

Vastaanottaja
Kemin Energia ja Vesi Oy

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
19.12.2024

PEURASAAREN UUDEN JÄTE- VEDENPUHDISTAMON HAJUN LEVIÄMISMALLINNUS

KEMIN ENERGIA JA VESI OY



Peurasaaren uuden jätevedenpuhdistamon hajun leviämismallinnus

Kemin Energia ja Vesi Oy

Projekti **Hajumallinnus, Peurasaaren jvyn esisuunnitelma ja ympäristölupahakemus**
Projekti nro **1510083609-002**
Vastaanottaja **Kemin Energia ja Vesi Oy**
Asiakirjatyyppi **Raportti**
Versio **1.1**
Päivämäärä **19.12.2024**
Laatija **Toni Keskitalo**
Tarkastaja **Niko Rissanen**

Ramboll
Ylistönmäentie 26
40500 JYVÄSKYLÄ

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
<https://fi.ramboll.com>

Sisältö

1.	Johdanto	2
2.	Haju	2
2.1	Hajukäsitteet	2
2.2	Hajupitoisuuden vertailuarvot	2
3.	Leviämismallinnus	3
3.1	Leviämismalli	3
3.2	Mallin päästölähteet	5
3.3	Mallin säätiedot	6
4.	Epävarmuustarkastelu	7
5.	Tuloskartat	8
5.1	Suurin hajupitoisuus	8
5.2	Hajufrekvenssit	10
6.	Tulosten tarkastelu	14
7.	Johtopäätökset	15
8.	Kirjallisuus	16

1. JOHDANTO

Tässä selvityksessä laadittiin hajupäästöjen leviämismallit Kemin Energia ja Vesi Oy:n Peurasaaren jätevedenpuhdistamon ympäristölupaa varten. Peurasaaren suunnitellaan uutta puhdistamoa, jonka sijainniksi tarkastellaan tässä mallinnustyössä rautatien pohjoispuolella sijaitsevaa uutta tonttia. Uudessa puhdistamossa on mallinnettu kaksi eri päästölähdettä, joista toinen on *väkevät hajukaasut puhdistettuna* ja toinen on *laimeat hajukaasut*. Raportissa tarkastellaan ympäristöön leviävien hajujen mahdollisesti aiheuttaman viihtyvyyshaitan syntymistä ja laajuutta kaavaillun toiminnan arvioidussa normaalitilanteessa.

2. HAJU

2.1 Hajukäsitteet

Hajupitoisuuden yksikkö, *hajuyksikkö*, määritellään siten, että kun puolet väestöstä haistaa tietyn hajun, on sen hajupitoisuus 1 HY/m³ (SFS-EN 13725). Tämä luetaan ”yksi hajuyksikkö kuutiometristä”. Suuremmat hajupitoisuudet saadaan laimennuskertoimen avulla. Esimerkiksi hajupitoisuus 150 HY/m³ tarkoittaa, että näytettä voi laimentaa puhtaalla ilmalla suhteessa 1:150, ja saadaan vielä juuri aistittava haju puolelle väestöstä. Epämiellyttävän hajun pitoisuuden ollessa 5–10 HY/m³ se yleensä koetaan häiritseväksi (VTT 1995).

Tietyistä kohteista peräisin oleva haju, jonka hajupitoisuus on ulkoilmassa 3 HY/m³, on selvästi aistittava ja tunnistettava. Hajupitoisuus 5 HY/m³ on melko voimakas ja tunnistettava (Taulukko 1) (Schauberger ym. 2000, IL 2014). Ulkona ympäristön muut hajut voivat kuitenkin vaikeuttaa pienien hajupitoisuuksien (kuten 1–3 HY/m³) aistimista. Hajupitoisuus ei ole riippuvainen sinänsä hajun miellyttävyydestä.

Taulukko 1. Eri hajupitoisuuksien luonnehdinta (Schauberger ym. 2000, IL 2014).

Hajupitoisuus	Luonnehdinta
1 HY/m³	juuri havaittava puolelle väestöstä
3 HY/m³	selvä, tunnistettava haju
5 HY/m³	melko voimakas, tunnistettava haju

Hajutunti tarkoittaa sitä, että kyseisenä tuntina hajun voimakkuus ylittää tietyn tarkastelun kohteena olevan hajupitoisuuden.

Hajujen luokittelussa erotellaan lyhytkestoiset (esim. 30 s, muutama hengenveto) ja pitkäkestoiset (1 tunti, jatkuvaa) hajut. Lyhytkestoinen hajupitoisuus vaihtelee nopeasti. Tämän takia yhden lyhytkestoisen hajun hajutunnin aikana voi olla jaksoja, jolloin hajua ei havaita (eli pitkäkestoisen, tunnin kestävä hajun pitoisuus on pienempi kuin 1 HY/m³).

Jos esimerkiksi tietyssä kohteessa on vuoden aikana yhteensä 88 hajutuntia, jolloin hajupitoisuus on vähintään tasolla 5 HY/m³, niin melko voimakkaan *hajun esiintyvyyden* sanotaan olevan kyseisessä kohteessa 1 % vuodesta. Asian voi ilmaista myös siten, että hajupitoisuuden 5 HY/m³ *hajufrekvenssi* on tarkastellussa kohteessa 1 %.

2.2 Hajupitoisuuden vertailuarvot

Suomessa ei ole voimassa olevia ulkoilman hajupitoisuuden vertailuarvoja. VTT:n julkaisu ”Hajuohjeiden perusteet” esittää, että ohjeistuksena voitaisiin käyttää selvän viihtyvyyshaitan osalta hajufrekvenssejä eli esiintyvyyksiä 3–9 %. Tällöin alaraja 3 % koskisi hyvin epämiellyttäviä hajuja.

Ylärajaa 9 % voitaisiin taas käyttää hajuille, jotka ovat vain vähän epämiellyttäviä (VTT 1995). Kyseiset ohjearvot ovat Suomessa yleisesti käytössä vertailuarvoina tarkasteltaessa hajumallinnustuloksia.

Hajupitoisuuden vertailuarvot on määritelty joissain Euroopan valtioissa tai niiden osissa hajun tuntipitoisuuksien 98. prosenttipisteen mukaan. Esimerkiksi Britanniassa on käytössä 98. prosenttipiste, ja tarkasteltava hajupitoisuus riippuu hajun luonteesta: kaikkein vastenmielisimpien hajujen kriteeri on $1,5 \text{ HY/m}^3$ (esim. puhdistamoliete; mätänevä kala ja liha), ja ”keskimääräisesti” vastenmielisten kriteeri on 3 HY/m^3 (esim. suuret eläinsuojat; elintarviketeollisuus; puutarhajätteen kompostointi) (Bokowa ym. 2021).

