

Sähköisen lentopolttoaineen (eSAF) tuotantolaitos, Rauma

Päästöjen leviämismallilaskelmat
Norsk e-Fuel AS



Sweco Finland Oy
Projekti

Työnumero
Asiakas
Päiväys
Tekijät

Reg. No. 2661738-3
Sähköisen lentopolttoaineen (eSAF)
tuotantolaitos, Rauma
25015308-001
Norsk e-Fuel AS
12.1.2026
Linnea Mäkinen ja Emmi Laukkanen

Sisältö

1	TYÖN KUVAUS	6
1.1	Johdanto	6
1.2	Tuotantolaitoksen sijainti	6
2	PÄÄSTÖJEN LEVIÄMISMALLILASKELMAT	7
2.1	Yleistä ilmanlaadusta	7
2.2	AERMOD-ohjelmisto	10
2.3	Päästötiedot.....	10
2.4	Leviämismallinnuksen muut lähtötiedot	12
3	LEVIÄMISMALLILASKELMIEN TULOKSET	13
3.1	Ilmapäästöjen leviämislaskelmien tulokset	13
3.2	Epävarmuudet ja tulosten luotettavuus	16
4	LÄHTEET	18
	LIITTEET	19

Kuvat

Kuva 1.	Suunnitellun tuotantolaitoksen sijainti Rauman keskustan länsipuolella	7
Kuva 2.	Rauman tuuliolosuhteita edustava tuuliruusu vuosilta 2022–2024.....	13
Kuva 3.	Leviämislaskelmien tuloksena saatujen korkeimpien pitoisuuksien suhde (%) ilmanlaadun vuorokausiohjearvoihin.	16

Taulukot

Taulukko 1.	Ilmanlaadun raja-arvot	8
Taulukko 2.	Ilmanlaadun ohjearvot (Vnp, 480/1996).....	9
Taulukko 3.	Uudet ilmanlaatudirektiivin mukaiset raja-arvot (EU 2024/2881).....	9
Taulukko 4.	Tuotantolaitoksen ja piippujen tekniset suunnittelutiedot sekä päästötiedot VE1.	11
Taulukko 5.	Tuotantolaitoksen ja piippujen tekniset suunnittelutiedot sekä päästötiedot VE2.	11
Taulukko 6.	Leviämislaskelmien tuloksena saadut korkeimmat ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet.....	14

1 Työn kuvaus

1.1 Johdanto

Norsk e-Fuel AS suunnittelee sähköisen lentopolttoaineen (eSAF) tuotantolaitosta toteuttamista Rauman Satamassa Ulko-Petäjäksessä sijaitsevalle kiinteistölle. Tuotantolaitos valmistaa sähköisesti tuotetusta vedystä ja teollisuudesta talteen otetusta hiilidioksidista lentoliikenteen käyttöön e-kerosiinia ja e-naftaa. SAF on yleiskäsite, jolla kuvataan ei-perinteisiä (ei-fossiilista alkuperää olevia) lentopolttoaineita, jotka täyttävät tietyt kestävyyskriteerit, jotka määrittellään EU:n uusiutuvan energian direktiivissä (nk. RED II -direktiivi ottaen huomioon niin kutsuttu RED III -direktiivin) sekä siihen liittyvissä delegoiduissa säädöksissä. Synteettiset polttoaineet ovat lupaava tapa edistää lentoliikenteen irtiottoa fossiilisista polttoaineista.

Tarkasteltavien vaihtoehtojen osalta tuotantokapasiteetit ovat seuraavat:

- VE1: Ilmastoneutraalia raakaöljyä (e-raakaöljy) tuotetaan 100 000 tonnia vuodessa. Tästä valmistetaan 80 000 tonnia ilmastoneutraalia kerosiinia (e-kerosiini) ja 20 000 tonnia ilmastoneutraalia naftaa (e-nafta) lentopolttoaineeksi. Laitoksen käyttämä prosessivesi ja jäähdytysvesi otetaan merestä.
- VE2: Ilmastoneutraalia raakaöljyä tuotetaan 50 000 tonnia vuodessa. Tästä valmistetaan 40 000 tonnia ilmastoneutraalia kerosiinia (e-kerosiini) ja 10 000 tonnia ilmastoneutraalia naftaa (e-nafta) lentopolttoaineeksi. Laitoksen käyttämä prosessivesi ja jäähdytysvesi otetaan merestä.

Tuotantolaitoksen käynti on jatkuvatoimista ja suunniteltu käyntiaika on noin 8 500 tuntia vuodessa. Hankkeen lopullinen investointipäätös on tarkoitus tehdä vuonna 2028. Myönteisen investointipäätöksen jälkeen alkaa rakentaminen. Rakentamisvaihe kestää arviolta 36 kuukautta.

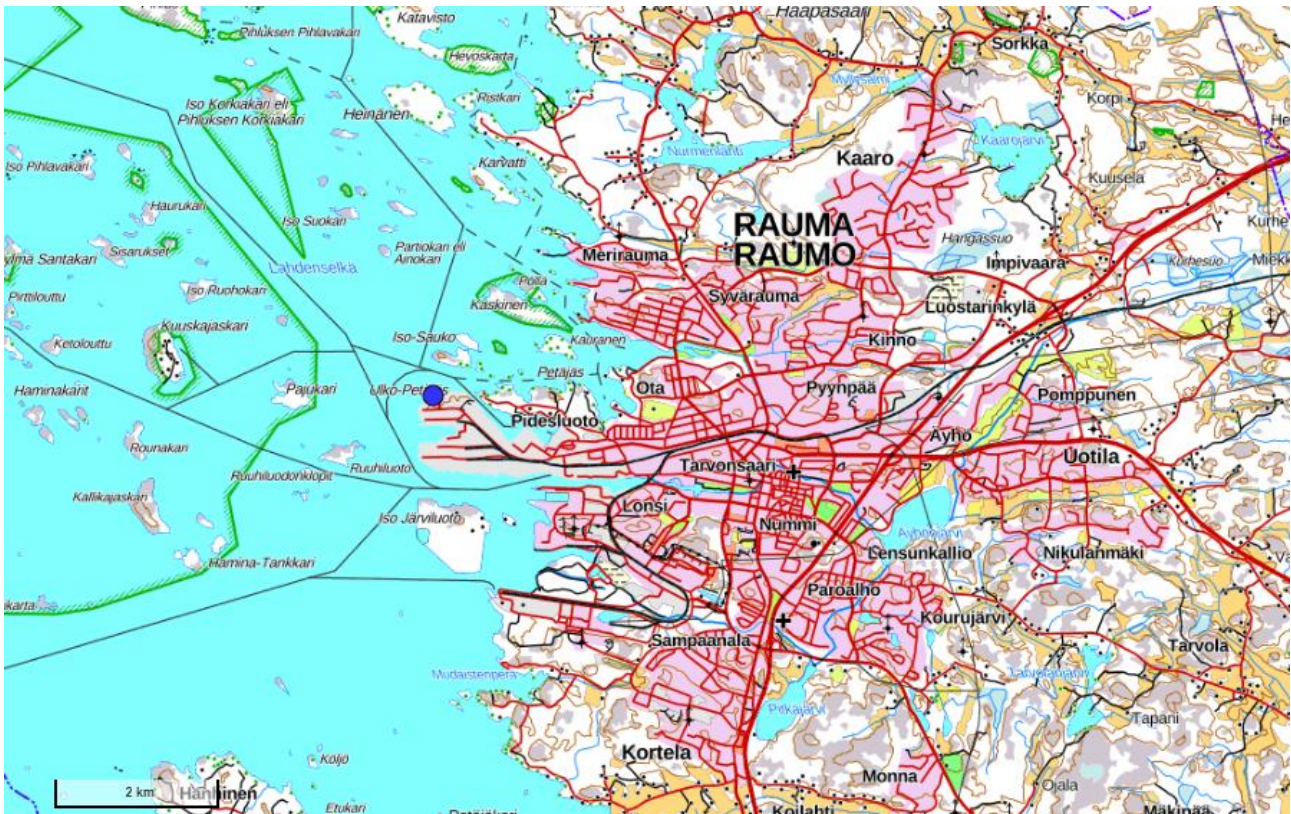
Tässä selvityksessä tarkasteltiin laitokselta johdettavien poistokaasujen päästöjen leviämistä ja päästöjen aiheuttamia korkeimpia pitoisuuksia laitosalueella ja sen välittömässä läheisyydessä hengityskorkeudella. Pitoisuuksia verrattiin lainsäädännössä asetettuihin ilmanlaadun ohje- ja raja-arvoihin. E-polttoaineiden tuotannossa vapautuu hiilimonoksidia (CO), haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC), typen oksideja (NO_x) ja rikkidioksidia (SO₂).

Leviämismallilaskelmat perustuvat teoreettiseen oletukseen, että laitos toimii jatkuvasti täydellä teholla vuoden ympäri (ns. maksimipäästötarkastelu). Tällä menetelmällä saadaan selville, kuinka korkeiksi pitoisuudet voivat enimmillään nousta satunnaisessa meteorologisessa tilanteessa.

1.2 Tuotantolaitoksen sijainti

Tuotantolaitos sijoittuu Rauman Satamaan Ulko-Petäjäksen niemen kärkeen, joka sijaitsee noin neljän kilometrin etäisyydellä Rauman kaupungin keskustasta länteen (Kuva 1). Nykytilanteessa hankealuetta käytetään varastokenttänä.

Hankealuetta lähimmät asuinrakennukset sijaitsevat noin 1,5 kilometrin etäisyydellä kaakkoon.



Kuva 1. Suunnitellun tuotantolaitoksen sijainti Rauman keskustan länsipuolella merkittynä sinisellä ympyrällä (Kuvan lähde: Maanmittauslaitos).

2 Päästöjen leviämismallilaskelmat

2.1 Yleistä ilmanlaadusta

Kaupunkialueiden ilmanlaatua heikentävät tyypillisesti liikenne, energiantuotanto ja teollisuus sekä kiinteistökohtainen lämmitys. Näistä prosesseista ilmaan vapautuu päästöjä, joilla on haitallisia vaikutuksia ihmisten terveydelle ja ympäristölle. Ilmansaasteet voivat kulkeutua kauas päästölähteistä, päästölähdetyypistä ja säätilasta riippuen.

Rikkidioksidia (SO_2) vapautuu ilmakehään rikkipitoisten polttoaineiden palamisen seurauksena energiantuotannossa ja teollisuuden prosesseissa. Rikkidioksidipäästöt ovat vähentyneet noin kymmenesosaan 1970-luvun tasosta kansainvälisten päästörajoitteiden myötä (Ilmatieteen laitos, 2025). Rikkidioksidipitoisuudet voivat vaikeuttaa astmaa ja aiheuttaa muita hengitystieoireita. (WHO, 2021)

Typhen oksideita (NO_x) vapautuu ilmaan kaikenlaisissa polttoprosesseissa sekä typpimonoksidina (NO) että typpidioksidina (NO_2). Ilmakehässä typpimonoksidi hapettuu ilmassa olevan otsonin avulla typpidioksidiksi. Ilmanlaadun leviämismalleilla tarkastellaan typpidioksidin kokonaispitoisuuksia ilmakemialliset prosessit huomioiden. Tyypillisesti liikenteen päästöillä on suuri vaikutus kaupunki-ilman typpidioksidipitoisuuksiin, sillä ne vapautuvat matalalla lähellä hengityskorkeutta. Typpidioksidi aiheuttaa hengitysteissä ärsytystä (WHO, 2021) ja ympäristössä rehevöitymistä ja happamoitumista (Ilmatieteen laitos, 2025).

