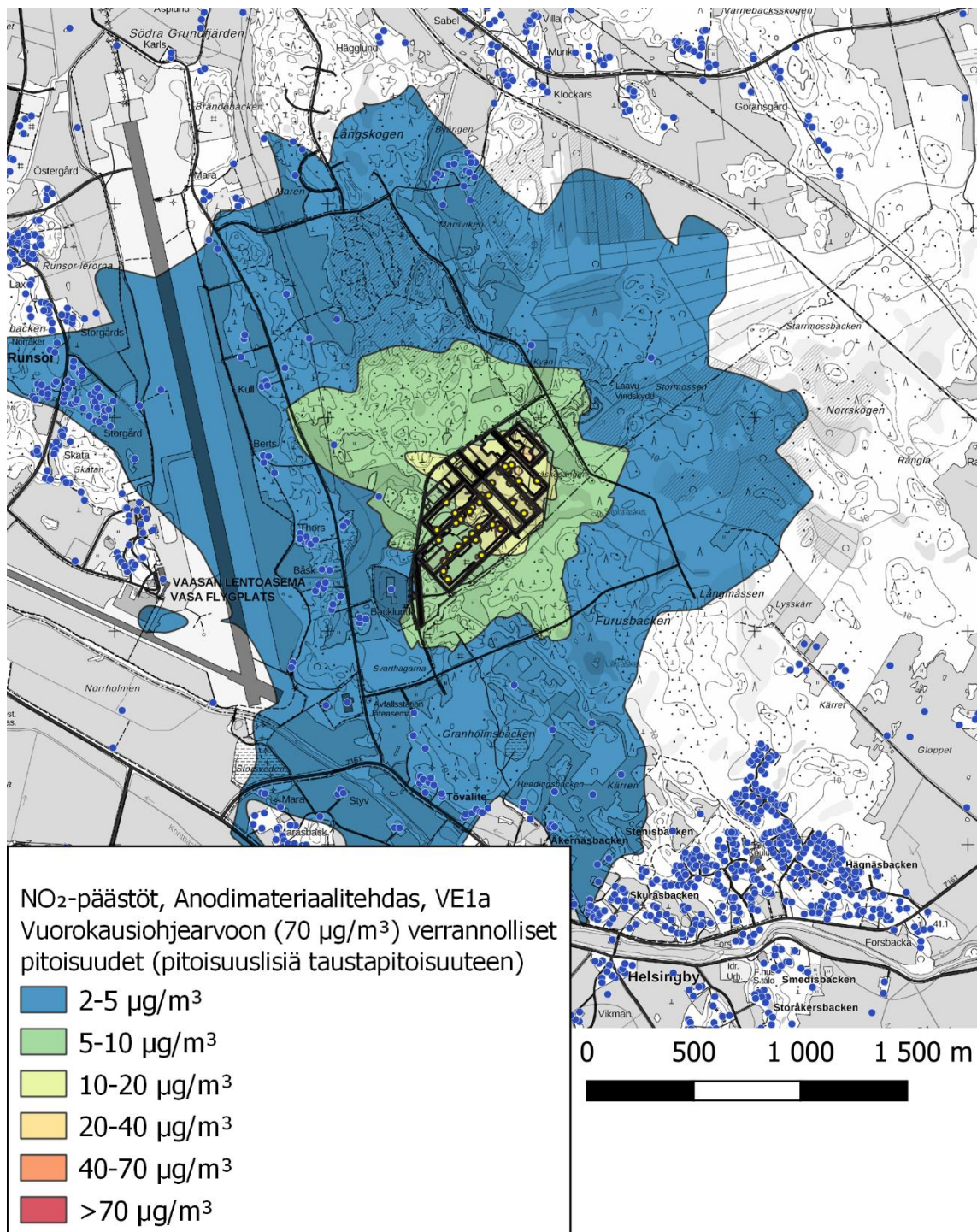
Kuva 4. Vuosiraja-arvoon (40 µg/m³) verrannolliset NO₂-pitoisuudet mallinnuksen mukaan. Suurin pitoisuus 9,0 µg/m³. Esitetyt tulokset ovat laitoksen savukaasujen aiheuttamia pitoisuuslisä taustapitoisuuksiin.



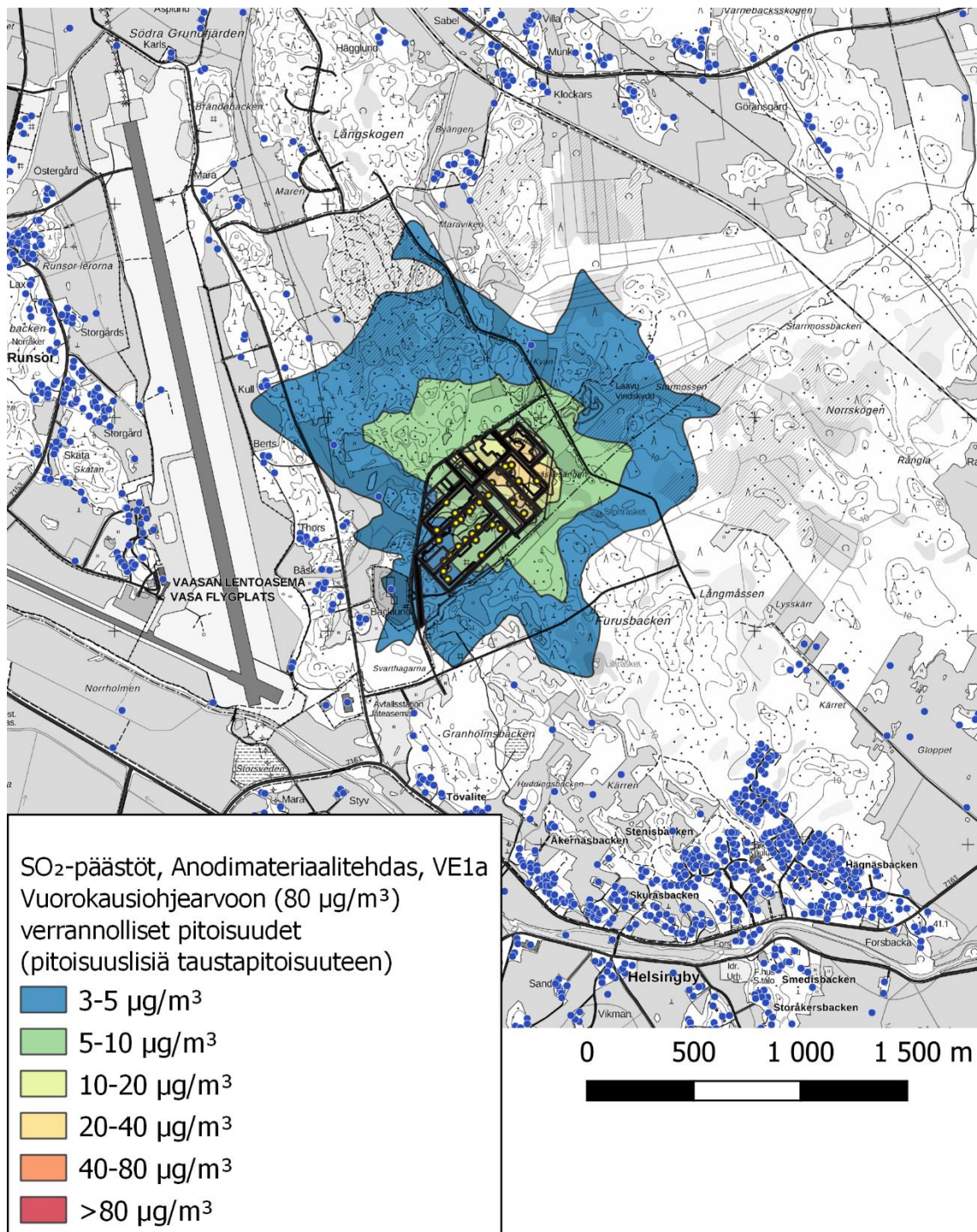
Kuva 5. Tuntiraja-arvoon (200 µg/m³) verrannolliset NO₂-pitoisuudet. Suurin pitoisuus 55 µg/m³. Esitetyt tulokset ovat laitoksen savukaasujen aiheuttamia pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



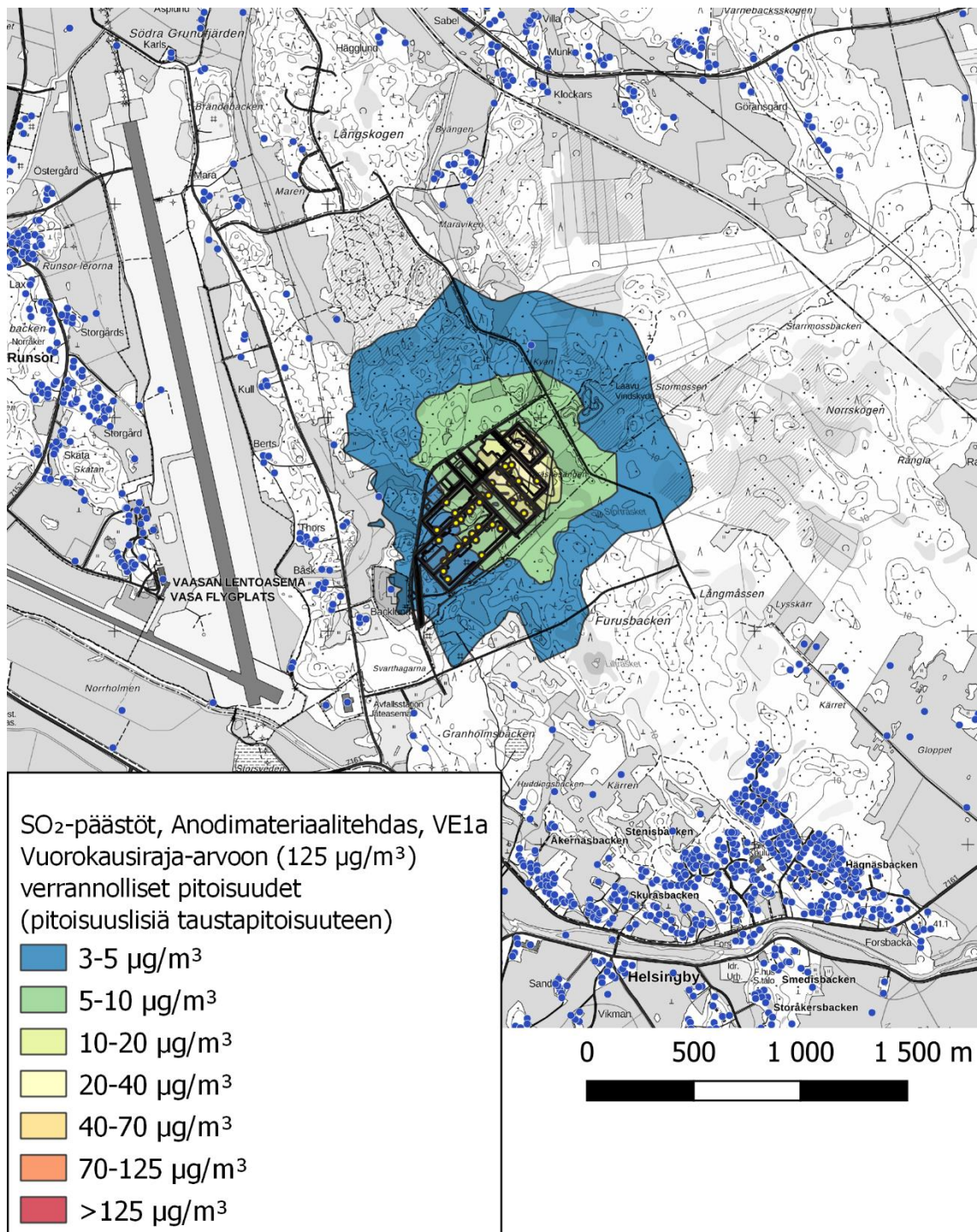
Kuva 6. Tuntiohजारoon (150 µg/m³) verrannolliset NO₂-pitoisuudet. Suurin pitoisuus 49 µg/m³. Esitetyt tulokset ovat laitoksen savukaasujen aiheuttamia pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



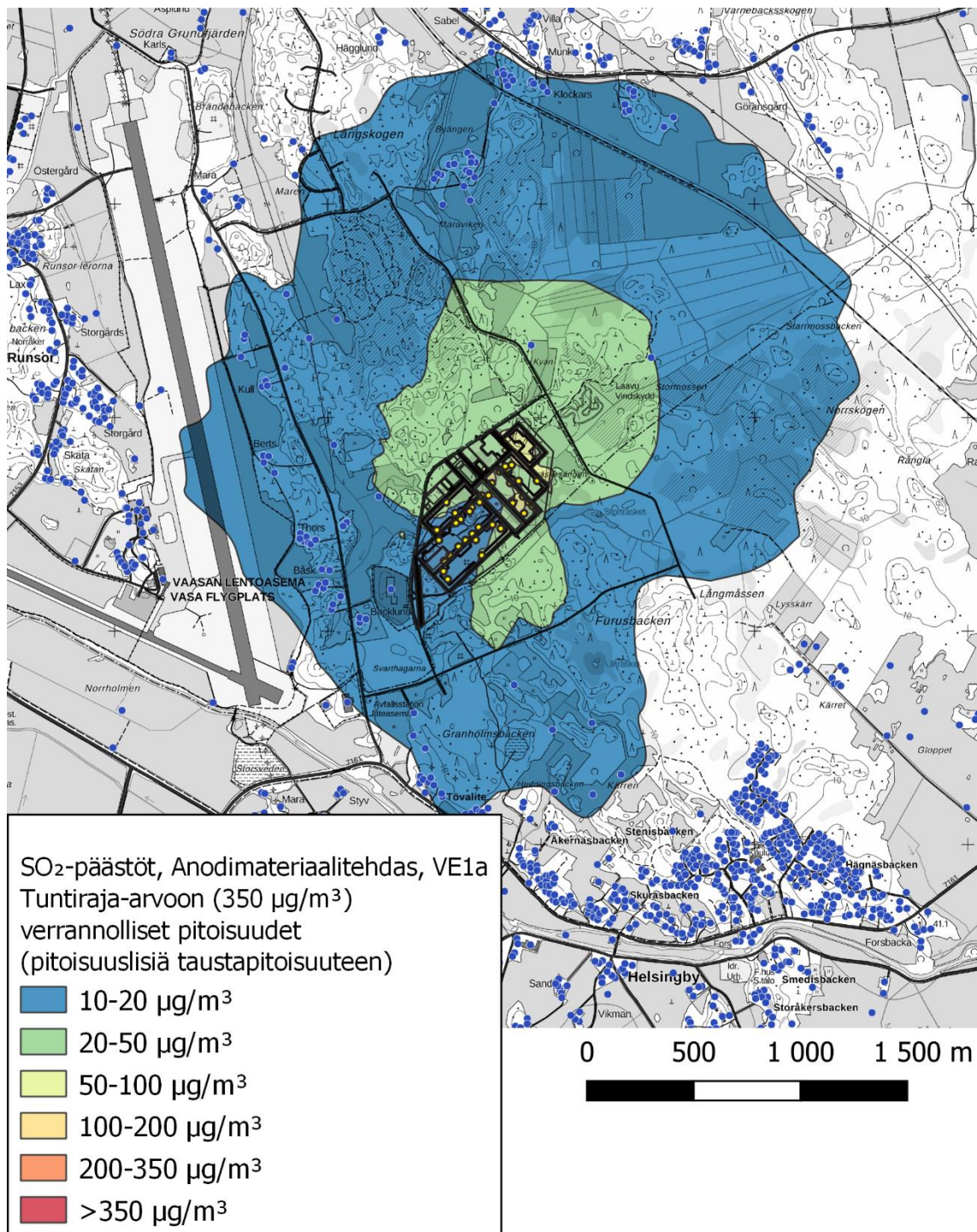
Kuva 7. Vuorokausihjearvoon (70 µg/m³) verrannolliset NO₂-pitoisuudet. Suurin pitoisuus 23 µg/m³. Esitetyt tulokset ovat laitoksen savukaasujen aiheuttamia pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



