

Vastaanottaja

Vaasan kaupunki

Oliver Schulte-Tigges, Päivi Korkealaakso

Asiakirjatyyppi

Raportti

Päivämäärä

20.12.2024

PÄÄTTIN PUHDISTAMON HA- JUSELVITYS 2024

Vaasan kaupunki



RAMBOLL

Bright ideas.
Sustainable change.

PÄTTIN PUHDISTAMON HAJUSELVITYS 2024

Vaasan kaupunki

Projekti **Hajumittaus ja hajumallinnus, nykyhetken tilanne Vaasan Pättin jäteveden-
puhdistamolla**

Projekti nro **1510084418**

Vastaanottaja **Vaasan kaupunki**

Asiakirjatyyppi **Raportti**

Versio **1.0**

Päivämäärä **10.12.2024**

Laatija **Toni Keskitalo**

Tarkastaja **Anne Kiljunen**

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	3
2.3	Hajunlähteiden kartoitus ja hajunäytteenotto	3
2.4	Hajupitoisuuden määrittäminen (olfaktometria)	3
3.	Leviämismallinnus	4
3.1	Leviämismalli	4
3.2	Mallin päästölähteet	5
3.3	Leviämismallin säätiedot	6
3.4	Hajupäästöjen vertailu eri mallinuksissa	6
3.5	Epävarmuustarkastelu	7
4.	Hajutulokset	8
4.1	Hajupitoisuudet	8
4.2	Mallin hajupäästöt	8
5.	Tuloskartat	9
5.1	Tulokset korkeudella 1,5 m maanpinnasta	9
5.1.1	Suurimmat hajupitoisuudet	9
5.1.2	Hajufrekvenssit	11
5.2	Tulokset korkeudella 15 m maanpinnasta	17
5.2.1	Suurimmat hajupitoisuudet	17
5.2.2	Hajufrekvenssit	19
6.	Tulosten tarkastelu	25
6.1	Korkeus 1,5 m	25
6.2	Korkeus 15 m	25
7.	Yhteenveto	27
8.	Kirjallisuus	28

LIITTEET

LIITE 1

Hajupitoisuuden määrittäminen analyysitodistus

Työssä on hyödynnetty Maanmittauslaitoksen avointa dataa (lisenssi BY-CC 4.0): laserkeilausaineisto (ajankohta 11/2022); peruskarttarasteri, maastokarttarasteri 1:50000, ortoilmakuvat (ajankohta 06/2024).

1. JOHDANTO

Tämä selvitys liittyy Vaasan kaupungin kaavoitushankkeeseen ”Rahkolan ja Saippuan ranta” (ak1131). Hankkeesta on julkaistu osallistumis- ja arviointisuunnitelma alkuvuodesta 2023. Pättin jätevedenpuhdistamon läheinen sijainti on aiheuttanut kysymyksiä siitä, kuinka todennäköisesti hajuhaittoja voisi syntyä kaavailluilla rakennuksilla.

Ramboll Finland Oy teki hajunlähteiden kartoituksen sekä hajumittauksia Vaasan Veden Pättin puhdistamolla ja laati mallin hajupäästöjen leviämisestä. Tavoitteena oli saada selville, onko puhdistamolla hajupäästölähteitä, joita ei ole aikaisemmin mitattu ja joita ei ole ollut edellisissä mallinnuksissa mukana. Mallit laskettiin sekä maanpinnan lähelle (korkeus 1,5 m) ja noin viidennen kerroksen korkeudelle (korkeus 15 m). Tuloksia verrattiin hajupitoisuuden ohjearvoehdotukseen.

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 kuutiometrissä”. Tietystä kohteesta 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 pienten hajupitoisuuksien (kuten 1–3 HY/m³) aistimista. Hajupitoisuus ei ole riippuvainen siinänsä hajun miellyttävyydestä.

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).

Taulukko 1. Hajupitoisuuksien luonnehdinta.

Hajupitoisuus	Luonnehdinta
1 HY/m ³	juuri havaittava puolelle väestöstä
3 HY/m ³	selvä, tunnistettava haju
5 HY/m ³	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 kestävän 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 "Hajuohjearvojen perusteet" esittää, että ohjearvoina 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 HY/m³ (esim. puhdistamoliete; mätänevä kala ja liha), ja "keskimääräisesti" vastenmielisten kriteeri on 3 HY/m³ (esim. suuret eläinsuojat; elintarviketeollisuus; puutarhajätteen kompostointi) (Bokowa ym. 2021).

Tässä työssä mallinnuksen tuloksia verrataan VTT:n ohjearvoehdotuksen mukaisiin hajufrekvensseihin. Tarkasteltavana olivat hajupitoisuuksien 1 HY/m³, 3 HY/m³ ja 5 HY/m³ frekvenssit eli esiintyvyydet.

2.3 Hajunlähteiden kartoitus ja hajunäytteenotto

Hajunlähteet Pättin puhdistamolla kartoitettiin keskiviikkona 3.7.2024. Puhdistamon henkilökuntaa haastateltiin ja saatujen tietojen perusteella alueella kierrettiin tarkastellen hajutilannetta. Selkeytysaltaiden hajupäästöt arvioitiin merkityksettömäksi, eikä niistä siten otettu näytteitä. Esikäsitteilyrakennuksen poisto jätettiin mittaamatta, koska sen arvioitiin olevan merkityksetön. Lietteenkäsittelyrakennuksen katolla kahdesta poistosta ei havaittu hajupäästöä, eikä niistä otettu näytteitä.

Lopulta hajunäytteet otettiin kuudesta kohteesta (Taulukko 2). Hajukaasunäytteet olfaktometrisia määrittämiä varten otettiin standardia SFS-EN 13725 soveltaen. Näytteet otettiin Nalophan NA -pusseihin (materiaali polyeteenitereftalaattia) vakuuminäytteenottimella. Ilmastusaltaan hajunäyte otettiin altaan pinnalta käyttäen näytteenottohuvua, jonka putkesta itse näyte imettiin. Lämpötilat, suhteelliset kosteudet ja virtausnopeudet mitattiin TSI VelociCalc Plus 9565P -kuumalankaanemometrillä.

Taulukko 2. Pättin puhdistamolta heinäkuussa 2024 otetut hajunäytteet, mitatut kaasun lämpötilat ja suhteelliset kosteudet.

Näytepiste	Lämpötila [°C]	Suhteellinen kosteus [%]
ilmastusallas	22	80
tiivistämön poisto	23	53
lietesiilon poisto	24	48
esiselkeytys pohjoinen	19	60
esiselkeytys eteläinen	28	58
ruuvikuljettimen poisto	22	60

2.4 Hajupitoisuuden määrittäminen (olfaktometria)

Näytteiden hajupitoisuudet määritettiin olfaktometrisella menetelmällä (T302) Ramboll Finland Oy:n Jyväskylän olfaktometrialaboratoriossa standardin SFS-EN 13725 "Air Quality. Determination of odour concentration by dynamic olfactometry" mukaisesti. Kaikki olfaktometriaan osallistuvat panelistit ovat läpäisseet standardin SFS-EN 13725 mukaisen *n*-butanolitestin. Menetelmän arvioitu toteamisraja on 22 HY/m³ ja arvioitu määrittämisraja 33 HY/m³.

Olfaktometria perustuu ihmisen kykyyn aistia erilaisia hajuja erivahvaisina pitoisuuksina. Olfaktometriassa tutkittavan näytteen hajupitoisuutta kasvatetaan asteittain, ja kun puolet hajupaneelin neljästä jäsenestä aistii hajun, laimennetun näytteen hajupitoisuus on 1 HY/m³. Tähän pitoisuuteen tarvittavan laimennuskertoimen perusteella lasketaan päästölähteestä otetun näytteen hajupitoisuus. Vapaamuotoisilla hajunkuvauksilla panelistit luonnehtivat hajun miellyttävyyttä. Laimennossarjassa on mukana satunnaisia puhtaan ilman vertailunäytteitä, joiden avulla havainnoidaan paneelin jäsenten aistimuksen oikeellisuutta.

Hajupitoisuuden 95 prosentin luottamusvälin ala- ja yläraja laskettiin seuraavilla, standardiin perustuvilla kaavoilla akkreditoiduille, määritysrajan ylittävälle pitoisuuksille:

$$\begin{aligned} \text{alaraja} &= c \cdot 10^{-r/2} \\ \text{yläraja} &= c \cdot 10^{+r/2} \end{aligned}$$

jossa c = määritetty hajupitoisuus
 r = olfaktometrian toistettavuusarvo

Ramboll Finland Oy:n olfaktometrialaboratoriolle kansainvälisessä vertailumittauksessa vuonna 2023 määritetty toistettavuusarvo on $r = 0,346$.

3. LEVIÄMISMALLINNUS

3.1 Leviämismalli

Koukkujärven jätekeskuksen toiminnoista vapautuvien hajujen leviämistä ympäristöön arvioitiin U.S. EPA:n suositteleman 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.

Tässä työssä hajupitoisuus mallinnettiin kahdelle eri korkeudelle maanpinnan yläpuolella. Korkeus **1,5 m** kuvaa tilannetta maanpinnan lähellä, ja korkeus **15 m** kuvaa tilannetta, joka voisi esiintyä suunnilleen viidennen kerroksen korkeudella.

Mallinnettavan alueen koko ja reseptoripisteiden tiheys suhteutetaan päästöihin ja niiden leviämiseen tapauskohtaisesti. Tässä työssä käytettiin 4 km × 4 km:n kokoista aluetta (Kuva 1). Laskentapistettä mallissa oli 2001 kappaletta.

Maastomalli muodostettiin Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineiston pohjalta. Malliin sijoitettiin lähimmät olemassa olevat rakennukset, joiden sijainnit saatiin Maanmittauslaitoksen Maastotietokannasta ja korkeudet laserkeilausaineistosta. Mahdollisia uusia rakennuksia malleissa ei otettu huomioon.



Kuva 1. Mallinnusalue Pättin puhdistamon ympäristössä Vaasassa.

3.2 Mallin päästölähteet

Alla on esitetty mallinnuksessa käytetyt päästölähteet. Erityisesti on huomattava, että aikaisemmissa hajuselvityksissä (Ramboll 2018, Ramboll 2023b) mukana ollut lietteen vastaanottohallin avonainen ovi ei ollut mukana tässä selvityksessä. Perusteena on se, että kyseisen kohteen hajupäästön pitäisi poistua puhdistamolla tehtävän hajuntorjunnan ansiosta.

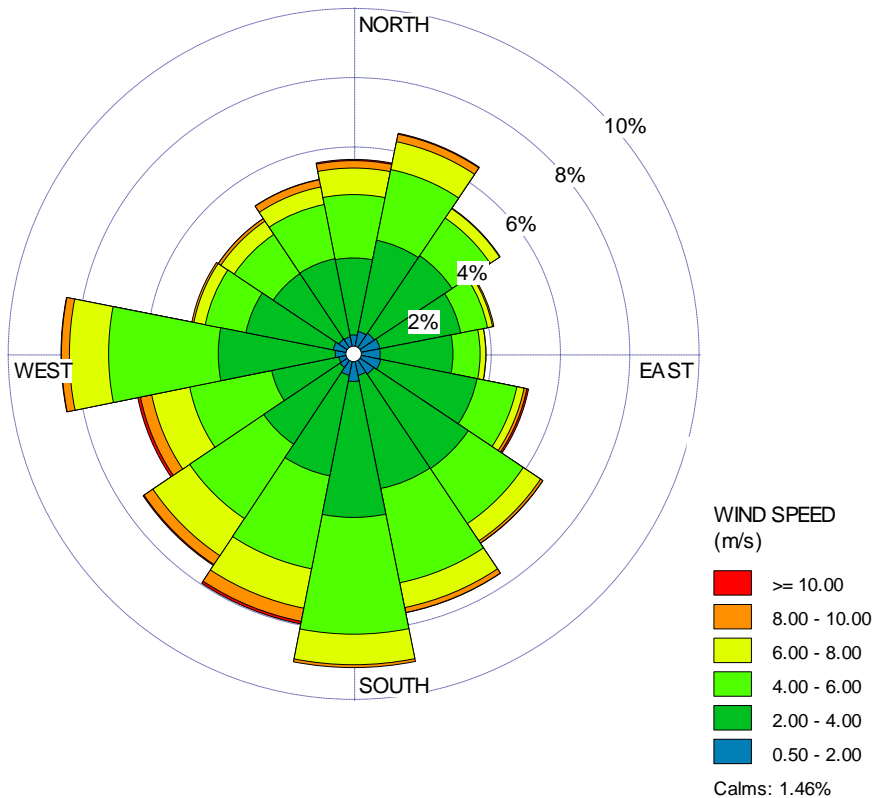
Taulukko 3. Hajun leviämismallin päästölähteet.