Hiilimonoksidia (CO) eli häkää muodostuu polttoprosesseissa, joissa palamisolosuhteet ovat heikot. Yleensä hiilimonoksidia vapautuu lähinnä epäpuhtaassa puunpoltossa tai autojen ja työkoneiden polttomoottoreissa hieman. Kaupunki-ilmasta hiilimonoksidipitoisuudet ovat vähentyneet autojen katalysaattoreiden tultua pakollisiksi. (Ilmatieteen laitos, 2025)

Lisäksi teollisuusprosesseista vapautuu ilmaan VOC-yhdisteitä eli haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Teollisuusprosessien ohella haihtuvia orgaanisia yhdisteitä muodostuu myös pienpolton ja liikenteen seurauksena. (Ilmatieteenlaitos, 2025)

Ilmansuojelun tarkoituksena on taata puhdas ja terveellinen ympäristö ja sen tueksi Suomen lainsäädännössä on EU:n lainsäädäntöä noudattavat ilmanlaadun raja-arvot (Vna 79/2017) ja kansalliset ohjearvot (Vnp 480/1996). Ilmanlaadun raja-arvot ovat sitovia EU-maissa ja niiden ylittyessä viranomaisten on ryhdyttävä toimenpiteisiin pitoisuuksien alentamiseksi. Kansalliset ohjearvot ovat ensisijaisesti ympäristöviranomaisten käytössä suunnittelun ja päätöksenteon apuvälineinä. Niitä käytetään esimerkiksi päästöjä aiheuttavan toiminnan ympäristölupamenettelyssä tai kaavoituksessa. Taulukoissa on esitetty ilmanlaadun raja-arvot (Taulukko 1) ja ohjearvot (Taulukko 2) typidioksidille (NO₂), rikkidioksidille (SO₂) ja hiilimonoksidille (CO). VOC-päästöille ei ole ohje- tai raja-arvoja ulkoilmassa, joten niitä verrataan Työterveyslaitoksen suosittelemaan teollisuusilman tavoitetasoon 300 µg/m³, jonka voidaan arvioida koskevan pitkäaikaista eli vuosikeskiarvopitoisuutta (Työterveyslaitos 2012).

Taulukko 1. Ilmanlaadun raja-arvot (Vna 79/2017).

Ilman epäpuhtaus	Aika	Raja-arvo (µg/m ³)	Sallitut ylitykset vuodessa
Typpidioksidi (NO ₂)	tunti	200	18 kpl
	kalenterivuosi	40	–
Rikkidioksidi (SO ₂)	tunti	350	24 kpl
	vuorokausi	125	3 kpl
Hiilimonoksidi (CO)	liukuva kahdeksan tunnin keskiarvo	10 mg/m ³	

Taulukko 2. Ilmanlaadun ohjearvot (Vnp 480/1996).

Ilman epäpuhtaus	Aika	Ohjearvo (µg/m³)	Tilastollinen määrittely
Typpidioksidi (NO ₂)	vuorokausi	70	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
	tunti	150	kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
Rikkidioksidi (SO ₂)	vuorokausi	80	kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
	tunti	250	kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
Hiilimonoksidi (CO)	tunti	20 mg/m³	korkein tuntikeskiarvo
	8 tuntia	8 mg/m³	vuorokauden korkein kahdeksan tunnin liukuva keskiarvo

Euroopan unioni on päivittänyt ilmanlaatudirektiivin joulukuussa 2024 (EU 2024/2881). Direktiivi asettaa tiukempia vaatimuksia ilman epäpuhtauksille (Taulukko 3). Päivitetty ilmanlaatudirektiivi ei ole vielä osa suomalaista lainsäädäntöä. Päivitetty ilmanlaatudirektiivi tulee saattaa osaksi kansallista lainsäädäntöä kahden vuoden kuluessa sen voimaanastumisen jälkeen ja raja-arvot tulee saavuttaa vuoteen 2030 mennessä.

Taulukko 3. Uudet ilmanlaatudirektiivin mukaiset raja-arvot (EU 2024/2881)

Ilman epäpuhtaus	Aika	Raja-arvo (µg/m³)	Sallitut ylitykset vuodessa
Typpidioksidi (NO ₂)	tunti	200	3 kpl
	vuorokausi	50	18 kpl
	kalenterivuosi	20	-
Rikkidioksidi (SO ₂)	tunti	350	3 kpl
	vuorokausi	50	18 kpl
	kalenterivuosi	20	-
Hiilimonoksidi (CO)	liukuva kahdeksan tunnin keskiarvo	10 mg/m3	-
	vuorokausi	4 mg/m3	18

Valtioneuvoston asetuksessa keskisuurten energiantuotantoyksiköiden ja -laitosten ympäristönsuojeluvaatimuksista 1065/2017, 7 § todetaan, että jos energiantuotantoyksikön savupiipun korkeus mitoitetaan leviämismallilaskelmalla, savupiippu on mitoitettava siten, että energiantuotantoyksikkö ei aiheuta yli 20 prosenttia valtioneuvoston päätöksessä 480/1996 (taulukko 2) määritellyistä ilmanlaadun vuorokausittaisista

ohjearvoista laitosalueen ulkopuolella. Tämä hanke ei koske energiantuotantoyksiköjä, mutta edellä mainittua asetusta sovelletaan tämän hankkeen mallinnuksessa.

2.2 AERMOD-ohjelmisto

Tässä raportoitu ilmanlaatuselvitys perustuu AERMOD View –ohjelmistolla (versio 12.0.0) tehtyyn päästöjen leviämismallinnukseen. AERMOD on Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviraston (EPA) ohjauksessa kehitetty gaussilainen ilmanlaadun leviämismalli. AERMOD View on kanadalaisen Lakes Environmental -yrityksen kehittämä sovellus ohjelmistosta (Lakes Environmental, 2023). Mallinnuksessa huomioidaan säätiedot, maastonmuodot, lähimmät korkeat rakennukset sekä päästöt ja päästölähteiden tekniset tiedot.

2.3 Päästötiedot

Työn tilasi Norsk e-Fuel AS ja lähtötietoja toimittivat Sweco Finland Oy:n laitossuunnittelijat ja Norsk e-Fuel AS. Päästötiedot perustuvat tilaajalta saatuihin päästötietoihin. Laitos toimii jatkuvatoimisesti. Vuosittainen käyntiaika on noin 8 500 tuntia. Tässä teoreettisessa mallilaskelmassa oletetaan, että laitos toimii jatkuvasti täydellä teholla ja maksimipäästöillä vuoden ympäri, jotta saadaan selville, kuinka korkeiksi laitoksen aiheuttamat pitoisuudet voisivat enimmillään nousta. Maksimipäästötarkastelun vuoksi leviämismallinnukset perustuvat korkeimpiin päästöraja-arvoihin kunkin päästökomponentin osalta.

Taulukossa 4 on esitetty päästöjen leviämismallinnuksessa käytetyt typen oksidien (NO_x), rikkidioksidin (SO_2), hiilimonoksidin (CO) sekä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) päästömäärät sekä piipun tekniset tiedot. Asetuksen 1065/2017 mukaisesti piipun korkeus tulee mitoittaa leviämismallilaskelmilla, mikäli se on pienempi kuin 2,5 kertaa tuotantorakennuksen korkeus tai jos alle 500 metrin etäisyydellä energiantuotantoyksiköstä rakennuksen, maastoesteiden tai maanpinnan korkeus kohoaa yli 30 metriin mitattuna tuotantorakennuksen viereisestä maanpinnan tasosta. Mikäli savupiipun korkeus mitoitetaan leviämismallilaskelmalla, savupiippu on mitoitettava siten, että energiantuotantoyksikkö ei aiheuta yli 20 prosenttia ilmanlaadun ohjearvoista (480/1996) määritellystä ilmanlaadun vuorokausittaisesta ohjearvosta laitosalueen ulkopuolella. Tämä hanke ei kuitenkaan koske energiantuotantoyksiköjä, mutta edellä mainittua asetusta on kuitenkin sovellettu tämän hankkeen leviämismallilaskelmissa. Leviämismallilaskelmat tehtiin piipun korkeuksille 40 m (terminen hapetin) ja 45 m (CO_2 -puhdistusprosessi).

Taulukko 4. Tuotantolaitoksen ja piippujen tekniset suunnittelutiedot sekä päästötiedot VE1.

	Yksikkö	Terminen hapetin	CO ₂ -puhdistusprosessi
Piipun korkeus	m	40	45
Piipun halkaisija	mm	750	250
Poistokaasun virtaus	m ³ /h	34 600	4 600
Poistokaasun nopeus	m/s	21,8	26,3
Poistokaasun lämpötila	°C	200	100
Typen oksidipäästöt	mg/Nm ³	120	100
	g/s	0,67	0,094
Rikkidioksidipäästöt	mg/Nm ³	100	90
	g/s	0,56	0,085
Hiilimonoksidipäästöt	mg/Nm ³	45	-
	g/s	0,25	-
TVOC-päästöt	mgC/Nm ³	20	-
	g/s	0,11	-

Taulukko 5. Tuotantolaitoksen ja piippujen tekniset suunnittelutiedot sekä päästötiedot VE2.

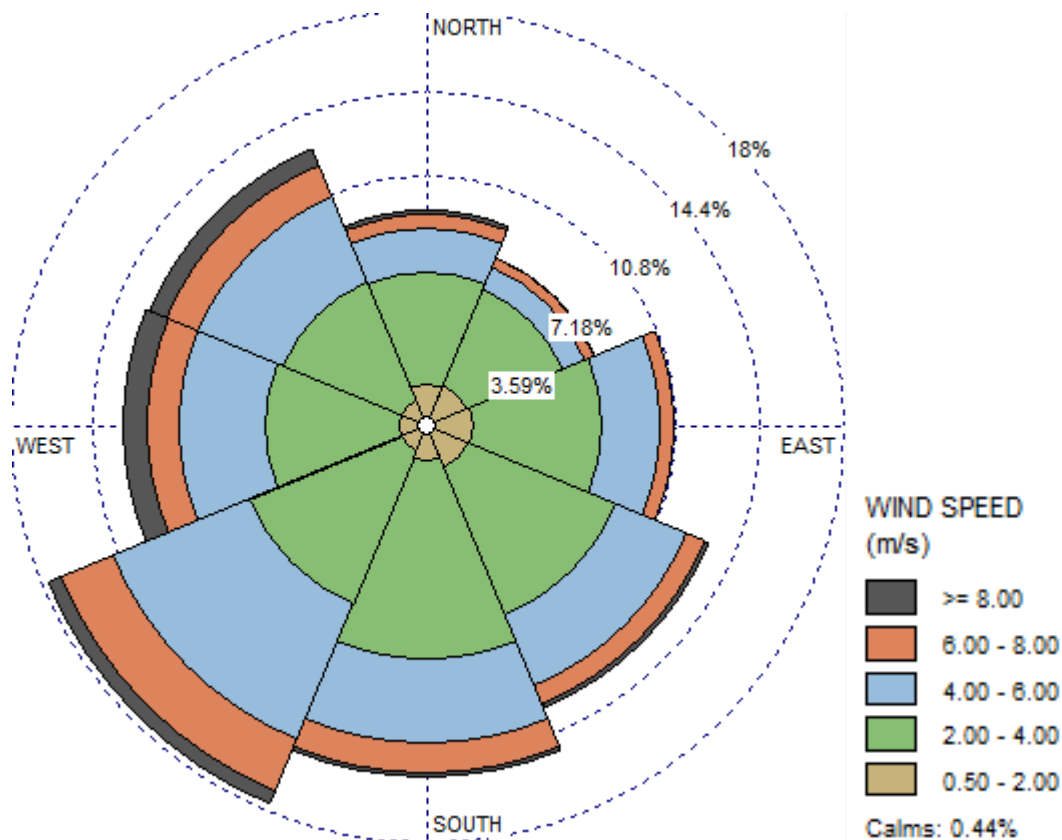
	Yksikkö	Terminen hapetin	CO ₂ -puhdistusprosessi
Piipun korkeus	m	40	45
Piipun halkaisija	mm	750	250
Poistokaasun virtaus	m ³ /h	17 300	2 300
Poistokaasun nopeus	m/s	21,8	28,4
Poistokaasun lämpötila	°C	200	100
Typen oksidipäästöt	mg/Nm ³	120	100
	g/s	0,33	0,047
Rikkidioksidipäästöt	mg/Nm ³	100	90