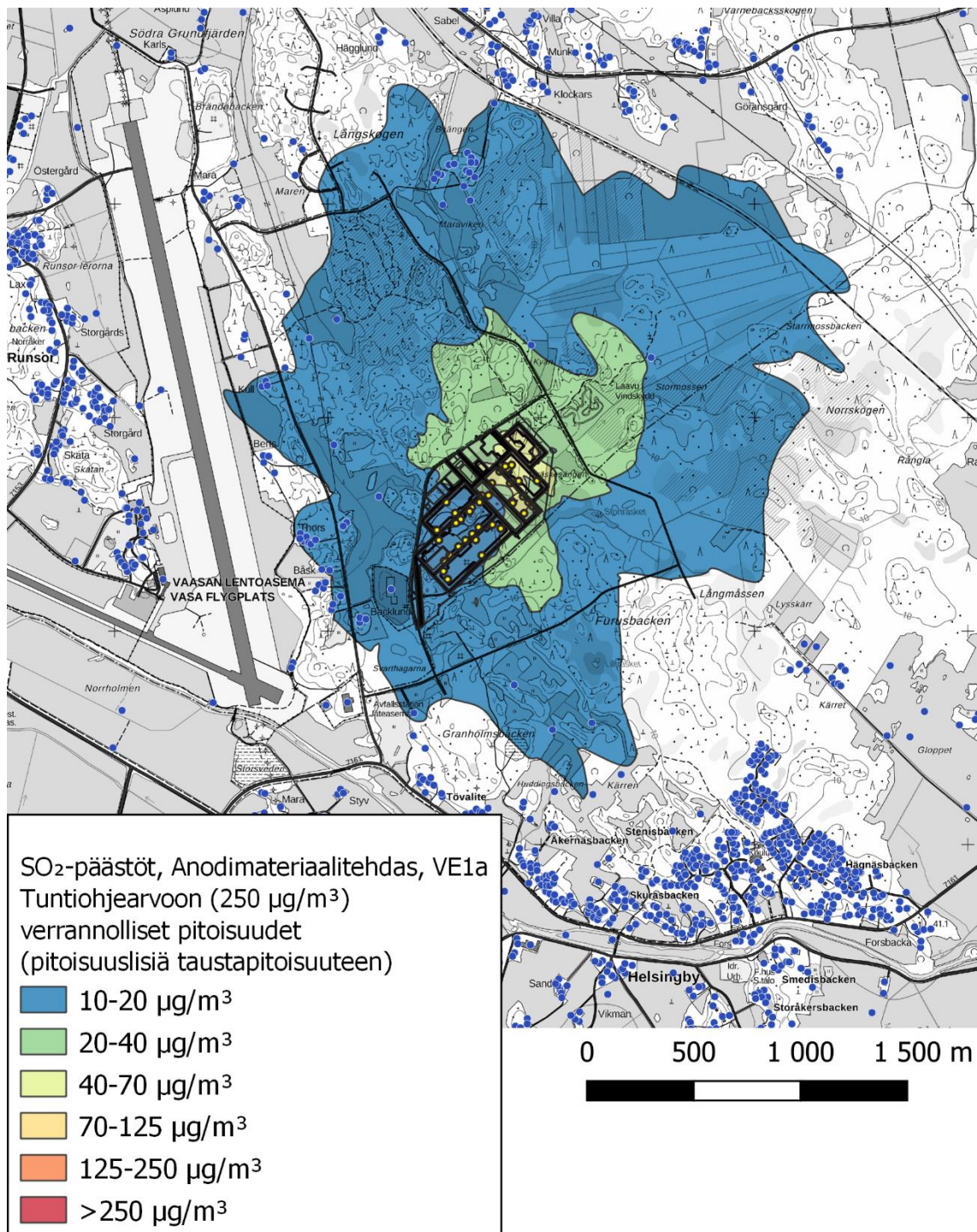
Kuva 8. Vuorokausihjearvoon (80 µg/m³) verrannolliset SO₂-pitoisuudet (µg/m³). Suurin pitoisuus 30 µg/m³. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



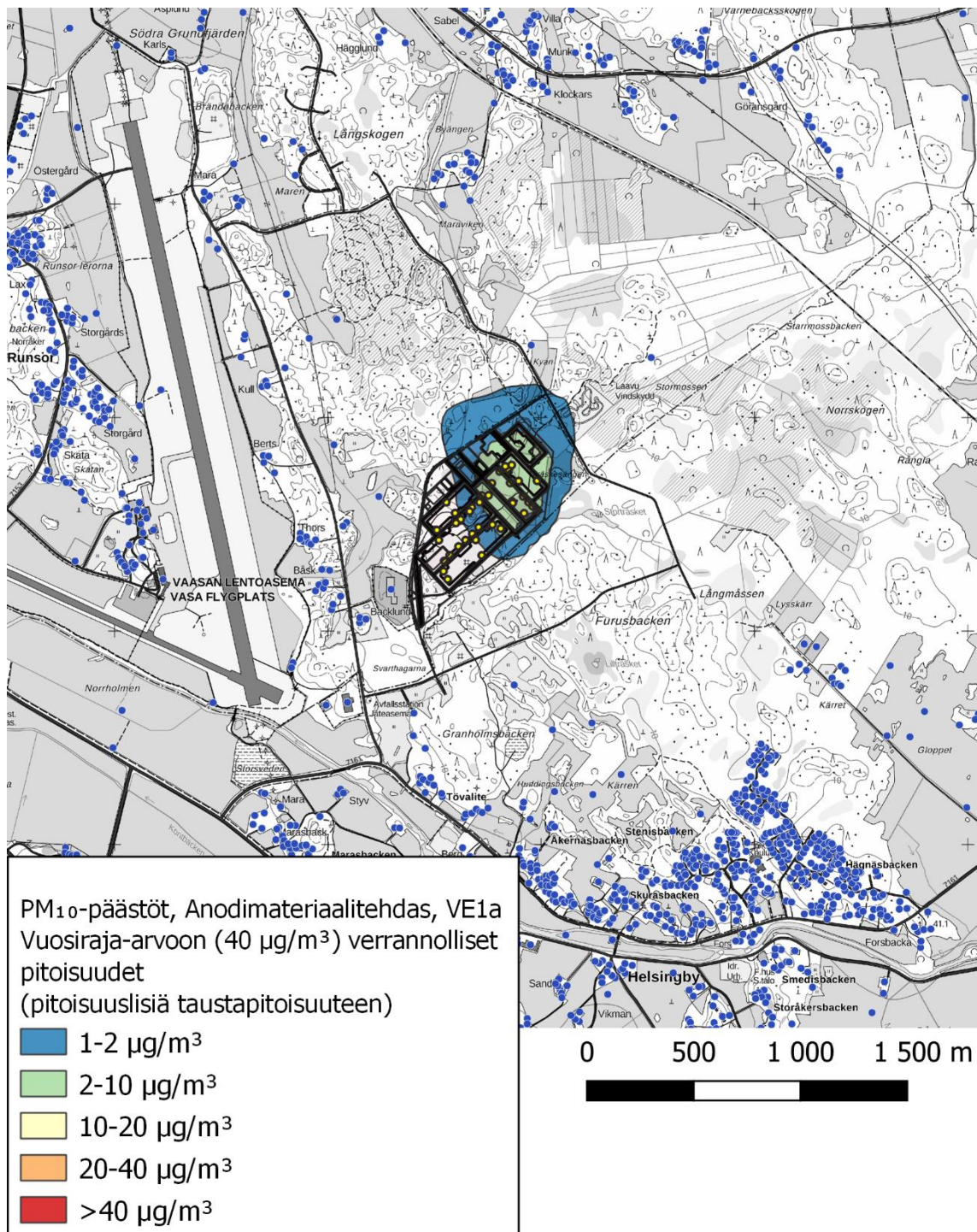
Kuva 9. Vuorokausiraja-arvoon (125 µg/m³) verrannolliset SO₂-pitoisuudet (µg/m³). Suurin pitoisuus 12 µg/m³. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



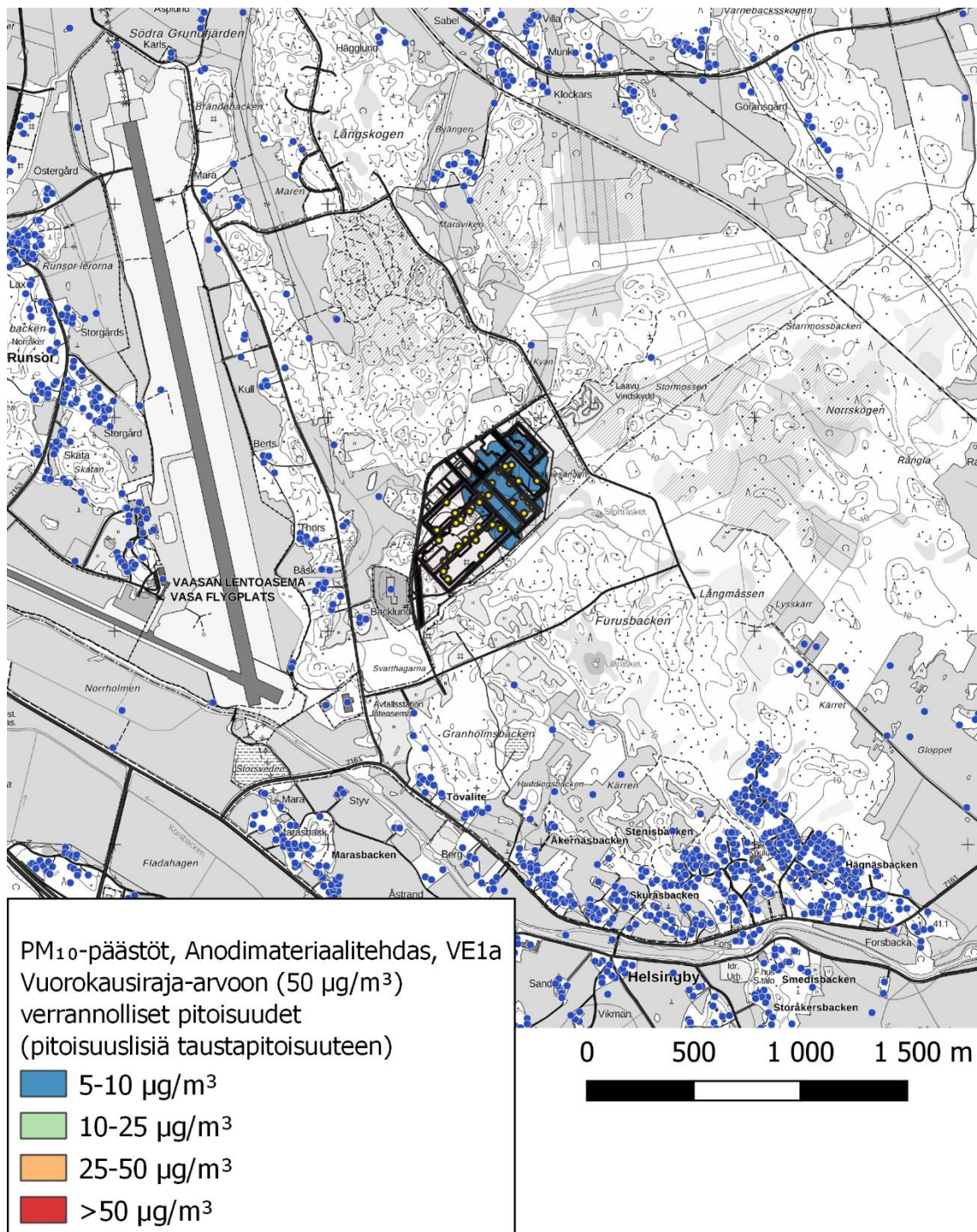
Kuva 10. Tuntiraja-arvoon (350 µg/m³) verrannolliset SO₂-pitoisuudet (µg/m³). Suurin pitoisuus 73 µg/m³. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