Tässä työssä mallinnuksen tuloksia verrataan VTT:n ohjearvoehdotuksen mukaisiin hajufrekvensseihin. Tarkasteltavana ovat hajupitoisuuksien 1 HY/m^3 , 3 HY/m^3 ja 5 HY/m^3 frekvenssit eli esiintyvyydet. Hajupitoisuuksien 3 HY/m^3 (selvä, tunnistettava haju) ja 5 HY/m^3 (melko voimakas, tunnistettava haju) esiintymistiheyksien arvioidaan antavan relevantimpaa tietoa hajun aiheuttaman mahdollisen viihtyvyyshaitan kannalta kuin pitoisuuden 1 HY/m^3 (puolet väestöstä aistii) frekvenssien.

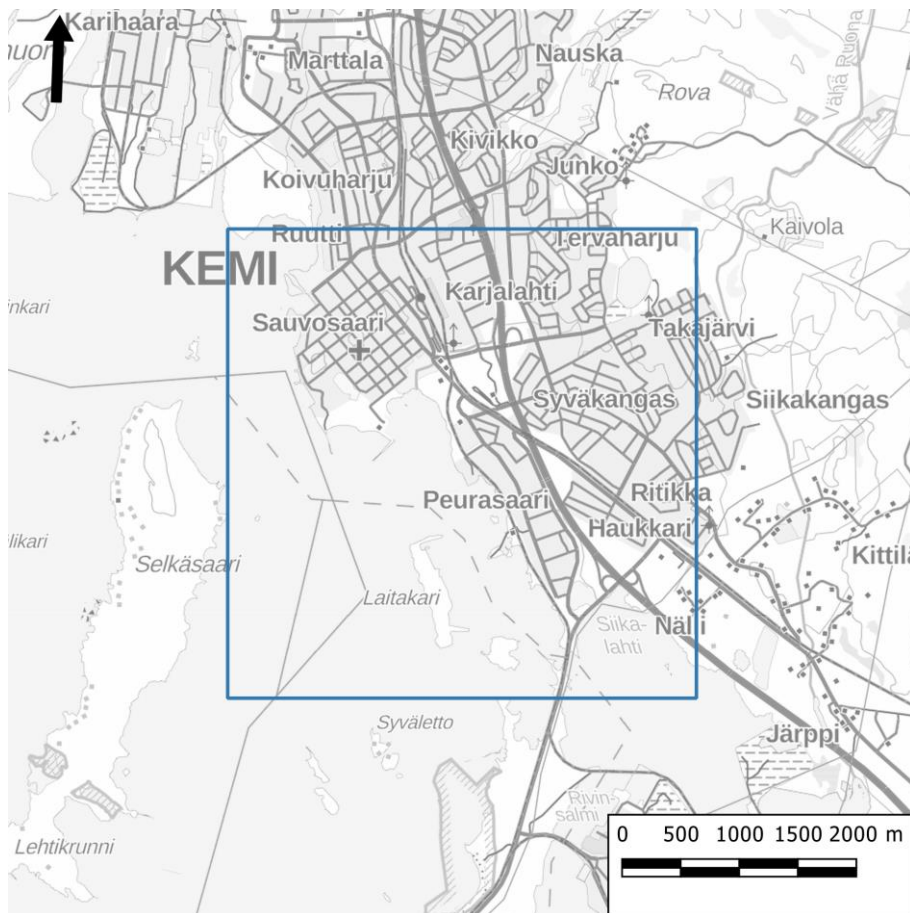
3. LEVIÄMISMALLINNUS

3.1 Leviämismalli

Peurasaaren uuden jätevedenpuhdistamon suunnitelmien mukaisista piipuista vapautuvien hajujen leviämistä ympäristöön arvioitiin U.S. EPA:n suosittelman AERMOD-mallinnusohjelman (versio 22112) avulla käyttäen apuna graafista käyttöliittymää AERMOD View 12.0.0. AERMOD huomioi 3-ulotteisesti maastonmuodot, rakennusten aiheuttaman savukaasupainuman, sekä sääolosuhteet ja kaasujen lämpötilasta johtuvan nosteen. Malli on laajalti käytössä Yhdysvalloissa, Aasiassa ja Euroopassa, myös Suomessa.

Laskentamalli käyttää pitoisuuksien laskennassa meteorologisen tilanteen tuntikeskiarvoja (ulkoilman lämpötila, tuulen nopeus, tuulen suunta, pilvisuus, suhteellinen kosteus). Laskenta etenee tunnin aika-askeleella, kunnes koko säätietojen aikasarja on käyty läpi.

Mallinnettavan alueen koko ja reseptoripisteiden tiheys suhteutetaan päästöihin ja niiden leviämiseen tapauskohtaisesti. Tässä työssä käytettiin $4 \text{ km} \times 4 \text{ km}$:n kokoista aluetta (Kuva 1). Laskentapisteitä mallissa oli 2001 kappaletta. Maastomalli muodostettiin Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineiston pohjalta.



Kuva 1. Leviämismallinnuksen laskenta-alue rajattuna.

Leviämismallit laskettiin käyttäen erikseen vuosien 2021–2023 sääaineistoa Kemin Ajoksen sääasemalta (Ilmatieteen laitos, avoin data). Esitetyissä karttakuvissa vuosittaiset mallien tulokset on yhdistetty samaan kuvaan, ja lopputulos kuvaa kolmen vuoden ajanjaksolle mallinnettua suurinta hajupitoisuutta tai hajufrekvenssiä. Tulokset tulkitaan pitoisuuslisinä ympäristössä vallitsevaan taustapitoisuuteen.

Malli antaa tuloksena tuntipitoisuudet. Nämä ovat suoraan tunnin kestävät, pitkäkestoiset hajupitoisuudet. Lyhytaikaiset (30 s = 0,5 min) hajupitoisuudet (c_{lyhyt}) arvioitiin käyttämällä yleisessä käytössä olevaa kaavaa

$$c_{lyhyt} = \left(\frac{t_{pitkä}}{t_{lyhyt}} \right)^{0,2} \cdot c_{pitkä}$$

jossa $t_{pitkä}$ on keskiarvon normaali laskenta-aika (1 h = 60 min) ja t_{lyhyt} on lyhytaikaisen keskiarvon laskenta-aika (0,5 min). Sijoittamalla mainitut arvot kaavaan kertoimeksi saadaan 2,61; toisin sanoen puolen minuutin hajupitoisuudet arvioitiin 2,61-kertaisiksi verrattuna koko tunnin kestäviin.

Malli on lineaarinen siinä mielessä, että jos kaikkien päästölähteiden poistokaasun hajupitoisuus kaksinkertaistuu, niin myös tiettyyn kohteeseen mallinnettava hajupitoisuus kaksinkertaistuu. Mallin teknisiä tietoja on lueteltu alla (Taulukko 2).

Taulukko 2. Hajumallinnuksen teknisiä tietoja.