	Yksikkö	Terminen hapetin	CO ₂ -puhdistusprosessi
	g/s	0,28	0,043
Hiilimonoksidipäästöt	mg/Nm ³	45	-
	g/s	0,13	-
TVOC-päästöt	mgC/Nm ³	20	-
	g/s	0,056	-

2.4 Leviämismallinnuksen muut lähtötiedot

Mallinnuksessa on käytetty kolmen vuoden (2022–2024) tunneittaisia säätietoja ilmapäästön leviämisen laskennassa. Säätiiedot toimitti Lakes Environmental Software. Säätiiedot ovat WRF-MMIF-sääaineistoa. Leviämismalli ottaa huomioon tuulen suunnan ja nopeuden, sekoituskerroksen korkeuden, ilman lämpötilan, kosteuden, pilvisyyden, ilmanpaineen ja sadekestymän.

Rauman tuuliolosuhteita edustava tuuliruusu on esitetty seuraavassa kuvassa 2. Yleisimmät tuulen suunnat alueella ovat lounaasta ja etelästä päin kuten Suomessa yleensäkin. Kolmen vuoden havaintoaineistossa tuulen nopeus vaihteli pääosin välillä 2–6 m/s.



Kuva 2. Rauman tuuliolosuhteita edustava tuuliruusu vuosilta 2022–2024.

Typenoksidien ilmakemiallista muutunutta varten huomioitiin Ilmatieteen laitoksen Juupajoen Hyytiälän ilmanlaadun mittausaseman tunneittaiset otsonin taustapitoisuudet samoilta vuosilta (2022–2024) kuin meteorologinen aineisto.

Mallinnuksessa otettiin huomioon päästöjen leviämiseen vaikuttavat korkeat rakennukset ja rakennelmat. Tuotantolaitosalueen ja laitosalueen välittömässä läheisyydessä olevien teollisuusrakennusten- ja rakennelmien korkeudet vaihtelivat välillä 12–78 metriä.

Tarkastelualueen maaston korkeustietoina käytettiin Maanmittauslaitokselta saatuja alueen korkeustietoja.

Leviäminen mallinnettiin alueelle, jonka koko on 10 km × 10 km. Tälle alalle määritettiin havaintopisteverkko, jossa pisteiden välinen etäisyys oli 20–50 metriä. Yhteensä pitoisuudet laskettiin noin 59 500 hilapisteeseen. Pitoisuudet laskettiin jokaisessa hilapisteessä ihmisten hengityskorkeudelle eli 2 metrin korkeudelle maanpinnasta.

Leviämismallilaskelmien tuloksena saadaan kolmen vuoden pitoisuusajaksarjoja tarkasteluhilan kuhunkin laskentapisteeseen. Näistä ajaksarjoista lasketaan edelleen tilastoarvoja ja verrataan niitä ilmanlaadulle asetettuihin ohje- ja raja-arvoihin. Laskentapisteittäisistä tilastoarvoista muodostetaan pitoisuuksien alueellisia jakaumia, jotka esitetään kartalla. Tarkastelualueelle muodostuvat ohje-, raja- ja Työterveyslaitoksen tavoitearvoon verrannolliset pitoisuudet esitetään raportin liitteissä aluejakaumakuvina. Huomionarvoista on, että aluejakaumakuvat ovat tilastollisia, eli ne edustavat koko kolmen vuoden tarkastelujakson korkeimpia arvoja eri puolilla aluetta ja ne huomioivat tarkastelujakson kaikki eri säätilanteet. Leviämiskuvat eivät siis edusta yhden yksittäisen säätilanteen tai ajanhetken leviämistä ja pitoisuuksia. Alueelle muodostuvat korkeimmat ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet on esitetty myös taulukkomuodossa.

3 Leviämismallilaskelmien tulokset

3.1 Ilmapäästöjen leviämislaskelmien tulokset

Leviämismallilaskelmilla saadut ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset korkeimmat pitoisuudet koko tutkimusalueella ovat esitetty taulukossa 5. Ohje- ja raja-arvot eivät ole voimassa laitosalueella. Taulukoissa on esitetty myös pitoisuustasot (20 % vuorokausiohjearvoista), jotka eivät saa ylittyä uutta piippua mitoittaessa laitosalueen ulkopuolella asetuksen 1065/2017 mukaisesti. Vaikka kohteena olevat piiput eivät kuulu kyseisen, nk. PIPO-asetuksen soveltamisalaan, on vastaavaa sääntöä sovellettu myös tämän kohteen piippujen korkeuden määrittämiseen. Kuvassa 3 esitetään leviämislaskelmien tuloksena saatujen korkeimpien pitoisuuksien suhde (%) ilmanlaadun ohjearvoihin.

Mallinnuksen perusteella tuotantolaitoksen piippu täyttää valtioneuvosten asetuksen 1065/2017 vaatimukset mallinnetuilla piipunkorkeuksilla (terminen hapetin 40 m ja CO₂-puhdistusprosessi 45 m). Mallinnuksessa ei tarkastelu muita piipun korkeuksia edellä mainittujen lisäksi.

Leviämismallilaskelmien tuloksena saadut typpidioksidin ja rikkidioksidin vuorokausiohjearvoihin verrannollisten pitoisuuksien aluejakaumat on esitetty liitekuviissa 1–4. Lisäksi hiilimonoksidin tuntiohjearvoon ja 8 tunnin liukuvaan ohjearvoon verrannollisten pitoisuuksien aluejakaumat on esitetty liitekuviissa 5–8 ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden vuosikeskiarvoon verrannollisten pitoisuuksien aluejakaumat liitekuviissa 9–10. Kuvista nähdään, että suurimmat pitoisuudet muodostuvat laitosten välittömään läheisyyteen ja pitoisuudet laimenevat nopeasti etäisyyden kasvaessa.

Ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot alittuvat molempien hankevaihtoehtojen (VE1 ja VE2) osalta koko tarkastelualueella. Uusi tuotantolaitos ei myöskään yksinään aiheuta 20 % pitoisuustason ylittymistä vuorokausiohjearvosta laitosalueen ulkopuolella.

Vaihtoehdossa VE1 typpidioksidipitoisuuksien vuorokausiohjearvoon ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset laitoksen aiheuttamat pitoisuudet lähimpänä sijaitsevalla Kompin asutusalueella ovat mallinnetuilla piipunkorkeuksilla (terminen hapetin 40 m ja CO_2 -puhdistusprosessi 45 m) enimmillään $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kuitenkin Rokintien varressa sijaitsevien asuinrakennusten kohdalla pitoisuus on enimmillään $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ johtuen epäsuotuisista tuuliolosuhteista. Vaihtoehdossa VE2 vuorokausiohjearvoon ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset laitoksen aiheuttamat pitoisuudet lähimpänä sijaitsevalla Kompin asutusalueella ovat mallinnetuilla piipunkorkeuksilla (terminen hapetin 40 m ja CO_2 -puhdistusprosessi 45 m) enimmillään $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Vaihtoehdossa VE1 rikkidioksidipitoisuuksien vuorokausiohjearvoon ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset laitoksen aiheuttamat pitoisuudet lähimpänä sijaitsevalla Kompin asutusalueella ovat mallinnetuilla piipunkorkeuksilla (terminen hapetin 40 m ja CO_2 -puhdistusprosessi 45 m) enimmillään $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kuitenkin Rokintien varressa sijaitsevien asuinrakennusten kohdalla pitoisuus on enimmillään $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ johtuen epäsuotuisista tuuliolosuhteista. Vaihtoehdossa VE2 vuorokausiohjearvoon ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset laitoksen aiheuttamat pitoisuudet lähimpänä sijaitsevalla Kompin asutusalueella ovat mallinnetuilla piipunkorkeuksilla (terminen hapetin 40 m ja CO_2 -puhdistusprosessi 45 m) enimmillään $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Vaihtoehdossa VE1 hiilimonoksidipitoisuuksien tuntiohjearvoon ($20\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset laitoksen aiheuttamat pitoisuudet lähimpänä sijaitsevalla Kompin asutusalueella ovat mallinnetulla piipunkorkeudella (terminen hapetin 40 m) enimmillään $3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kuitenkin Rokintien varressa sijaitsevien asuinrakennusten kohdalla pitoisuus on enimmillään $5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ johtuen epäsuotuisista tuuliolosuhteista. Vaihtoehdossa VE1 ohjearvon 8 tunnin liukuvaan keskiarvoon ($8\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet ovat enimmillään lähimpänä sijaitsevalla Kompin asutusalueella $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Rokintien varressa sijaitsevien asuinrakennusten kohdalla pitoisuus on enimmillään $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vaihtoehdossa VE2 tuntiohjearvoon ($20\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset laitoksen aiheuttamat pitoisuudet lähimpänä sijaitsevalla Kompin asutusalueella ovat mallinnetulla piipunkorkeudella (terminen hapetin 40 m) enimmillään $2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja Rokintien varressa sijaitsevien asuinrakennusten kohdalla pitoisuus on enimmillään $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vaihtoehdossa VE2 ohjearvon 8 tunnin liukuvaan keskiarvoon ($8\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verrannolliset pitoisuudet ovat enimmillään lähimpänä sijaitsevalla Kompin asutusalueella $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Vaihtoehdossa VE1 laitoksen aiheuttamat korkeimmat vuosikeskiarvoon verrannolliset TVOC-pitoisuudet lähimpänä sijaitsevalla Kompin asutusalueella ovat mallinnetulla piipunkorkeudella (terminen hapetin 40 m) enimmillään $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vaihtoehdossa VE2 enimmillään $0,006 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nyt tehtyjen laskelmien mukaan TVOC-pitoisuudet alittavat TTL:n suositaman tavoitearvon ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) koko tarkastelualueella.