Päästölähde	Virtausnopeus [m/s]	Kanavan poikkipinta-ala / pintalähteen pinta-ala [m ²]	Tilavuusvirtaus [m ³ /s]	Päästökorkeus merenpinnasta [m]
ilmastusallas	0,26 *	1 120	13	3,5
tiivistämön poisto	3,5	0,50	1,8	10
lieteiilon poisto	4,9	0,13	0,62	15,3
esiselkeytys pohjoinen	13,8	0,11	1,4	7,5
esiselkeytys eteläinen	13,8	0,11	1,4	7,5
ruuvikuljettimen poisto	13,8	0,13	1,8	8,5

* Mitattu virtausnopeus huuvan putkessa.

3.3 Leviämismallin säätiedot

Mallinnuksen säätietoina käytettiin havaintoja Vaasan Klemetilän sääasemalta (Ilmatieteen laitos, avoin data) vuosilta 2021–2023. Yleisimmät tuulen suunnat olivat etelä (9,1 % ajasta), länsi (8,5 %), etelälounas (7,9 %) ja eteläkaakko (7,6 %) (Kuva 2).



Kuva 2. Tuulen suunnat Vaasan Klemetilän sääasemalla tuntitasolla vuosina 2021–2023 (Ilmatieteen laitos, avoin data). Kaavio osoittaa, mistä suunnasta on tuullut. Tyyniä ja lähes tyyniä tunteja oli 1,5 % ajasta.

3.4 Hajupäästöjen vertailu eri mallinuksissa

Seuraavassa (Taulukko 4) on esitetty eri leviämismallinuksissa käytetyt, Pättin puhdistamon kokonaishajupäästöt, suurin yksittäinen päästölähde sekä sen osuus kokonaishajupäästöistä Rambollin aikaisemmin tekemissä hajuselvityksissä. Joka selvityksessä suurin yksittäinen päästölähde oli eri kohde. Tämä on täysin mahdollista, koska mittaukset ja arviot on tehty eri aikoina ja päästöt vaihtelevat.

Käsillä olevan selvityksen kokonaishajupäästöt olivat vertailun suurimmat, mikä johtui pääasiallisesti esiselkeytyksen pohjoisen poiston suhteellisen suuresta hajupitoisuudesta. Kokonaispäästöjen osalta Pättin puhdistamon tehotarkkailun loppuraportin (Ramboll 2023b) mallinnus poikkesi eniten muista, ja sen päästöt olivat pienimmät. Päästölähteiden sijainnin, päästökorkeuden ja yksittäisten lähteiden päästöjen arvioidaan olevan merkityksellisempiä tulosten kannalta kuin päästöjen absoluuttinen suuruus.

Taulukko 4. Kokonaishajupäästöt, suurin yksittäinen hajupäästölähde, sen osuus kokonaispäästöstä sekä se, miten päästöarviot oli saatu (Ramboll 2018, Ramboll 2023a, Ramboll 2023b).

Mallinnus	Kokonaishajupäästö [milj. HY/h]	Suurin yksittäinen hajupäästölähde	Suurimman hajupäästölähteen osuus kokonaispäästöstä	Päästöarvion lähde
Pättin hajuselvitys, 2018	12	ilmastusallas 2 (pinta-ala 600 m ²)	29 %	mittaus
loppuraportti, Pättin tehotarkkailu, keskimääräinen tilanne, 2022	8,5	lietteen vastaanotto, ovi	31 %	mittaus
Pättin puhdistamon toimenpidesuunnitelma, 2023	14	esikäsitteily	36 %	arvio
tämä selvitys, 2024	15	esiselkeytys pohjoinen	49 %	mittaus

3.5 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 pitempiaikaisia keskiarvoja laskettaessa.

Hajumallinnuksen päästömäärät perustuvat hajupitoisuuden määrittämisen tuloksiin sekä mittauksiin ja arvioihin virtauksista. Jos hajupitoisuus vaihtelee merkittävästi, niin todellinen kokonaispäästö esim. vuorokaudessa voi olla selvästi eri suuri kuin mallissa käytetty. Jos virtaus päästölähteestä vaihtelisi selvästi, niin sekin vaikuttaisi kokonaispäästöön.

Tämä leviämismallinnus laskettiin AERMOD-mallilla. Aikaisemmat Pättin puhdistamon hajun leviämismallinnukset perustuivat vuoden 2018 malliin (Ramboll 2018), jossa laskenta tehtiin CALPUFF-mallilla. Samoilla päästölähteillä ja hajupäästöillä leviämismallien pitäisi antaa samansuuntaiset tulokset, mutta yksityiskohdissa esiintyvä eroja.

Käytetyt säätiedot olivat Ilmatieteen laitoksen avointa dataa vuosilta 2021–2023 Vaasan Klemettin sääasemalta.

Jos lähteiden päästökorkeudet ovat mallissa epätarkat, niin korkeammalle lasketut tulokset ovat epävarmempia. Tämä koskee erityisesti lietsiilon poistoa: sen hajupitoisuus ja hajupäästöt eivät ole erityisen suuria, mutta sen vaikutus voi olla merkittävä sopivalla korkeudella. Esiselkeytyksen ja ruuvikuljettimen poistoissa oli kovempi virtaus kuin lietsiilossa, ja siten niiden päästöt nousevat ylemmäksi, varsinkin kun lietsiilon poistosta virtaus tapahtuu vaakasuoraan. Maanpinnan lähellä suurimmat hajuvaikutukset aiheutuvat ilmastusaltaan päästöistä.

Olfaktometrian epävarmuus on melko suuri verrattuna esim. mittalaitteilla tehtäviin pitoisuusmittauksiin. Tämä johtuu siitä, että olfaktometria perustuu ihmisen hajuaistiin, jonka vaihtelu on suurta, vaikka standardi asettaakin rajat vaihtelulle.

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. Tyyneissä olosuhteissa haju voi leijua ilmassa pitempään, seuraavienkin tuntien aikana.

Muita lähialueen mahdollisia hajunlähteitä ei otettu huomioon itse mallinnuksessa. Myöskään lietteen kuljetuksesta mahdollisesti aiheutuvia hajupäästöjä ei otettu huomioon.

4. HAJUTULOKSET

4.1 Hajupitoisuudet

Seuraavassa on esitetty olfaktometrisesti näytteistä määritetyt hajupitoisuudet, hajupitoisuuden arvioitu vaihteluväli ja hajunkuvauksia (Taulukko 5). Analyysitodistus on esitetty liitteenä 1.

Taulukko 5. Määritetyt hajupitoisuudet, hajupitoisuuksien vaihteluvälit 95 %:n luottamuvälillä ja hajunkuvaukset. Tulokset ilmoitettu standardin SFS-EN 13725 mukaisissa olosuhteissa.

Näyte	Hajupitoisuus [HY/m ³]	Hajupitoisuuden vaihteluväli [HY/m ³]	Hajunkuvauksia
ilmastusallas *	57	38–85	kirpeä; home; tunkkainen; multa
tiivistämön poisto *	92	62–140	kitkerä; hapan; tunkkainen;
lietsiilon poisto *	120	81–180	laimea; mätä; tunkkainen; imelä; hapan; viemäri; käynyt
esiselkeytys pohjoinen *	1 500	1 000–2 200	viemäri; kitkerä; öljymäinen
esiselkeytys eteläinen *	420	280–620	viemäri; kitkerä; öljymäinen
ruuvikuljettimen poisto *	340	230–500	laimea; viemäri; hapan; paahteinen

* Akkreditoitu määrittäminen

4.2 Mallin hajupäästöt

Alla (Taulukko 6) on esitetty mallinnuksessa käytetyt hajupäästöt. Päästöt laskettiin määritetyn hajupitoisuuden ja mitattujen sekä Vaasan Vedeltä saatuihin tietoihin perustuvien virtausnopeuksien avulla. Hajupitoisuuden vaihteluväli jätettiin huomiotta päästölaskuissa.

Suurin yksittäinen hajupäästölähde oli esiselkeytyksen pohjoinen poisto, joka tuotti vajaat puolet (49 %) kokonaishajupäästöstä. Se tuotti yhdessä esiselkeytyksen eteläisen poiston ja ruuvikuljettimen poiston kanssa noin 75 % kokonaishajupäästöstä. Ilmastusaltaan osuus oli 18 %, ja tiivistämön ja lietsiilon poistojen yhteenlaskettu osuus oli alle 6 %.

Lietsiilon poisto on vaakasuorassa, ja se puhaltaa pohjoiseen päin. AERMODissa päästölähde asetettiin vaakasuoraksi päästökseen, mutta puhallussuuntaa ei ole mahdollista valita. Asiantuntija-arviona esitetään, että mallinnus voi hieman yliarvioida lietsiilon poiston aiheuttamia hajupitoisuuksia etelän suuntaan.

Taulukko 6. Mallin hajupäästöt.

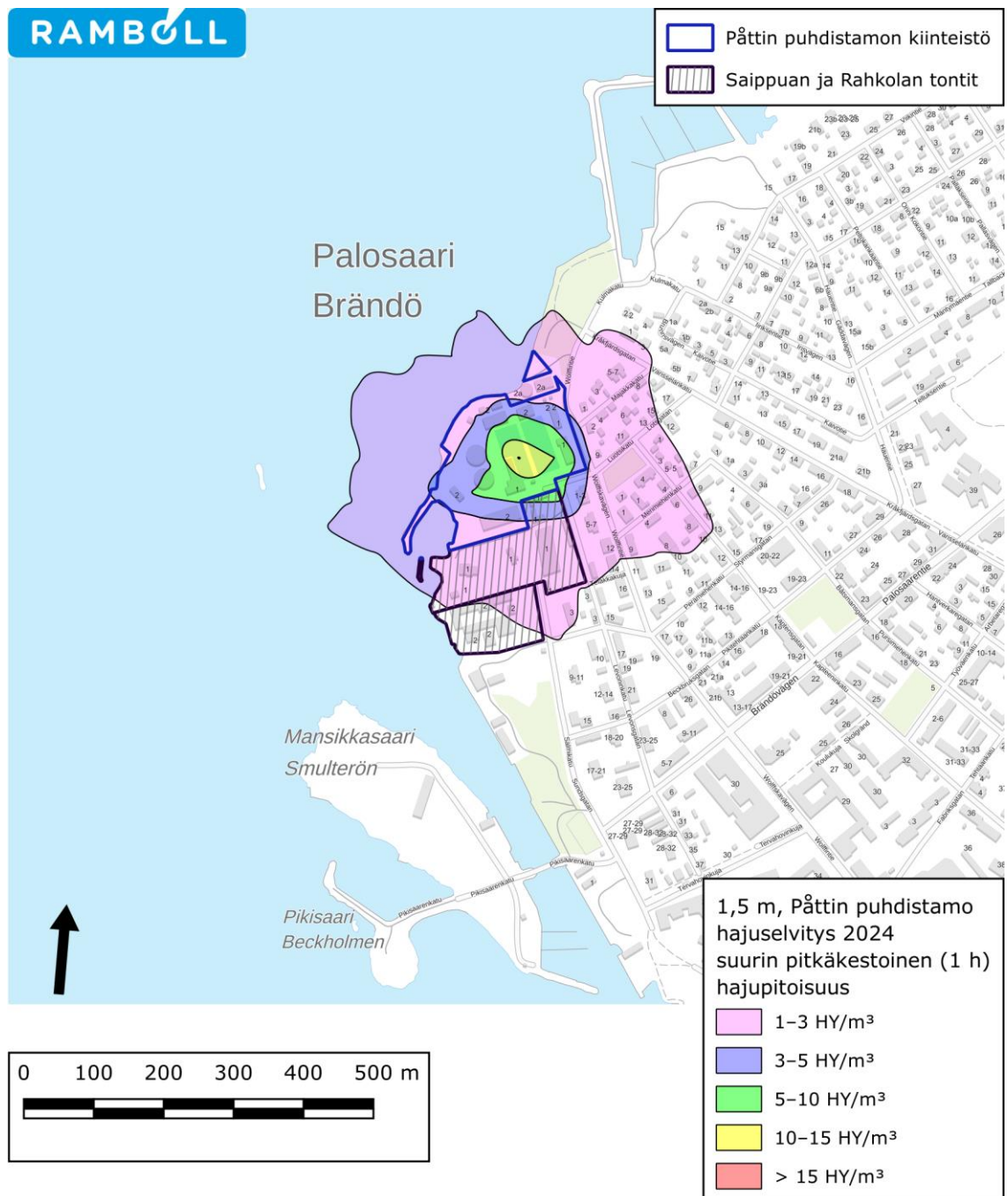
Näyte	Hajupäästö [HY/s]	Hajupäästö [milj. HY/h]	Osuus kokonaishajupäästöstä
ilmastusallas	740	2,7	18,0 %
tiivistämön poisto	160	0,57	3,8 %
lietsiilon poisto	72	0,26	1,7 %
esiselkeytys pohjoinen	2 000	7,3	49,0 %
esiselkeytys eteläinen	540	1,9	13,2 %
ruuvikuljettimen poisto	590	2,1	14,3 %
YHTEENSÄ	4 100	15	100,0 %

5. TULOSKARTAT

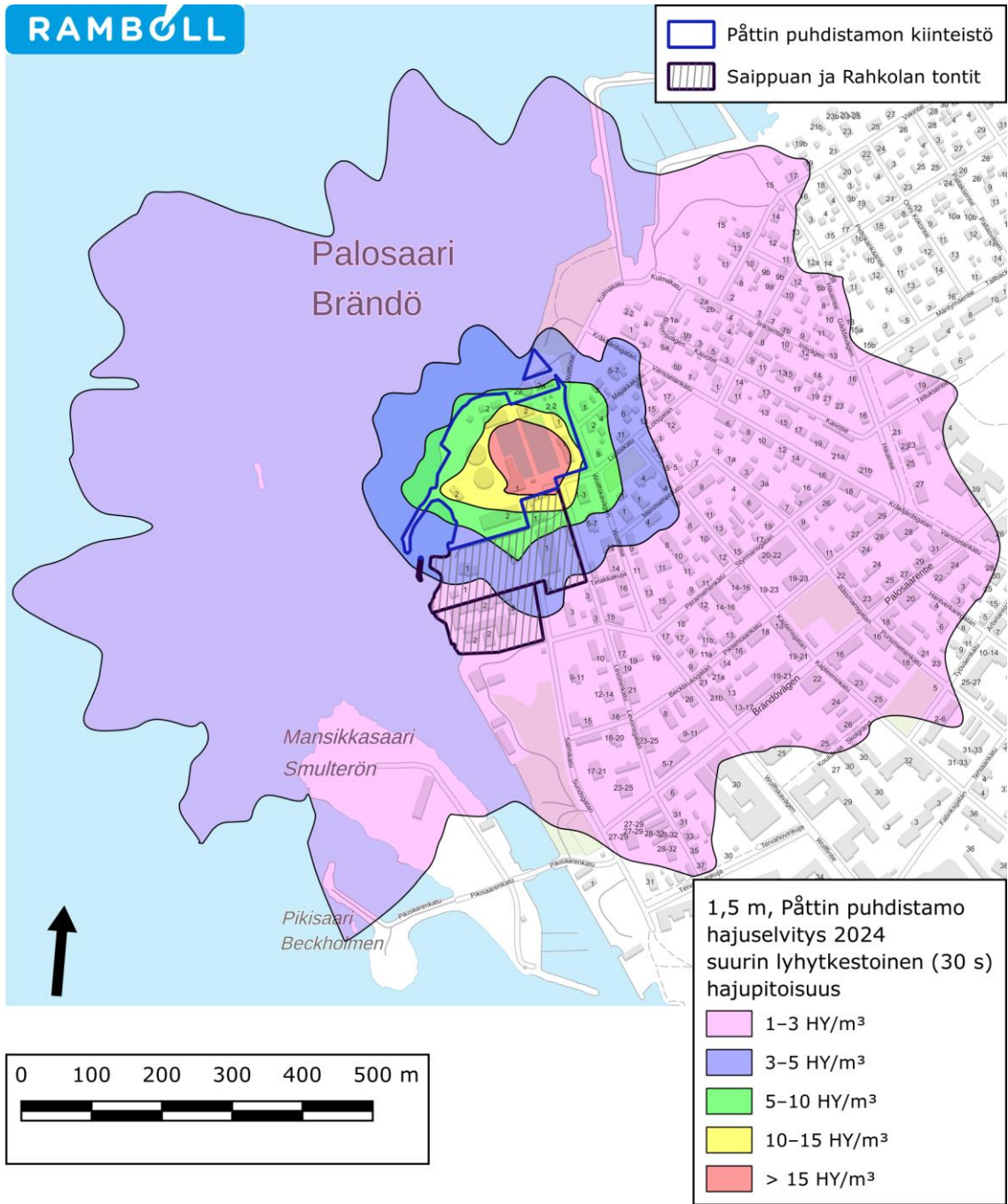
Seuraavissa kuvissa on esitetty tulokset karttapohjilla. Tarkastelussa on huomioitava, että suurimpien pitoisuuksien käyrästöt eivät edusta koko tarkastelualueella samanaikaisesti vallitsevaa tilannetta, vaan pitoisuuksien suurimmat arvot esiintyvät eri pisteissä eri ajankohtina riippuen tuulen suunnasta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

5.1 Tulokset korkeudella **1,5 m** maanpinnasta

5.1.1 Suurimmat hajupitoisuudet

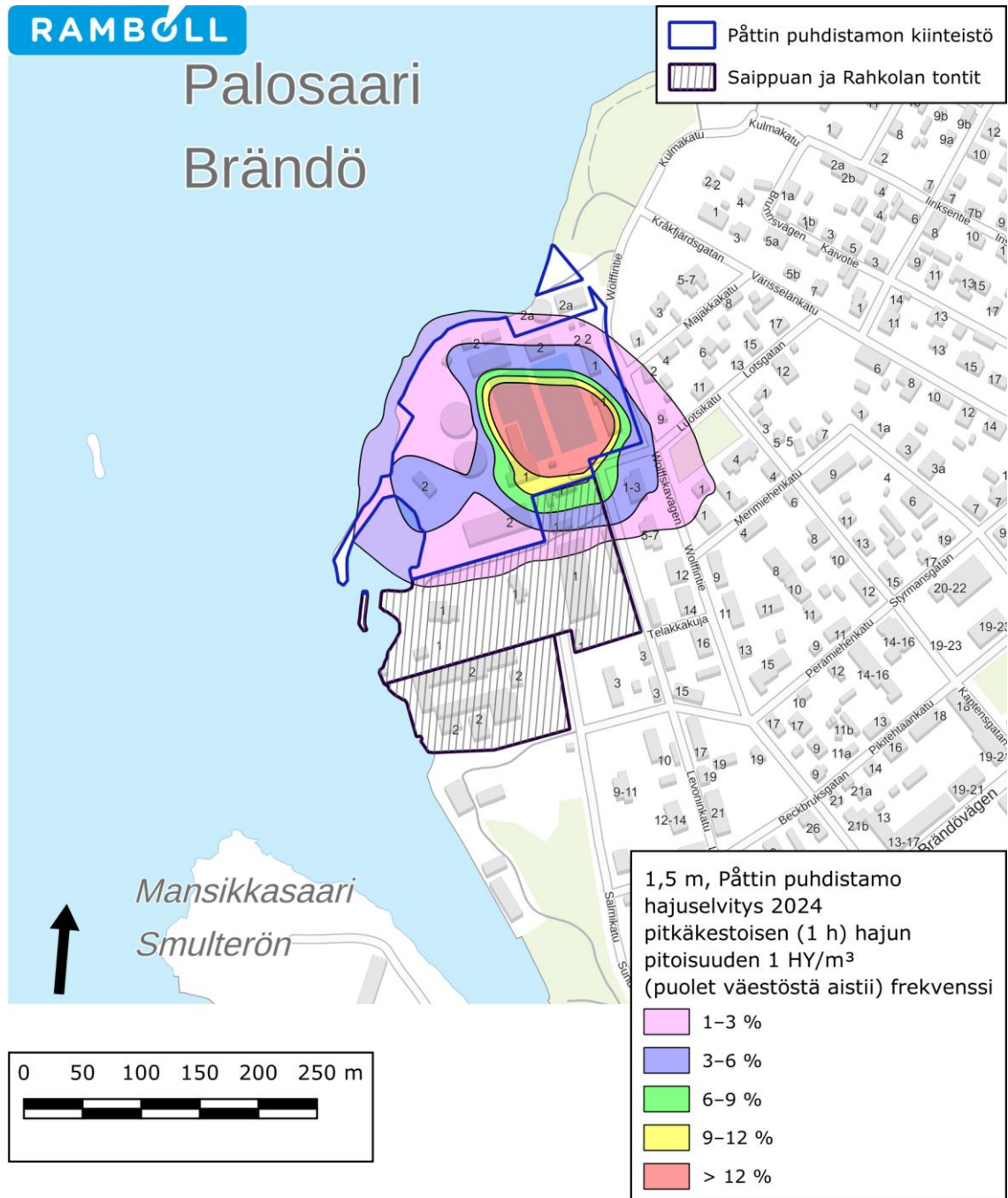


Kuva 3. Suurin pitkäkestoinen (1 h) hajupitoisuus korkeudella **1,5 m** Pättin jätevedenpuhdistamon ympäristössä mallinnuksen mukaan.

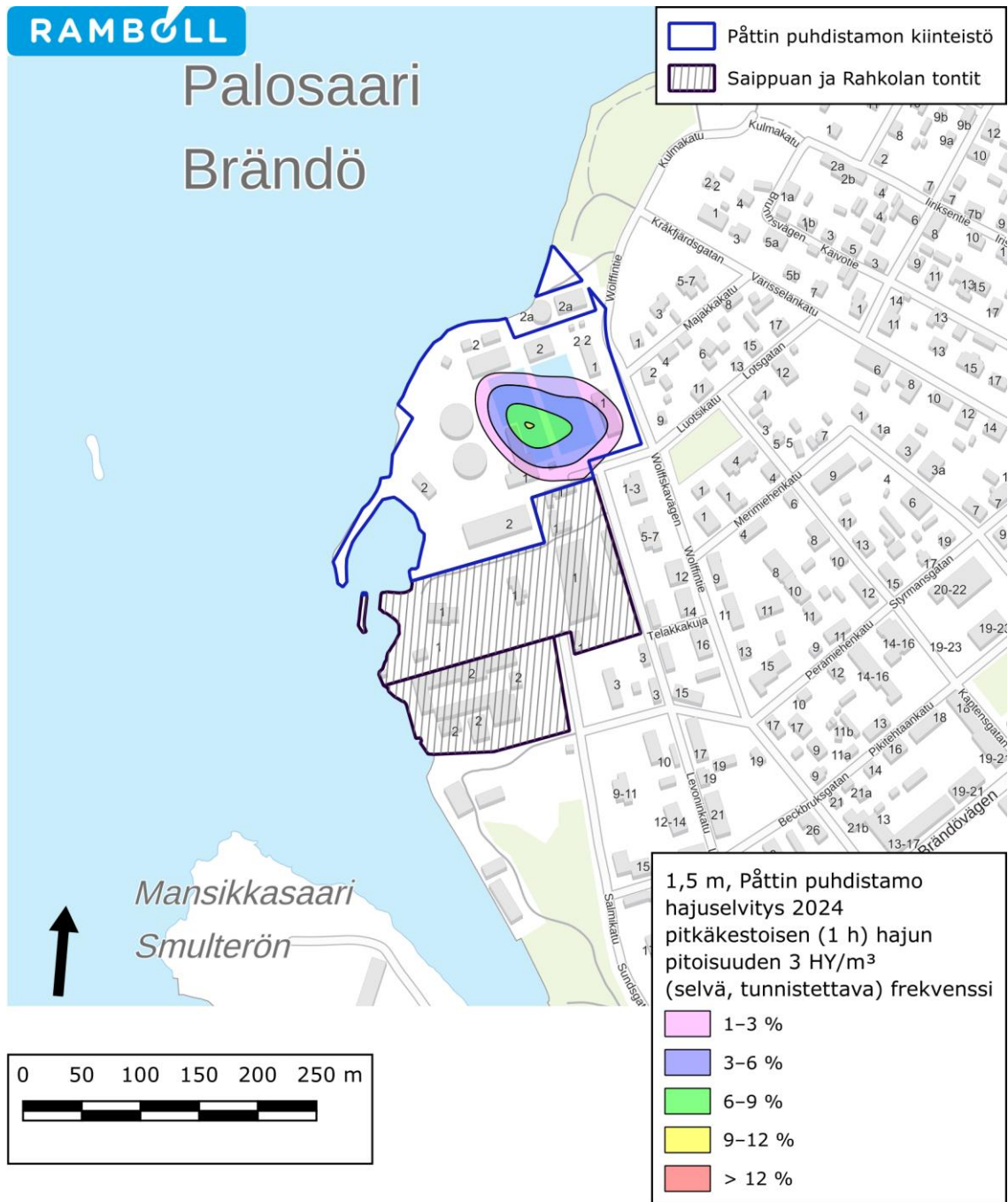


Kuva 4. Suurin lyhytkestoinen (30 s) hajupitoisuus korkeudella 1,5 m Pättin jätevedenpuhdistamon ympäristössä mallinnuksen mukaan.

5.1.2 Hajufrekvenssit



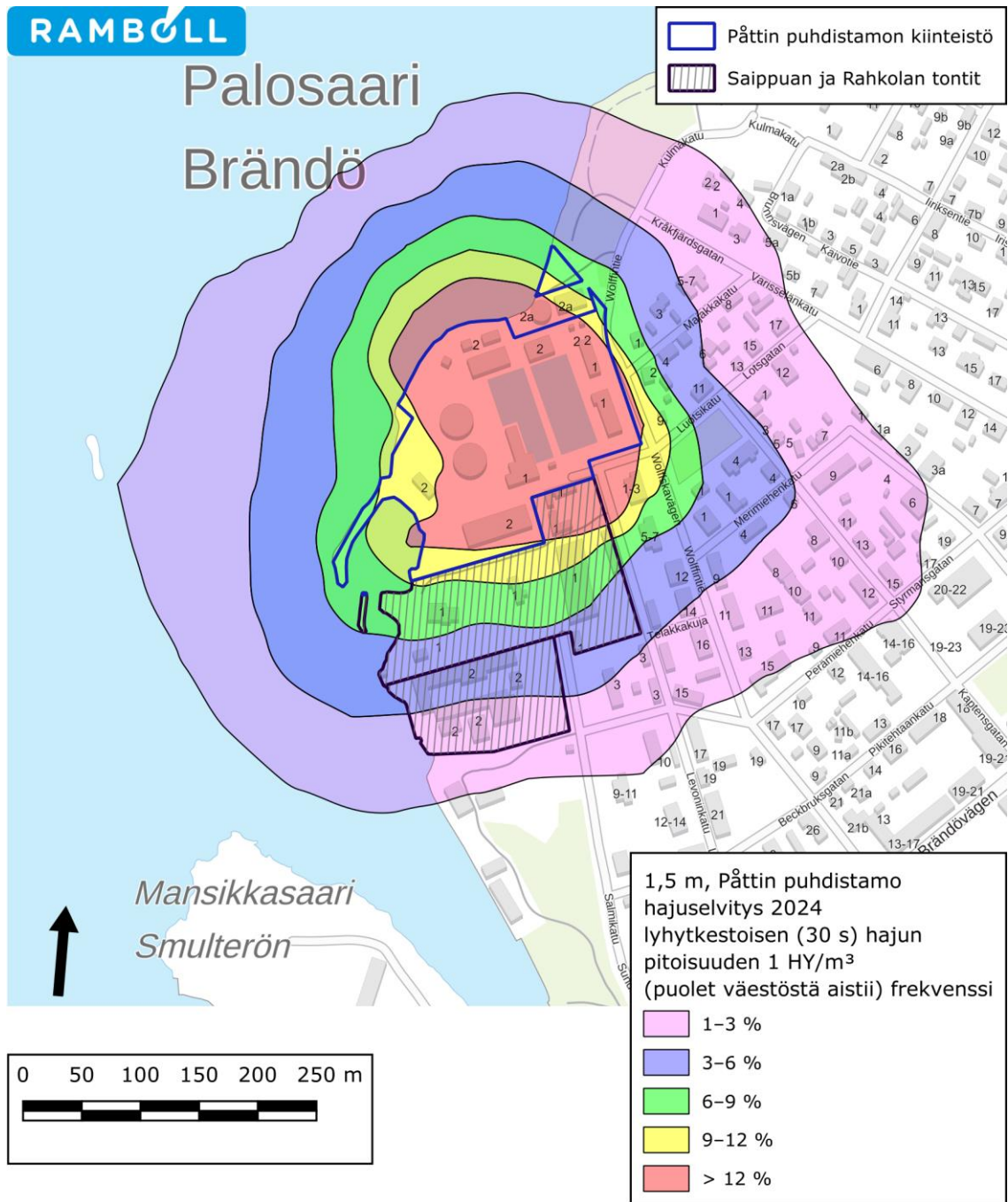
Kuva 5. Pitkäkestoinen (1 h) hajupitoisuuden 1 HY/m³ (puolet väestöstä aistii) frekvenssit korkeudella 1,5 m Pättin jätevedenpuhdistamon ympäristössä mallinnuksen mukaan.



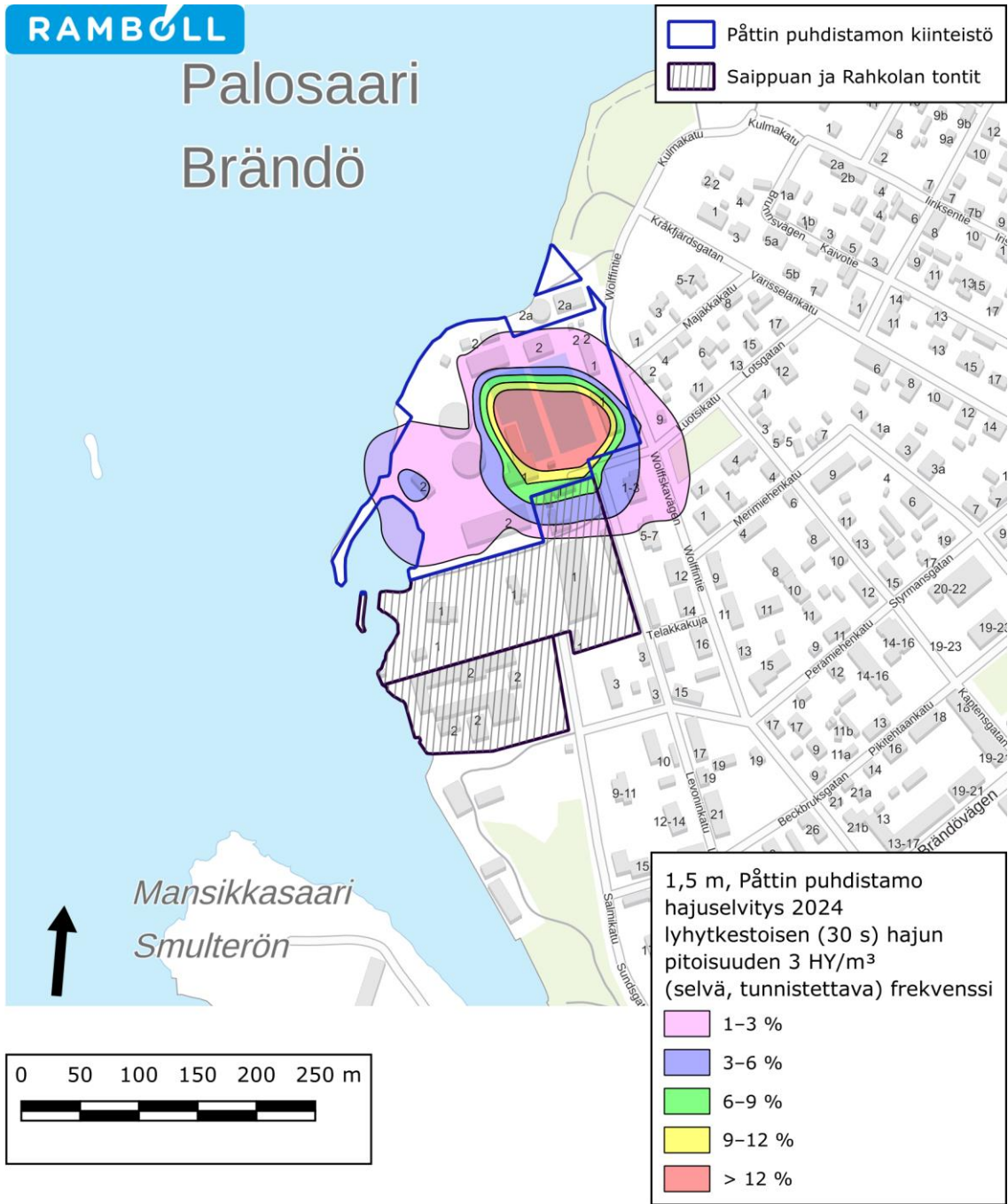
Kuva 6. Pitkäkestoinen (1 h) hajupitoisuuden 3 HY/m³ (selvä, tunnistettava haju) frekvenssit korkeudella 1,5 m Pättin jätevedenpuhdistamon ympäristössä mallinnuksen mukaan.



Kuva 7. Pitkäkestoinen (1 h) hajupitoisuuden 5 HY/m³ (melko voimakas, tunnistettava haju) frekvenssit korkeudella 1,5 m Pättin jätevedenpuhdistamon ympäristössä mallinnuksen mukaan.



Kuva 8. Lyhytkestaisen (30 s) hajupitoisuuden 1 HY/m³ (puolet väestöstä aistii) frekvenssit korkeudella 1,5 m Pättin jätevedenpuhdistamon ympäristössä mallinnuksen mukaan.



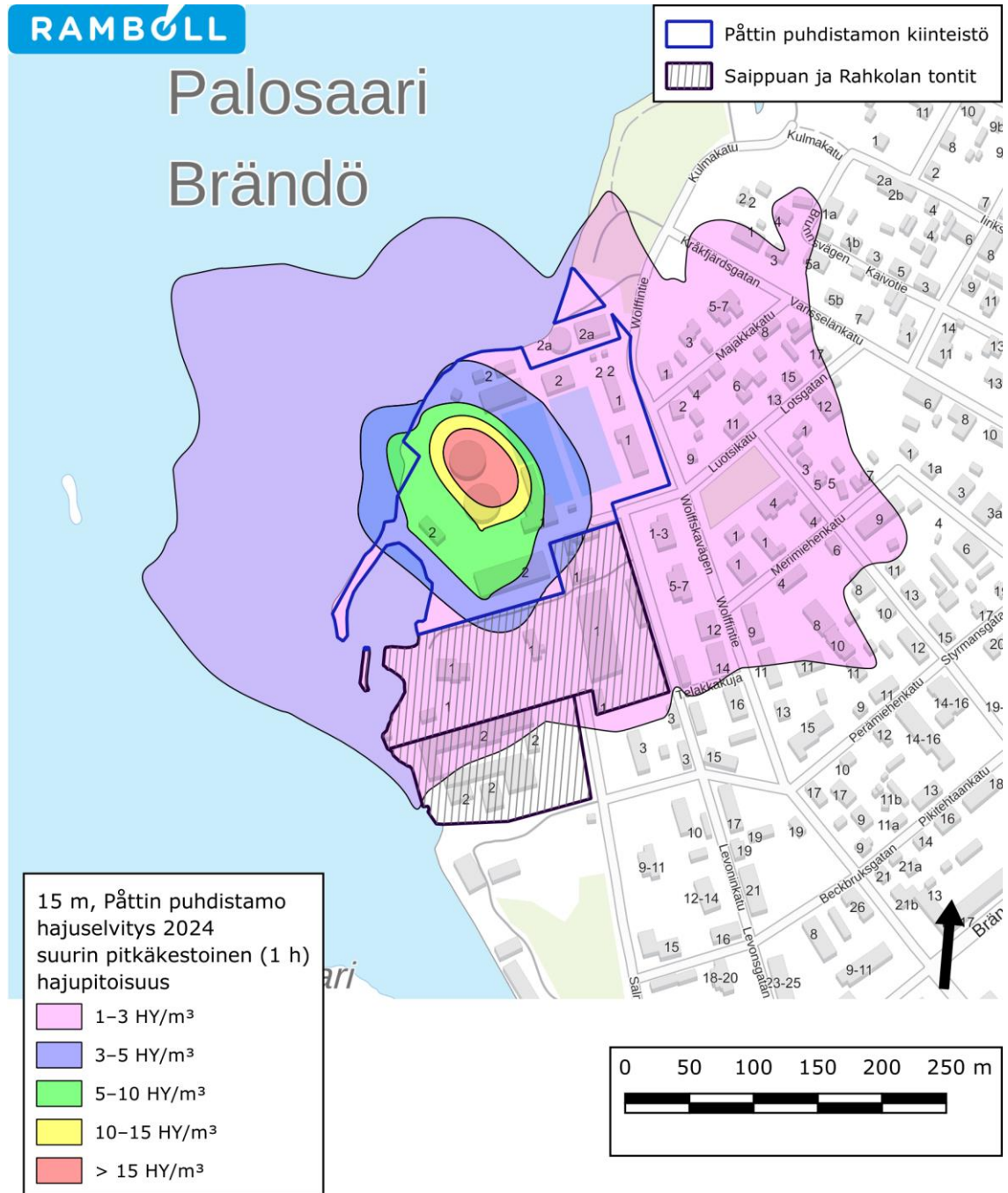
Kuva 9. Lyhytkestaisen (30 s) hajupitoisuuden 3 HY/m³ (selvä, tunnistettava haju) frekvenssit korkeudella 1,5 m Pättin jätevedenpuhdistamon ympäristössä mallinnuksen mukaan.



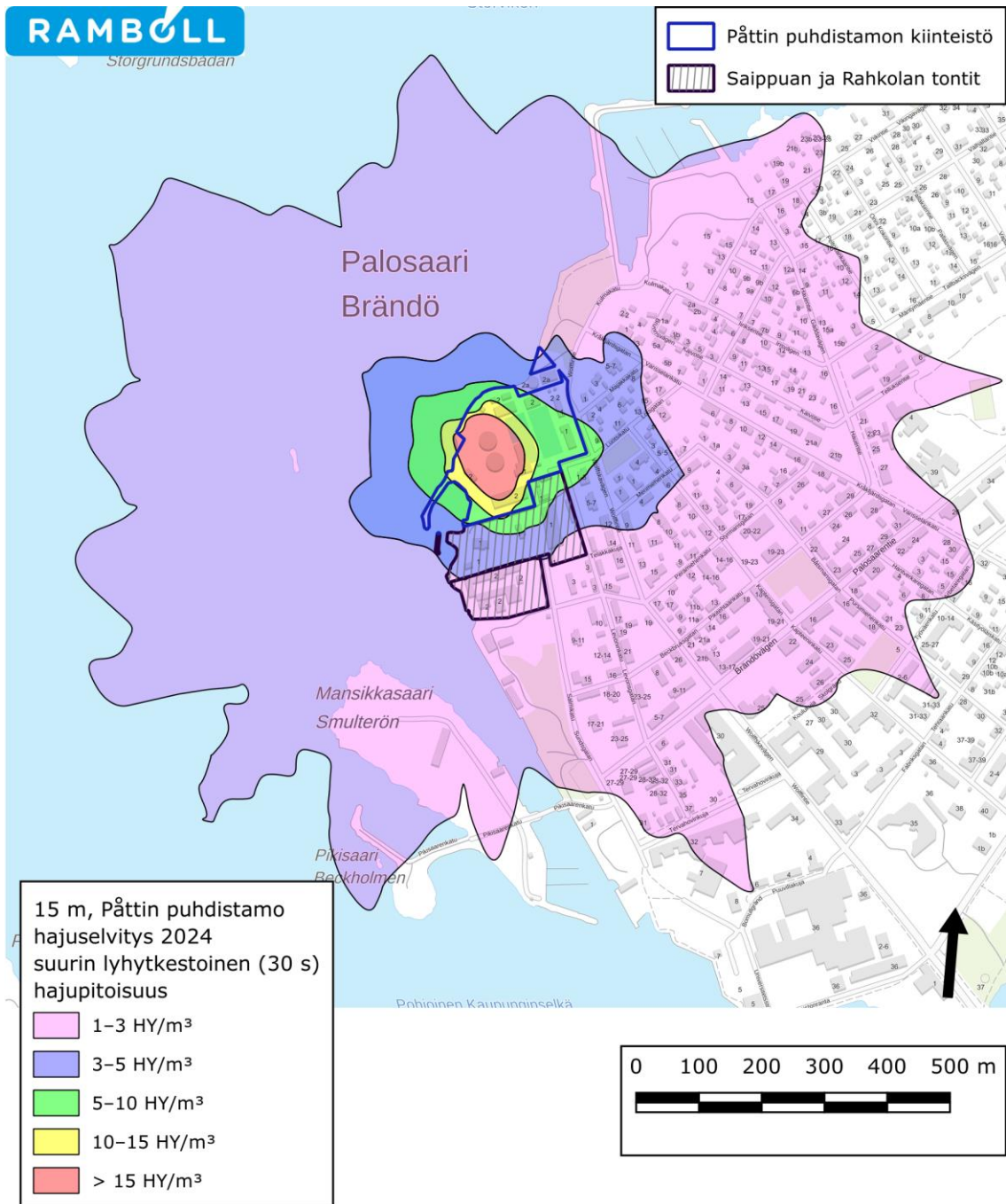
Kuva 10. Lyhytkestoisen (30 s) hajupitoisuuden 5 HY/m³ (melko voimakas, tunnistettava haju) frekvenssit korkeudella 1,5 m Pättin jätevedenpuhdistamon ympäristössä mallinnuksen mukaan.

5.2 Tulokset korkeudella **15 m** maanpinnasta

5.2.1 Suurimmat hajupitoisuudet

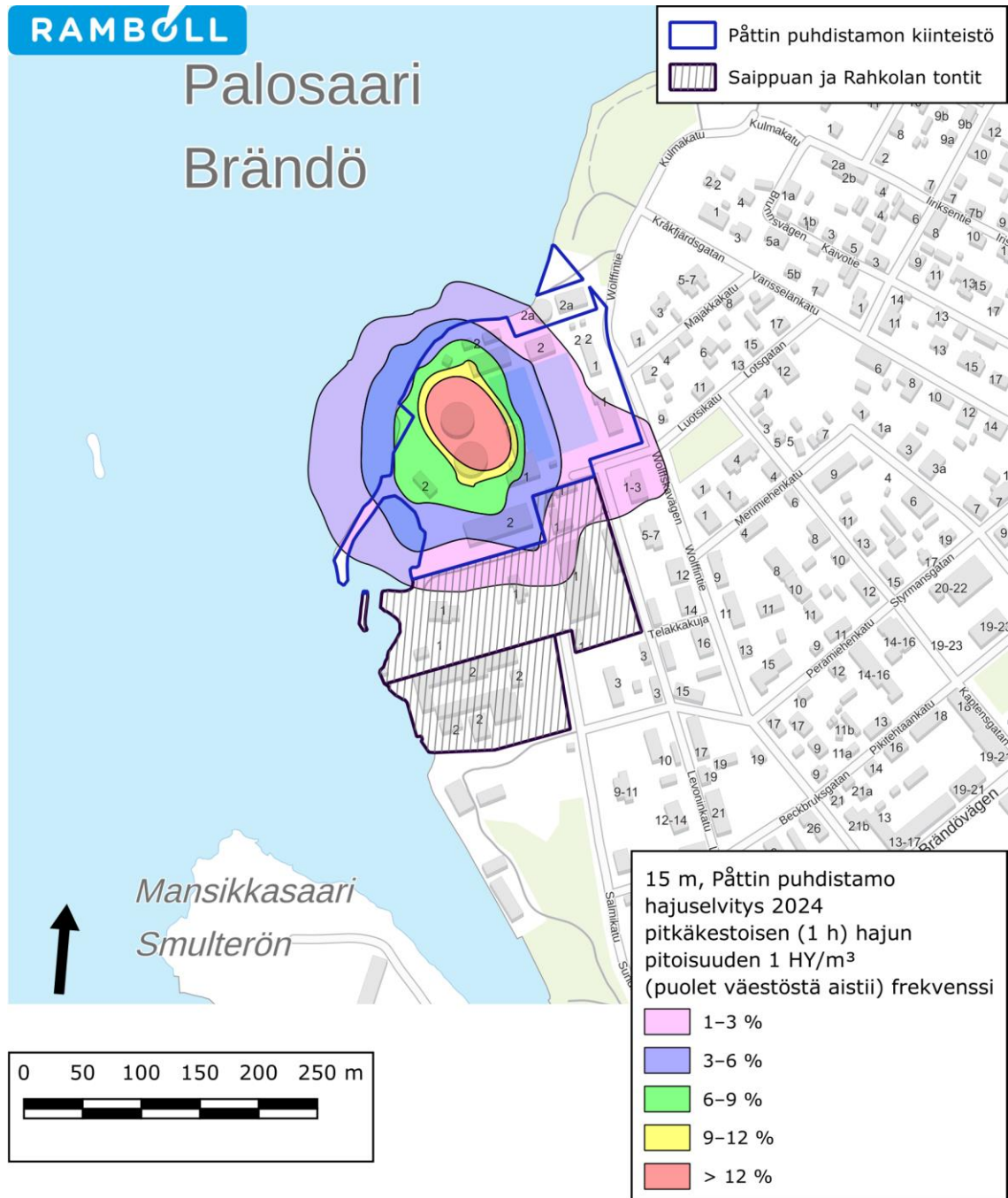


Kuva 11. Suurin pitkäkestoinen (1 h) hajupitoisuus korkeudella 15 m Pättin jätevedenpuhdistamon ympäristössä mallinnuksen mukaan.

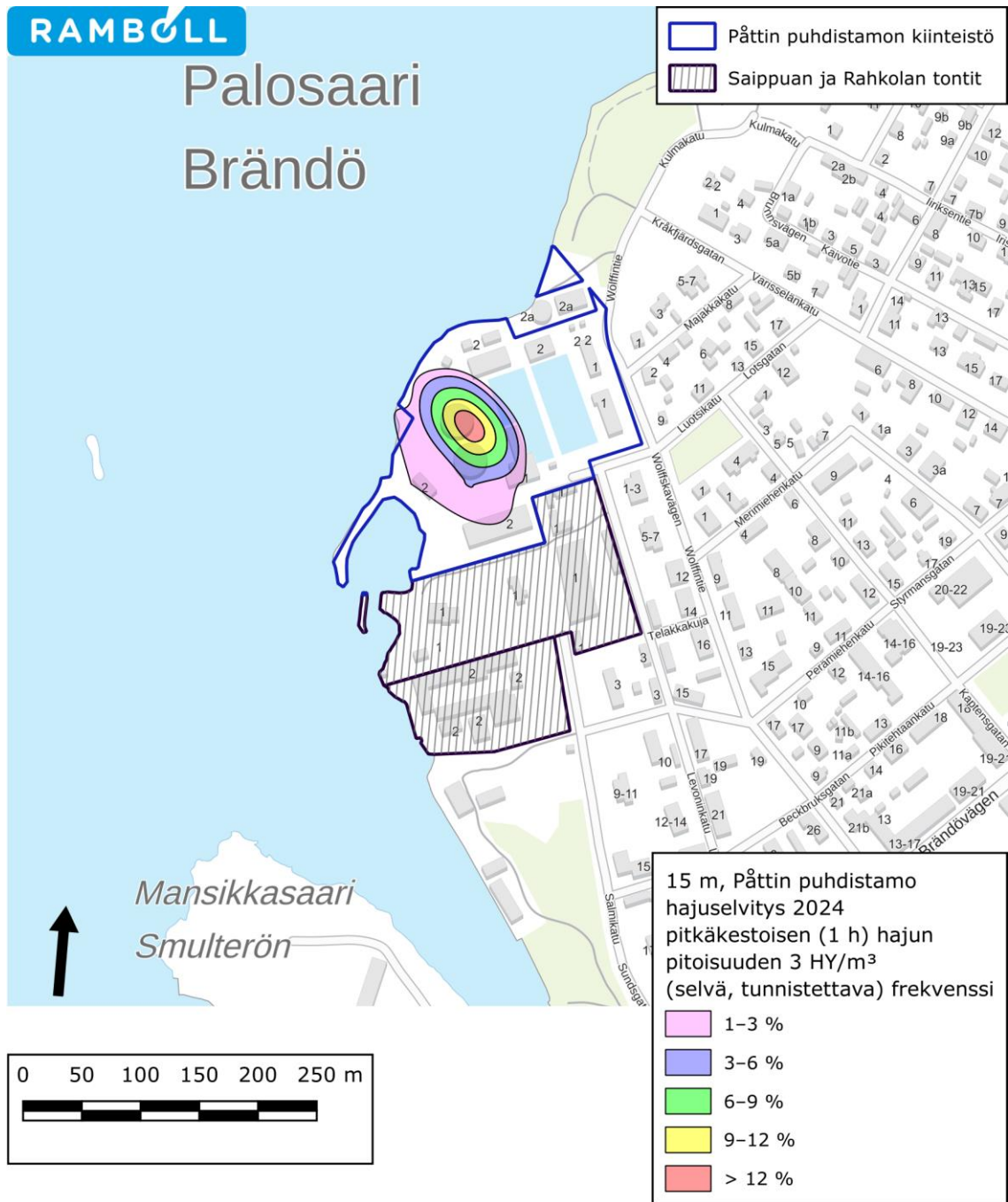


Kuva 12. Suurin lyhytkestoinen (30 s) hajupitoisuus korkeudella 15 m Pättin jätevedenpuhdistamon ympäristössä mallinnuksen mukaan.

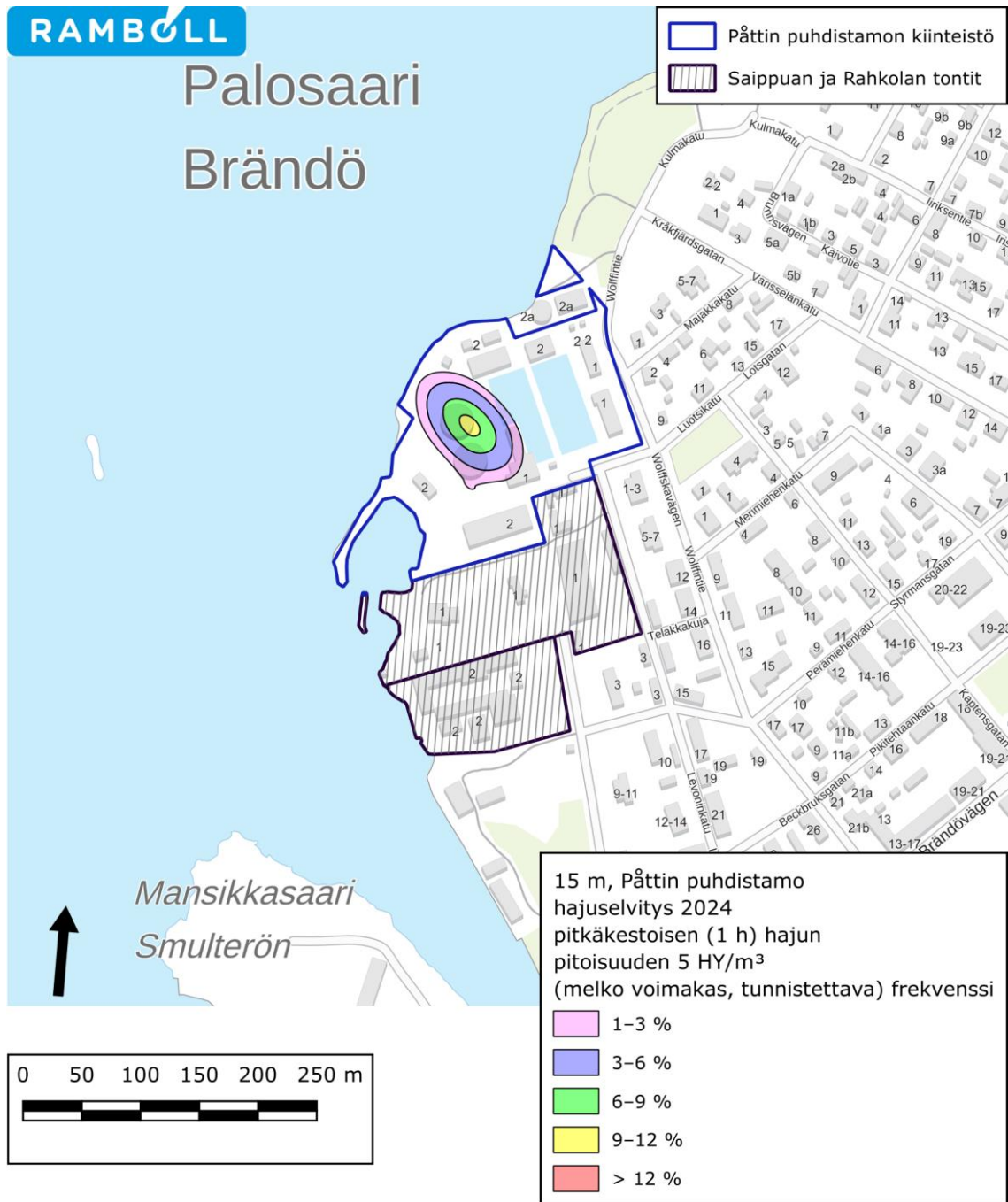
5.2.2 Hajufrekvenssit



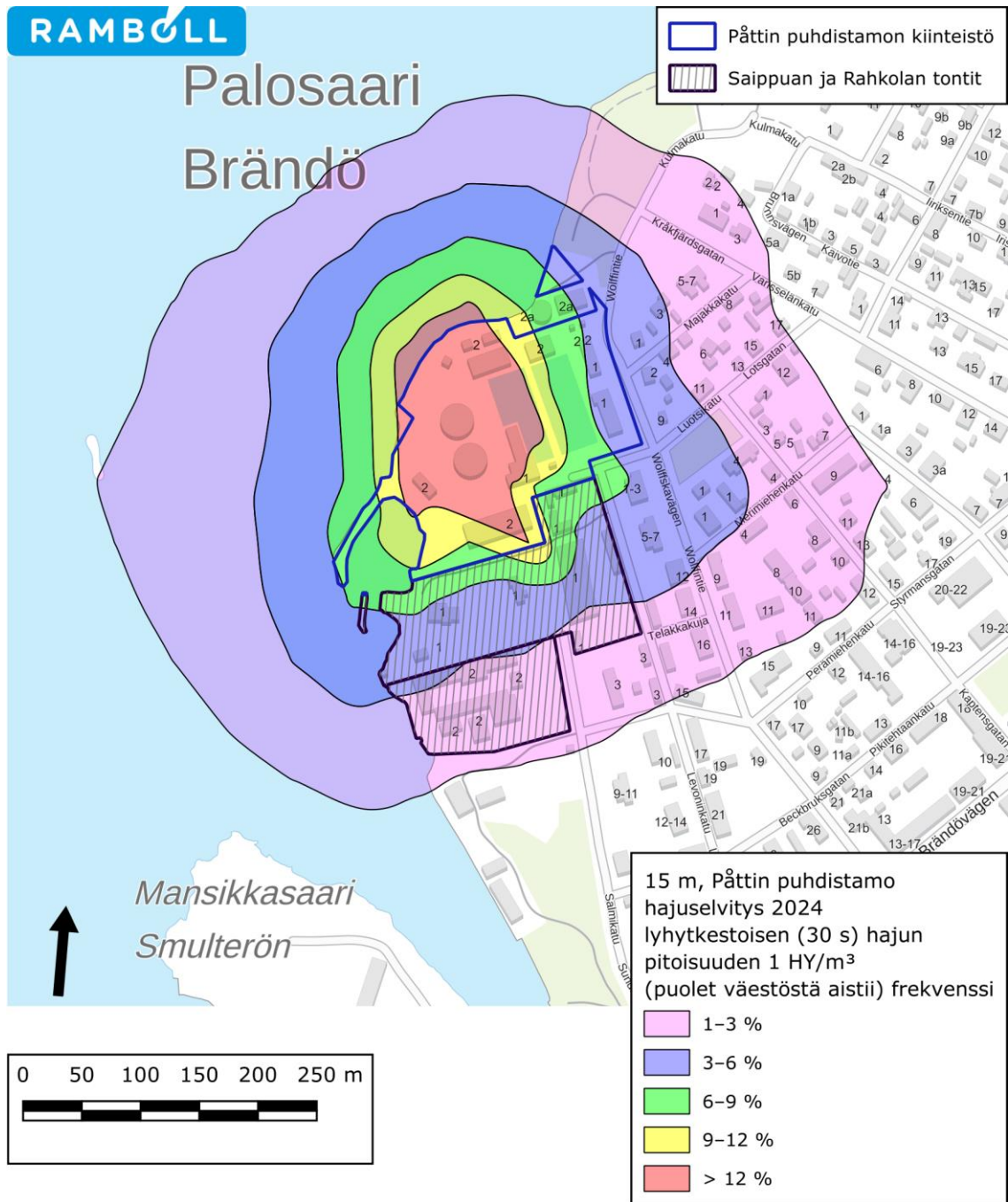
Kuva 13. Pitkäkestoisen (1 h) hajupitoisuuden 1 HY/m³ (puolet väestöstä aistii) frekvenssit korkeudella 15 m Pättin jätevedenpuhdistamon ympäristössä mallinnuksen mukaan.



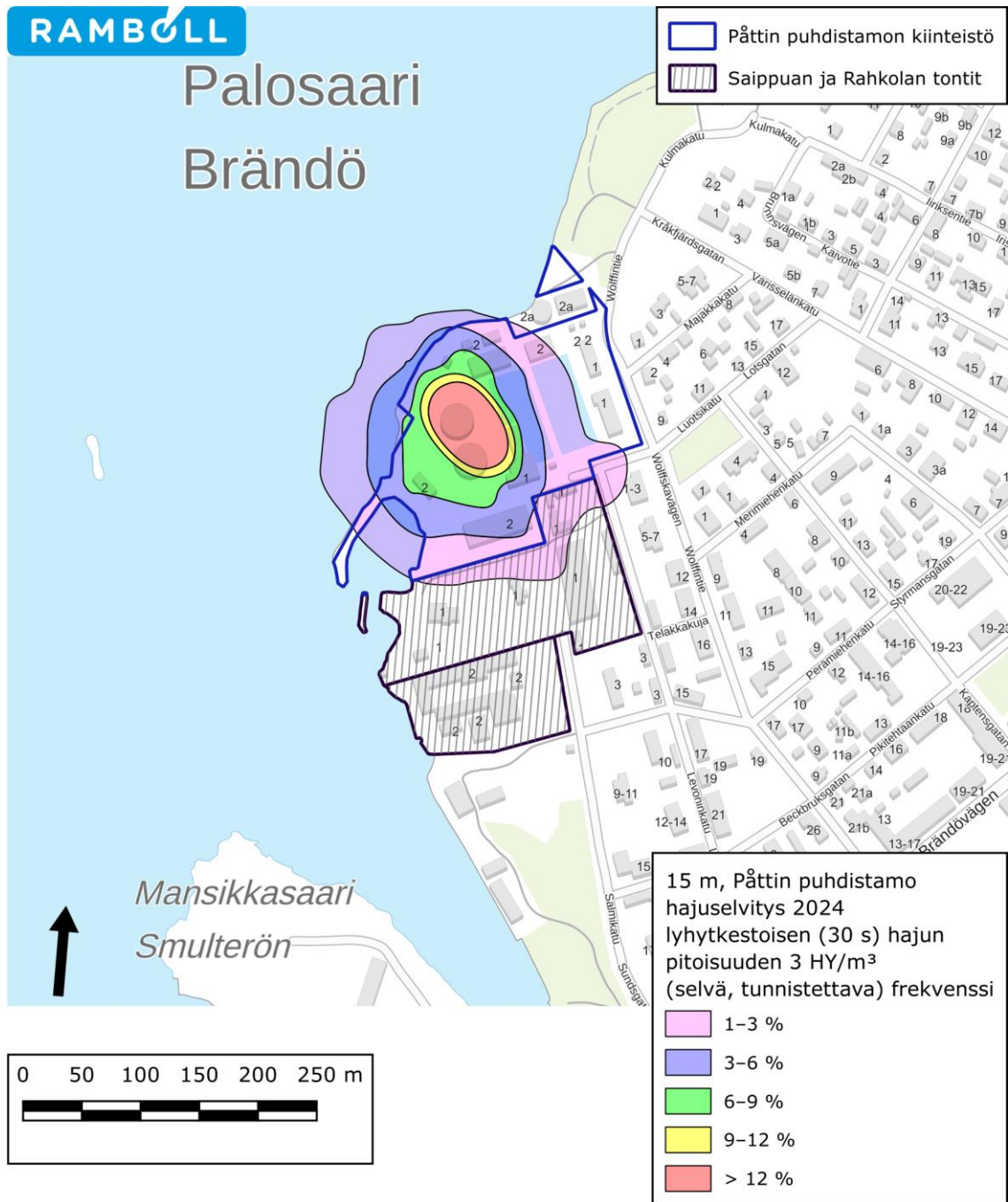
Kuva 14. Pitkäkestoinen (1 h) hajupitoisuuden 3 HY/m³ (selvä, tunnistettava haju) frekvenssit korkeudella 15 m Pättin jätevedenpuhdistamon ympäristössä mallinnuksen mukaan.



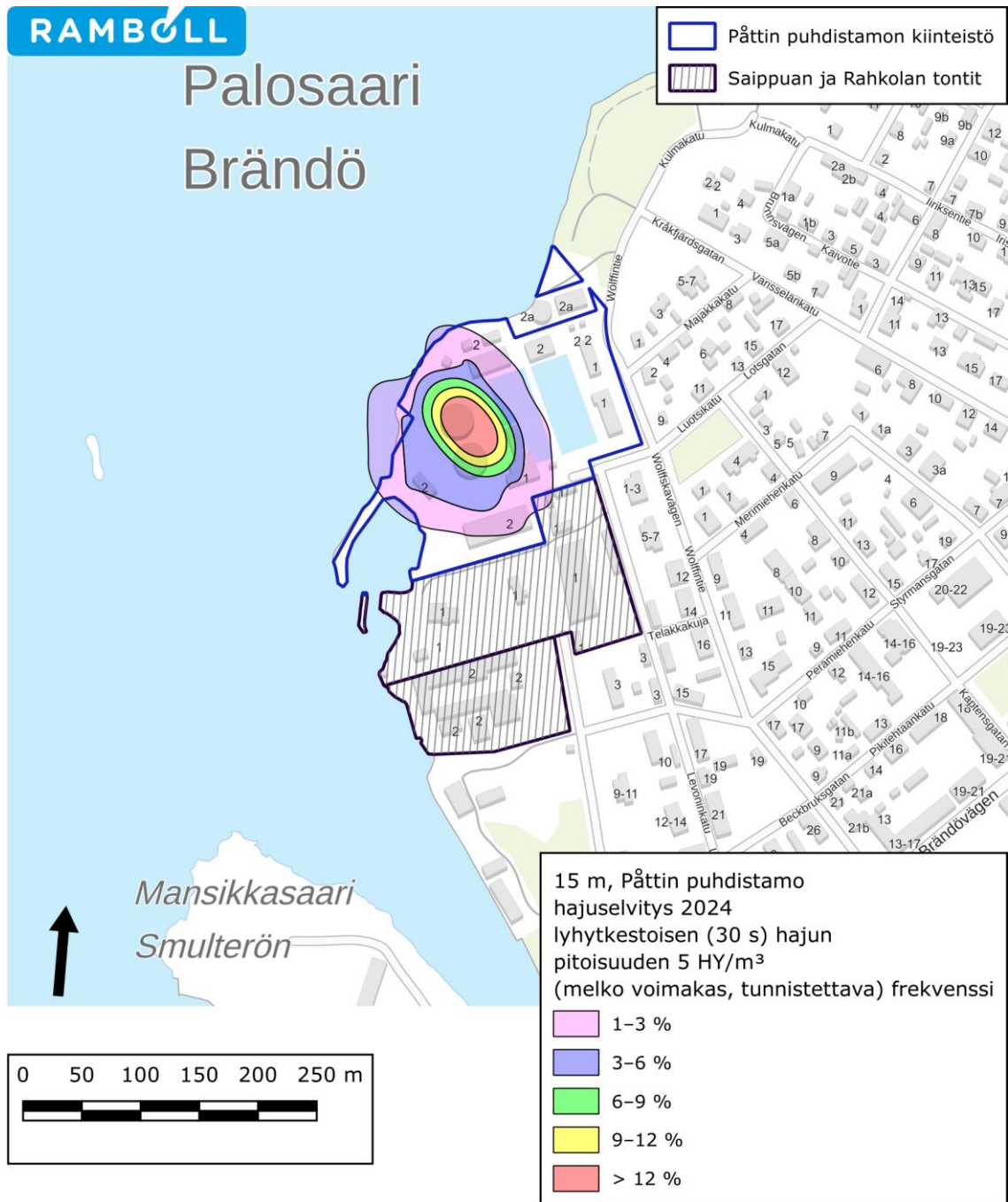
Kuva 15. Pitkäkestoinen (1 h) hajupitoisuuden 5 HY/m³ (melko voimakas, tunnistettava haju) frekvenssit korkeudella 15 m Pättin jätevedenpuhdistamon ympäristössä mallinnuksen mukaan.



Kuva 16. Lyhytkestaisen (30 s) hajupitoisuuden 1 HY/m³ (puolet väestöstä aistii) frekvenssit korkeudella 15 m Pättin jätevedenpuhdistamon ympäristössä mallinnuksen mukaan.



Kuva 17. Lyhytkestoisen (30 s) hajupitoisuuden 3 HY/m^3 (selvä, tunnistettava haju) frekvenssit korkeudella 15 m Pättin jätevedenpuhdistamon ympäristössä mallinnuksen mukaan.



Kuva 18. Lyhytkestoisen (30 s) hajupitoisuuden 5 HY/m³ (melko voimakas, tunnistettava haju) frekvenssit korkeudella 15 m Pättin jätevedenpuhdistamon ympäristössä mallinnuksen mukaan.

6. TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Korkeus **1,5 m**

Suurin pitkäkestoinen (1 h) hajupitoisuus oli mallinuksen mukaan vähintään 1 HY/m³ (puolet väestöstä aistii) jopa 200 metrin etäisyydellä puhdistamosta. Vyöhykkeellä jotkut ihmiset voisivat toisinaan aistia heikkoa, puhdistamolta peräisin olevaa hajua tunnin ajan.

Maanpinnan lähellä pitkäkestoisen (1 h) hajupitoisuuden **suurin** mallinnustulos oli vähintään 3 HY/m³ (selvä, tunnistettava hajua) puhdistamon kiinteistön ulkopuolella Levoninkatu 1–3:n kohdalla, Wolffintien kohdalla sekä eteläpuoleisella tontilla maksimissaan 40 metrin etäisyydellä. Pitoisuus ylitti 5 HY/m³ (melko selvä, tunnistettava hajua) pienellä alueella puhdistamon kiinteistön eteläpuolella. Pitoisuuksien 3 HY/m³ ja 5 HY/m³ vyöhykkeet eivät ylittäneet kaavoitusalueen asumista varten suunnitellulle osalle.

Suurin lyhytkestoinen (30 s) hajupitoisuus oli tasolla 1 HY/m³ (puolet väestöstä aistii) jopa 650 metrin etäisyydellä puhdistamosta. Vyöhykkeellä jotkut ihmiset voisivat toisinaan aistia heikkoa, puhdistamolta peräisin olevaa hajua lyhytaikaisesti.

Suurin lyhytkestoinen (30 s) hajupitoisuus oli suurempi kuin 3 HY/m³ (selvä, tunnistettava hajua) etäisimmillään 130 metriä puhdistamon kiinteistöltä etelään päin ja 160 metriä kaakkoon. Suurin pitoisuus oli vähintään 5 HY/m³ (melko selvä, tunnistettava hajua) kaukaisimmillaan 70 metrin päässä puhdistamon kiinteistön rajasta.

Pitkäkestoisen (1 h) hajupitoisuuden 1 HY/m³ (puolet väestöstä aistii) **frekvenssi** oli 3 % pisimmillään 45 metrin etäisyydellä puhdistamokiinteistöstä sen etelä- ja kaakkoispuolella (Levoninkatu 1–3, eteläpuoleinen tontti). Hajupitoisuuksien 3 HY/m³ (selvä, tunnistettava hajua) ja 5 HY/m³ (melko voimakas, tunnistettava hajua) **frekvenssi** ei ylittänyt tasoa 3 % puhdistamon alueen ulkopuolella.

Lyhytkestoisen (30 s) hajupitoisuuden 1 HY/m³ (puolet väestöstä aistii) **frekvenssi** oli 3 % kaukaisimmillaan vajaan 140 metrin etäisyydellä puhdistamon alueesta. Vyöhykkeellä sijaitsee useita nykyisiä asuintaloja, ja ne ulottuvat kaukaisemmalle tontille etelän suuntaan. Frekvenssi ylitti 6 % jopa 70 metrin etäisyydellä.

Lyhytkestoisen (30 s) hajupitoisuuden 3 HY/m³ (selvä, tunnistettava hajua) **frekvenssin** 3 % vyöhyke ulottui maksimissaan noin 40 metriä puhdistamokiinteistön rajojen ulkopuolelle (Levoninkatu 1–3, eteläpuoleinen tontti). Pitoisuuden 5 HY/m³ (melko voimakas, tunnistettava hajua) **frekvenssi** ylitti tason 3 % vain aivan puhdistamon portin vieressä alueen ulkopuolella. Pitoisuuksien 3 HY/m³ ja 5 HY/m³ lyhytkestoiset frekvenssit olivat pienempiä kuin 3 % kaavoitusalueen asumista varten suunnitellulla osalla.

Hengityskorkeudella suurin hajuvaikutus ympäristössä arvioidaan olevan ilmastusaltaan hajupäästöillä. Näin ollen myös hajun luonne voi olla enimmäkseen ilmastusaltaan hajun kaltainen. Tässä selvityksessä näytteen hajunkuvaukset olivat ”kirpeä; home; tunkkainen; multa”. Sopivissa sääoloissa myös esiselkeytyksen ja ruuvikuljettimen päästöt voivat vaikuttaa lähiympäristössä.

6.2 Korkeus **15 m**

Korkeudella 15 m **suurin** pitkäkestoinen (1 h) hajupitoisuus oli suurempi kuin 1 HY/m³ (puolet väestöstä aistii) alueella, joka ylsi enintään 250 metrin päähän puhdistamolta. Hajupitoisuus oli 3 HY/m³ (selvä, tunnistettava hajua) tai suurempi puhdistamokiinteistön ulkopuolella vain pienellä alueella eteläpuolisella tontilla.

Suurin lyhytkestoinen (30 s) hajupitoisuus 15 metrin korkeudessa oli suurempi kuin 1 HY/m³ (puolet väestöstä aistii) jopa 700 metrin etäisyydellä. Saman kestoajan pitoisuuden 3 HY/m³ (selvä,

tunnistettava haju) alue ulottui enintään 150 metrin etäisyydelle, ja se peitti lähimmän etelänpuoleisen tontin lähes kokonaan. Tällä korkeudella lyhytkestoista (30 s) pitoisuutta 5 HY/m^3 (melko voimakas, tunnistettava haju) esiintyi kaukaisimmillaan 30 metriä puhdistamon ulkopuolella.

Korkeudella 15 m pitkäkestoisen (1 h) hajupitoisuuden 1 HY/m^3 (puolet väestöstä aistii) **frekvenssi** oli yli 3 % vain hyvin pienellä alueella etelänpuoleisella naapuritontilla ja lisäksi meren yllä. Pitkäkestoisten (1 h) hajupitoisuuksien 3 HY/m^3 (selvä, tunnistettava haju) ja 5 HY/m^3 (melko voimakas, tunnistettava haju) frekvenssi ei ylittänyt tasoa 3 % puhdistamon kiinteistön ulkopuolella 15 metrin korkeudessa.

Lyhytkestoisen (30 s) hajupitoisuuden 1 HY/m^3 (puolet väestöstä aistii) **frekvenssi** ylitti tason 3 % enintään 120 metrin päässä puhdistamon alueesta, ja frekvenssi oli 6 % enintään 35 metrin etäisyydellä puhdistamon tontista. Lyhytkestoisten (30 s) hajupitoisuuksien 3 HY/m^3 (selvä, tunnistettava haju) ja 5 HY/m^3 (melko voimakas, tunnistettava haju) frekvenssi ei käytännössä ylittänyt tasoa 3 % puhdistamon kiinteistön ulkopuolella 15 metrin korkeudessa.

Viidentoista metrin korkeudella maanpinnasta esiselkeytyksen ja lietesiihon poistoilla arvioidaan olevan merkittävä vaikutus hajupitoisuuksiin. Näiden päästölähteiden näytteiden hajunkuvaukset olivat koottuna "viemäri; kitkerä; öljymäinen; laimea; mätä; tunkkainen; imelä; hapan; käynyt". Ilmastuslaitteiden hajupäästöt eivät todennäköisesti vaikuta merkittävästi näin korkealla.

7. YHTEENVETO

Tässä selvityksessä eivät olleet mukana lietteen vastaanoton ovesta vapautuvat hajupäästöt, minkä vuoksi vaikutukset maanpinnan lähellä jäivät jonkin verran pienemmiksi kuin Pättin tehotarkkailun mallinnuksessa (Ramboll 2023b), vaikka kokonaishajupäästöt olivatkin suuremmat (ks. kappale 3.4).

Edellisessä luvussa mainittuja suurimpia hajupitoisuuksia ei voida suoraan käyttää hajuhaitan syntymisen arviointiin, koska tilanteet ovat harvinaisia. Hajuhaitan syntymistä voidaan paremmin arvioida tarkastelemalla hajufrekvenssejä, joihin myös VTT:n hajuohjearvoehdotus perustuu. Hajupitoisuuden 1 HY/m³ (puolet väestöstä aistii) frekvenssejä pidetään vähemmän merkityksellisinä hajuhaitan syntymisen kannalta nimenomaan siksi, koska kaikki eivät aisti kyseistä hajupitoisuutta. Näin ollen pitoisuuksien 3 HY/m³ (selvä, tunnistettava haju) ja 5 HY/m³ (melko voimakas, tunnistettava haju) frekvenssit ovat oleellisemmat tulosten tulkinnessa.

Hajufrekvenssien perusteella **maanpinnan lähellä** mallinnetut selvät, jatkuvat hajuhaitat arvioidaan epätodennäköisiksi, kun päästöt ovat mallinnuksen mukaiset. Perusteena on tälle se, että Pättin puhdistamoalueen ulkopuolella pitkäkestoisen (1 h) hajupitoisuuden 3 HY/m³ (selvä, tunnistettava haju) frekvenssi oli pienempi kuin 3 % eli pienempi kuin VTT:n ohjearvoehdotuksessa. Lyhytkestoisena (30 s) selviä hajuja voidaan mallinnuksen mukaan havaita 3 %:na tunneista Levo-ninkatu 1–3:ssa. Sekä pitkäkestoisten (1 h) että lyhytkestoisten (30 s) hajupitoisuuksien 3 HY/m³ (selvä, tunnistettava haju) ja 5 HY/m³ (melko voimakas, tunnistettava haju) frekvenssit jäivät pienemmiksi kuin 3 % sillä kaavoitusalueen osalla, jota on suunniteltu asuinkäyttöön.

Suurimmat hajupitoisuudet kohosivat mallissa käytetyillä päästöillä **15 metrin korkeudessa** suuremmiksi kuin maanpinnan lähellä, mutta ne esiintyivät puhdistamon kiinteistön yläpuolella. Pitoisuuden 3 HY/m³ (selvä, tunnistettava haju) hajufrekvenssit 15 metrin korkeudessa olivat suurempia kuin 3 % lähes täydellisesti puhdistamon alueen yläpuolella, joten VTT:n ohjearvoehdotus ei ylittynyt kaavoitusalueen eikä olemassa olevien asuintalojen yläpuolella.

Sopivissa oloissa puhdistamon lähiympäristössä hajut voivat olla lyhytaikaisesti voimakkaita niin maanpinnan lähellä kuin korkeammallakin. Viidennen kerroksen korkeudessa hajun luonne voi olla jonkin verran epämiellyttävämpi kuin maanpinnan lähellä, koska ylempänä siihen vaikuttaa lietesii-lon poiston hajupäästö.

RAMBOLL FINLAND OY

Ympäristö ja terveys / Ilmanlaatu ja melu



Toni Keskitalo
tutkimuspäällikkö



Anne Kiljunen
ympäristöasiantuntija

8. KIRJALLISUUS

Bokowa ym. 2021: Bokowa, A., Diaz, C., Koziel, J. A., McGinley, M., Barclay, J., Schauburger, G., Guillot, J.-M., Sneath, R., Capelli, L., Zorich, V., Izquierdo, C., Bilsen, I., Romain, A.-C., del Carmen Cabeza, M., Liu, D., Both, R., Van Belois, H., Higuchi, T. & Wahe, L., Summary and Overview of the Odour Regulations Worldwide. *Atmosphere* 2021, 12, 206. <https://doi.org/10.3390/atmos12020206>

IL 2014: Salmi, J., Laukkanen, E. & Lovén, K., Naantalin 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/Raportti_Naantalin_ja_Raision_hajumallinnus_20141215_www.pdf

Ramboll 2018. Vaasan Vesi. Pättin jätevedenpuhdistamon hajun leviämismallinnus. Ramboll Finland Oy, päiväys 13.4.2018.

Ramboll 2023a: Vaasan Vesi. Pättin jätevedenpuhdistamon hajunpoiston toimenpidesuunnitelma – Hajumallinnus – Skenaario 2. Ramboll Finland Oy, päiväys 3.3.2023.

Ramboll 2023b: Vaasan kaupunki, Vaasan Vesi. Pättin puhdistamon hajuseelvitys Vaasan Palosaaressa, loppuraportti, tehotarkkailu. Ramboll Finland Oy, päiväys 12.7.2023.

SFS-EN 13725: Stationary source emissions. Determination of odour concentration by dynamic olfactometry and odour emission rate. Vahvistettu 2022-03-04. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, Helsinki.

Schauburger 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.

VDI 3880: Olfactometry. Static sampling, Verein Deutscher Ingenieure. October 2011.

VTT 1995: Arnold, M., Hajuohjearvojen perusteet. VTT Kemiantekniikka. VTT Tiedotteita 1711. Espoo 1995.

LIITE 1
Hajupitoisuuden määrittämisen analyysitodistus

Asiakirjatyyppi

Analyysitodistus

Päivämäärä

5.7.2024

Viite

1510084418

VAASAN KAUPUNKI HAJUPITOISUUDEN MÄÄRITYS 4.7.2024

Ramboll

Ylistönmäentie 26

40500 Jyväskylä

T +358 20 755 611

F +358 20 755 7801

www.ramboll.fi



Tilaaja: Vaasan kaupunki
Sopimus: tarjous 179233, 15.4.2024; konsulttisopimus 27.6.2024
Näytteenottopäivä: 3.7.2024
Analysointipäivä: 4.7.2024
Näytteitä: 6 kpl

Määrittysten suoritus

Ramboll Finland Oy:n ottamille kaasunäytteille suoritettiin hajupitoisuuden määrittys olfaktometrisesti hajupaneelissa.

Olfaktometrisessä analyysissä mitataan kaasumaiselle näytteelle hajupitoisuus eli mittauspisteessä olevan hajun voimakkuus. Hajupitoisuus 1 HY/m³ tarkoittaa sitä laimennuskerrointa, jolla näytekaasu on laimennettava, jotta puolet hajupaneelin jäsenistä ei enää havaitse hajua.

Näytteiden hajupitoisuudet määritettiin olfaktometrillä (TO EVOLUTION) standardin SFS-EN 13725 ("Air Quality. Determination of odour concentration by dynamic olfactometry") mukaisesti. Väkevät kaasunäytteet laimennettiin tarvittaessa standardin SFS-EN 13725 vaatimukset täyttävällä EPD-esilaimennusyksiköllä ennen olfaktometriä määrittystä. Kaikki panelistit ovat läpäisseet standardin mukaisen *n*-butanolitestin.

Hajupitoisuuden vaihteluväli

Akkreditoituille, havaitsemisrajan ylittäville hajupitoisuuden määrittämiselle arvioitiin tuloksen vaihteluväli. Tulos on ilmoitettu 95 %:n luottamusvälillä, eli olfaktometrian oletusten täytyessä hajupitoisuus on ilmoitettujen rajojen sisällä 95 %:n todennäköisyydellä. Vaihteluväli laskettiin seuraavilla, standardiin SFS-EN 13725 perustuvilla kaavoilla:

$$\text{aläraja} = c \cdot 10^{-r/2} ; \text{yläraja} = c \cdot 10^{+r/2}$$

jossa c = määritetty hajupitoisuus
 r = olfaktometrian toistettavuusarvo

Ramboll Finland Oy:n olfaktometrialaboratoriolle kansainvälisessä vertailumittauksessa vuonna 2023 määritetty toistettavuusarvo hajupitoisuuden määrittämiselle on $r = 0,346$.

Poikkeamat

Analyysissä ei havaittu poikkeamia.

Määrittysten tulokset**Taulukko 1. Määritetyt hajupitoisuudet ja hajunkuvaukset.**

Näyte	Hajupitoisuus [HY/m ³]	Hajupitoisuuden vaihteluväli [HY/m ³]	Hajunkuvauksia
ilmastusallas *	57	38–85	kirpeä; home; tunkkainen; multa
tiivistämön poisto *	92	62–140	kitkerä; hapan; tunkkainen;
lietesiilon poisto *	120	81–180	laimea; mätä; tunkkainen; imelä; hapan; viemäri; käynyt
esiselkeytys pohjoinen *	1 500	1 000–2 200	viemäri; kitkerä; öljymäinen
esiselkeytys eteläinen *	420	280–620	viemäri; kitkerä; öljymäinen
ruuvikuljettimen poisto *	340	230–500	laimea; viemäri; hapan; paahteinen

* Akkreditoitu määrittys.

Taulukko 2. Esilaimennuskertoimet ja menetelmät.

Näyte	Esilaimennuskerroin	Menetelmä
ilmastusallas *	–	RA7500, SFS-EN 13725
tiivistämön poisto *	–	RA7500, SFS-EN 13725
lietesiilon poisto *	–	RA7500, SFS-EN 13725
esiselkeytys pohjoinen *	–	RA7500, SFS-EN 13725
esiselkeytys eteläinen *	–	RA7500, SFS-EN 13725
ruuvikuljettimen poisto *	–	RA7500, SFS-EN 13725

* Akkreditoitu määrittys.

Jyväskylässä 5. päivänä heinäkuuta 2024

RAMBOLL FINLAND OY

Ympäristö ja terveys / Ilmanlaatu ja melu


Toni Keskitalo
tutkimuspäällikkö