Tekninen tieto	Arvo
leviämismalli	AERMOD 22112
reseptoripisteiden lukumäärä	2001
pitoisuuksien laskentakorkeus	1,5 m
interpolointimenetelmä	triangulaatio, B-spline-pehmenness

3.2 Mallin päästölähteet

Peurasaaren uusi puhdistamo on suunniteltu rakenteeltaan suljetuksi. Näin esimerkiksi ilmastusaltaita ei olisi avoimen taivaan alla vaan kaikki hajupäästöt olisi johdettu ulos kanavoituina katetuista tiloista. Suunnitelmissa on, että puhdistamolla olisi kaksi poistopiippua toistensa lähellä. Toisesta vapautuisivat voimakkaat ”likaiset” hajukaasut puhdistuksen jälkeen ja toisesta vähemmän haisevat hajukaasut.

Tässä mallinnustyössä likaisten, puhdistettujen hajukaasujen hajupitoisuutena käytettiin arvoa **250 HY/m³**. Tämä on lähellä jätteen biologisen käsittelyn kanavoitujen päästöjen parhaan käytökelkelpoisen tekniikan mukaisen päästötason (BAT-AEL) alarajaa 200 HY/m³; yläraja on 1000 HY/m³ (WT-BAT 2018). Kyseiset BAT-päätelmät ovat siis jätteen biologista käsittelyä varten, eivätkä jätevedenpuhdistamot suoranaisesti kuulu WT-BAT-päätelmien soveltamisalaan. Mainittua BAT-päästötasoa on kuitenkin sovellettu esim. biokaasulaitosten ja jätevedenpuhdistamoiden leviämismalliselvityksissä.

Pitoisuuteen 250 HY/m³ on mahdollista päästä, kun laitoksen puhdistusjärjestelmä toimii suunnitellusti. Päästön hajupitoisuuden pysyminen tuossa arvossa on mahdollista, kun hajunpoistojärjestelmän ylläpito on hyvällä tasolla.

Vähemmän haisevien kaasujen hajupitoisuus saatiin asiantuntija-arviona, ollen **100 HY/m³**. Perusteena on se, että näihin kaasuhiin sisältyy erityisesti ilmastusaltaan päästöjä. Aiempien havaintojen perusteella ulkona sijaitsevista ilmastusaltaista vapautuvan hajun pitoisuus on usein alle 100 HY/m³.

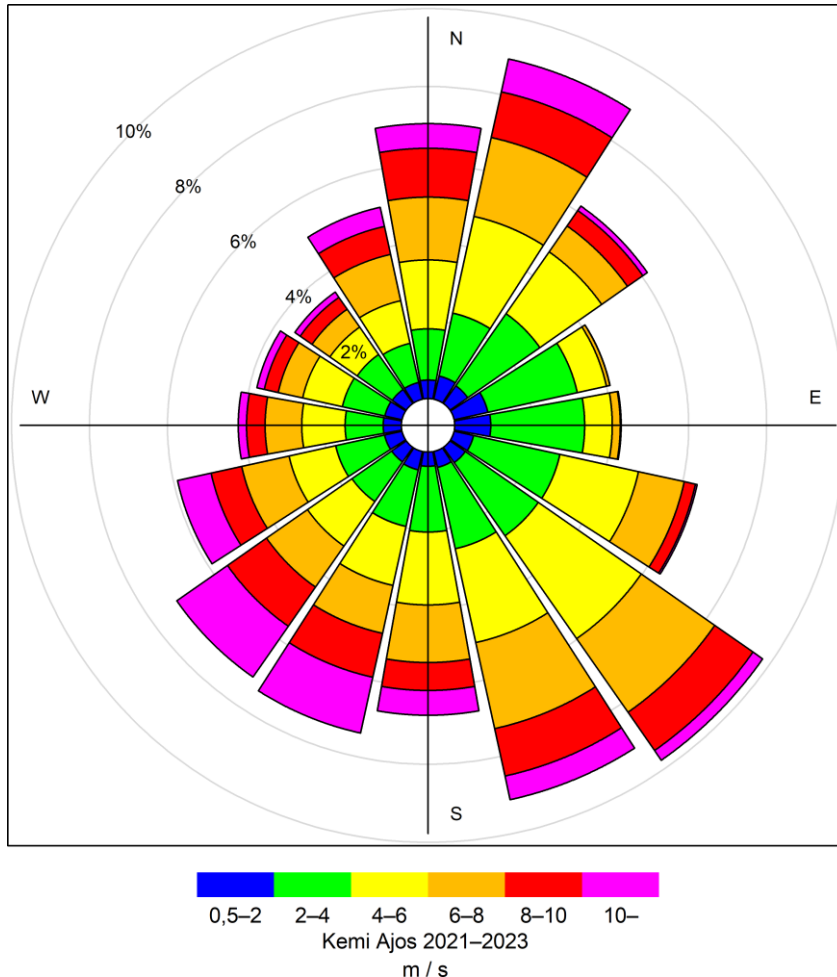
Kummankin piipun halkaisijana käytettiin arvoa 1,25 m, päästökorkeus oli 12 m maanpinnan yläpuolella ja poistokaasun lämpötilaksi asetettiin +20 °C. Hajupäästöt laskettiin suunnitelmista saatujen tilavuusvirtausten perusteella. Mallia varten laskettiin alla esitetty virtaukset ja päästöt (Taulukko 3). Näillä päästöarvoilla puhdistetut likaiset hajukaasut tuottivat 64 % kokonaishajupäästöistä ja heikommat hajukaasut 36 %.

Taulukko 3. Mallissa käytetyt hajupäästölähteet

Hajulähde	Hajupitoisuus [HY/m ³]	Tilavuusvirtaus [m ³ /s]	Virtausnopeus [m/s]	Hajupäästö [HY/s]	Hajupäästö [milj. HY/h]
Likaiset hajukaasut, puhdistettu	250	6,9	6,8	1 700	6,3
Heikommat hajukaasut	100	9,7	7,9	970	3,5

3.3 Mallin säätiedot

Mallinnuksessa käytettiin säätietoina Kemin Ajoksen sääaseman havaintoja (Ilmatieteen laitos, avoin data) vuosilta 2021–2023. Ajoksen asemalle on Peurasaaren puhdistamolta välimatkaa vajaat 7 km. Asema on saarella ollessaan avoimemmalla alueella kuin itse puhdistamo, joten tuulet ovat jonkin verran voimakkaampia. Tuntitasolla yleisimmät tuulen suunnat Ajoksessa olivat kaakko (9,8 % ajasta), eteläkaakko (9,2 %), pohjoiskoillinen (9,0 %) ja etelälounas (7,4 %).