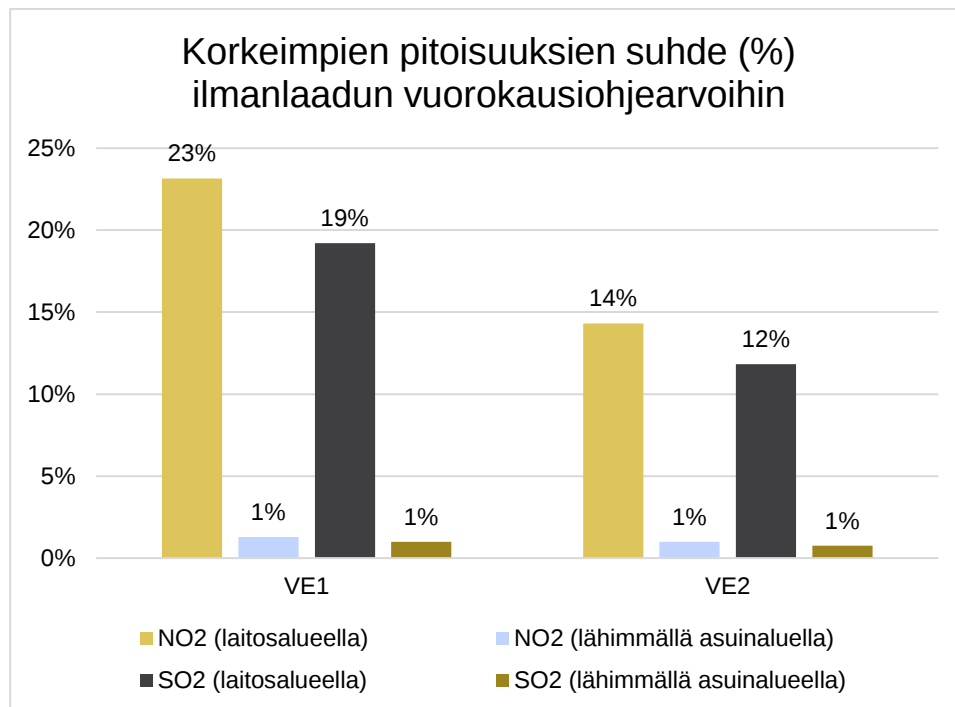
Taulukko 6. Leviämislaskelmien tuloksena saadut korkeimmat ohje- ja raja-arvoihin verrannolliset pitoisuudet vaihtoehdoissa VE1 ja VE2 koko tarkastelualueella.

Yhdiste		Raja- / ohjearvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	20 % ohjearvosta ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VE1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VE2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Typpidioksidi (NO_2)					
Ohjearvo	vuorokausi	70	14	16,20	10,02
	tunti	150		26,75	19,11
Raja-arvo	tunti	200		25,33	17,95
	kalenterivuosi	40		3,46	2,09
<i>Raja-arvo*</i>	tunti	200		27,56	19,80
	vuorokausi	50		13,45	8,27

Yhdiste		Raja- / ohjearvo (µg/m³)	20 % ohjearvosta (µg/m³)	VE1 (µg/m³)	VE2 (µg/m³)
kalenterivuosi		20		3,46	2,09
Rikkidioksidi (SO₂)					
Ohjearvo	vuorokausi	80	16	15,36	9,46
	tunti	250		25,47	18,22
Raja-arvo	tunti	350		23,68	16,64
	vuorokausi	125		14,84	8,95
<i>Raja-arvo*</i>	tunti	350		26,24	18,66
	vuorokausi	50		12,83	7,88
	kalenterivuosi	20		3,35	2,02
Hiilimonoksidi (CO)					
Ohjearvo	tunti	20**	4**	0,019**	0,011**
	8 tuntia	8**	1,6**	0,0074**	0,0044**
Raja-arvo	liukuvan kahdeksan tunnin keskiarvo	10**		0,0074**	0,0044**
	liukuva kahdeksan tunnin keskiarvo	10**		0,0074**	0,0044**
	vuorokausi	4**		0,0049**	0,0032**
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (TVOC)					
tunti				8,38	5,01
vuorokausi				2,16	1,42
vuosi				0,30	0,19

* Uudet ilmanlaatudirektiivin mukaiset raja-arvot (EU 2024/2881) on esitetty taulukossa kursivoidulla.

** Hiilimonoksidin raja- ja ohjearvot sekä pitoisuudet on ilmoitettu yksikössä mg/m³



Kuva 3. Leviämislaskelmien tuloksena saatujen korkeimpien typpidioksidin- ja rikkidioksidipitoisuuksien suhde (%) ilmanlaadun vuorokausiohjearvoihin koko tarkastelualueella ja lähimmällä Kompin asuinalueella.

Mallilaskelma toteutettiin teoreettisena maksimipäästötarkasteluna, jolla voidaan selvittää, kuinka korkeiksi pitoisuudet voivat enimmillään kohota maksimipäästön esiintyessä tarkasteluajanjaksolla satunnaisesti erilaisissa meteorologisissa olosuhteissa. Laitoksen normaalitoiminnan päästöjen aiheuttama kuormitus ulkoilmaan on käytännössä vähäisempää kuin nyt tehdyssä tarkastelussa. Leviämislaskelmien tuloksia arvioitaessa on myös otettava huomioon, että tässä mallilaskelmassa ei tarkasteltu laitoksen mahdollisia hajapäästöjä tai häiriöpäästöjä.

Leviämismallilaskelmien tulosten perusteella voidaan arvioida, että sähköisen lentopolttoaineen tuotantolaitoksen typenoksidi-, rikinoksidi-, hiilimonoksidi- ja TVOC-päästöt eivät aiheuta terveydellistä riskiä lähialueen asukkaille, sillä terveyden suojelemiseksi annetut ilmanlaadun ohje- ja raja-arvot alittuvat. Päästöjen leviämis- ja laimenemisolosuhteet ovat ilmanlaadun kannalta riittävän hyvät laitokselle suunnitelluilla piipun korkeuksilla (terminen hapetin 40 m ja CO₂-puhdistusprosessi 45 m). Jos työssä käytetyt päästöjen leviämiseen ja laimenemiseen merkittävästi vaikuttavat lähtötiedot (piipun halkaisija, poistokaasujen lämpötila ja nousunopeus) muuttuvat suunnitelluista, on ilmanlaatuselvitys suositeltavaa päivittää.

3.2 Epävarmuudet ja tulosten luotettavuus

Leviämismallinnukseen liittyy useita epävarmuustekijöitä, joista merkittävimpana on se, miten hyvin lähtötiedot vastaavat tulevaa todellista tilannetta. Nyt tehty mallinnus on laadittu pohjautuen toiminnanharjoittajalta saatuihin päästötietoihin. Toiminnan ilmapäästöjen arvioinnissa ja päästötasoissa tullaan noudattamaan WGC BAT-dokumentin vaatimuksia. Todellisuudessa laitoksen normaalitoiminnasta aiheutuva kuormitus ulkoilmaan on vähäisempää kuin nyt tehdyssä tarkastelussa. Lisäksi TVOC-päästöjen lähtöarvona on käytetty yksikköä mgC/Nm³ perustuen BAT:in mukaiseen yksikköön ja mallinnuksessa on oletettu yksikön mgC/Nm³ vastaavan yksikköä mg/Nm³, joka on todennäköisesti aliarvio päästöjen osalta. TVOC-päästöjen osalta ei ole ollut tiedossa kaikkia yhdisteitä, joita TVOC-päästöt käsittävät. Tällä ei kuitenkaan arvioida olevan merkittävää vaikutusta mallinnuksen lopputulokseen.

Matemaattinen mallinnus on aina yksinkertaistettu kuvaus todellisesta tilanteesta. Tehdyt leviämismallilaskelmat eivät ota huomioon esimerkiksi prosessin vaihtelua, josta voi aiheutua hetkellistä vaihtelua päästömääriin. Lyhytaikaispitoisuuksien eli tuntipitoisuuksien mallinnuksen tuloksissa ilmenee suurempaa epävarmuutta kuin vuosikeskiarvopitoisuuksien mallinnuksessa, sillä lyhytaikaispitoisuuksien mallinnustuloksiin vaikuttavat enemmän yksittäiset sääolosuhteet.

4 Läheteet

EU 2024/2881. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2024/2881 ilmanlaadusta ja sen parantamisesta.

Ilmatieteen laitos, 2025. <http://www.ilmanlaatu.fi/ilmansaasteet/komponentit/komponentit.html>, viitattu 3.12.2025.

Lakes Environmental, 2025. <http://www.weblakes.com/index.html>, viitattu 3.12.2025

Työterveyslaitos, 2012. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuden (TVOC) tavoitetasot teollisten työympäristöjen yleisilmassa. <https://www.ttl.fi/teemat/tyoturvaluus/altistuminen-tyoymparistonhaittatekijoille/tyoympariston-tavoitetasot>

Vna, 1065/2017. Valtioneuvoston asetus keskisuurten energiantuotantoyksiköiden ja -laitosten ympäristönsuojeluvaatimuksista, <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171065>

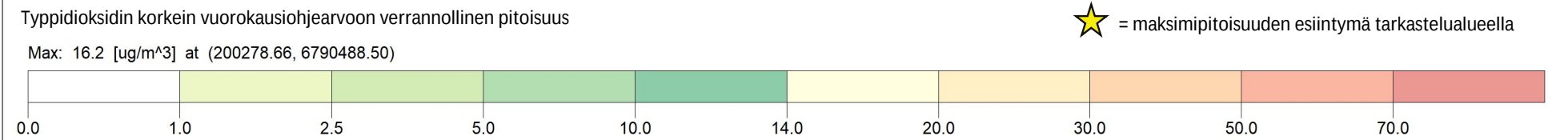
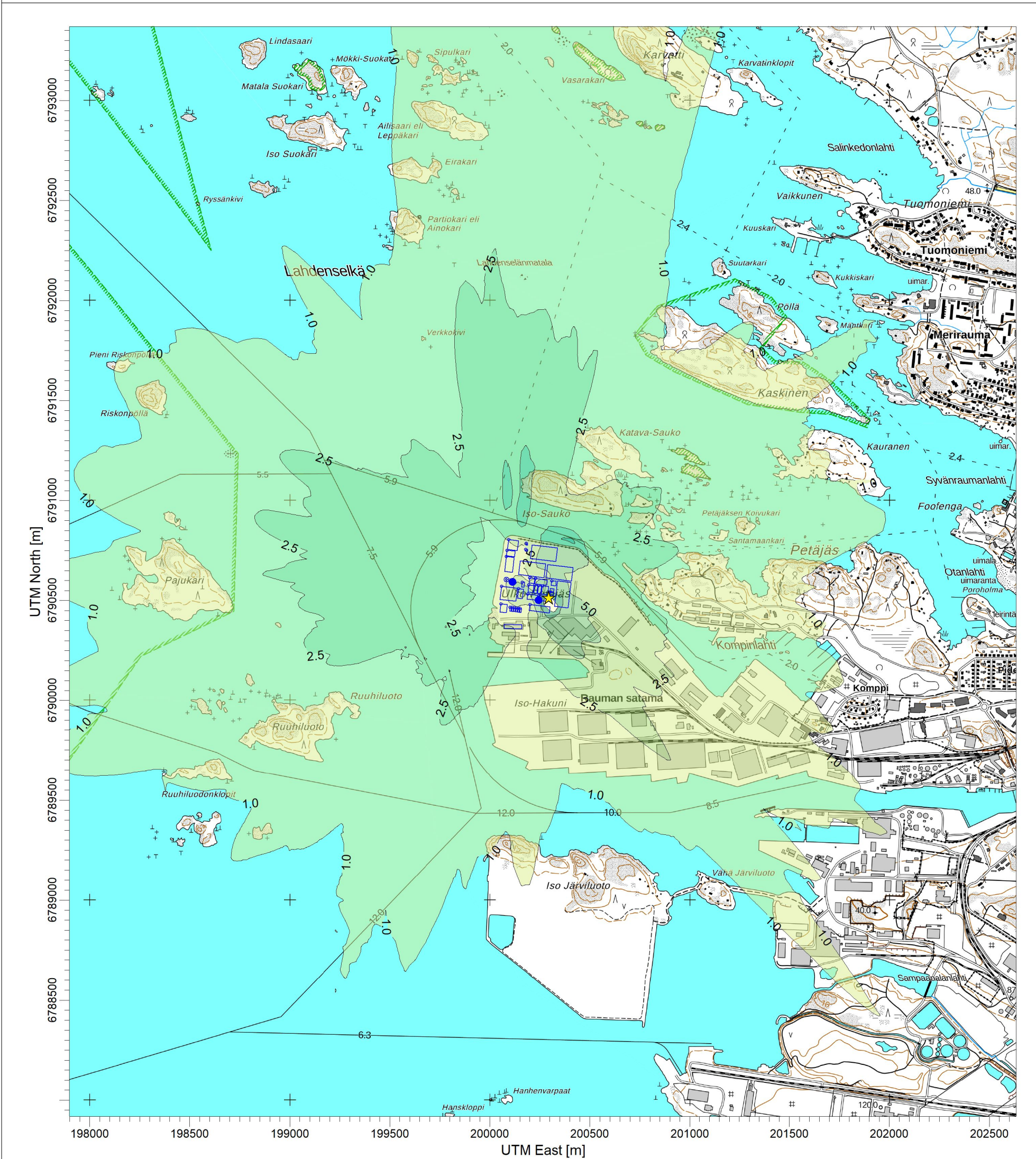
Vna, 79/2017. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta, <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20170079>