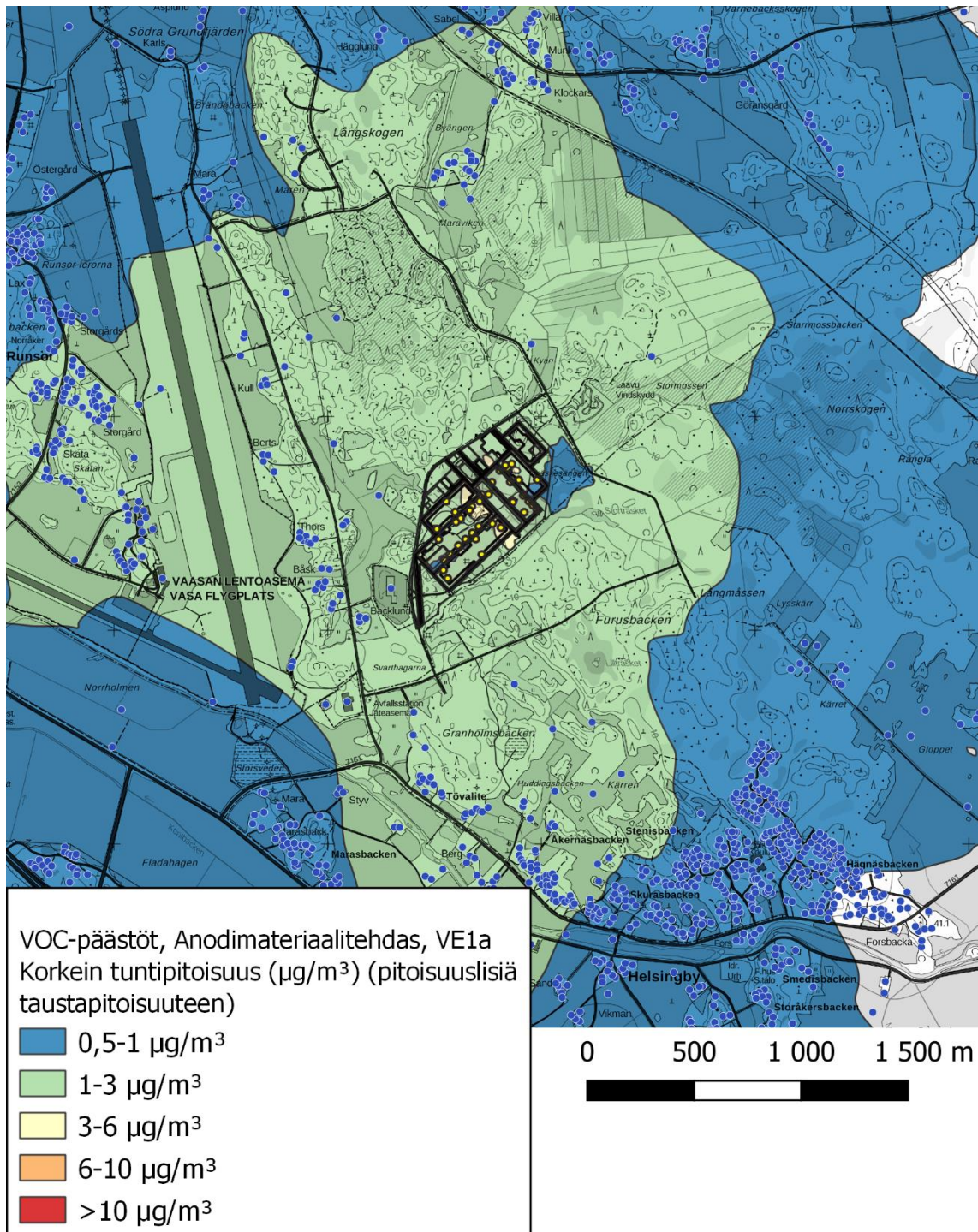
Kuva 11. Tuntiohjearvoon (250 µg/m³) verrannolliset SO₂-pitoisuudet (µg/m³). Suurin pitoisuus 64 µg/m³. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



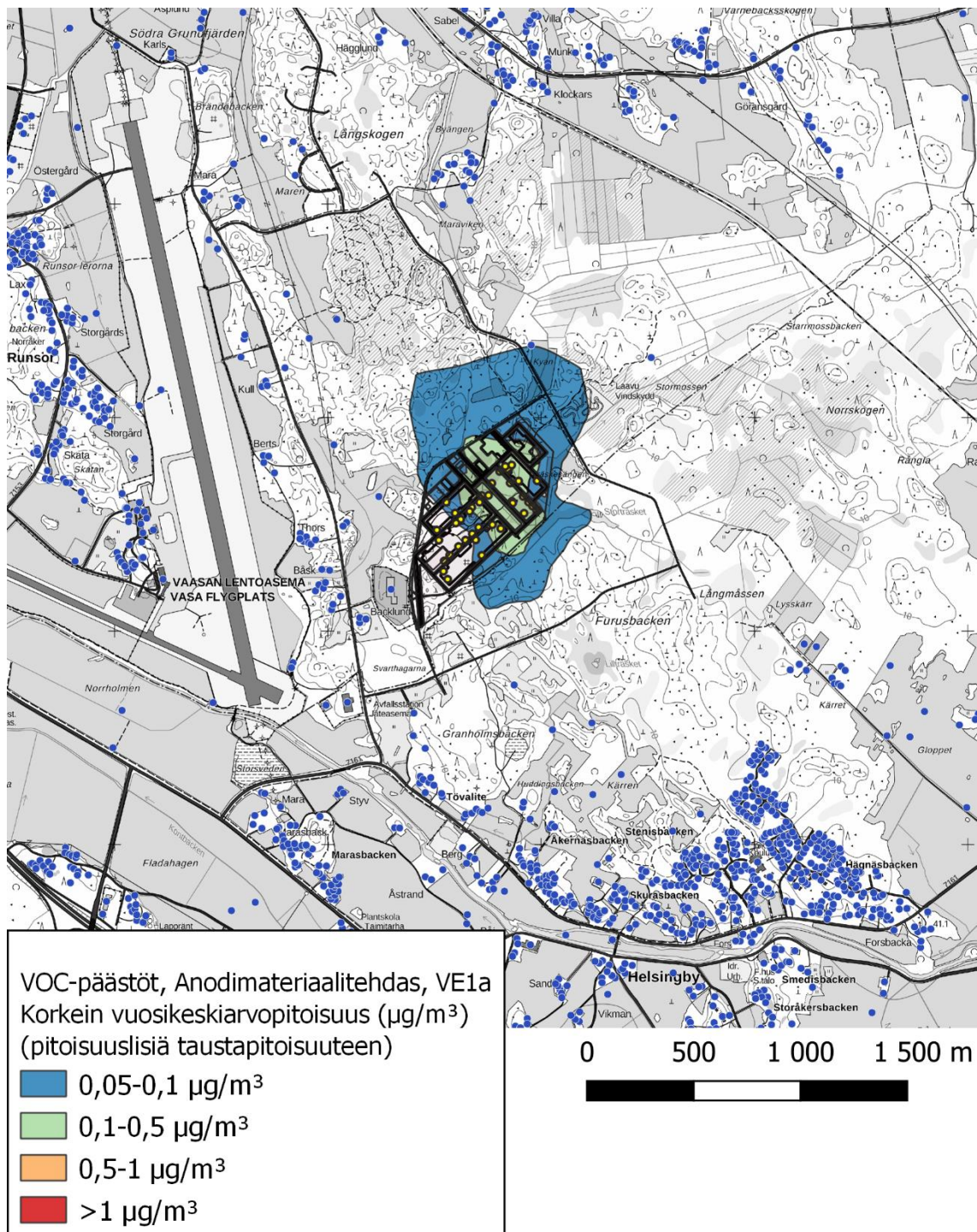
Kuva 12. Vuosiraja-arvoon (40 µg/m³) verrannolliset PM₁₀-pitoisuudet (µg/m³). Suurin pitoisuus 5,0 µg/m³. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



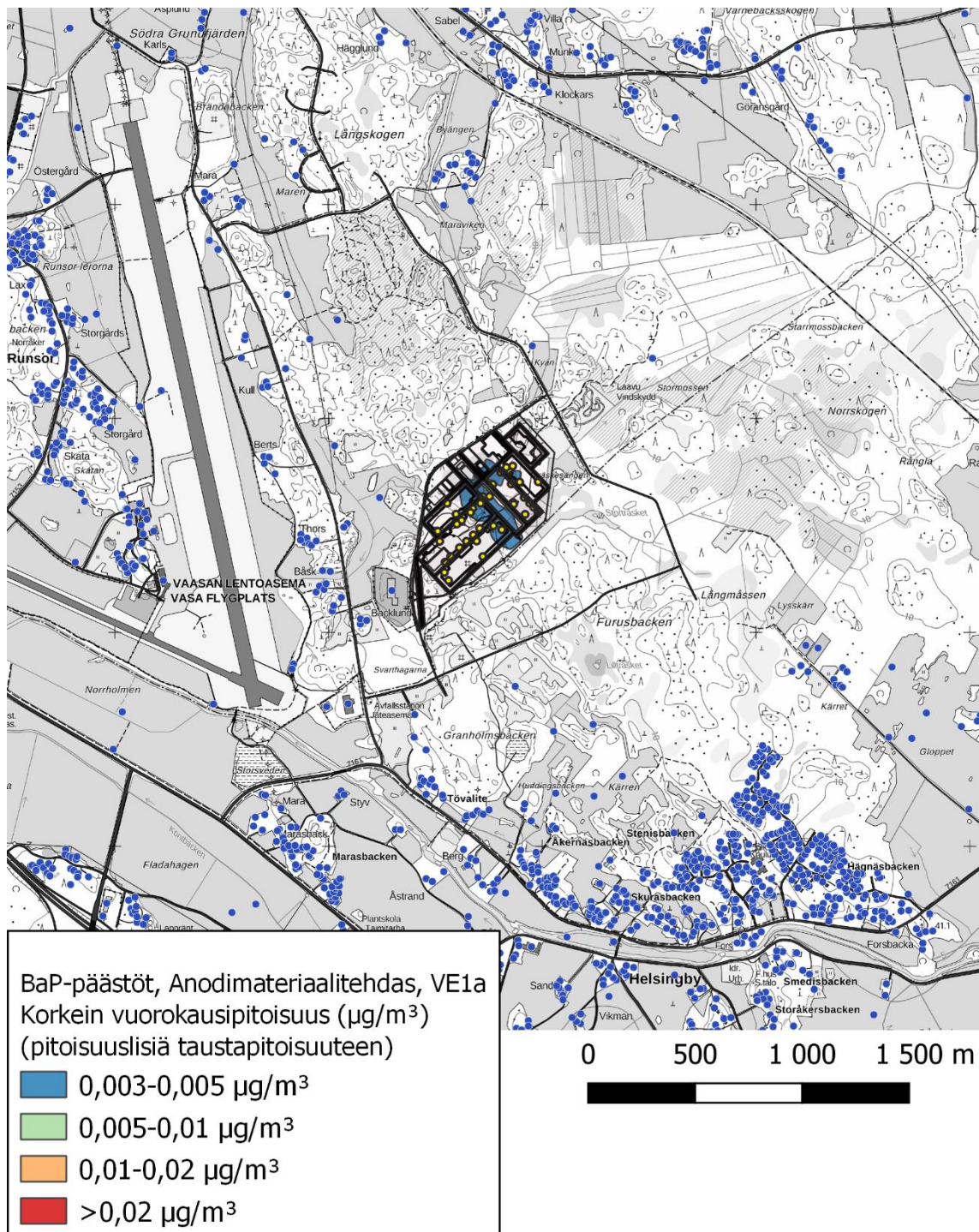
Kuva 13. Vuorokausiraja-arvoon (50 µg/m³) verrannolliset PM₁₀-pitoisuudet (µg/m³). Suurin pitoisuus 8.6 µg/m³. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



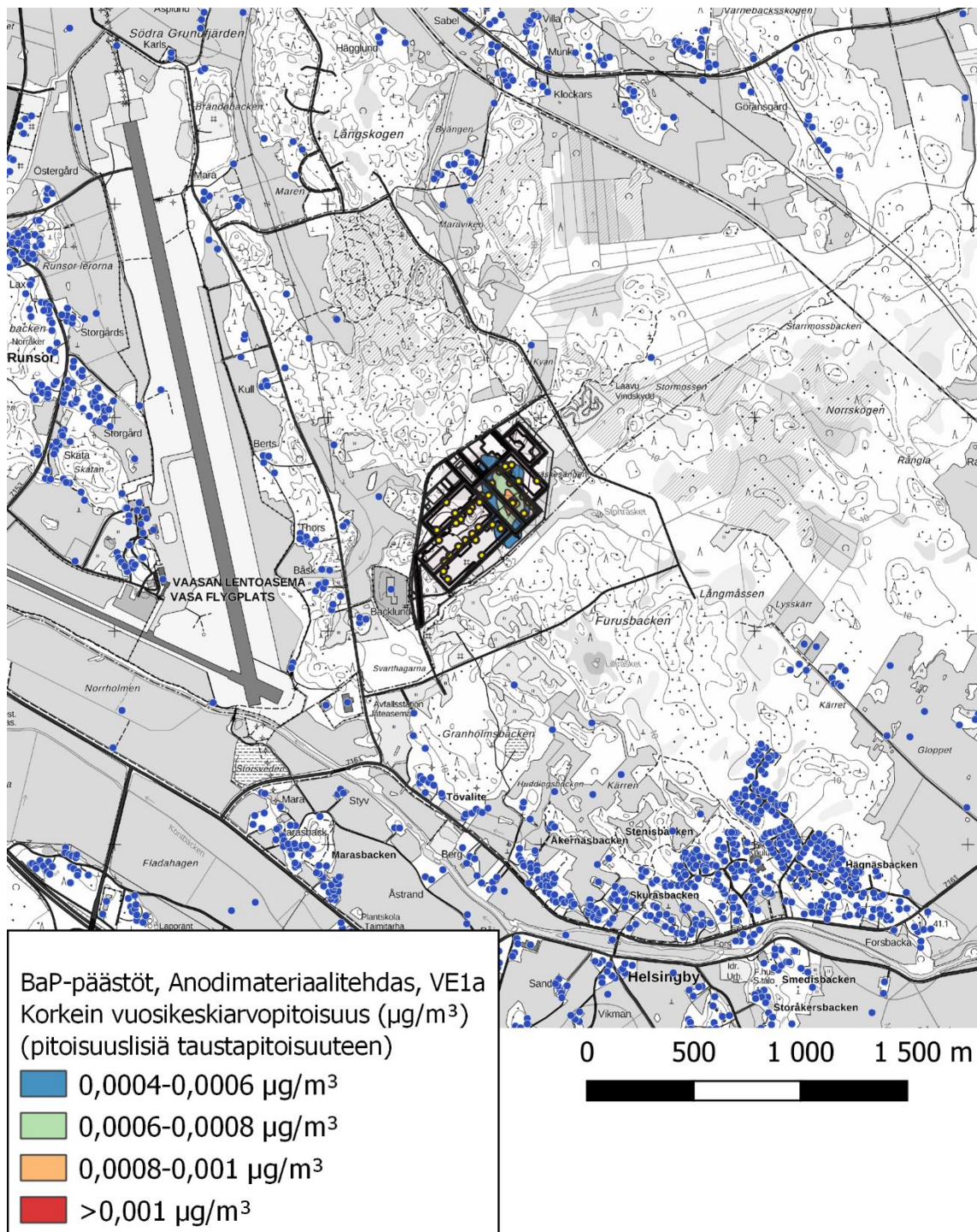
Kuva 15. Korkein mallinnettu VOC-tuntipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Suurin pitoisuus 3,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuusliisiä taustapitoisuuksiin.



Kuva 17. Korkein mallinnettu VOC-vuosipitoisuus (vuosikeskiarvo, $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Suurin pitoisuus 0,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.