Kuva 2. Tuulen suunnat ja nopeudet Kemin Ajoksen sääasemalle tuntitasolla vuosina 2021–2023 (Ilmatieteen laitos, avoin data). Kaavio osoittaa, mistä suunnasta on tuullut. Tyyniä ja lähes tyyniä tunteja (tuulen nopeus alle 0,5 m/s) oli 0,5 % ajasta.

4. EPÄVARMUUSTARKASTELU

Leviämislaskelmien kokonaisepävarmuus koostuu pääosin päästötietojen epävarmuuksista (10–40 %), sääaineiston ja sen edustavuuden epävarmuuksista (10–30 %) ja laskennan epävarmuuksista (10–20 %). Lopputuloksen luotettavuus yksittäisessä pisteessä on heikoimmillaan tuntipitoisuuksia laskettaessa ja sen edustavuus paranee pitempiä aikaisia keskiarvoja laskettaessa.

Hajumallinnuksen päästöt perustuvat arvioihin päästön hajupitoisuudesta ja suunnitelmien mukaisesta tilavuusvirtauksesta. Jos todellisuudessa vapautuva hajupitoisuus on joskus suurempi kuin mallinnuksessa käytetty, niin suurimmat hajupitoisuudet nousevat ja frekvenssien vyöhykkeet laajenevat tässä työssä esitettyihin verrattuna.

Mallissa käytetyt hajupäästöt edustavat tilannetta, kun puhdistamo ja hajunpoisto toimivat hyvin. Tavoitteen mukaiseen tilanteeseen voidaan päästä, kun puhdistamon ja hajunpoiston ylläpito on asiaankuuluvalla tasolla, esim. hajunpoiston aktiivihiihi vaihdetaan säännöllisesti ja riittävän usein. Mallinnustulokset eivät kerro mahdollisten poikkeustilanteiden hajupäästöistä eivätkä siitä, kuinka laajalla alueella poikkeustilanteessa vapautuneita hajuja voitaisiin havaita.

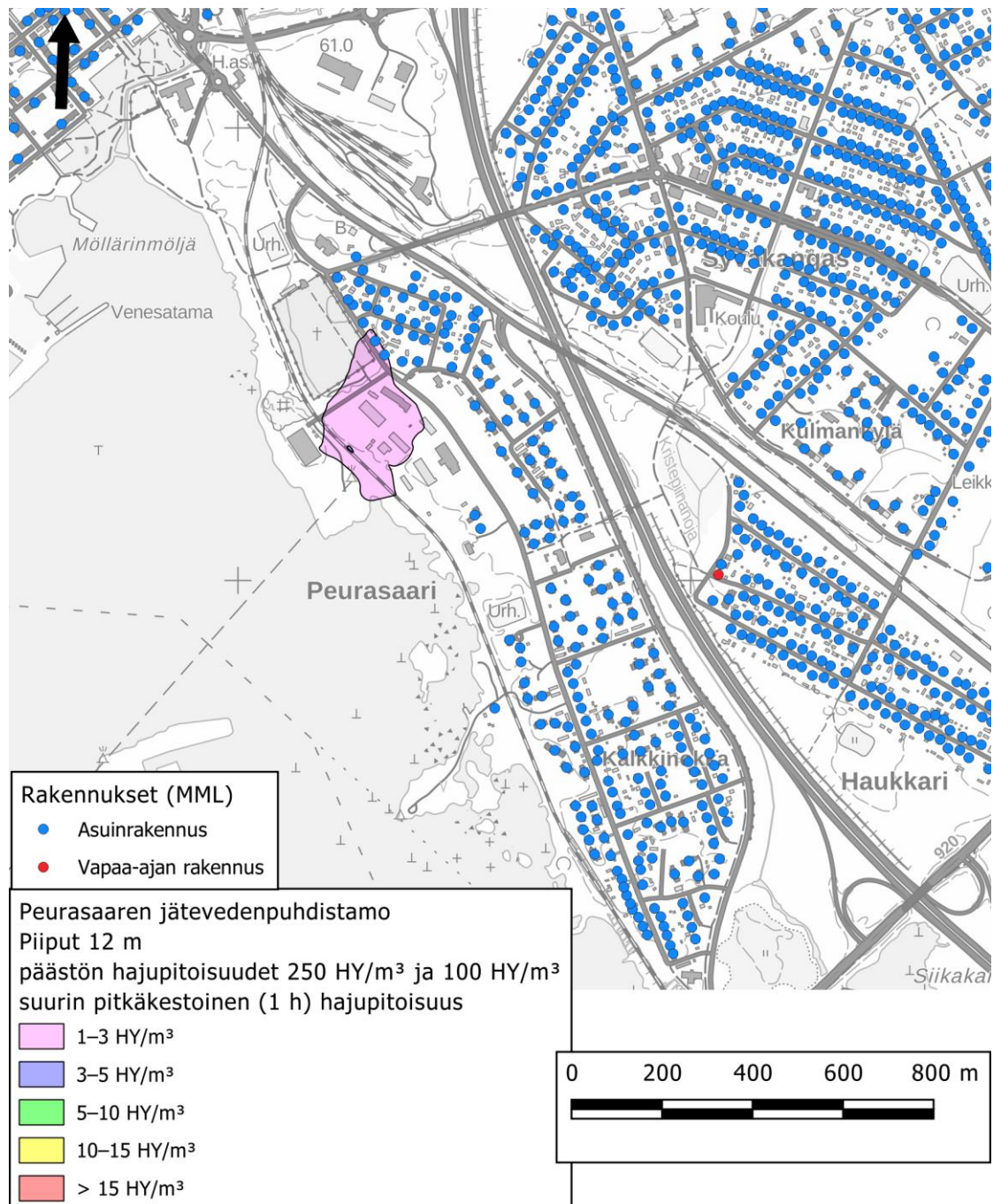
Huomioon ei otettu lietteen kuljetuksesta aiheutuvia mahdollisia hajupäästöjä. Muita lähialueen mahdollisia hajunpäästölähteitä ei ollut mallinnuksessa mukana.

Epävarmuutta laskentatuloksiin aiheuttaa myös mallin stationaarisuus. Mallilla lasketaan päästölähteestä etenevän epäpuhtauspilven keskimääräistä jakautumista ympäristöön tunnin aika-askelin, olettaen sääolosuhteen ja päästön pysyvän vakiona koko ajan. Tyynissä olosuhteissa haju voi leijua ilmassa pitempään, seuraavienkin tuntien aikana. Tässä mallinnuksessa tyyniä tunteja oli melko vähän, joten kyseisen epävarmuustekijän merkitys pienenee.