Vnp, 480/1996. Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960480>

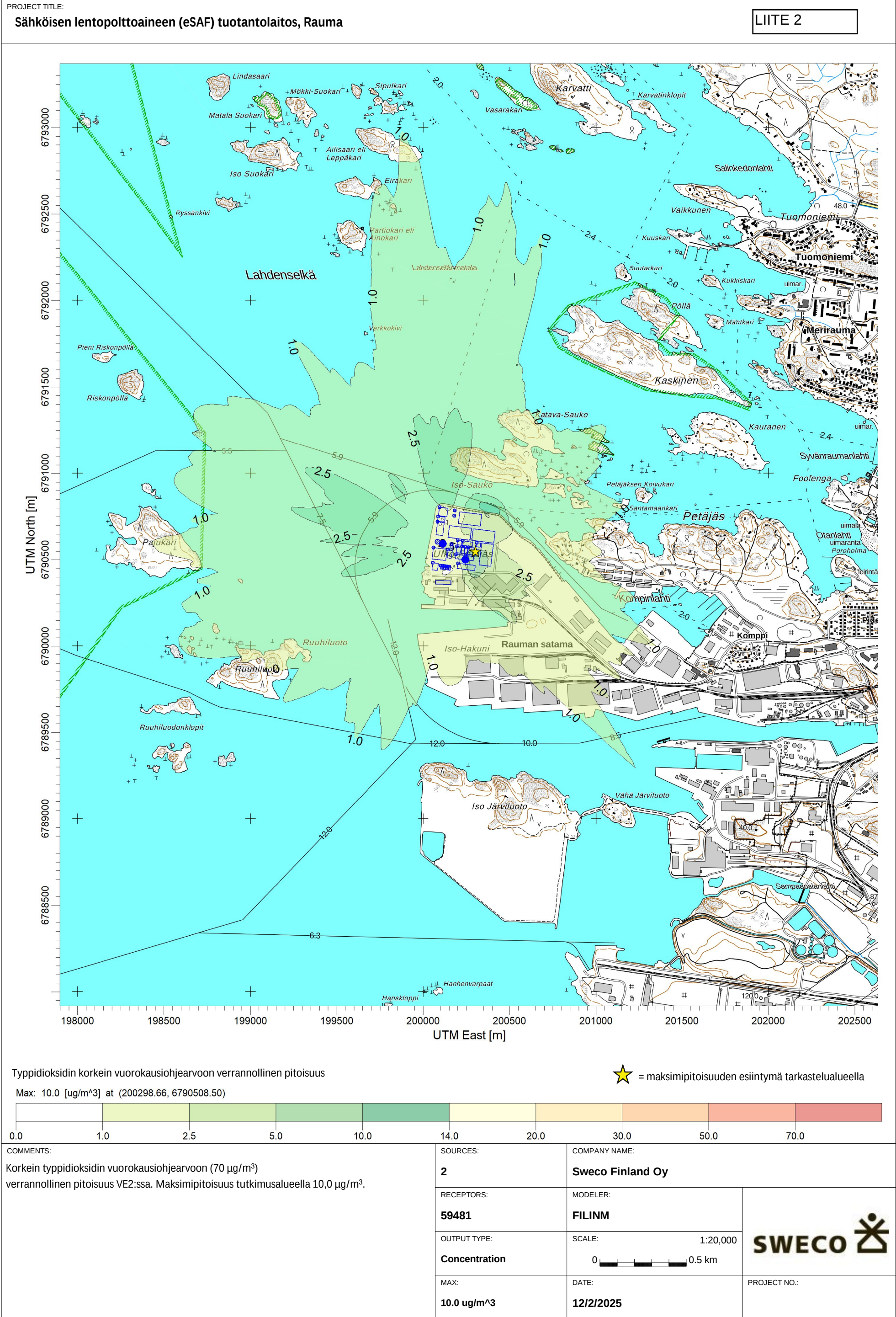
WHO, 2021. WHO Air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulphur dioxide and carbon monoxide. Geneva, World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>