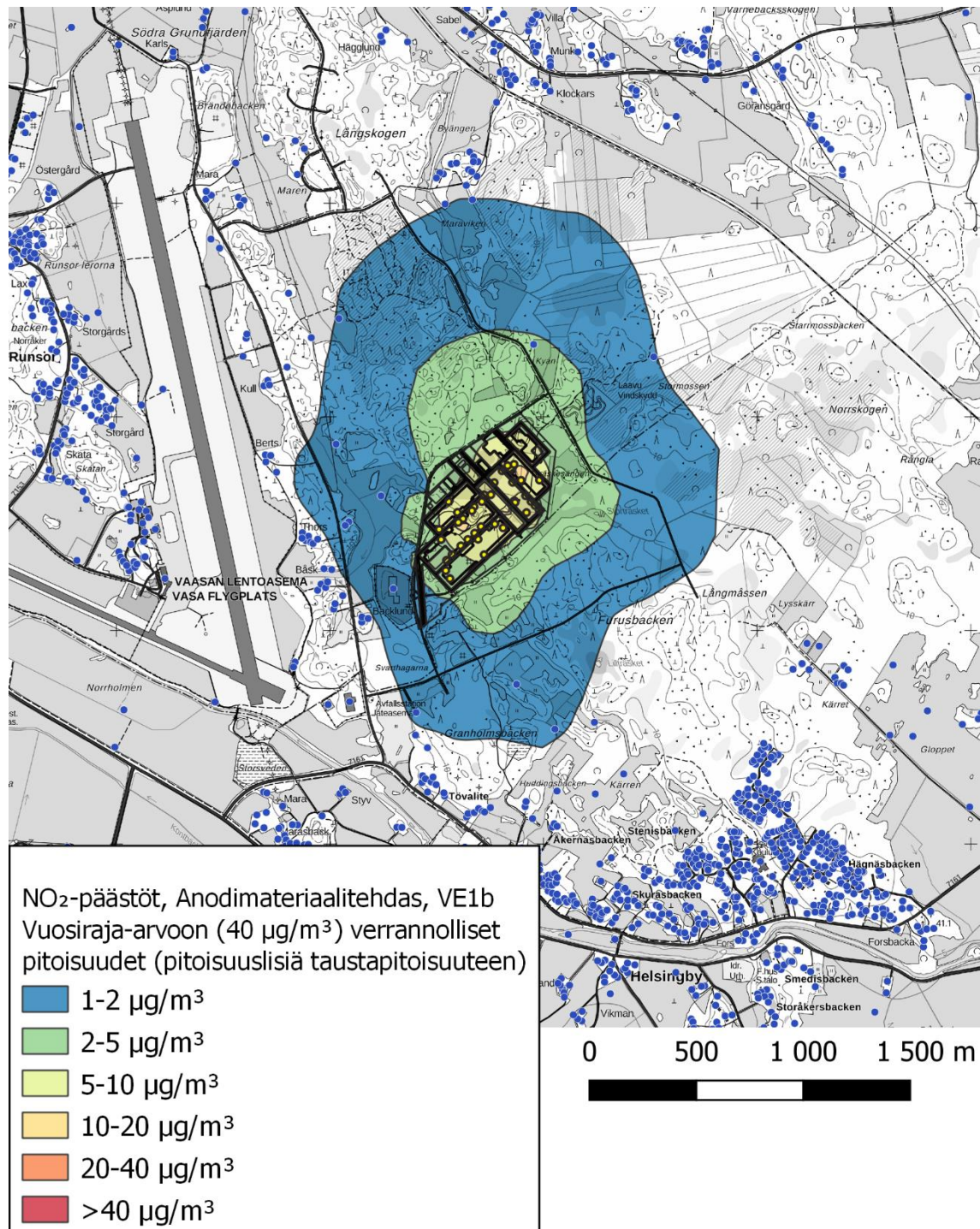


Kuva 19. Korkein mallinnettu bentso[a]pyreenin vuorokausipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Suurin pitoisuus 0,0049 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.

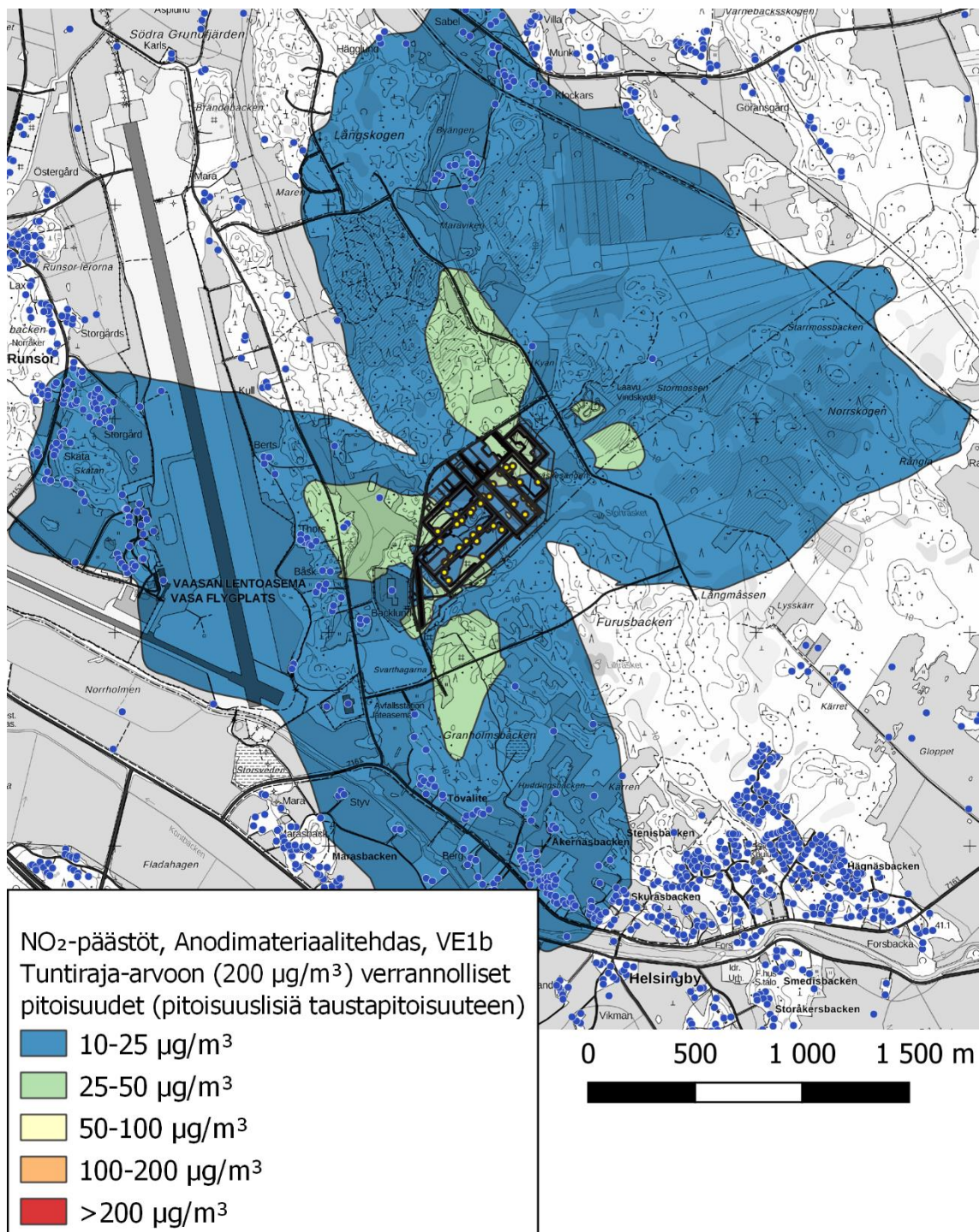


Kuva 20. Korkein mallinnettu bentso[a]pyreenin vuosipitoisuus (vuosikeskiarvo, $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Suurin pitoisuus 0,00097 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.

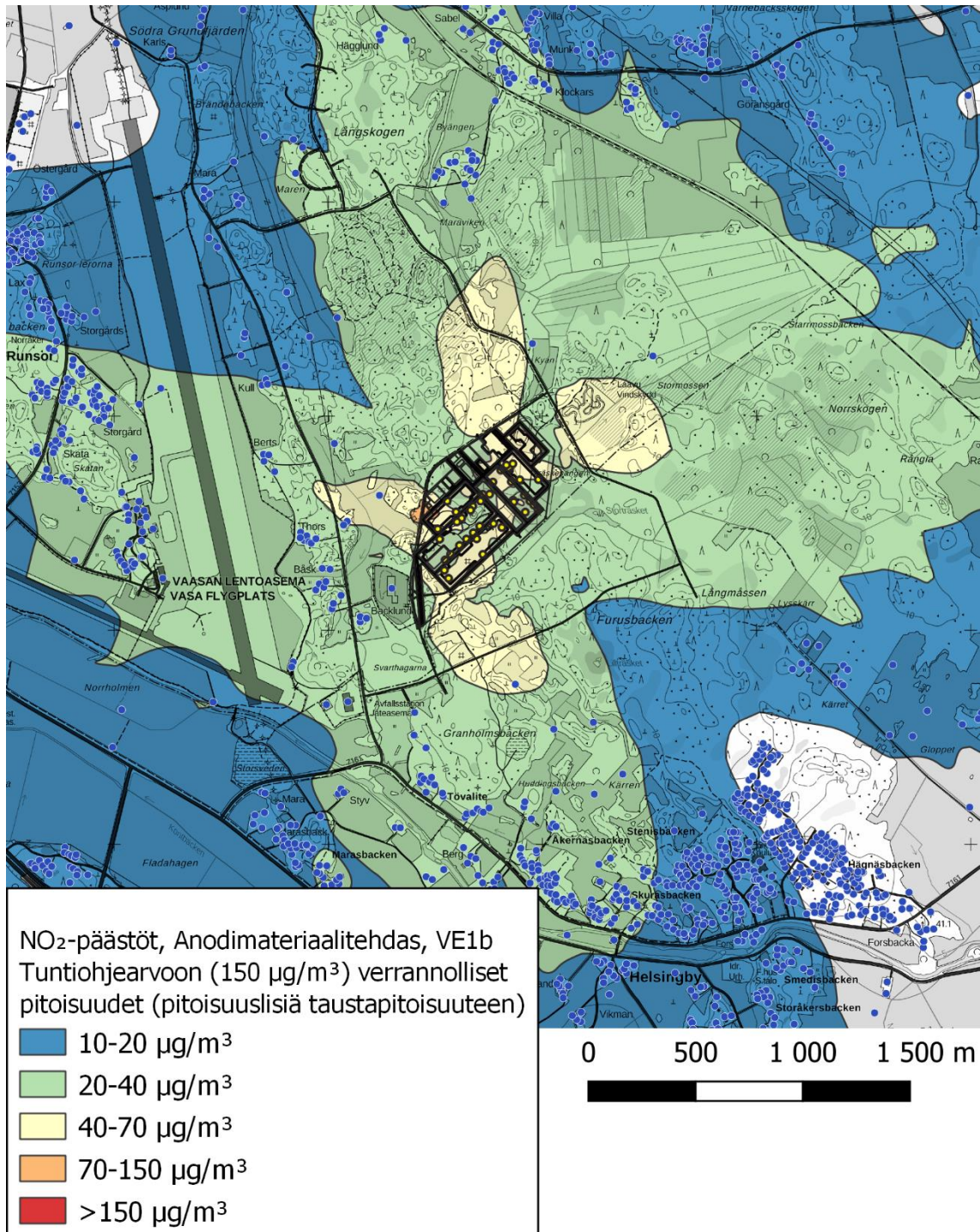
3.3 VE1b



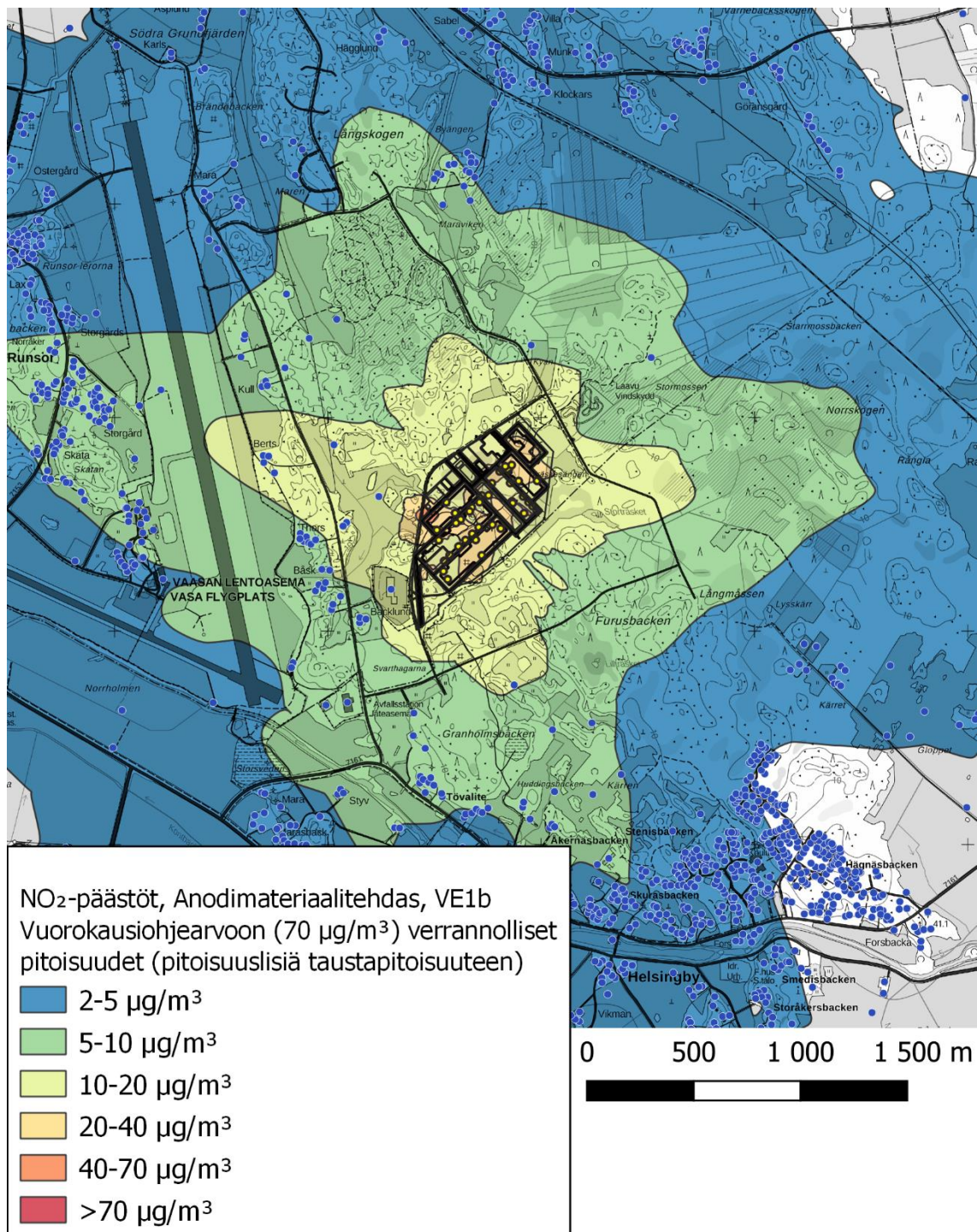
Kuva 21. Vuosiraja-arvoon (40 µg/m³) verrannolliset NO₂-pitoisuudet mallinnuksen mukaan. Suurin pitoisuus 11 µg/m³. Esitetyt tulokset ovat laitoksen savukaasujen aiheuttamia pitoisuuslisistä taustapitoisuuksiin.



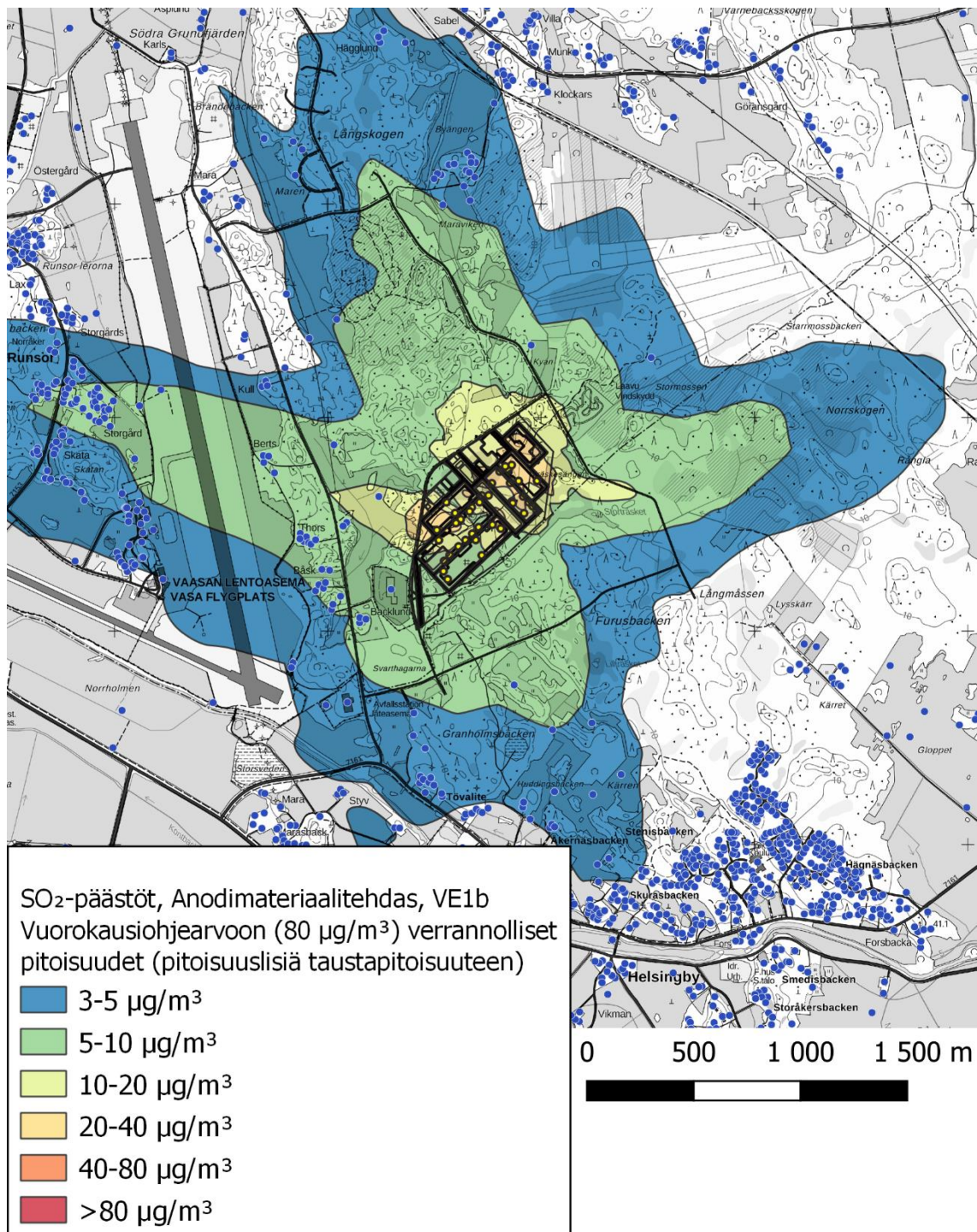
Kuva 22. Tuntiraja-arvoon (200 µg/m³) verrannolliset NO₂-pitoisuudet. Suurin pitoisuus 91 µg/m³. Esitetyt tulokset ovat laitoksen savukaasujen aiheuttamia pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



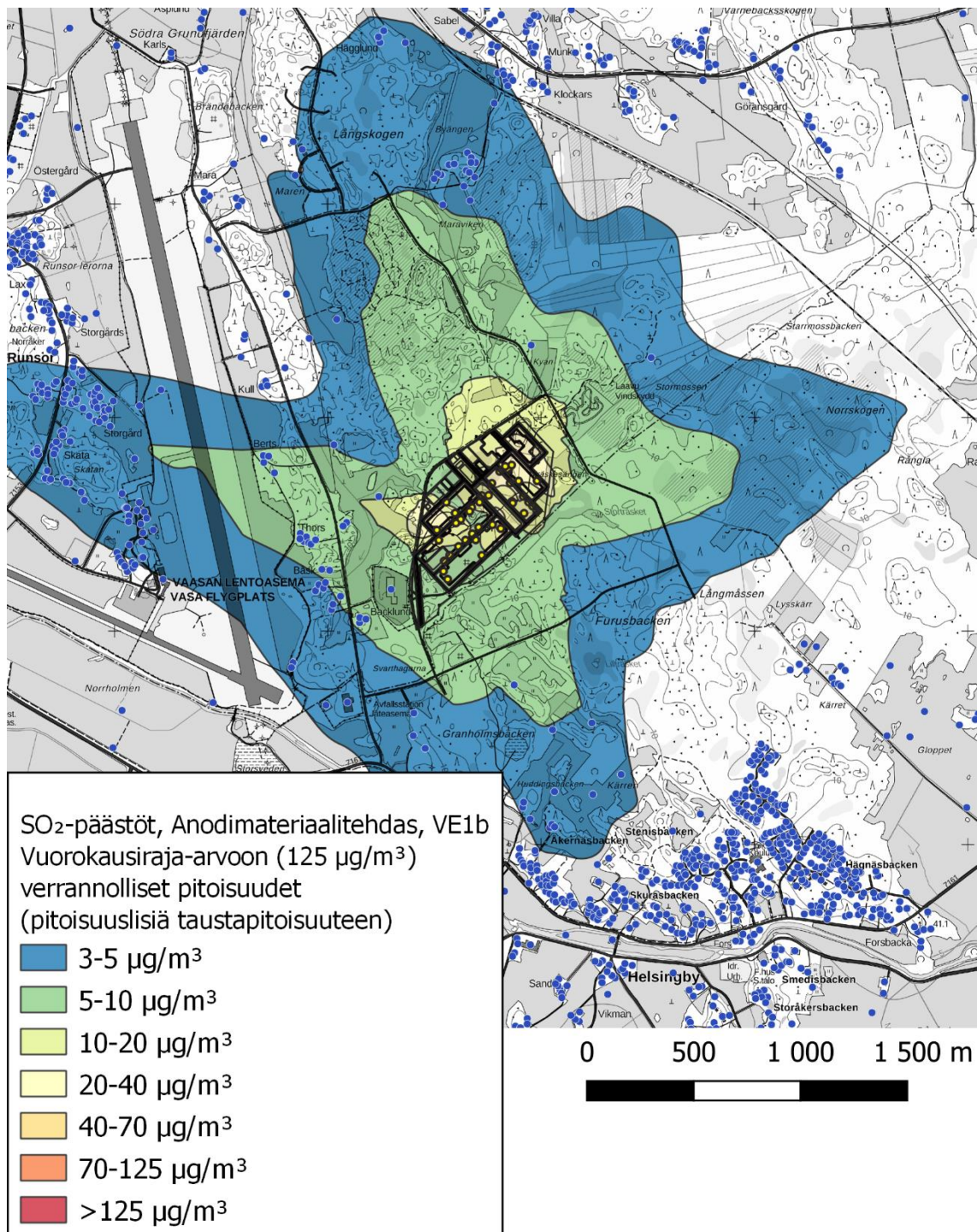
Kuva 23. Tuntiohजारvoon (150 µg/m³) verrannolliset NO₂-pitoisuudet. Suurin pitoisuus 82 µg/m³. Esitetyt tulokset ovat laitoksen savukaasujen aiheuttamia pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



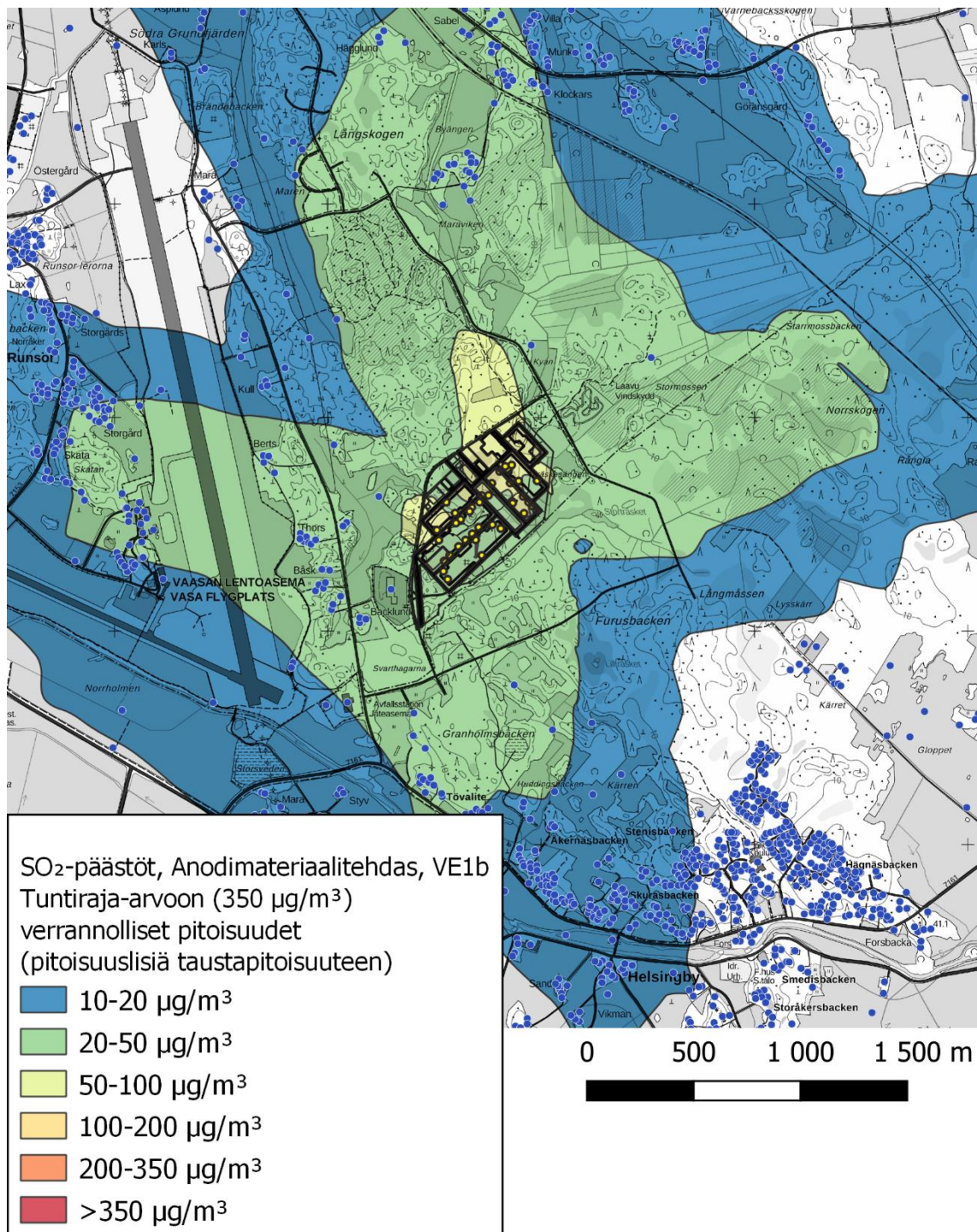
Kuva 24. Vuorokausi-ohjearvoon (70 µg/m³) verrannolliset NO₂-pitoisuudet. Suurin pitoisuus 51 µg/m³. Esitetyt tulokset ovat laitoksen savukaasujen aiheuttamia pitoisuuslisästä taustapitoisuuksiin.



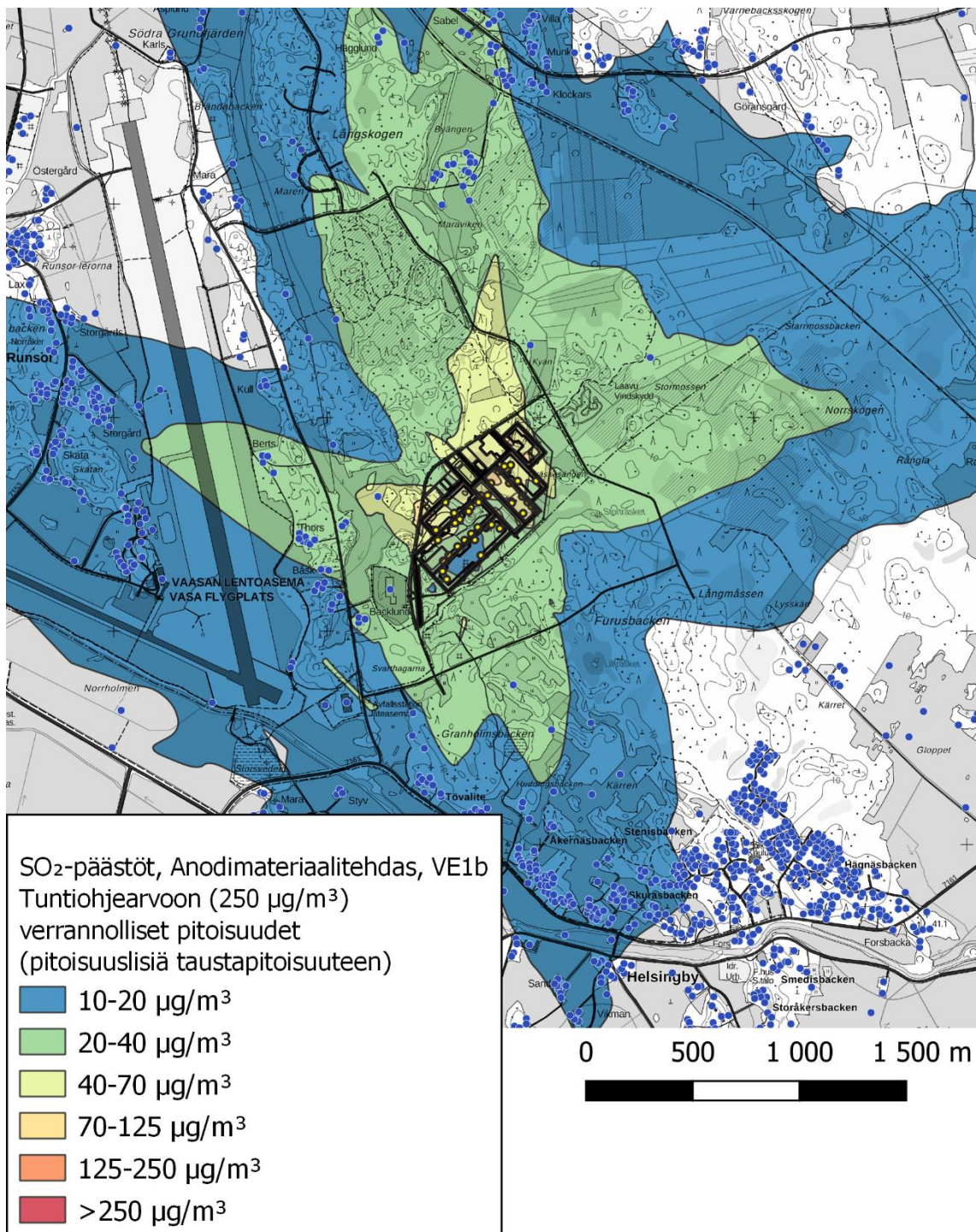
Kuva 25. Vuorokausiuhjearvoon (80 µg/m³) verrannolliset SO₂-pitoisuudet (µg/m³). Suurin pitoisuus 39 µg/m³. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



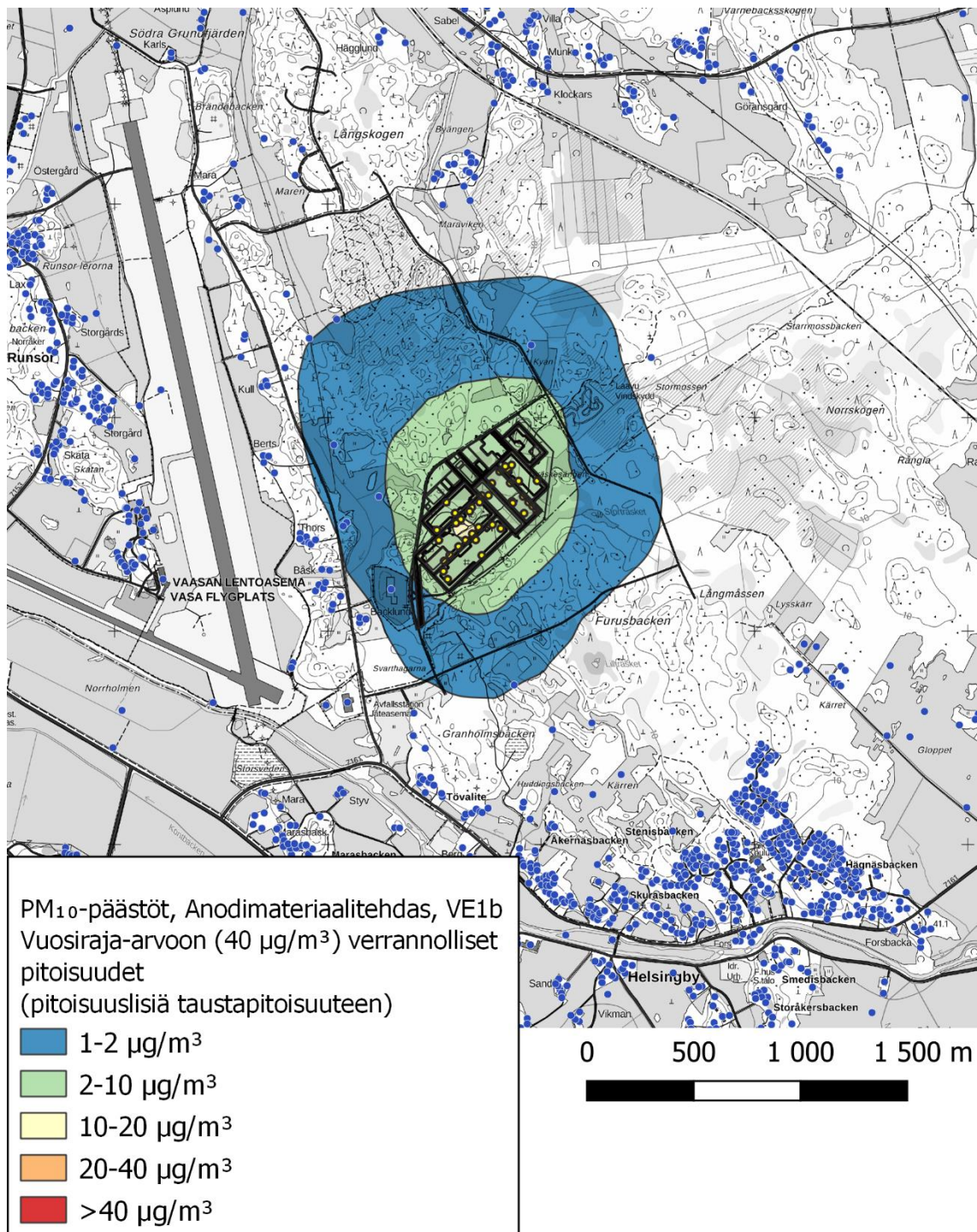
Kuva 26. Vuorokausiraja-arvoon (125 µg/m³) verrannolliset SO₂-pitoisuudet (µg/m³). Suurin pitoisuus 38 µg/m³. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



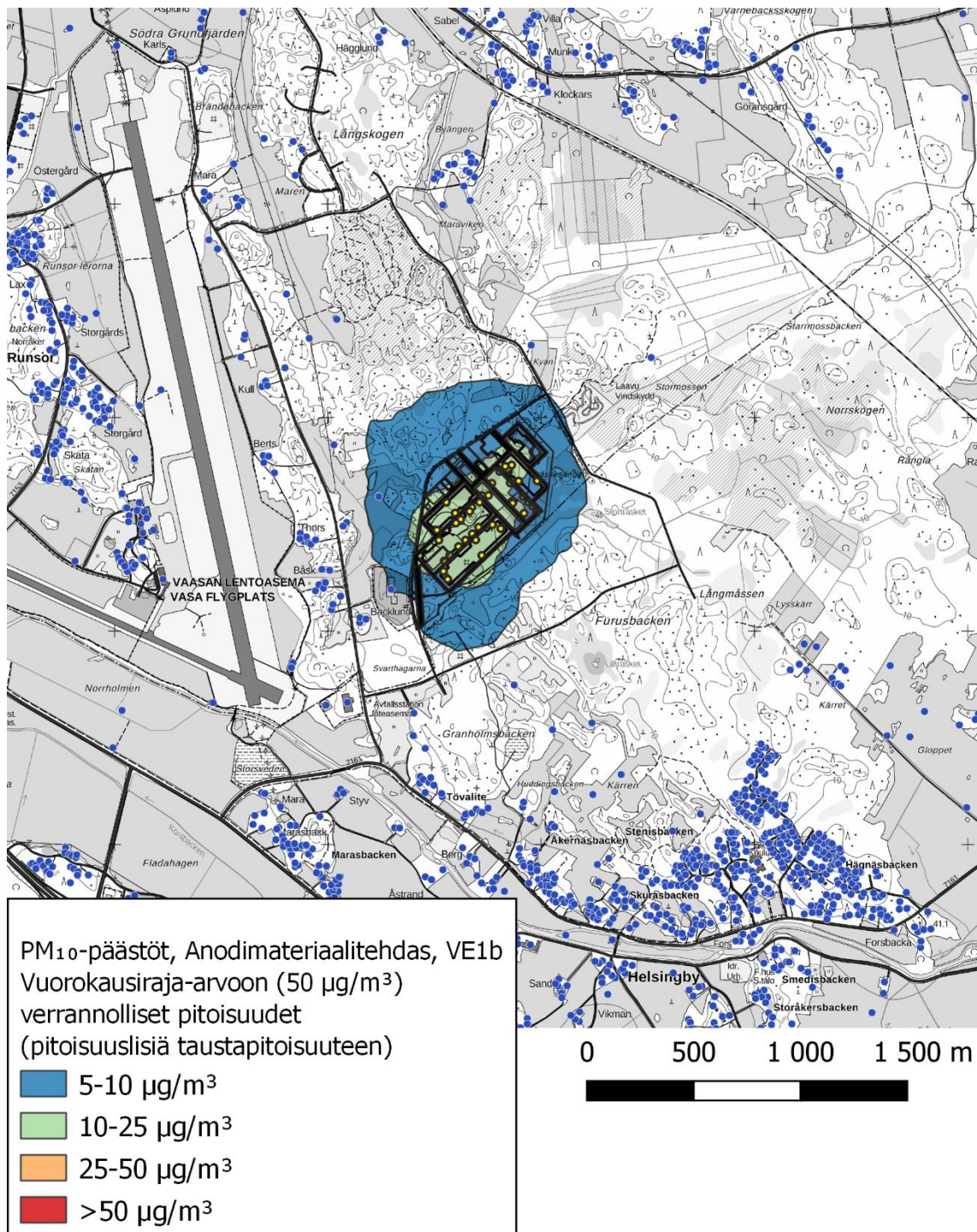
Kuva 27. Tuntiraja-arvoon (350 µg/m³) verrannolliset SO₂-pitoisuudet (µg/m³). Suurin pitoisuus 85 µg/m³. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



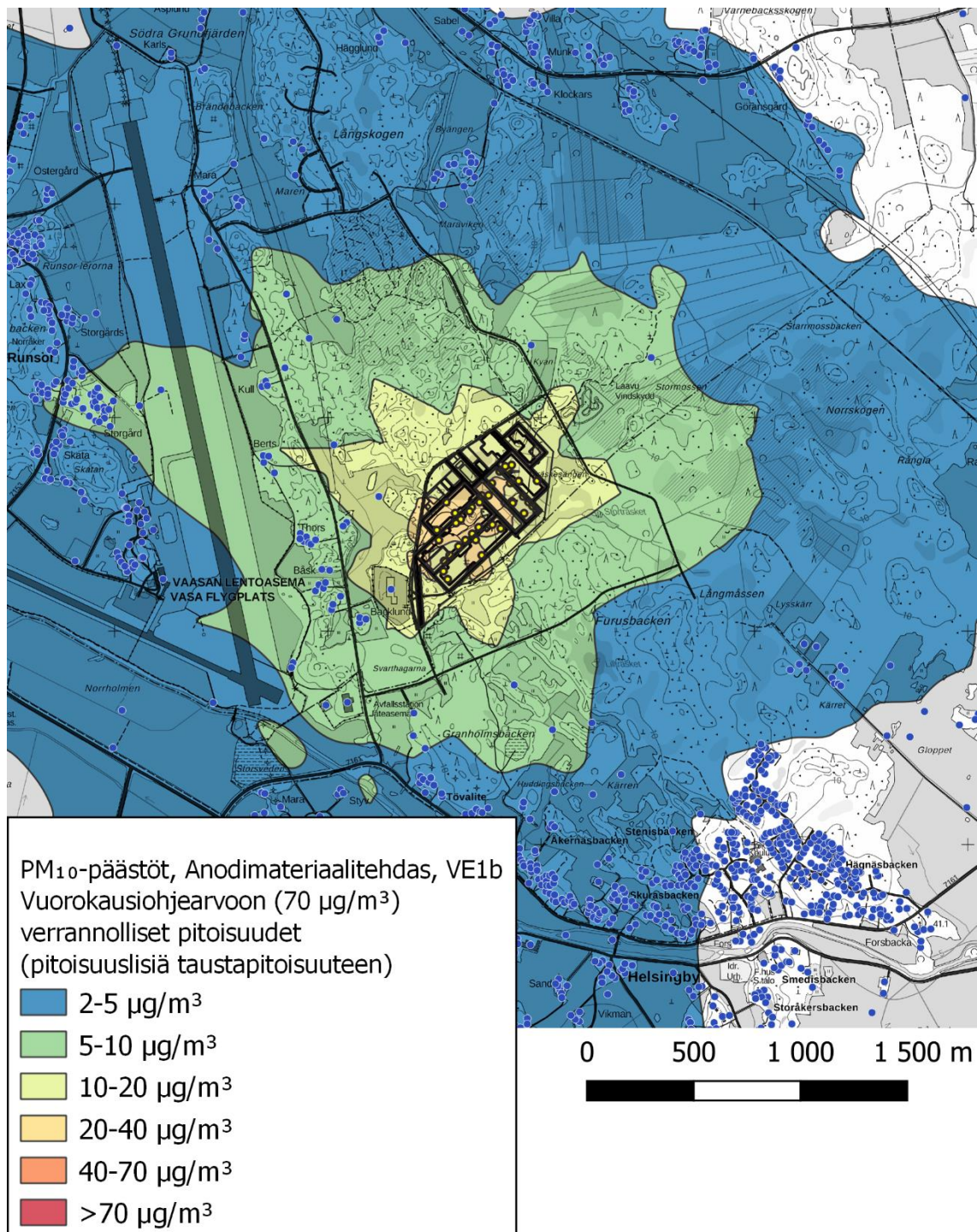
Kuva 28. Tuntiohjearvoon (250 µg/m³) verrannolliset SO₂-pitoisuudet (µg/m³). Suurin pitoisuus 85 µg/m³. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



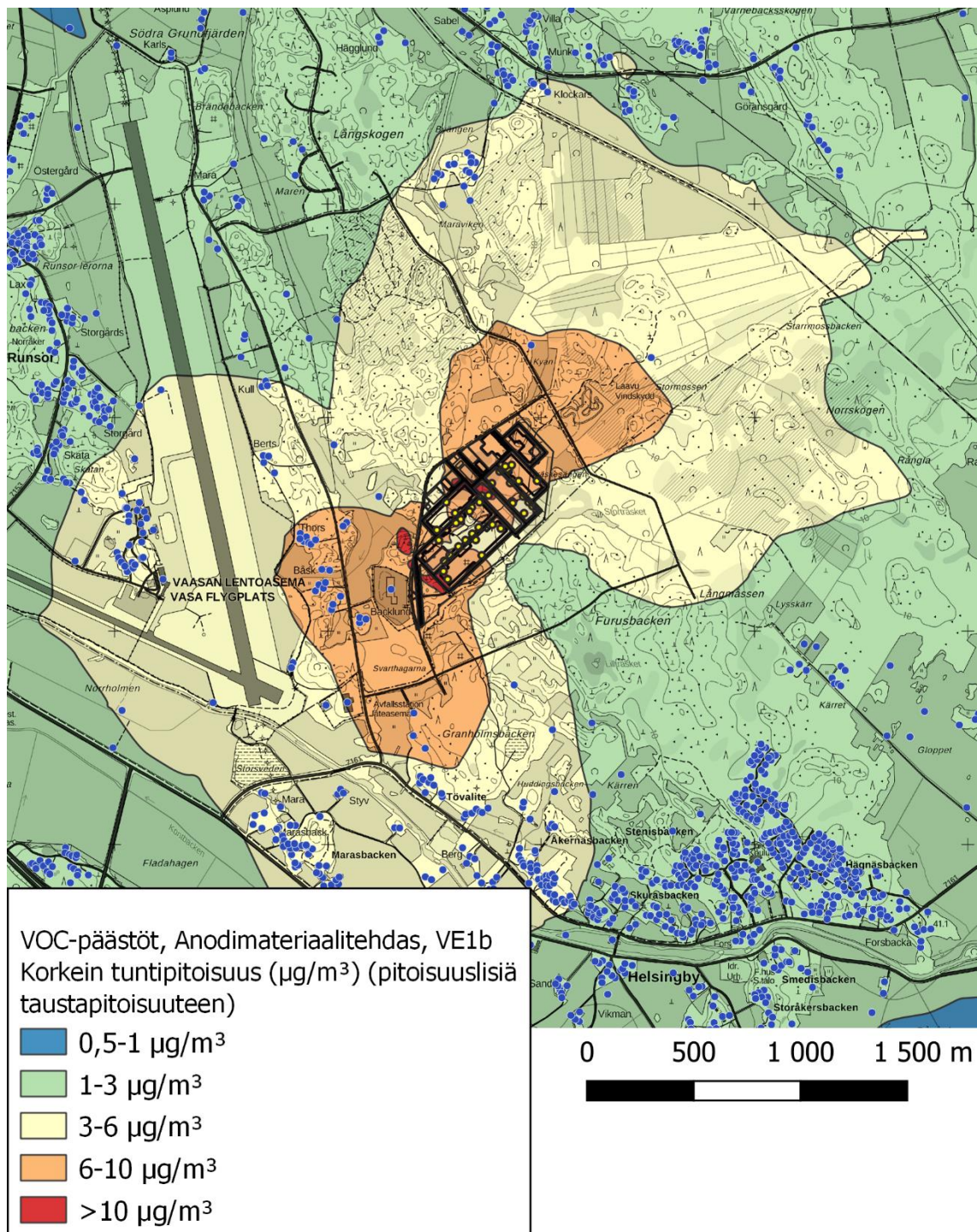
Kuva 29. Vuosiraja-arvoon (40 µg/m³) verrannolliset PM₁₀-pitoisuudet (µg/m³). Suurin pitoisuus 11 µg/m³. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



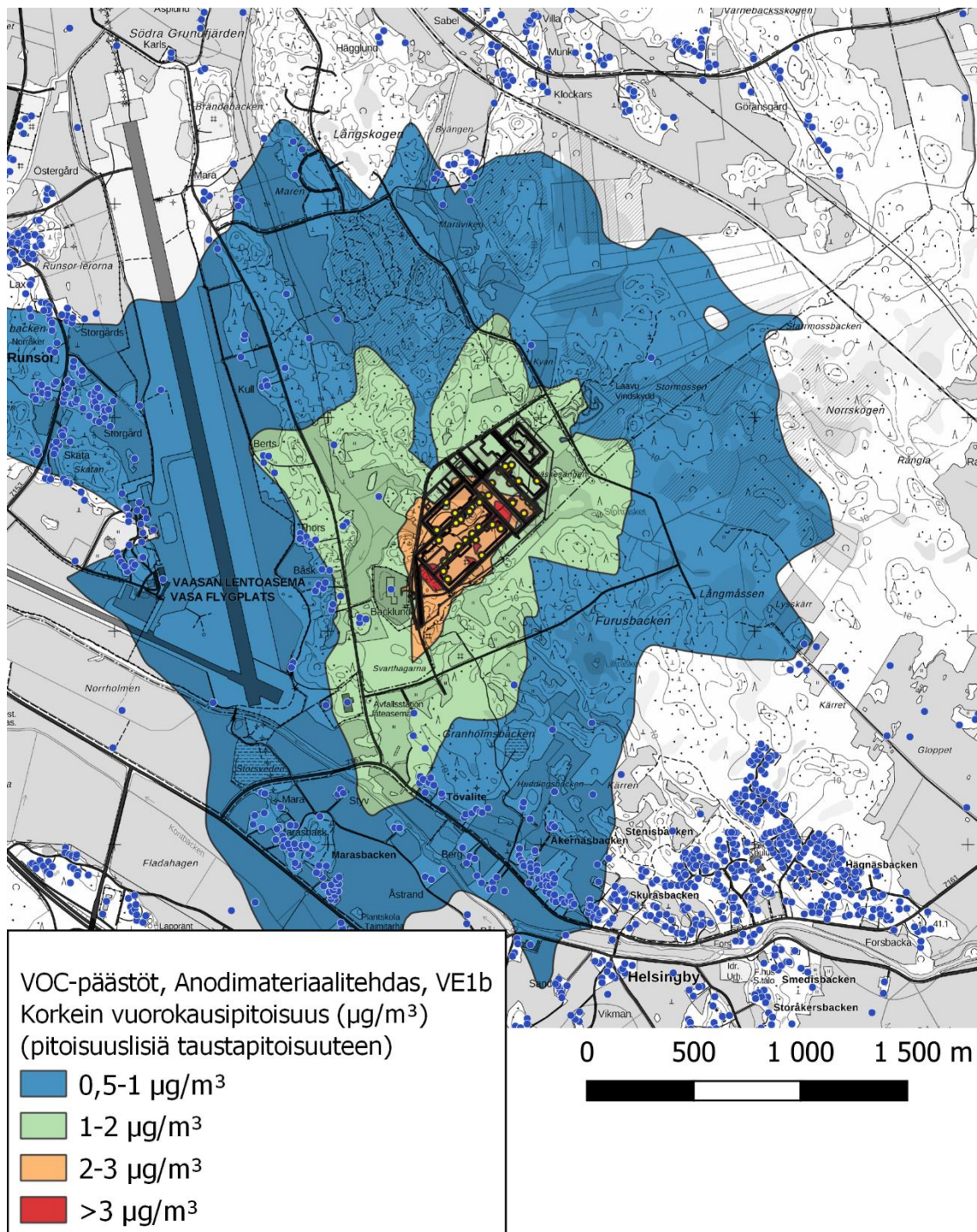
Kuva 30. Vuorokausiraja-arvoon (50 µg/m³) verrannolliset PM₁₀-pitoisuudet (µg/m³). Suurin pitoisuus 18 µg/m³. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



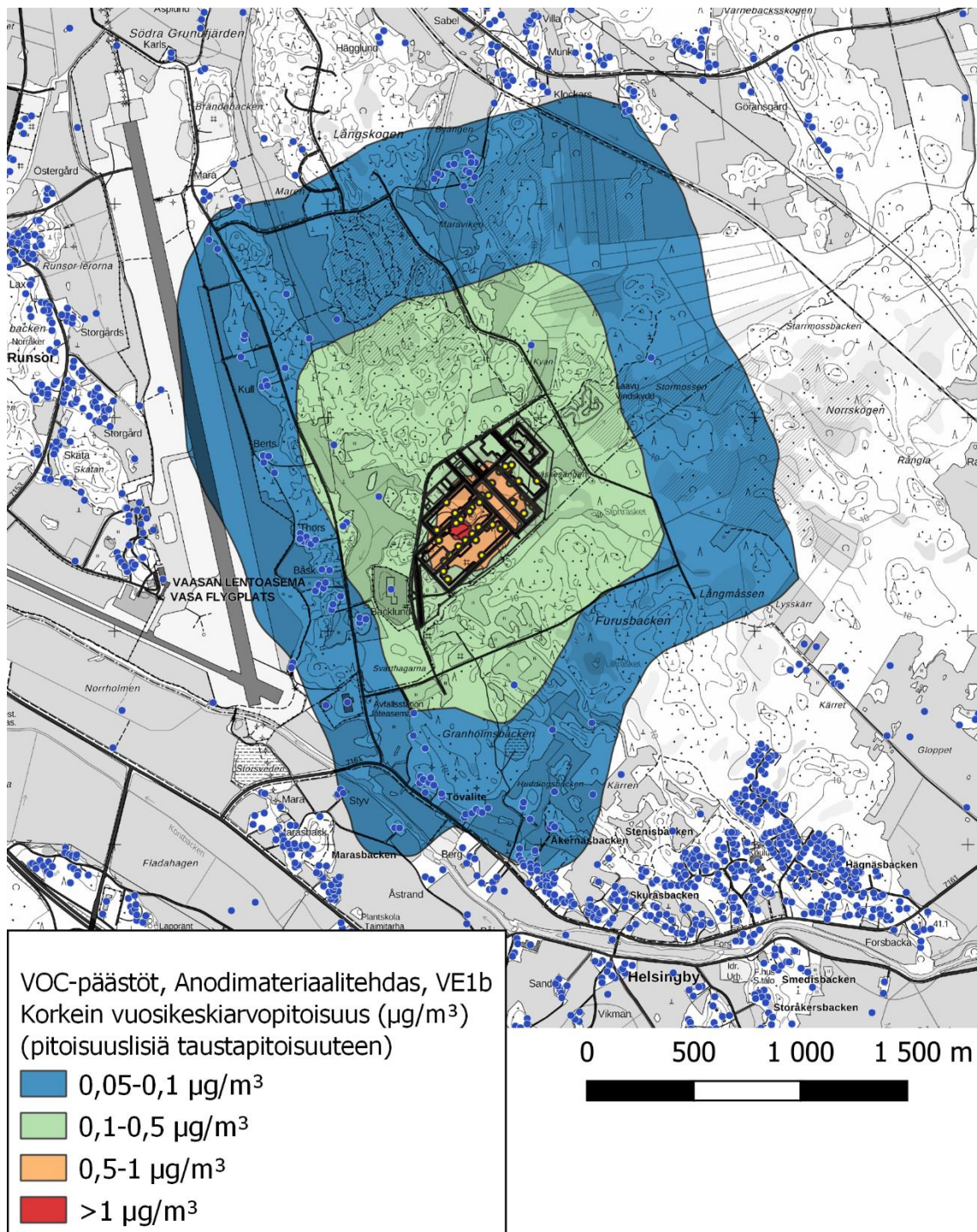
Kuva 31. Vuorokausi-ohjearvoon (70 µg/m³) verrannolliset PM₁₀-pitoisuudet (µg/m³). Suurin pitoisuus 29 µg/m³. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



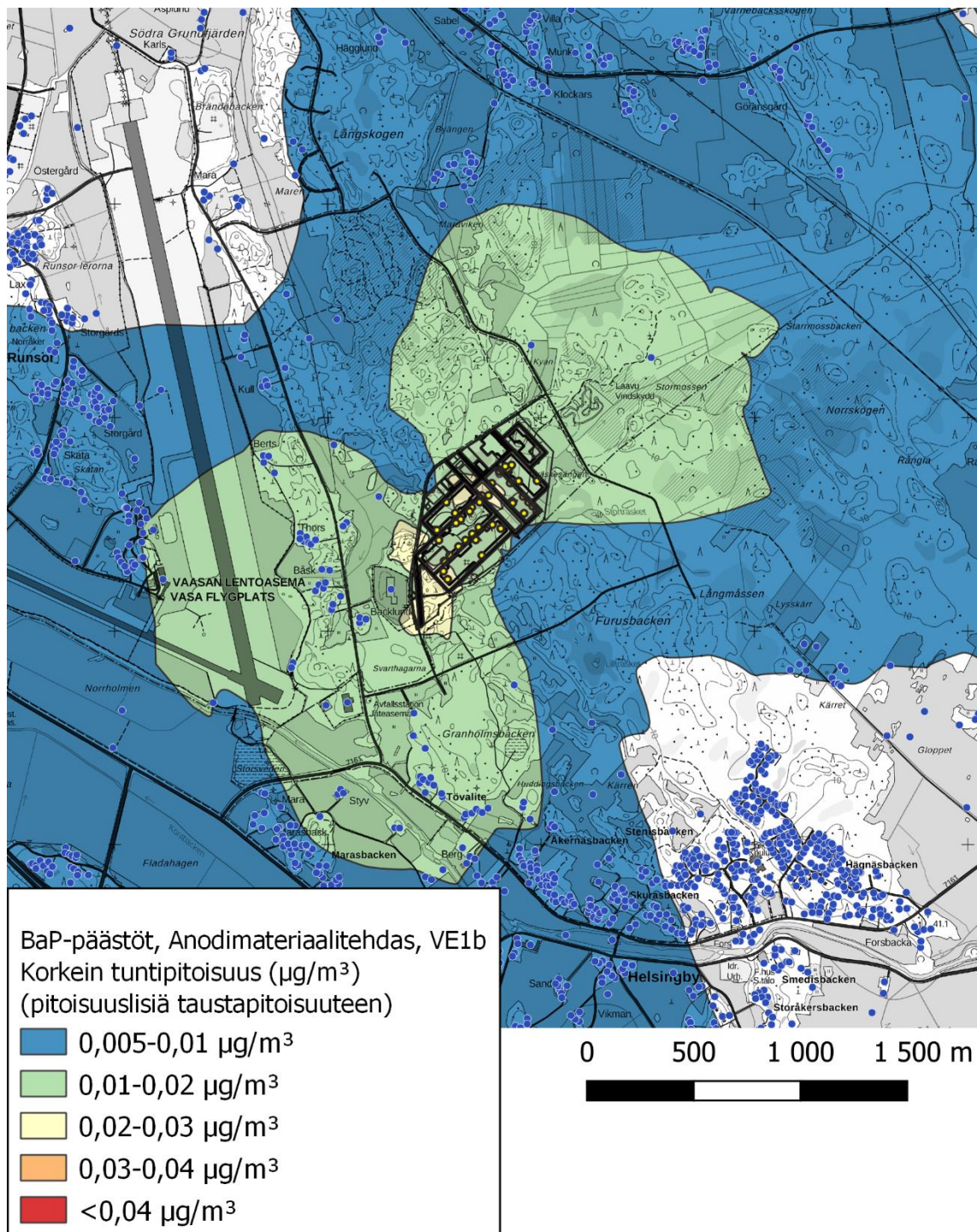
Kuva 32. Korkein mallinnettu VOC-tuntipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Suurin pitoisuus 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuusliisiä taustapitoisuuksiin.