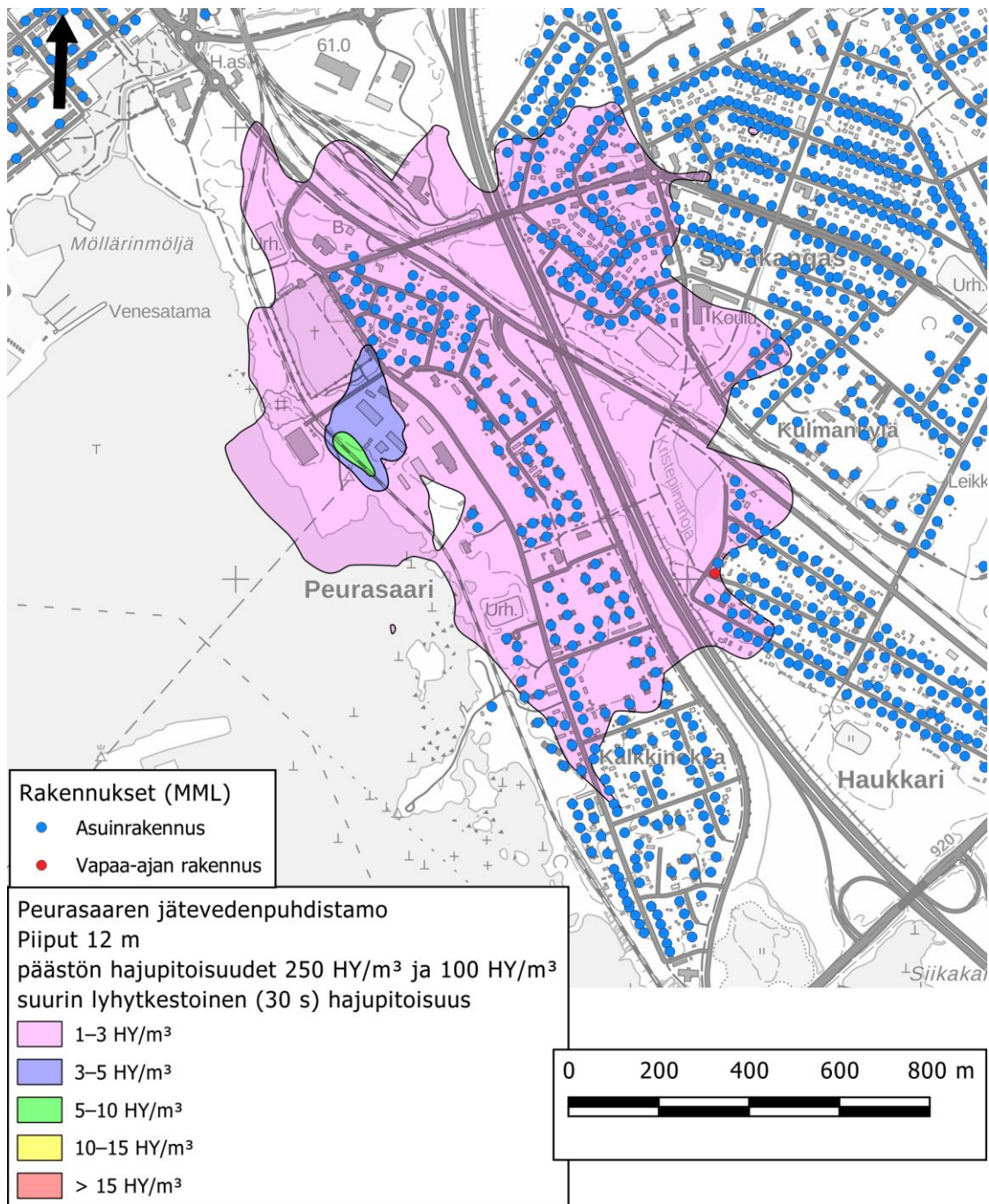
5. TULOSKARTAT

Seuraavissa kuvissa on esitetty tulokset karttapohjilla. Tarkastelussa on huomioitava, että suurimpien pitoisuuksien käyrästöt eivät edusta koko tarkastelualueella samanaikaisesti vallitsevaa tilannetta, vaan pitoisuuksien suurimmat arvot esiintyvät eri pisteissä eri ajankohtina riippuen tuulen suunnasta ja muista sääolosuhteista.

5.1 Suurin hajupitoisuus

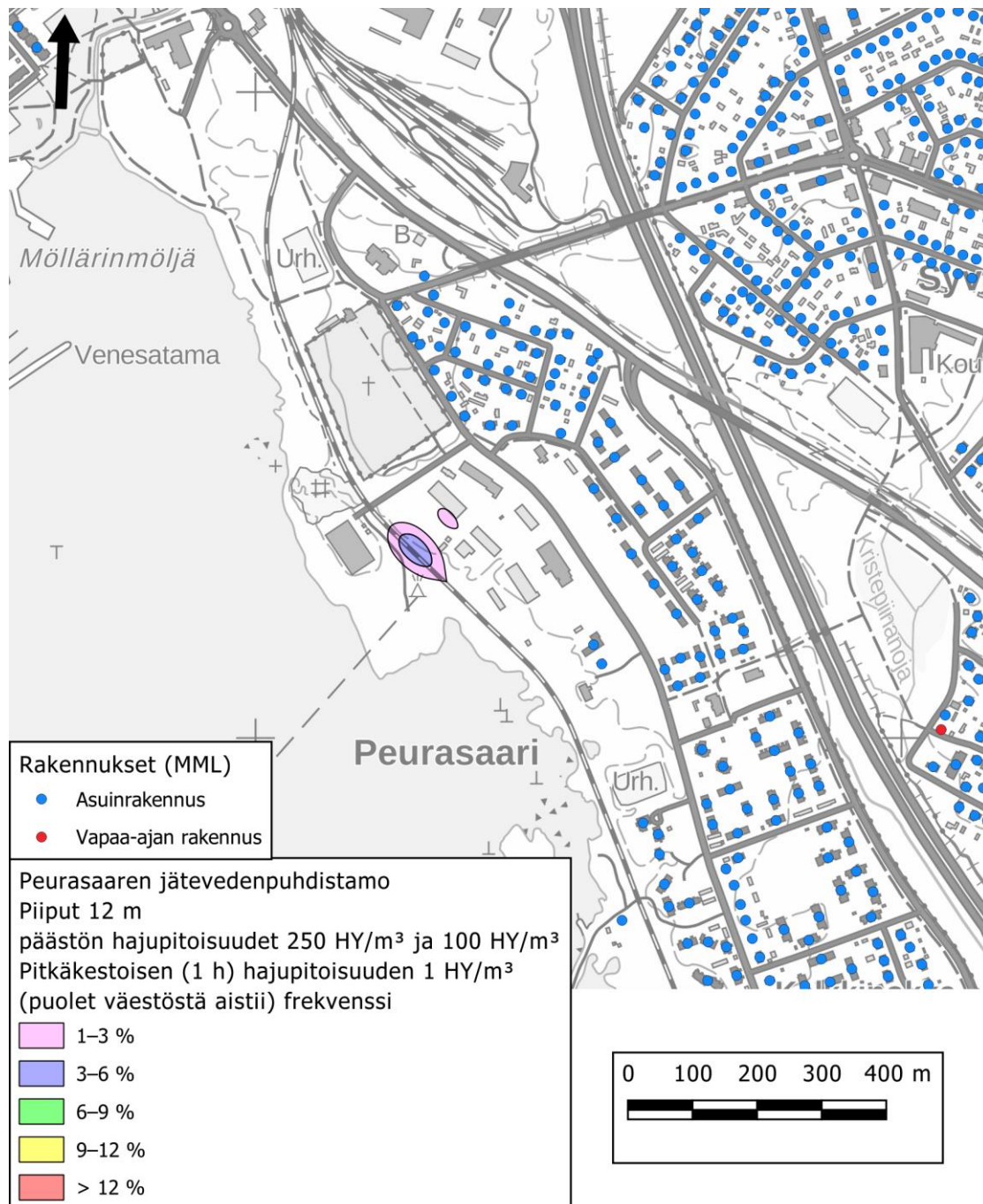


Kuva 3. Puhdistamon piiput 12 m: Suurimmat pitkäkestoiset (1 h) hajupitoisuudet mallinnuksen mukaan. Vyöhykkeet eivät kuvaa alueella yhtä aikaa esiintyviä pitoisuuksia vaan kussakin tarkastelupisteessä joskus havaittavaa suurinta hajupitoisuutta.

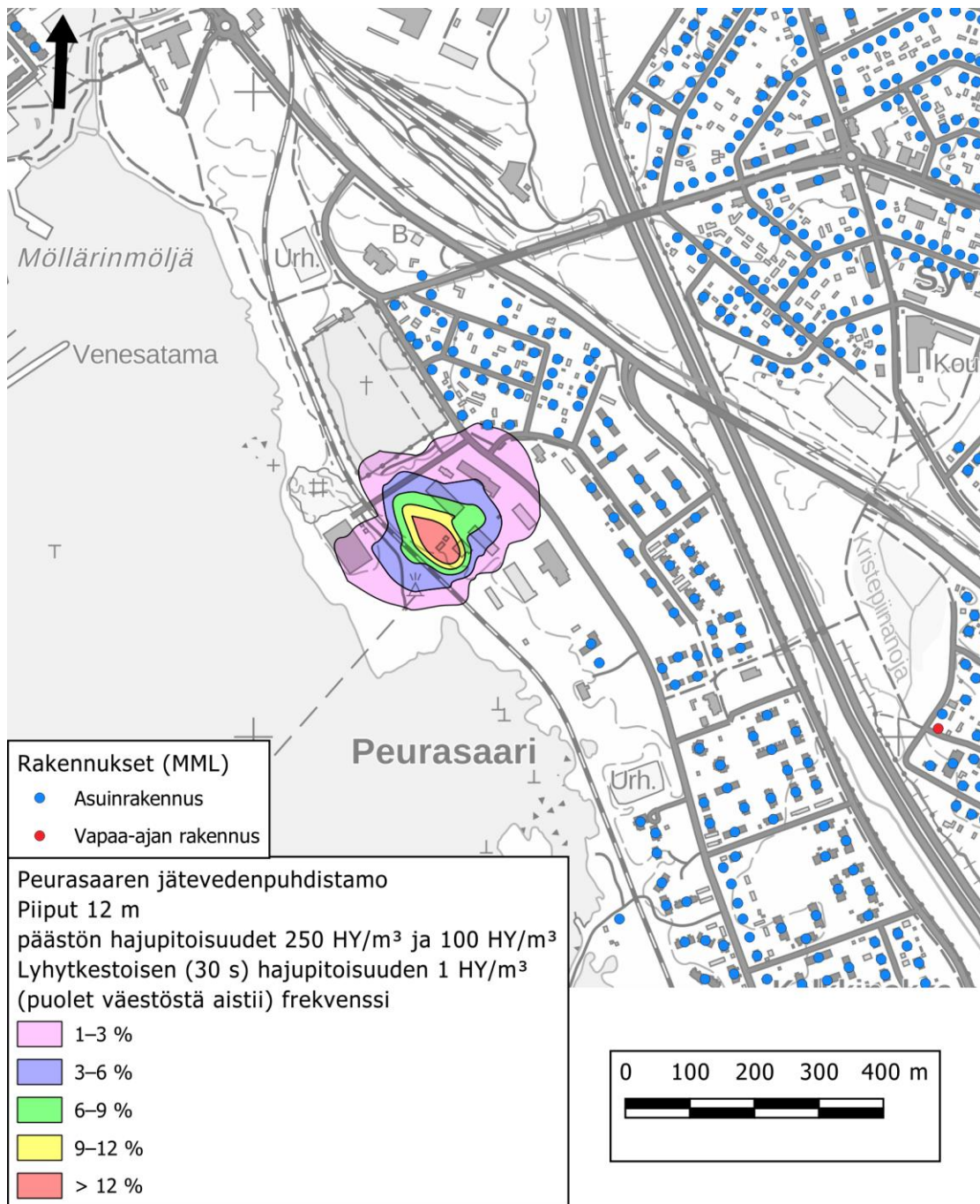


Kuva 4. Puhdistamon piiput 12 m: Suurimmat lyhytkestoiset (30 s) hajupitoisuudet mallinnuksen mukaan. Vyöhykkeet eivät kuvaa alueella yhtä aikaa esiintyviä pitoisuuksia vaan kussakin tarkastelupisteessä joskus havaittavaa suurinta hajupitoisuutta.

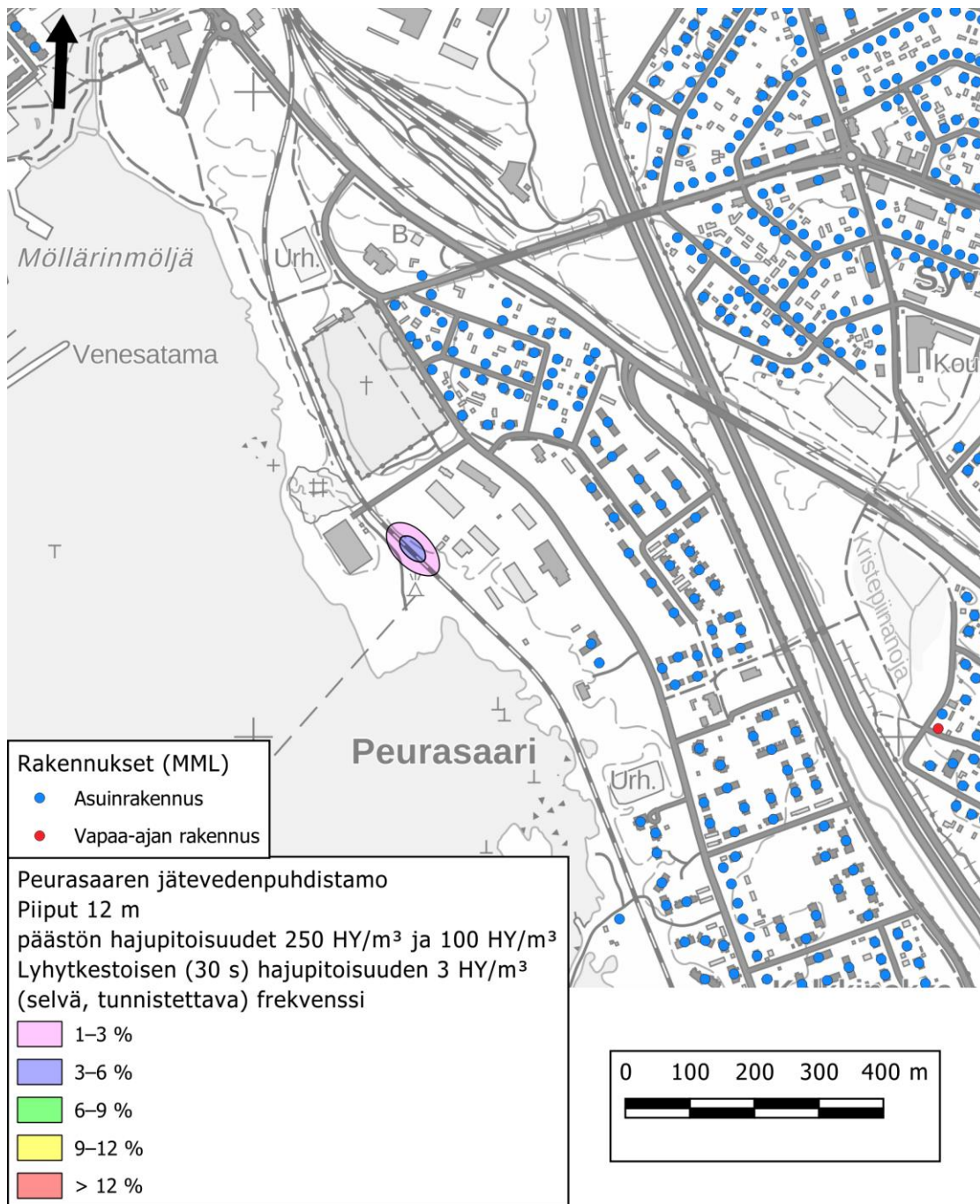
5.2 Hajufrekvenssit



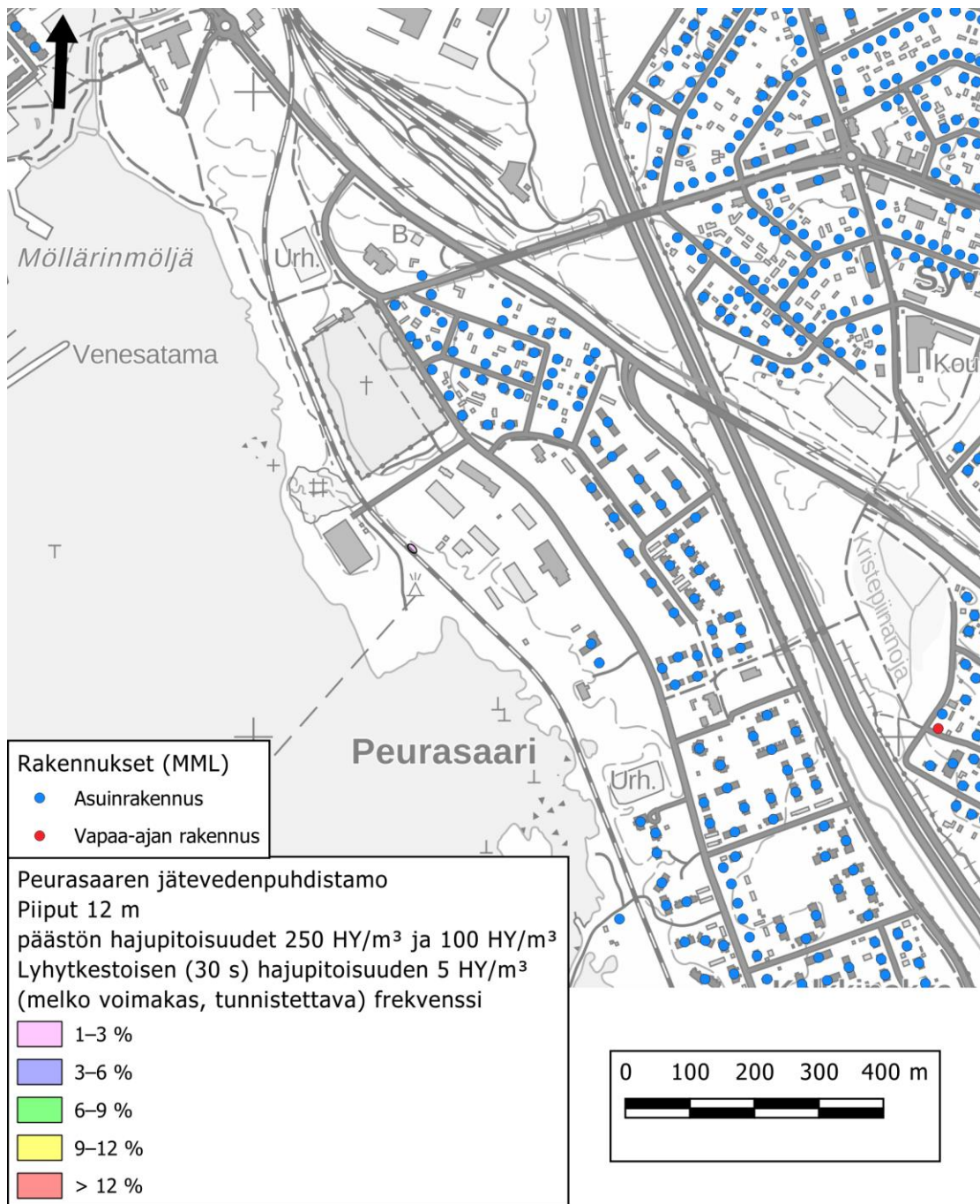
Kuva 5. Puhdistamon piiput 12 m: Pitkäkestoisen (1 h) hajupitoisuuden 1 HY/m³ (puolet väestöstä aistii) frekvenssit mallinnuksen mukaan. Frekvenssi 1 % tarkoittaa noin 88:aa, 3 % noin 263:a ja 5 % noin 438:aa tuntia vuodessa. Hajutunnit eivät esiinny yhtäjaksoisesti eivätkä joka paikassa yhtä aikaa.



Kuva 6. Puhdistamon piiput 12 m: Lyhytkestaisen (30 s) hajupitoisuuden 1 HY/m³ (puolet väestöstä aistii) frekvenssit mallinnuksen mukaan. Frekvenssi 1 % tarkoittaa noin 88:aa, 3 % noin 263:a ja 5 % noin 438:aa tuntia vuodessa. Hajutunnit eivät esiinny yhtäjaksoisesti eivätkä joka paikassa yhtä aikaa.



Kuva 7. Puhdistamon piiput 12 m: Lyhytkestaisen (30 s) hajupitoisuuden 3 HY/m³ (selvä, tunnistettava haju) frekvenssit mallinnuksen mukaan. Frekvenssi 1 % tarkoittaa noin 88:aa, 3 % noin 263:a ja 5 % noin 438:aa tuntia vuodessa. Hajutunnit eivät esiinny yhtäjaksoisesti eivätkä joka paikassa yhtä aikaa.



Kuva 8. Puhdistamon piiput 12 m: Lyhytkestaisen (30 s) hajupitoisuuden 5 HY/m³ (melko voimakas, tunnistettava haju) frekvenssit mallinnuksen mukaan. Frekvenssi 1 % tarkoittaa noin 88:aa, 3 % noin 263:a ja 5 % noin 438:aa tuntia vuodessa. Hajutunnit eivät esiinny yhtäjaksoisesti eivätkä joka paikassa yhtä aikaa.

6. TULOSTEN TARKASTELU

Mallinnuksen mukaisten puhdistamon hajupäästöjen vaikutus pitkäkestoisiin (1 h) hajuihin oli vähäinen: kahdella lähimmällä asuinrakennuksella suurin pitkäkestoinen (1 h) hajupitoisuus oli 1 HY/m^3 (puolet väestöstä aistii) (Kuva 3).

Suurin mallinnettu lyhytkestoinen (30 s) hajupitoisuus saavutti kahden lähimmän asuinrakennuksen luona pitoisuustason 3 HY/m^3 (selvä, tunnistettava haju) (Kuva 4).

Hajufrekvenssien vyöhykkeet jäivät hyvin pieniksi. Pitoisuuden 1 HY/m^3 (puolet väestöstä aistii) hajufrekvenssi oli pienempi kuin 3 % asuinrakennuksilla niin pitkä- (1 h) kuin lyhytkestoisellekin (30 s) hajulle (Kuva 5, **Error! Reference source not found.**Kuva 6). Tämän pienen pitoisuuden frekvenssi lyhytkestoisena (30 s) oli noin 1 % kahdella asuintalolla (Kuva 6).

Hajupitoisuuksien 3 HY/m^3 (selvä, tunnistettava haju) ja 5 HY/m^3 (melko voimakas, tunnistettava haju) frekvenssit olivat erittäin pienet. Ne eivät ylittäneet yhtä prosenttia pitkäkestoisina (1 h), ja frekvenssitasoa vähintään 1 % esiintyi vain puhdistamon alueella lyhytkestoisena (30 s) (Kuva 7, Kuva 8).

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Kemin Energia ja Vesi Oy:n Peurasaaren uuden jätevedenpuhdistamon päästöjen aiheuttamat mallinnettujen pitoisuuksien frekvenssit eivät ylittäneet hajupitoisuuden ohjearvoehdotuksen mukaisen selvän hajuhaitan alarajaa 3 % tässä työssä käytetyillä lähtötiedoilla. Lähimmillä asuintaloilla saavutettiin ainoastaan lyhytkestoisen (30 s) hajupitoisuuden 1 HY/m³ (puolet väestöstä aistii) frekvenssi 1 %.

Suurimman hajupitoisuuden mallinnettu vyöhykkeet olivat laajempia kaakon suuntaan, vaikka Ajoksen sääaineistossa luoteen puoleisten tuulten osuus oli pieni. Todennäköisesti tulos johtuu siitä, että kyseisillä tuulilla olosuhteet ovat olleet sellaisia, että hajun laimeneminen on ollut suhteellisen vähäistä (esim. tuulet heikkoja, inversiotilanne).

Kemissä on tunnetusti hajupäästöjä aiheuttavaa teollisuutta. Karihaarassa kaupungin keskustan luoteispuolella sijaitsevat Metsä Fibre Oy:n tehtaat, joille on Peurasaaren puhdistamolta matkaa noin 4 km. Karihaarassa sijaitsee myös Metsä Fibre Oy:n biotuotetehdas. Toinen suuri teollisuuslaitos, Stora Enso Oy:n Veitsiluodon paperitehdas suljettiin vuonna 2021. Veitsiluodossa on nykyisin sahatoimintaa, josta mahdollisesti aiheutuvien hajuhaittojen määrä ja laajuus eivät ole tiedossa. Peurasaaren puhdistamon ympäristöön kulkeutuu sopivissa sääoloissa Karihaaran tehtaiden aiheuttamia hajupäästöjä, kun tuulen suunta on luoteesta. Asukkaat mahdollisesti hyväksyvät puhdistamolla syntyvän hajun helpommin, koska alueella on toistuvasti tilanteita, joissa hajuja havaitaan.

Peurasaaren uuden jätevedenpuhdistamon normaalitoiminnan aiheuttamien, mallinnettujen hajuvaikutusten arvioidaan olevan sellaisia, jotka eivät aiheuta merkittävää hajuhaittaa asutukselle, kun päästöt ovat mallissa käytetyn mukaiset. Jos toteutuvat päästömäärät ovat selvästi suuremmat kuin mallissa, vaikutuksista voi tulla selvästi suurempia.

RAMBOLL FINLAND OY

Niko Rissanen

johtava asiantuntija

Toni Keskitalo

tutkimuspäällikkö

8. KIRJALLISUUS

IL 2014: Salmi, J., Laukkanen, E. & Lovén, K., Naantalın ja Raision seudun hajupäästöjen leviämismallilaskelmat. Ilmatieteen laitos – asiantuntijapalvelut. Ilmanlaatu ja energia. Helsinki 15.12.2014. Saatavilla Internetistä (tilanne 12.4.2024). http://expo.fmi.fi/aqes/public/Ra-portti_Naantalın_ja_Raision_hajumallinnus_20141215_www.pdf

Schauberger ym. 2000: Schauburger, G., Piringer, M. & Petz, E., Diurnal and annual variation of the sensation distance of odour emitted by livestock buildings calculated by the Austrian odour dispersion model (AODM). *Atmospheric Environment* 34 (2000), 4839–4851.

WT-BAT 2018: Jätteidenkäsittely-BAT. Komission täytäntöönpanopäätös (EU) 2018/1147, annettu 10. päivänä elokuuta 2018, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2010/75/EU mukaisten parhaita käytettävissä olevia tekniikoita (BAT) koskevien päätelmien vahvistamisesta jätteenkäsittelyä varten.