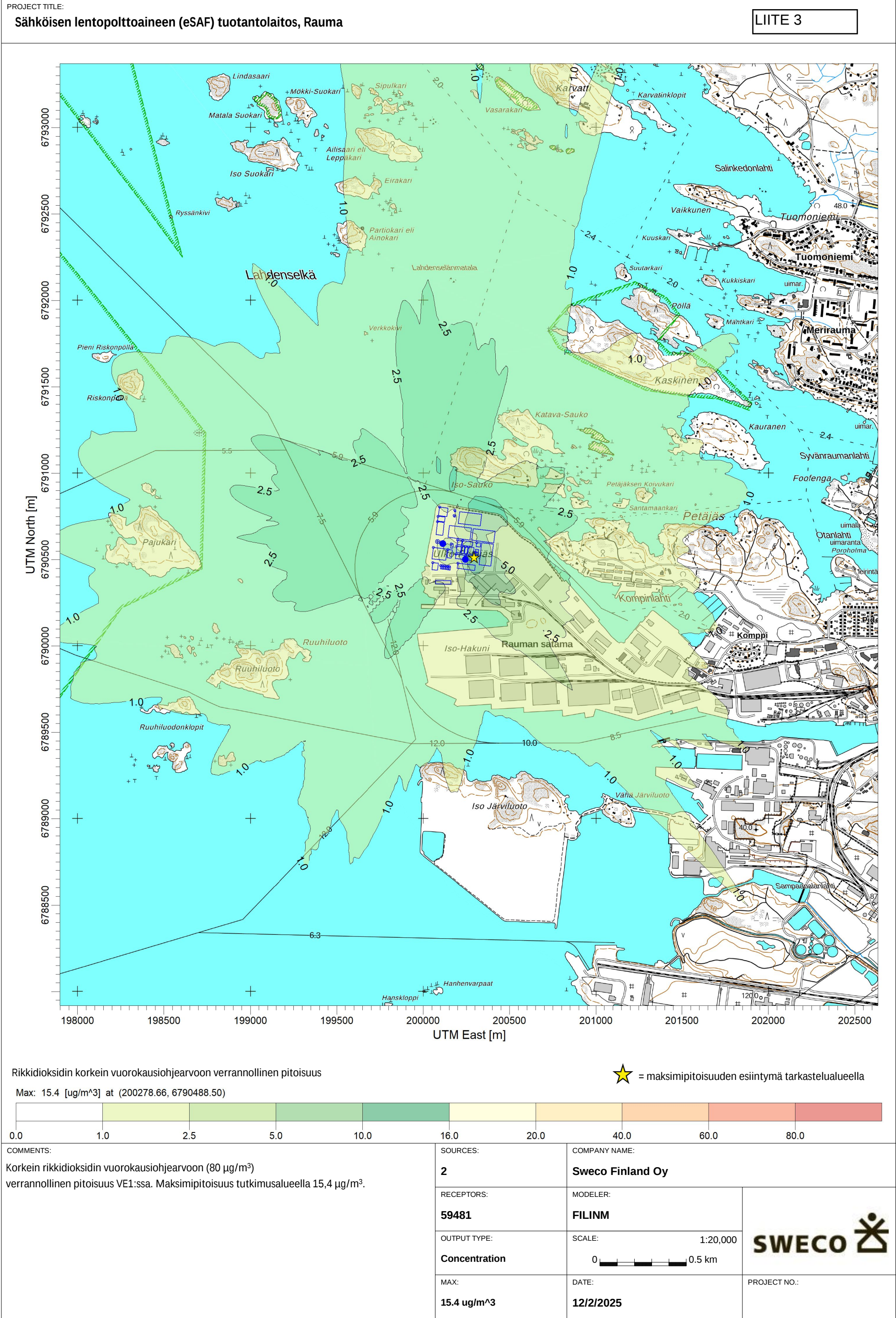
LIITTEET

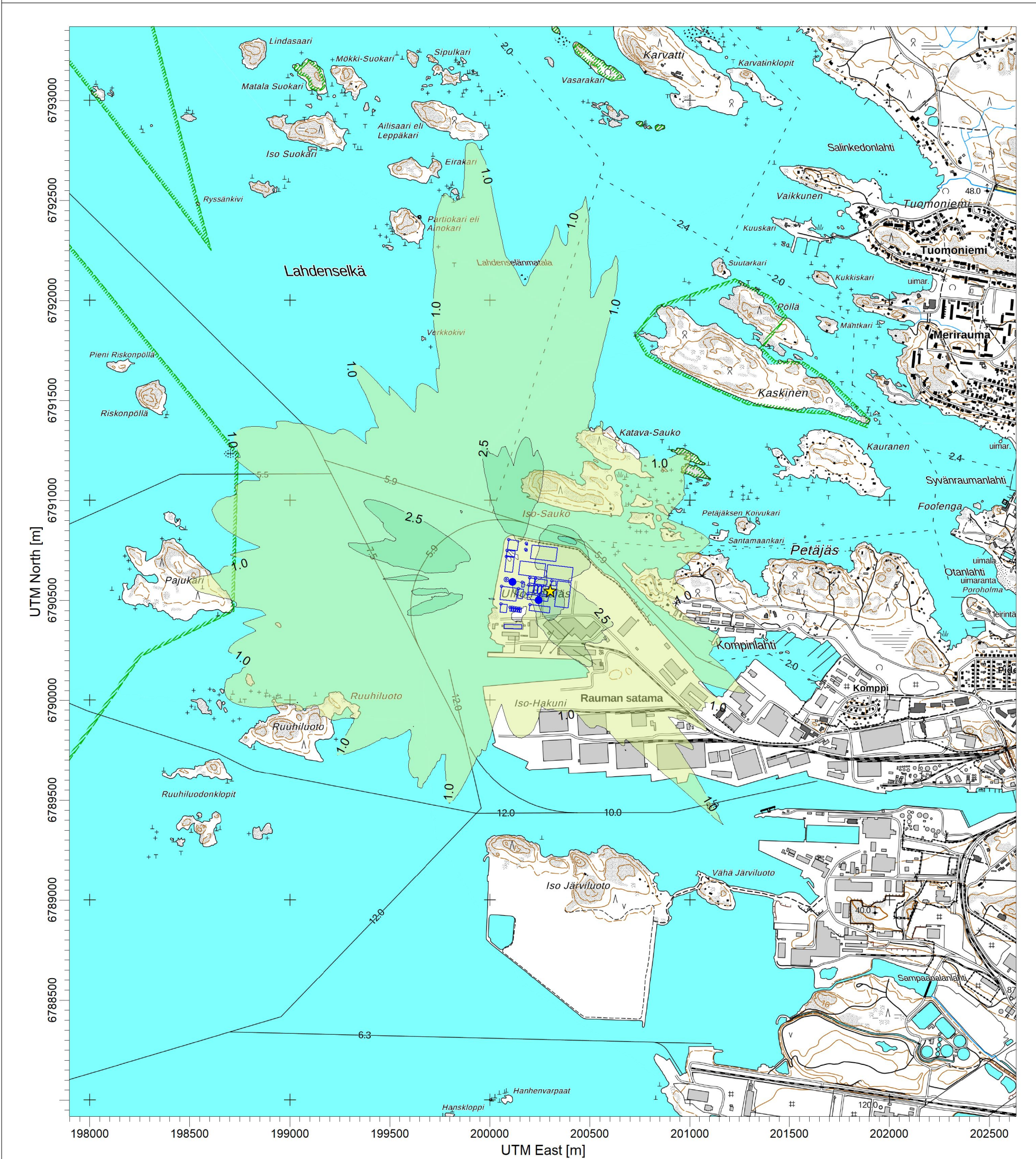
Liite 1	Typpidioksidin (NO ₂) korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus, VE1.
Liite 2	Typpidioksidin (NO ₂) korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus, VE2.
Liite 3	Rikkidioksidin (SO ₂) korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus, VE1.
Liite 4	Rikkidioksidin (SO ₂) korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus, VE2.
Liite 5	Hiilimonoksidin (CO) korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus, VE1.
Liite 6	Hiilimonoksidin (CO) korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus, VE2.
Liite 7	Hiilimonoksidin (CO) korkein 8 tunnin liukuvaan ohjearvoon verrannollinen pitoisuus, VE1.
Liite 8	Hiilimonoksidin (CO) korkein 8 tunnin liukuvaan ohjearvoon verrannollinen pitoisuus, VE2.
Liite 9	Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) korkein vuosikeskiarvoon verrannollinen pitoisuus, VE1.
Liite 10	Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) korkein vuosikeskiarvoon verrannollinen pitoisuus, VE2.



COMMENTS: Korkein typpidioksidin vuorokausiohjearvoon (70 µg/m³) verrannollinen pitoisuus VE1:ssa. Maksimipitoisuus tutkimusalueella 16,2 µg/m³.	SOURCES: 2	COMPANY NAME: Sweco Finland Oy	
	RECEPTORS: 59481	MODELER: FILINM	SWECO 
	OUTPUT TYPE: Concentration	SCALE: 1:20,000 00.5 km	
	MAX: 16.2 ug/m^3	DATE: 12/2/2025	PROJECT NO.:



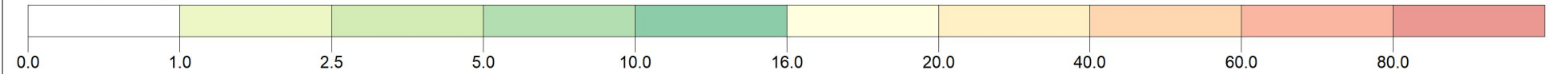




Rikkidioksidin korkein vuorokausiohjearvoon verrannollinen pitoisuus

Max: 9.5 [ug/m^3] at (200298.66, 6790508.50)

= maksimipitoisuuden esiintymä tarkastelualueella



COMMENTS:

Korkein rikkidioksidin vuorokausiohjearvoon (80 µg/m³)
verrannollinen pitoisuus VE2:ssa. Maksimipitoisuus tutkimusalueella 9,5 µg/m³.

SOURCES:

2

RECEPTORS:

59481

OUTPUT TYPE:

Concentration

MAX:

9.5 ug/m^3

COMPANY NAME:

Sweco Finland Oy

MODELER:

FILINM

SCALE:

1:20,000

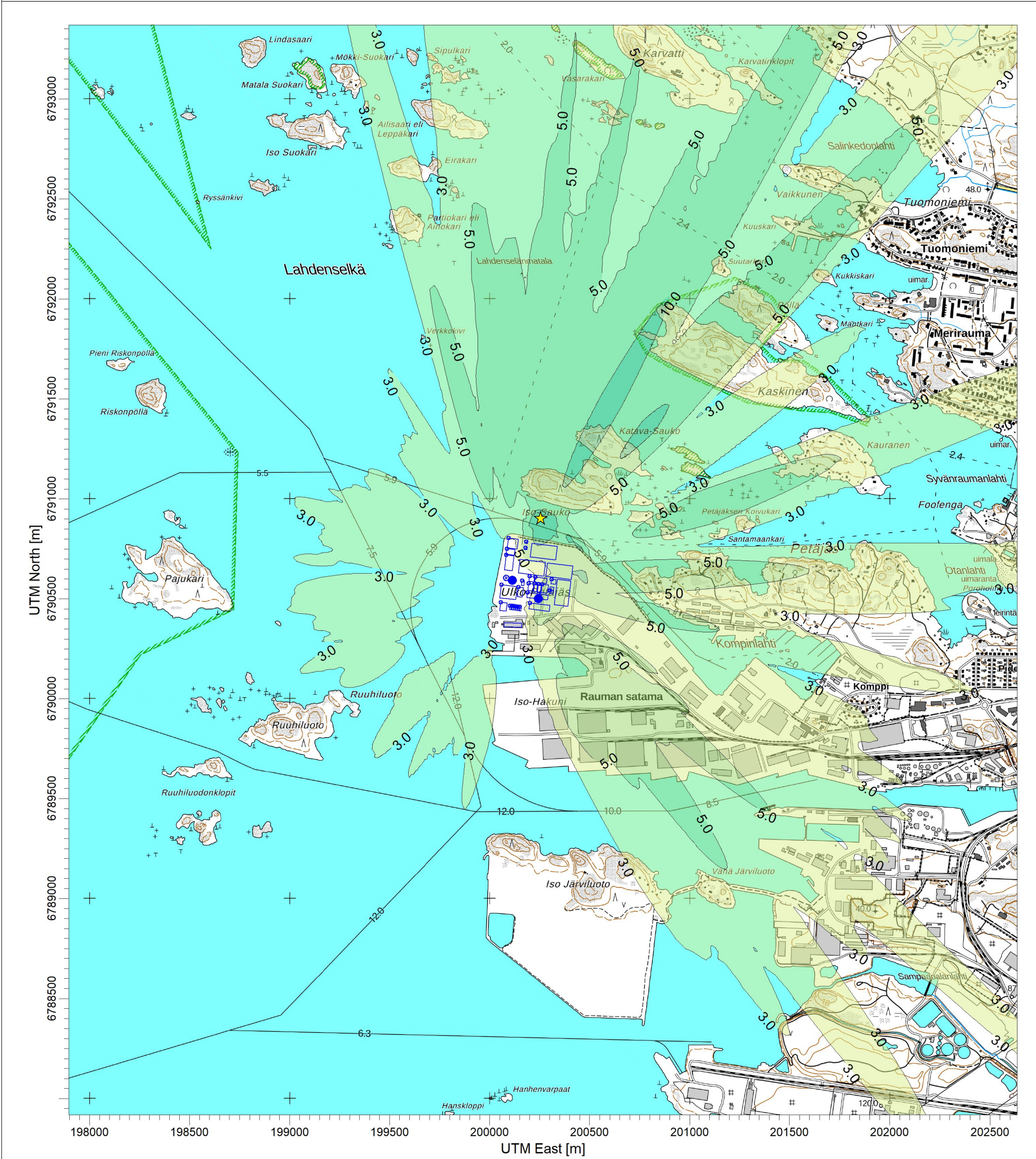
00.5 km

DATE:

12/2/2025



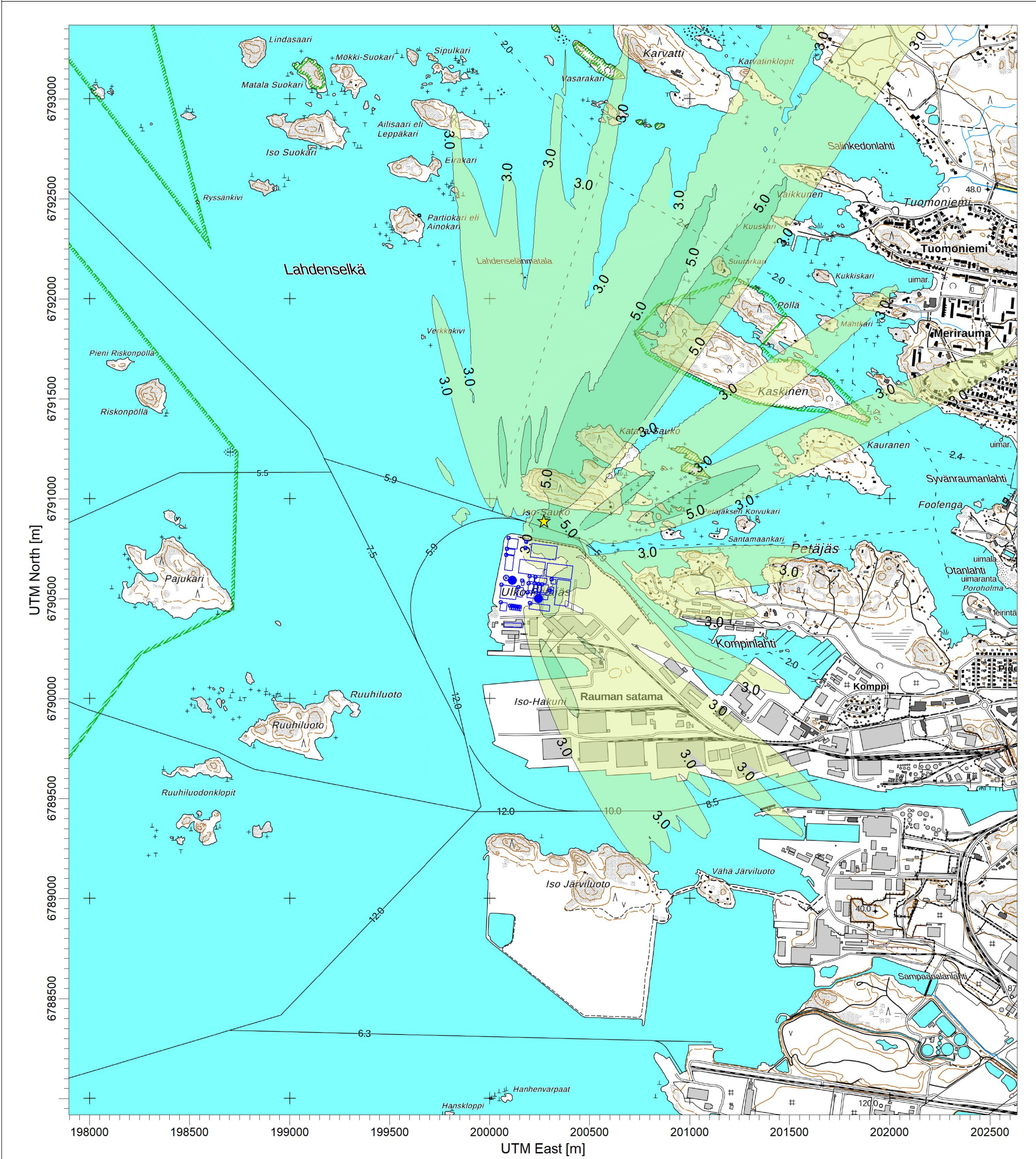
PROJECT NO.:



COMMENTS:

Korkein hiilimonoksidin tuntiohjearvoon (20 000 µg/m³)
verrannollinen pitoisuus VE1:ssa. Maksimipitoisuus tutkimusalueella 18,9 µg/m³.