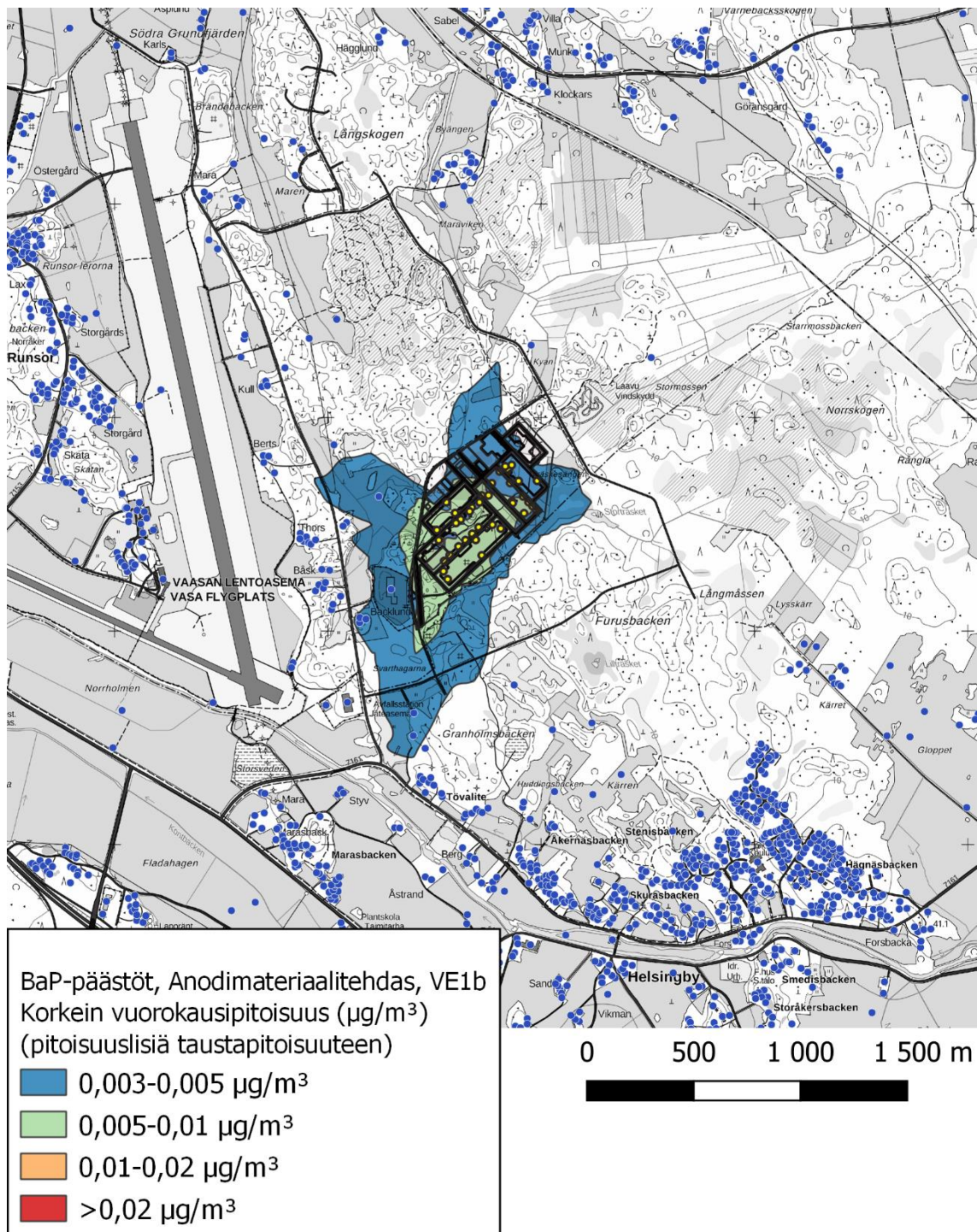
Kuva 33. Korkein mallinnettu VOC-vuorokausipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Suurin pitoisuus 3,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



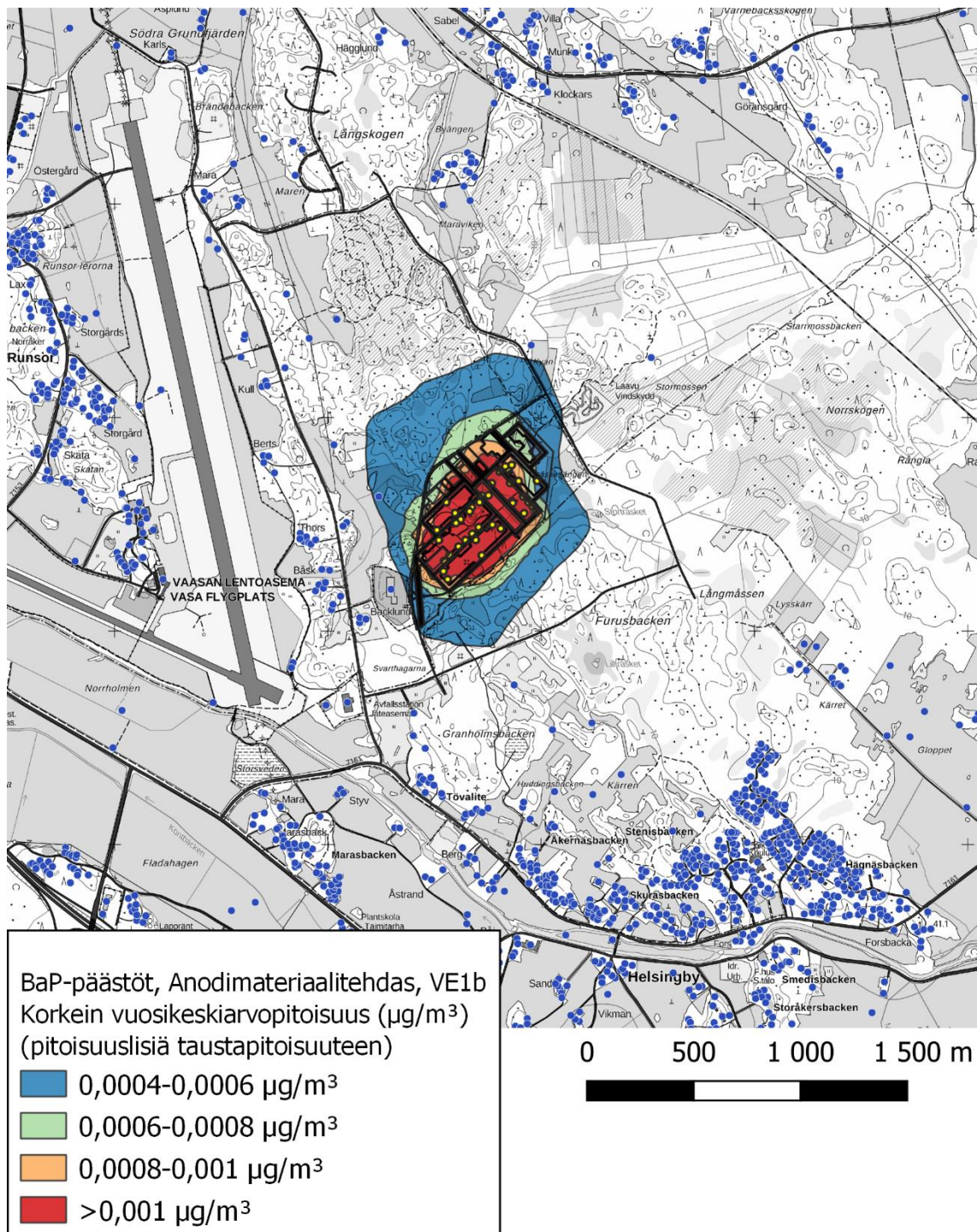
Kuva 34. Korkein mallinnettu VOC-vuosipitoisuus (vuosikeskiarvo, $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Suurin pitoisuus 1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



Kuva 35. Korkein mallinnettu bentso[a]pyreenin tuntipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Suurin pitoisuus 0,029 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



Kuva 36. Korkein mallinnettu bentso[a]pyreenin vuorokausipitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Suurin pitoisuus 0,0082 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.



Kuva 37. Korkein mallinnettu bentso[a]pyreenin vuosipitoisuus (vuosikeskiarvo, $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Suurin pitoisuus 0,0029 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Esitetyt pitoisuudet ovat pitoisuuslisiä taustapitoisuuksiin.

4. Johtopäätökset

Tässä työssä tarkasteltiin Vaasaan suunniteltavat anodimateriaalitehtaan ilmaan leviävien päästöjen vaikutusta alueen ilmanlaatuun leviämismallinnuksen avulla. Tehdas on Suomen Malmijalosteen ja Epsilon Advanced Materialsin yhteishanke. Leviämismallinnuksen avulla tarkasteltiin kahta vaihtoehtoa: VE1a, jolloin tehtaan vuosikapasiteetti olisi 10 000 t ja VE1b, jolloin tehtaan vuosikapasiteetti olisi 50 000 t. Mallinnettavat epäpuhtaudet olivat NO₂, SO₂, PM₁₀, VOC ja BaP. Lisäksi käänteisen mallinnuksen avulla pyrittiin arvioimaan PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuutta poistokaasuissa.

Ilmaan vapautuvat päästöt laskettiin tilaajien toimittamista lähtötiedoista, joita olivat mm. poistokaasujen virtaukset, lämpötila ja eri epäpuhtauksien pitoisuudet poistokaasussa. Mallinnuksessa on oletettu, että tehdas on toiminnassa vuoden ympäri.

Mallinnuksen mukaan korkeimmat pitoisuudet havaittiin tehdasalueella ja sen läheisyydessä. Saatua tuloksia verrattiin voimassa oleviin ilman epäpuhtauksien raja-, ohje- ja tavoitearvoihin.

Tuotannon kasvaessa myös ilmaan johdettavien päästöjen määrä kasvaa vaiheesta VE1a vaiheeseen VE1b. Kummassakaan vaiheessa raja- ja ohjearvopitoisuudet eivät ole vaarassa ylittyä niiden ilmaan johdettavien epäpuhtauksien osalta, joille sellainen on Suomen lainsäädännössä asetettu. Myös sellaisten epäpuhtauksien pitoisuudet, joille ei ole raja- tai ohjearvoa, jäivät mallinnuksen mukaan alhaisiksi tehdasalueella ja sen ympäristössä sekä VE1a:ssa että VE1b:ssä.

Takaisinmallinnuksen avulla tarkasteltiin poistokaasun PAH-pitoisuutta tilanteessa, jossa ulkoilman PAH-pitoisuus olisi 23 ng/m³. Tähän ulkoilman pitoisuuteen päästään vaiheessa VE1a poistokaasun pitoisuudella 3,4 mg/m³ ja vaiheessa VE1b poistokaasun pitoisuudella 0,78 mg/m³.

Bentso[a]pyreenin poistokaasun pitoisuus valittiin sellaiseksi, ettei BaP:n ilmanlaadun tavoitearvo 0,001 µg/m³ (1 ng/m³) ylity tehdasalueen ulkopuolella. Tällaiseksi pitoisuudeksi todettiin 0,006 mg/m³, jota käytettiin myös VE1a mallinnuksessa.

Anodimateriaalitehtaasta ilmaan johdettavilla epäpuhtauksilla voidaan mallinnuksen mukaan todeta olevan vain vähäinen vaikutus lähialueen ilmanlaatuun sekä vaiheessa VE1a että VE1b.

Kuopiossa 28.3.2024

RAMBOLL FINLAND OY
Ilmanlaatu ja melu



Toni Keskitalo
Tutkimuspäällikkö



Heikki Lamberg
Ympäristöasiantuntija

Lähteet

EPA 2017: Federal Register / Vol. 28, No. 10 / Tuesday, January 17, 2017 / Rules and Regulations. 40 CFR Part 51. https://www.epa.gov/sites/production/files/2020-09/documents/appw_17.pdf

Gianluca Cusano, Miguel Rodrigo Gonzalo, Frank Farrell, Rainer Remus, Serge Roudier, Luis Delgado Sancho; Title; Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the main Non-Ferrous Metals Industries, EUR 28648, doi:10.2760/8224.

Raahen ilmanlaatu 2022. Ilmanlaadun seurantaraportti, Raahen, 2022.

Liite

Taulukko 6. Mallinnuksessa käytetyt lähtötiedot.

VE1a	piipun korkeus (m)	piipun halk. (m)	kaasun lämpötila (°C)	kokonais- virtaus, maks. (Nm ³ /h)	poistokaasun virtausnopeus (m/s)
S1	28	0,3	40	5370	21,1
S2	28	0,7	40	31840	23,0
S3	28	0,7	40	30390	21,9
S4	28	0,3	100	5000	19,6
S6	28	0,4	40	10500	23,2
S7	28	0,6	40	23210	22,8
S8	35	1,1	150	80000	23,4
S9	28	0,45	40	13480	23,5
S10	35	0,9	55	40000	17,5
S11	28	0,8	40	40000	22,1
S12	28	0,4	180	10800	23,9
S13	28	0,9	40	50000	21,8
S14	28	0,25	40	1580	8,9
S15	28	0,25	40	4500	25,5
S16	28	0,5	40	16060	22,7

VE1b	piipun korkeus (m)	piipun halk. (m)	kaasun lämpötila (°C)	kokonaisvirtaus, maks. (Nm ³ /h)	poistokaasun virtausnopeus (m/s)
S1A	25	0,35	40	8020	23,2
S2A	25	0,9	40	46850	20,5
S3A	25	0,9	40	46300	20,2
S4A	25	0,4	100	16000	35,4
S5A	25	0,9	50	46800	20,4
S6A	25	0,9	50	47325	20,7
S7A	25	0,6	50	25340	24,9
S8A	35	1,2	150	88000	21,6
S9A	28	0,8	40	40935	22,6
S10A	25	0,45	40	12150	21,2
S11A	28	0,5	40	15240	21,6
S12A	38	1,2	55	96000	23,6
S13A	28	0,8	40	40000	22,1
S14A	28	0,8	40	40000	22,1
S15A	19	0,4	180	10800	23,9
S16A	19	0,4	180	10800	23,9
S17A	30	1,0	50	75000	26,5
S18A	28	0,3	40	2820	11,1
S19A	35	1,3	150	84000	17,6
S20A	25	0,45	40	14840	25,9
S21A	25	0,4	40	13500	29,8
S22A	25	0,5	40	19800	28,0
yhteiset poistot	piipun korkeus (m)	piipun halk. (m)	kaasun lämpötila (°C)	kokonaisvirtaus, maks. (Nm ³ /h)	poistokaasun virtausnopeus (m/s)
S17	31	0,4	40	12480	27,6
S5	31	0,3	40	5100	20,0