SOURCES:	COMPANY NAME:		
2	Sweco Finland Oy		
RECEPTORS:	MODELER:	SWECO	
59481	FILINM		
OUTPUT TYPE:	SCALE:		
Concentration	1:20,000		
	0  0.5 km		
MAX:	DATE:	PROJECT NO.:	
18.9 ug/m^3	12/4/2025		



Hiilimonoksidin korkein tuntiohjearvoon verrannollinen pitoisuus

★ = maksimipitoisuuden esiintymä tarkastelualueella

Max: 11.3 [ug/m^3] at (200278.66, 6790888.50)

0.0

3.0

5.0

10.0

COMMENTS:

Korkein hiilimonoksidin tuntiohjearvoon (20 000 µg/m³)
verrannollinen pitoisuus VE2:ssa. Maksimipitoisuus tutkimusalueella 11,3 µg/m³.

SOURCES:

2

COMPANY NAME:

Sweco Finland Oy

RECEPTORS:

59481

MODELER:

FILINM

SWECO



OUTPUT TYPE:

Concentration

SCALE:

1:20,000

0

0.5 km

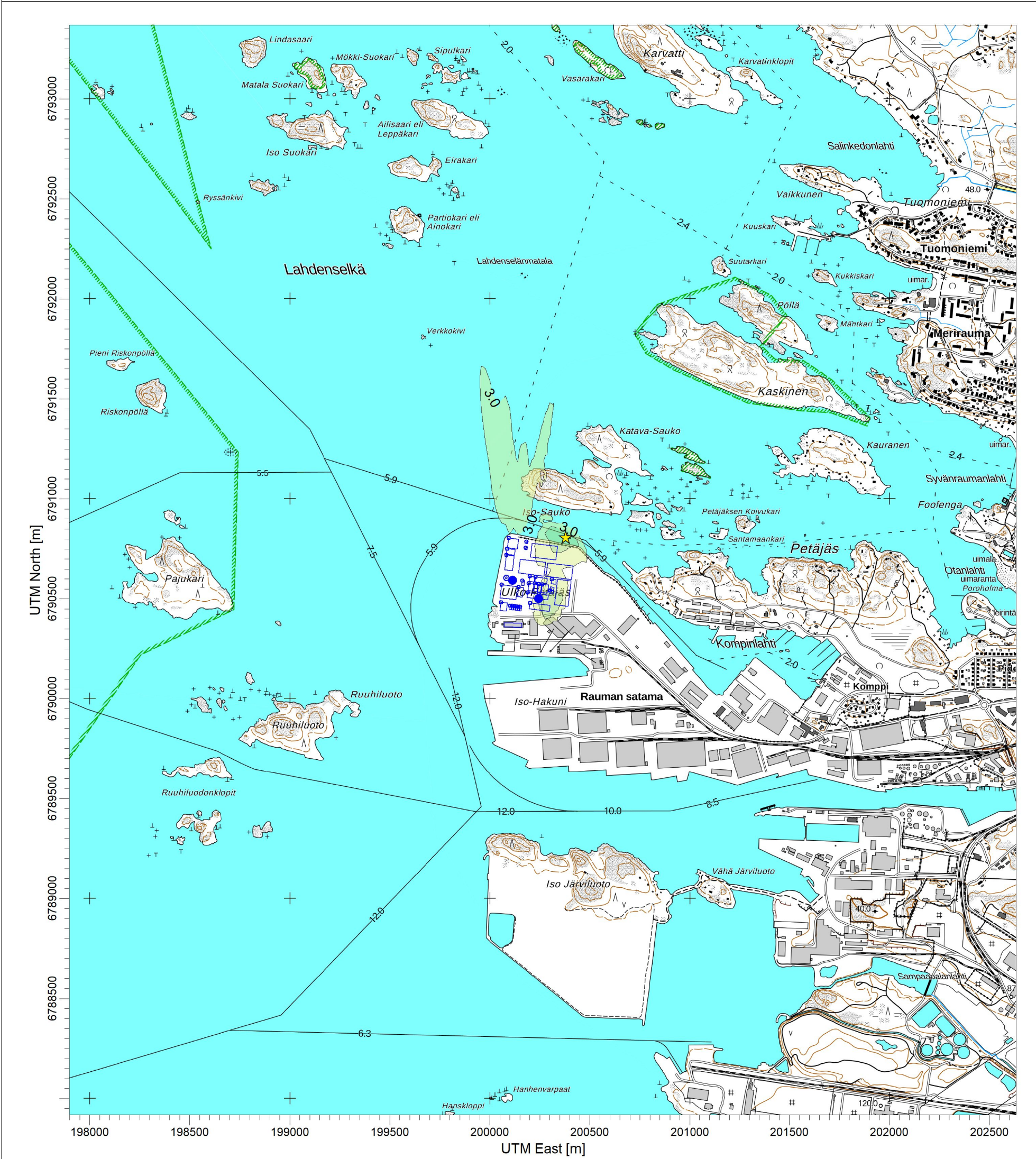
MAX:

11.3 ug/m^3

DATE:

12/4/2025

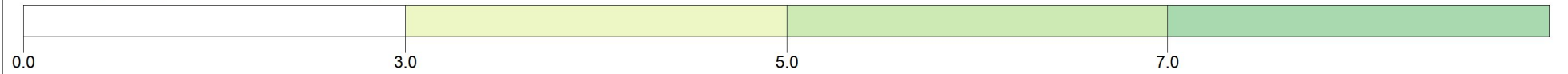
PROJECT NO.:



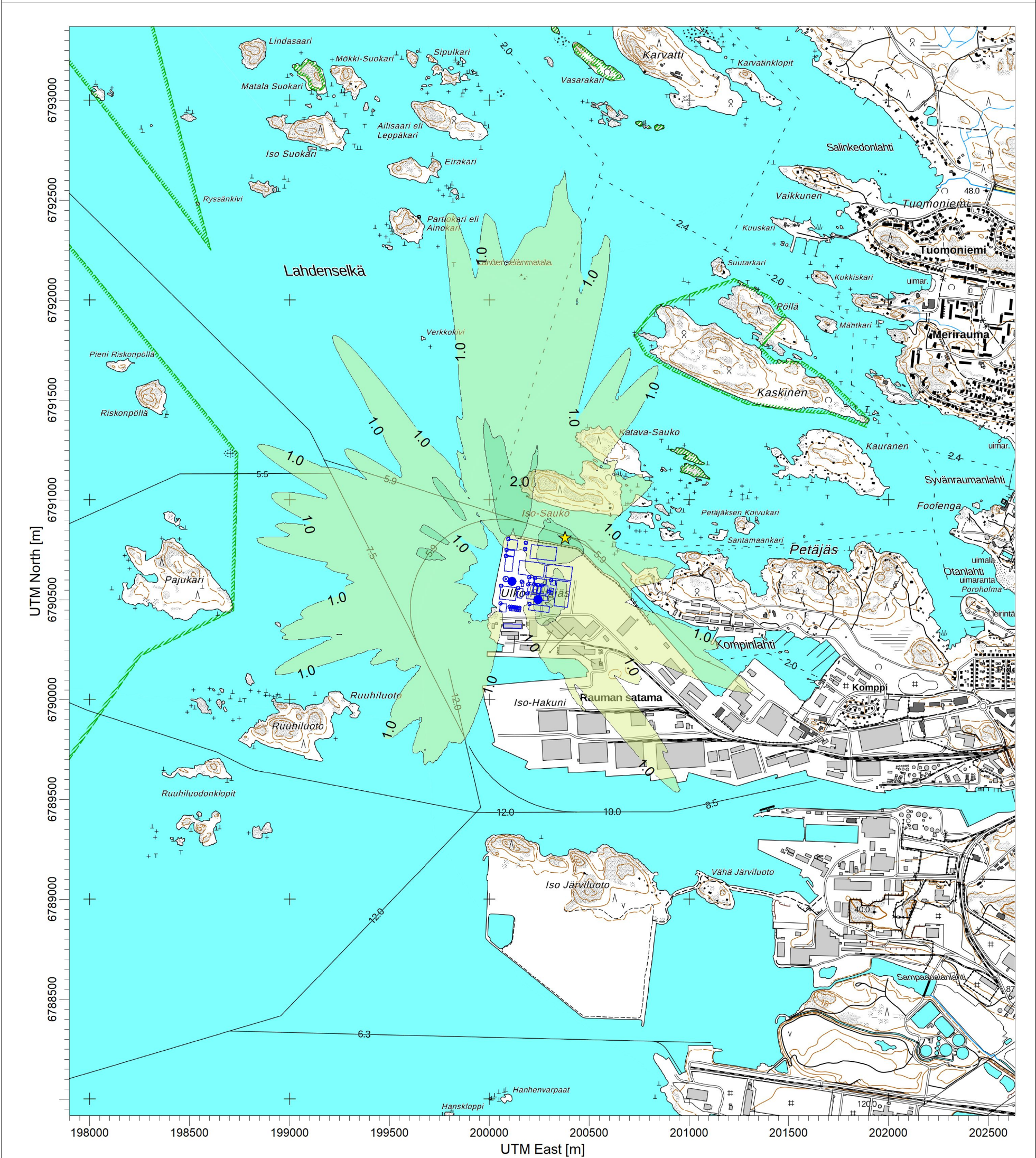
Hiilimonoksidin korkein 8 tunnin liukuvaan keskiarvoon verrannollinen pitoisuus

Max: 7.4 [ug/m^3] at (200398.66, 6790808.50)

= maksimipitoisuuden esiintymä tarkastelualueella



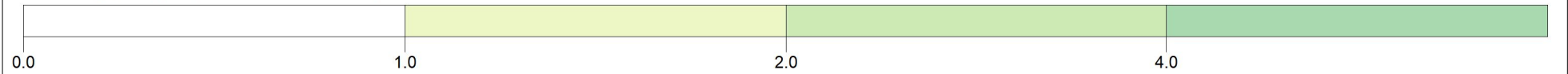
COMMENTS: Korkein hiilimonoksidin 8 tunnin liukuvaan keskiarvoon (8 000 µg/m³) verrannollinen pitoisuus VE1:ssa. Maksimipitoisuus tutkimusalueella 7,4 µg/m³.	SOURCES: 2	COMPANY NAME: Sweco Finland Oy	
	RECEPTORS: 59481	MODELER: FILINM	SWECO 
	OUTPUT TYPE: Concentration	SCALE: 1:20,000 00.5 km	
	MAX: 7.4 ug/m^3	DATE: 12/2/2025	PROJECT NO.:



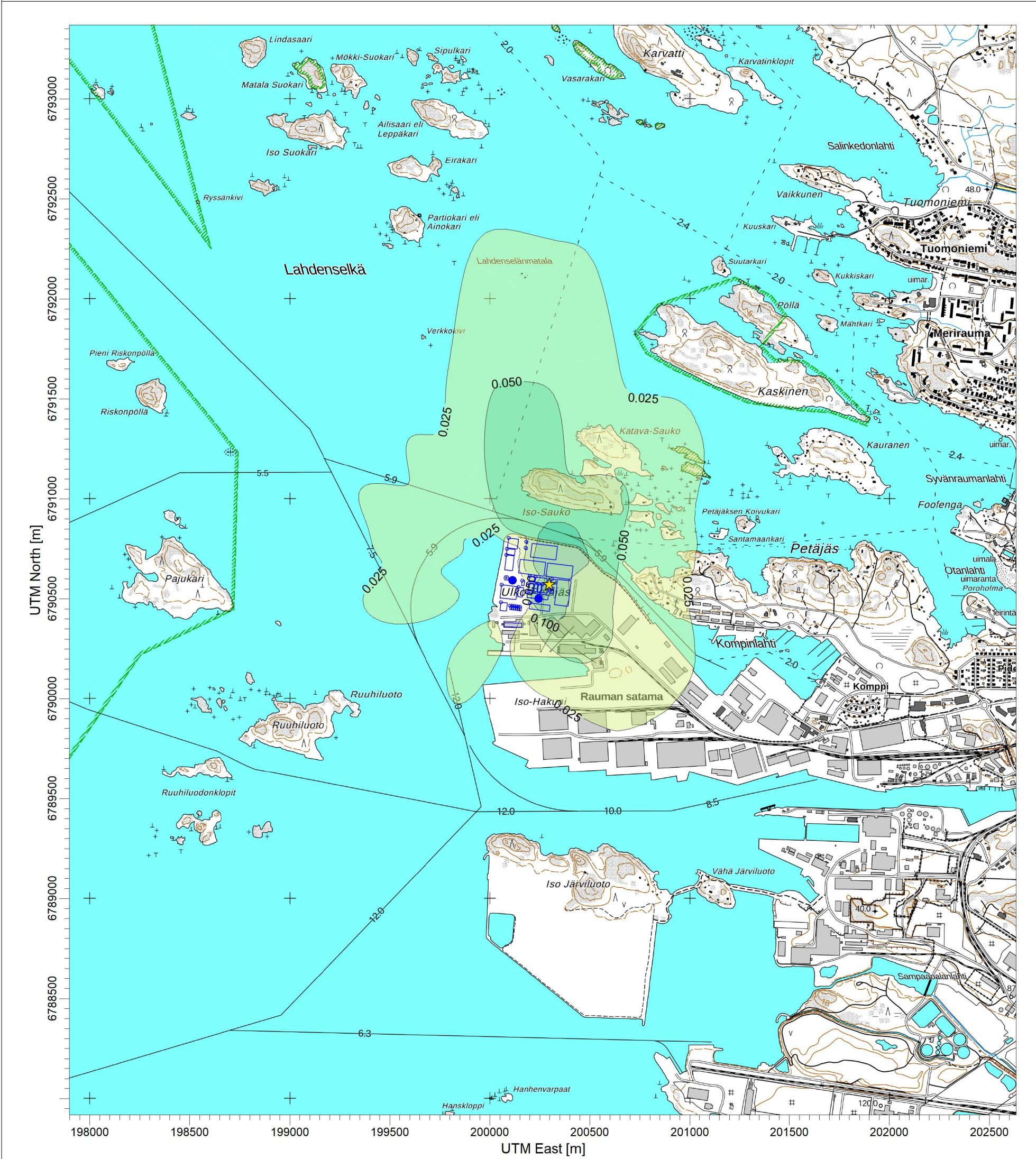
Hiilimonoksidin korkein 8 tunnin liukuvaan keskiarvoon verrannollinen pitoisuus

Max: 4.4 [ug/m^3] at (200398.66, 6790808.50)

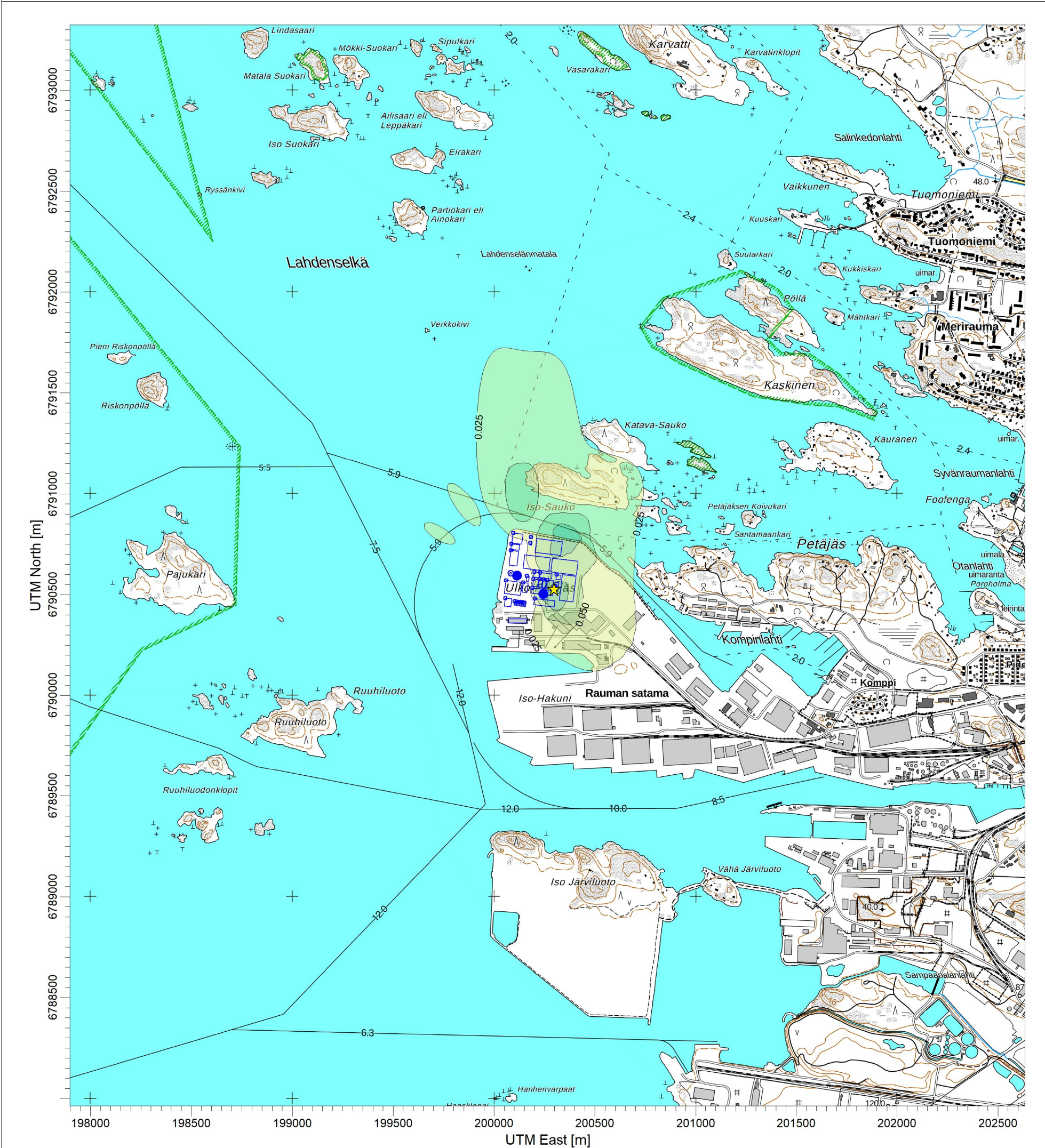
= maksimipitoisuuden esiintymä tarkastelualueella



COMMENTS: Korkein hiilimonoksidin 8 tunnin liukuvaan keskiarvoon (8 000 µg/m³) verrannollinen pitoisuus VE2:ssa. Maksimipitoisuus tutkimusalueella 4,4 µg/m³.	SOURCES: 2	COMPANY NAME: Sweco Finland Oy	
	RECEPTORS: 59481	MODELER: FILINM	SWECO 
	OUTPUT TYPE: Concentration	SCALE: 1:20,000 00.5 km	
	MAX: 4.4 ug/m^3	DATE: 12/2/2025	PROJECT NO.:



Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden korkein vuosikeskiarvopitoisuus		★ = maksimipitoisuuden esiintymä tarkastelualueella	
Max: 0.305 [ug/m^3] at (200278.66, 6790508.50)			
COMMENTS: Korkein haihtuvien orgaanisten yhdisteiden vuosikeskiarvopitoisuus VE1:ssa. Maksimipitoisuus tutkimusalueella 0,305 ug/m³.	SOURCES:	COMPANY NAME:	
	2	Sweco Finland Oy	
	RECEPTORS:	MODELER:	
	59481	FILINM	
	OUTPUT TYPE:	SCALE: 1:20,000	
	Concentration	0.5 km	
	MAX:	DATE:	PROJECT NO.:
	0.305 ug/m^3	12/2/2025	

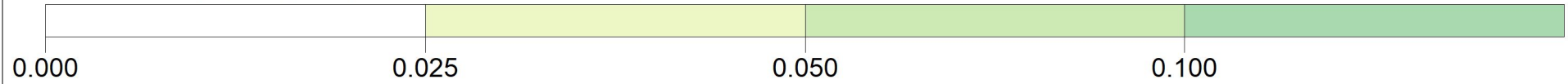


Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden korkein vuosikeskiarvopitoisuus

ug/m^3

Max: 0.195 [ug/m^3] at (200278.66, 6790508.50)

★ = maksimipitoisuuden esiintymä tarkastelualueella



COMMENTS: Korkein haihtuvien orgaanisten yhdisteiden vuosikeskiarvopitoisuus VE2:ssa. Maksimipitoisuus tutkimusalueella 0,195 µg/m³.	SOURCES: 2	COMPANY NAME: Sweco Finland Oy	
	RECEPTORS: 59481	MODELER: FILINM	
	OUTPUT TYPE: Concentration	SCALE: 1:20,000 0  0.5 km	
	MAX: 0.195 ug/m^3	DATE: 12/2/2025	PROJECT NO.: