

Vastaanottaja

Kuopion Vesi Liikelaitos

Kirsi Tähti

Suokatu 42

70100 Kuopio

Asiakirjatyyppi

Raportti

Päivämäärä

21.12.2015

Viite

1510022028

KUOPION VESI LIIKELAITOS LEHTONIEMEN PUHDISTAMON HAJUSELVITYS

KUOPION VESI LIIKELAITOS

LEHTONIEMEN PUHDISTAMON HAJUSELVITYS

Päivämäärä **21.12.2015**
Laatija **Toni Keskitalo**
Tarkastaja **Janne Nuutinen**

Viite **1510022028**

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	1
1. JOHDANTO	2
2. MITTAUSKOHTEET	2
3. MITTAUKSET JA MENETELMÄT	2
3.1 Näytteenotto	2
3.2 Hajupitoisuus ja olfaktometria	3
3.3 Hajupitoisuuden ohjearvoja	3
3.4 Leviämismalli	3
4. EPÄVARMUUSTEKIJÖITÄ	4
5. OLFAKTOMETRIAN TULOKSET JA HAJUPÄÄSTÖT	5
6. VERTAILUMALLI	7
7. MALLINNUKSEN TULOKSET	8
7.1 Vertailumalli	8
7.2 Varsinainen malli	8
8. JOHTOPÄÄTÖKSET	8

LIITTEET

Liite 1 Vertailumallin kartat

Liite 2 Nykyisen mallin kartat

Tilaaaja: Kuopion Vesi Liikelaitos
PL 1097
70090 Kuhilas

Aika:

Tekijä: Ramboll Finland Oy
Ramboll Analytics
Mika Laita
Sari Tammisto
Toni Keskitalo

Viite:

TIIVISTELMÄ

Ramboll Finland Oy, Ramboll Analytics otti kaasunäytteitä Kuopion Vesi Liikelaitoksen Lehtoniemen puhdistamolla 2.12.2015. Näytteistä määritettiin hajupitoisuus (yksikkö HY/m^3) olfaktometrisesti. Lisäksi mitattiin tarvittavat apuparametrit, joiden avulla laskettiin hajupäästö (yksikkö HY/s , milj. HY/h). Puhdistamolla otettiin 16 hajunäytettä normaalin toiminnan aikana.

Mittaustulosten perusteella laadittiin hajujen leviämismalli, jolla tarkasteltiin Lehtoniemen puhdistamon hajupäästön leviämistä ympäristöön.

1. JOHDANTO

Työssä oli tarkoituksena tehdä Kuopion Vesi Liikelaitoksen Lehtoniemen puhdistamon hajuselvitys, joka olisi vertailukelpoinen edellisen, vuonna 2004 tehdyn selvityksen kanssa (Puputti ja Pietarila 2004). Mittaukset tehtiin laitoksen toiminnan ollessa normaalia. Mika Laita ja Sari Tamminen suorittivat hajunäytteenoton 2.12.2015. Näytteiden hajupitoisuudet määritettiin hajupaneelissa olfaktometrisesti. Toni Keskitalo laski hajupäästöt, laati hajujen leviämismallit ja kirjoitti raportin. Työssä laskettiin uusi hajujen leviämismalli myös vuoden 2004 selvityksen lähtötiedoilla, jotta tuloksia voitaisiin vertailla käytettyjen mallinnusmenetelmien kesken.

Työssä käytetyt pohjakartat, rakennustiedot ja korkeusaineistot ovat Maanmittauslaitoksen avointa aineistoa (marraskuu 2015: peruskarttarasteri 1:50000, maastokarttarasteri 1:100000, maastotietokanta, laserkeilausaineisto) (Maanmittauslaitoksen avoimen tietoa-aineiston CC 4.0 -lisenssi).

2. MITTAUSKOHTEET

Näytteitä otettiin puhdistamolla yhteensä 16 kohteesta.

Taulukko 1. Näytteenottoaikat. Kohteen pinta-ala on kanaville sen poikkipinta-ala ja altaille tai vastaville kohteille kohteen koko pinta-ala.

kohteen numero	nimi	kohteen pinta-ala [m ²]	tilavuusvirtaus [m ³ /s]
2	lietteenkäsittely (E), alakerta alaputki 1	0,071	0,51
3	lietteenkäsittely (E), alakerta alaputki 3	0,071	0,37
4	lietteenkäsittely (E), alakerta yläputki 2	0,13	1,1
5	lietteenkäsittely (E), alakerran poistoilmapuhallin	0,071	0,18
6	lietteenkäsittely (E), linkohuoneen poistoilmakanava	0,13	1,3
7	hiekanerotus 2	0,071	0,72
8	esikäsittelyn poistoilma	0,16	1,4
9	halli U, lietteen tiivistäjä	0,13	0,71
10	lietteen välivarasto	0,010	0,015
11	mädättämön laittilan poistoilmakanava	0,090	0,68
12	lietepumppaamon poistoilma	0,031	0,30
14	tiivistetyn lietteen välivarasto	30 *	0,25
15	sakeuttamo	30 *	0,25
16	esi-ilmastusallas	160 *	0,67
17	ilmastusaltaan loppupää	2500 *	160
18	ilmastusaltaan alkupää	3000 *	25

* pintalähde

3. MITTAUKSET JA MENETELMÄT

3.1 Näytteenotto

Näytteet otettiin Lehtoniemen puhdistamolla 2.12.2015, jolloin laitoksen toiminta oli normaalia. Näytteet otettiin vakuuminenotelmällä pusseihin, joiden materiaali oli Nalofania (polyeteenitereftalaatti, PET). Kanavista näyte otettiin suoraan näytepusiin mittausyhteestä. Kohteista 16 ja 18 näyte otettiin 0,26 m² peittävällä näytteenottohuuvalla, joka johtaa kaasun letkua pitkin näytepusiin. Kohteista 14, 15 ja 17 näyte otettiin vakiovirtaushuuvalla, jonka tilavuusvirtaus on nelio metriä kohti 30 m³/h (0,0083 m³/s).

Purkautuvan kaasun lämpötila mitattiin kaikista kohteista. Dynaamiset paineet kanavassa tai letkussa mitattiin muista kohteista paitsi 14, 15 ja 17. Kaasun virtausnopeus laskettiin mitatuista dynaamisista paineista ja tilavuusvirtaus kanavan koon ja virtausnopeuden perusteella.

3.2 Hajupitoisuus ja olfaktometria

Hajuyksikkö *määritellään* siten, että kun puolet väestöstä haistaa tietyn hajun, on sen hajupitoisuus 1 HY/m^3 (SFS-EN 17325). Tietystä kohteesta peräisin oleva haju, jonka hajupitoisuus on ulkoilmassa 3 HY/m^3 , on selvästi aistittava ja tunnistettava. Hajupitoisuus 5 HY/m^3 on melko voimakas ja tunnistettava. Esimerkiksi hajupitoisuus $1\,000 \text{ HY/m}^3$ tarkoittaa, että näytettä voi laimentaa suhteessa 1:1000, jolloin saadaan juuri aistittava haju.

Epämiellyttävän hajun pitoisuuden ollessa $5\text{--}10 \text{ HY/m}^3$ se yleensä koetaan häiritseväksi. Ulkoilman kokonaishajupitoisuus vaihtelee keskimäärin välillä $15\text{--}100 \text{ HY/m}^3$. (Arnold 1995)

Taulukko 2. Luonnehdinta hajun eri voimakkuuksista

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 sinä tuntina hajun voimakkuus ylittää tietyn hajupitoisuuden. Jos esimerkiksi jossain kohteessa hajupitoisuus on tasolla 5 HY/m^3 vuoden aikana yhteensä 88 tuntia, niin melko voimakkaan hajun esiintyvyyden sanotaan olevan kyseisessä kohteessa 3 % vuodesta. Asian voi ilmaista myös siten, että hajupitoisuuden 5 HY/m^3 *hajufrekvenssi* on tarkastellussa kohteessa 3 %.

Hajupitoisuus määritettiin olfaktometrisesti hajupaneelissa. Hajupaneelissa panelistien haistettavaksi saatetaan laimennettua näytekaasua siten, että laimennus pienenee asteittain. Panelistit ilmaisevat napinpainalluksella, kun aistivat näytteen hajun. Kun puolet panelisteista on haistanut laimennetun näytteen, saadaan tästä laimennuskertoimesta itse näytteen hajupitoisuus.

Hajupitoisuuden määrittämisessä käytettiin Odournetin TO Evolution -olfaktometria. Panelistit antavat myös hajunkuvauksia, jotka antavat viitettä hajun miellyttävyysasteesta.

3.3 Hajupitoisuuden ohjearvoja

Suomessa ei ole voimassa olevia hajupitoisuuden ohjearvoja. VTT:n julkaisu ”Hajuohjearvojen perusteet” esittää, että ohjearvoina voitaisiin käyttää hajufrekvenssejä 3–9 %. Tällöin alaraja 3 % koskisi hyvin epämiellyttäviä hajuja. Ylärajaa 9 % voitaisiin taas käyttää hajuille, jotka ovat vain vähän epämiellyttäviä. (Arnold 1995)

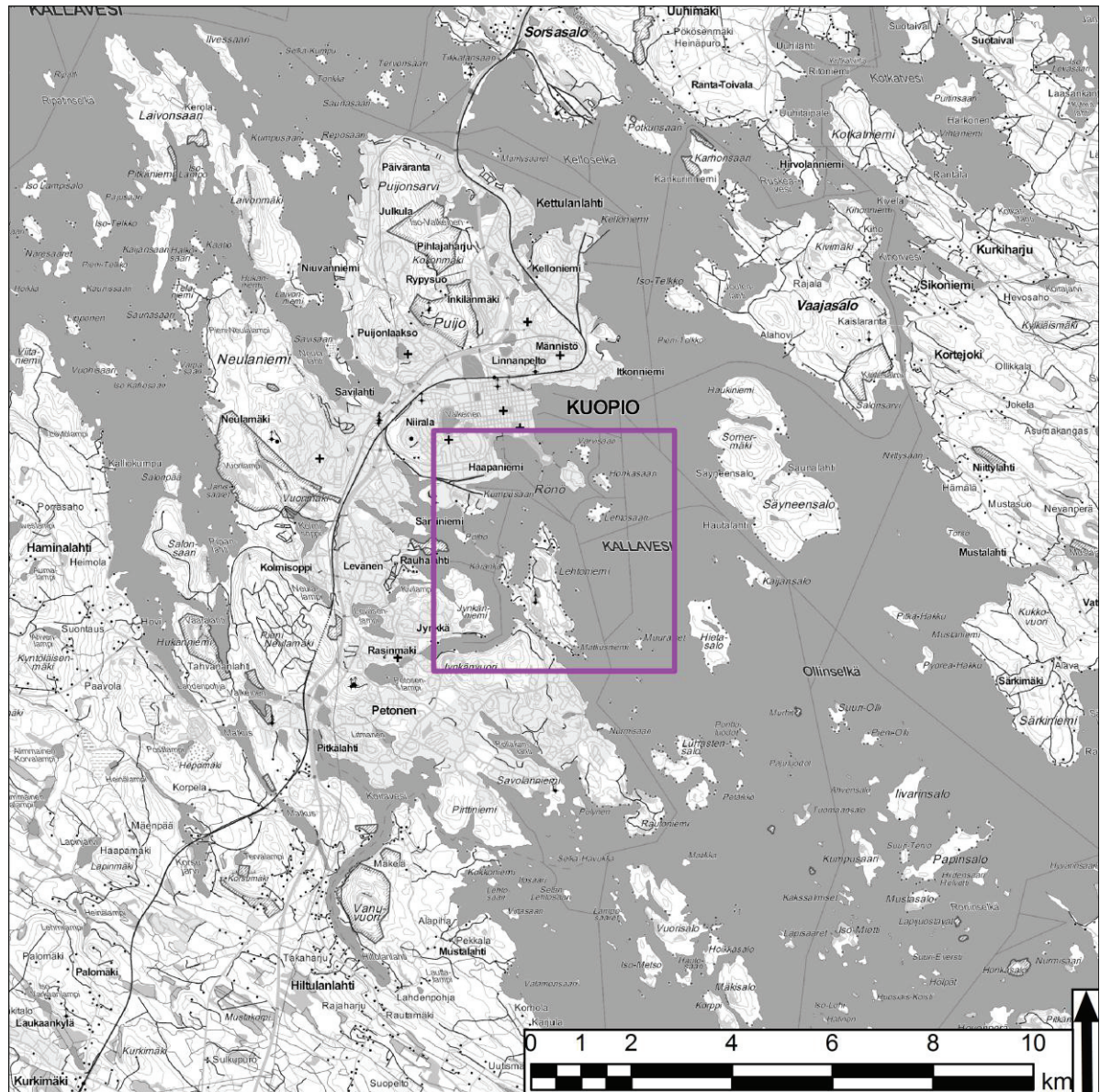
3.4 Leviämismalli

Leviämismallina käytettiin CALPUFF-mallia. Se on Yhdysvaltain ympäristöviraston EPAn toimeksiannosta luotu malli, ja se on vapaasti käytettävissä. CALPUFF on ns. ”puff”-malli, joka jakaa päästön pieniin ”pilviin” ja seuraa näiden etenemistä laskenta-alueella. Malliin liittyvät olennaisesti mallinnusalueen ilmapvirtaukset laskeva CALMET ja laskentatulosten käsittelyyn käytettävä CALPOST.

CALPUFF antaa oletusarvoisesti tulokseksi yhden tunnin keskimääräisen pitoisuuden. Tämä on ns. pitkäaikainen pitoisuus, joka tarkoittaa, että laskentapisteessä on hajua tietyllä voimakkuudella koko tunnin ajan. Hajun lyhytaikaiset huippupitoisuudet arvioitiin asettamalla keskiarvoaika 0,5 minuutiksi. Tällöin leviämismalli ennustaa lyhytaikaisia vaihteluita siten, että ”päästöpilven” reitin keskiviivalla pitoisuus kasvaa turbulenssin takia.

Malli laskettiin $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$:n kokoiselle alueelle (kuva), jolla laskentapisteet sijaitsivat 50 metrin välein, eli laskentapisteitä oli 10201 kappaletta. Säättietoina käytettiin Kuopion lentoaseman havaintoja vuosilta 2012–2014. Korkeustiedot saatiin laserkeilausaineistosta, jonka avulla muodostettiin maastomalli tutkimusalueesta. Puhdistamoalueen rakennukset sijoitettiin malliin maastotietokannan, ilmakuvien ja mittaajien havaintojen perusteella.

Hajujen leviämismallin laatimiseen käytettiin Lakes Environmentalin CALPUFF View -käyttöliittymää (versio 7.5.3). Itse CALPUFFin versio oli 6.42, CALMETin 6.4.0 ja CALPOSTin 6.292.



Kuva x. Mallinnusalueen sijainti

4. EPÄVARMUUSTEKIJÖITÄ

Mallissa ei ollut mukana selkeytsaltaiden mahdollista hajupäästöä.

Oletus päästöjen pysymisestä samana lisää mallinnuksen epävarmuutta.

Alueen mahdollisia muita hajunlähteitä ei ole otettu huomioon mallinnuksessa.

5. OLFAKTOMETRIAN TULOKSET JA HAJUPÄÄSTÖT

Määritetyt hajupitoisuudet on ilmoitettu taulukossa 3. Suurimmat hajupitoisuudet olivat lietteen välivaraston poiston (13 000 HY/m³) sekä esi-ilmastusaltaan (15 000 HY/m³) näytteessä.

Taulukko 3. Hajupitoisuudet ilmoitettuna kahdella merkitsevällä numerolla sekä hajunkuvaukset.

kohteen numero	hajupitoisuus [HY/m ³]	hajunkuvauksia
2	220	uloste; likavesi; nestekaasun merkkiaine
3	280	nestekaasun merkkiaine; imelä
4	500	nestekaasun merkkiaine; pakokaasu; imelä
5	270	nestekaasun merkkiaine; likavesi; imelä
6	120	imelä; kirpeä; kompostin suotovesi
7	630	uloste; kaalimainen; sipulimainen; imelä
8	440	jätevesi; uloste + kinuski; mätä vihannes
9	1 200	kaalimainen; lanttulaatikko; makeahko; jätevesi
10	13 000	uloste; palanut kumi; jätevedenpuhdistamo; pistävä; jätevesi
11	22	lievä jätevesi
12	3 600	sipulinen; pistävä; hapan; ripuli
14	230	uloste; kuivakäymälä; voimakas ruohosipuli
15	3 300	sipulimainen; valkosipuli; jätevesi
16	15 000	kaalimainen; mätä; mätä kaali
17	69	vaniljavanukas; makea; hedelmäinen; vähän kitkerä
18	110	kitkerä; uloste; kinuski

Tuloksista lasketut hajupäästöt ja hajuvirrat on ilmoitettu seuraavassa taulukossa. Ne on laskettu kanavan tilaan kosteassa kaasussa. Hajuvirta tarkoittaa, ettei laskennallinen päästö vapaudu ulkoilmaan.

Lietteenkäsittelyn kohteiden 2, 3 ja 4 kaasuvirta johdetaan samaan kanavaan, jonka tilavuusvirtauksen ja päästön on oletettu olevan näiden kohteiden summa. Lietteen välivarastossa (kohde 10) hajua vapautuu mitatusta putkesta niin myös katonharjojen raoista. Päästö arvioitiin siten, että rakoja oletettiin olevan 40 kappaletta ja että tilavuusvirtaus on puolet mitatun putken tilavuusvirtauksesta.

Kokonaishajupäästö oli 72 miljoonaa HY/h, joka on 37 % vertailumallin kokonaispäästöstä ja kolmasosa vuoden 2004 mallin kokonaispäästöstä.

Taulukko 4. Lasketut hajupäästöt ja -virrat (ilmoitettu kahdella merkitsevällä numerolla).

kohteen numero	nimi	tilavuus- virtaus [m ³ /s]	hajupäästö tai -virta [HY/s]	hajupäästö tai -virta [milj. HY/h]	osuus koko- naispäästöstä
2	(E), alakerta alaputki 1	0,51	110	0,40 *	–
3	(E), alakerta alaputki 3	0,37	100	0,37 *	–
4	(E), alakerta yläputki 2	1,1	580	2,1 *	–
–	lietteenkäsittelyn poistokanava (2+3+4)	2,0	790	2,8	3,0 %
5	(E), alakerran poistoilmahuone	0,18	50	0,18	0,2 %
6	(E), linkohuoneen poistoilmakanava	1,3	160	0,56	0,6 %
7	hiekanerotus 2	0,72	450	1,6	1,7 %
8	esikäsittelyn poistoilma	1,4	630	2,3	2,4 %
9	halli U, lietteen tiivistäjä	0,71	870	3,1	3,3 %
10	lietteen välivarasto	0,015	210	0,75	0,8 %
–	lietteen välivarasto, harjan aukot	0,31	4200	15	15,9 %
11	mädättämön laittilan poistoilmakanava	0,68	15	0,054	< 0,1 %
12	lietepumppaamon poistoilma	0,30	1000	3,7	3,9 %
14	tiivistetyn lietteen välivarasto	0,25	57	0,20	0,2 %
15	sakeuttamo	0,25	820	2,9	3,1 %
16	esi-ilmastus	0,67	9800	35	37,7 %
17	ilmastusaltaan loppupää	11	11000	22	23,0 %
18	ilmastusaltaan alkupää	2,0	2800	3,8	4,1 %
kokonaispäästö		24	20000	72	100 %

* ei päästölähde ulkoilmaan

Taulukossa ilmoitettuja ilmaan vapautuvia päästöjä käytettiin leviämismallin lähtötietoina.

6. VERTAILUMALLI

Vertailumalli vuoden 2004 lähteillä laskettiin tarkistetuilla päästötiedoilla. Hajupäästön laskennassa oli laskettu samasta kohteesta määritetyt hajupitoisuudet yhteen (kohteet 5 ja 7). Tätä mallinnusta varten kyseisten kohteiden keskimääräinen hajupitoisuus laskettiin yksittäisten määritysten geometrisena keskiarvona standardia SFS-EN 17325 mukaillen. Kokonaishajupäästö oli noin 11 % pienempi kuin vuoden 2004 leviämismallissa, vaikka kohteen 4 oletettiin olevan käynnissä koko ajan.

Vertailumallin tulokartat on esitetty liitteessä 1.

Taulukko 5. Vertailumallin hajupäästölähteet ja hajupäästöt.

lähteen numero	nimi	hajupitoisuus [HY/m ³]	hajupäästö [milj. HY/h]	osuus kokonaispäästöstä
1	esikäsittely, välppä 1	19 000	80	41,2 %
2	esikäsittely, välppä 2	23 000	96	49,1 %
3	teurasjäteallas	1 800	1,4	0,7 %
4	mädätetyn lietteen poisto	21 000	2,7	1,4 %
5	lietteenkäsittely alakerran poistot	490	1,6	0,8 %
6	lietteenkäsittely yläkerran poistot	450	0,52	0,3 %
7	ilmastusallas (pintalähde)	340	13	6,5 %
kokonaispäästö			200	100 %

7. MALLINNUKSEN TULOKSET

7.1 Vertailumalli

Vertailumallin tulokset olivat pitkäaikaisille hajuille suurin piirtein samoja kuin vuoden 2004 raportissa. Luonnollisesti vyöhykkeet eivät vastaa täysin toisiaan. Lyhytaikaisen hajun vyöhykkeet ovat huomattavasti pienempiä kuin vuonna 2004, mikä johtuu menetelmän erilaisuudesta.

7.2 Varsinainen malli

Melko voimakkaan (5 HY/m^3) pitkäaikaisen hajun frekvenssivyöhyke 3 % ei yllä 300 metriä etäämmäksi puhdistamosta. Tällä alueella on seitsemän loma-asuntoa ja kaksi asuinkiinteistöä. Frekvenssin 9 % vyöhyke ulottuu 200 metrin etäisyydelle, ja sen alueella on viisi loma-asuntoa ja yksi asuinkiinteistö.

Selvän (3 HY/m^3) pitkäaikaisen hajun vyöhyke, jolla sitä esiintyy vähintään 3 %, ulottuu 450 metrin päähän puhdistamolta. Frekvenssin 9 % vyöhyke ulottuu taas 350 metrin etäisyydelle.

Juuri aistittavaa (1 HY/m^3) pitkäaikaista hajua esiintyy mallin mukaan vähintään 3 % kokonaisajasta alueella, joka ylittää enintään 600 metrin päähän puhdistamon alueelta. Hajufrekvenssi on tälle hajulle 9 % tai enemmän 500 metrin etäisyydellä puhdistamosta.

Pitkäaikaisen hajufrekvenssien vyöhykkeet ovat lähes pyöreitä. Tämä johtuu siitä, että huomattava osa päästöstä tulee pintalähteestä (lähes puolet esi-ilmastuksesta), ja sopivissa olosuhteissa haju jää maanpinnan lähelle eikä laimene tehokkaasti.

Mallin mukaan melko voimakasta (5 HY/m^3) lyhytaikaista hajua esiintyy 3 % kokonaisajasta alle 350 metrin etäisyydellä Lehtoniemen puhdistamosta. Alueella on kahdeksan loma-asuntoa ja kaksi asuinkiinteistöä. Esiintyvyyden 9 % vyöhyke ulottuu enintään 250 metrin päähän puhdistamosta, ja tällä alueella on kuusi loma-asuntoa ja yksi asuinkiinteistö.

Selvää (3 HY/m^3) lyhytaikaista hajua havaitaan mallin mukaan 3 % kokonaisajasta kaukaisimmillaan 500 metrin etäisyydellä puhdistamosta. Frekvenssin 9 % vyöhyke ulottuu enintään 400 metrin etäisyydelle. Tällä alueella on 12 loma-asuntoa ja kaksi asuinkiinteistöä.

Juuri aistittavaa (1 HY/m^3) lyhytaikaista hajua voidaan mallin mukaan havaita 3 % ajasta 800 metrin päässä puhdistamoalueesta. Esiintyvyys on 9 % kaukaisimmillaan 550 metrin etäisyydellä.

Puhdistamon eteläpuolella oleva 40 metriä korkea mäki estää hajun leviämistä ylitseen.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET

Kokonaishajupäästö on uusien mittausten perusteella lasketussa mallissa 72 milj. HY/h, joka on 37 % vertailumallin hajupäästöstä (200 milj. HY/m³). Näin paljon pienempi päästö määrä johtaa myös pienempiin hajufrekvenssin vyöhykkeisiin. Selvän ja melko voimakkaan hajun vyöhykkeillä, joilla esiintyy lyhytaikaista hajua 9 % vuoden tunneista sijaitsee enintään 12 loma-asuntoa ja kaksi asuinkiinteistöä. Vastaavalla pitkäaikaisen hajun vyöhykkeellä sijaitsee enintään 10 loma-asuntoa ja kaksi asuinkiinteistöä.

RAMBOLL FINLAND OY



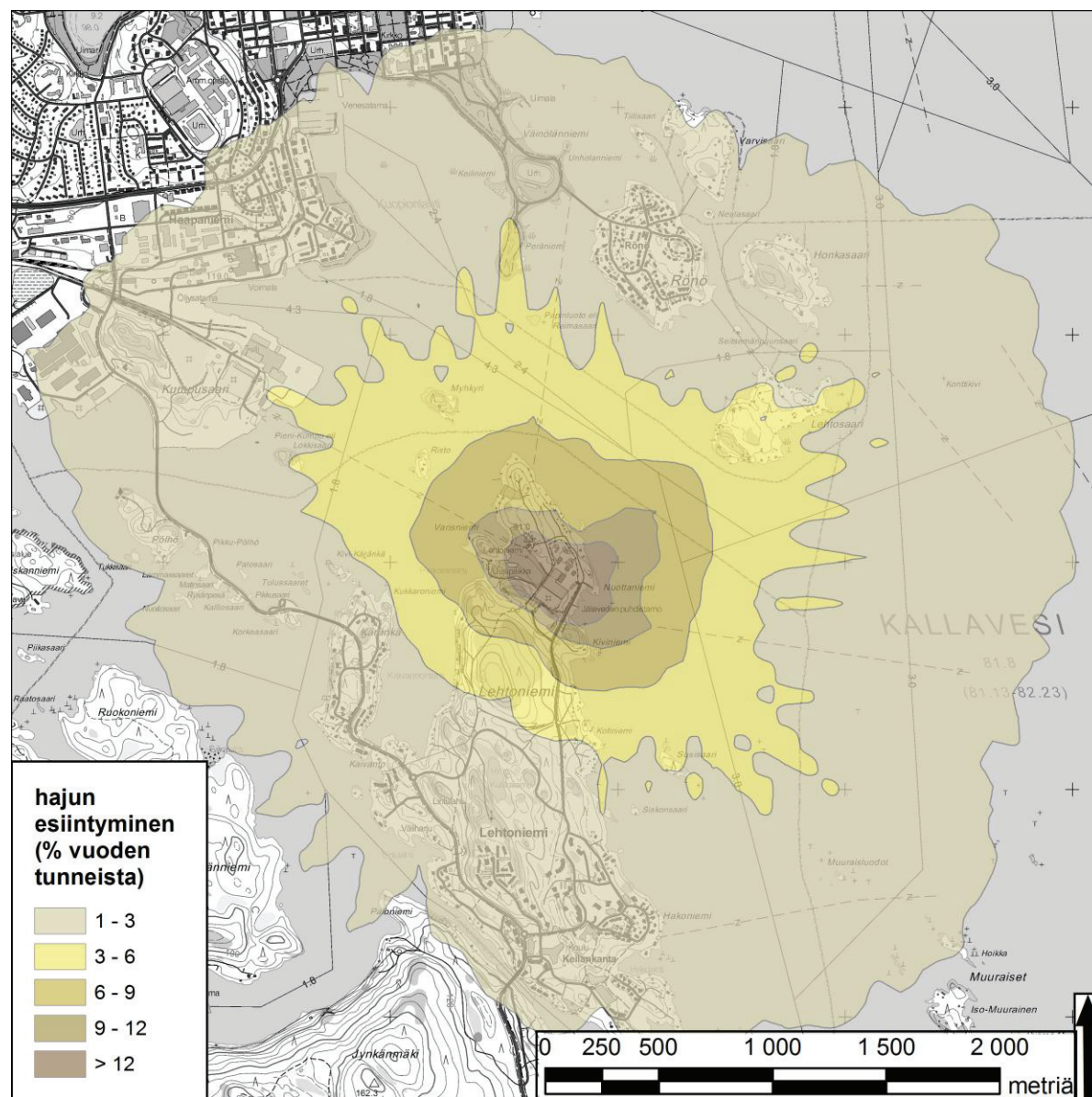
Projektipäällikkö, Ympäristöasiantuntija



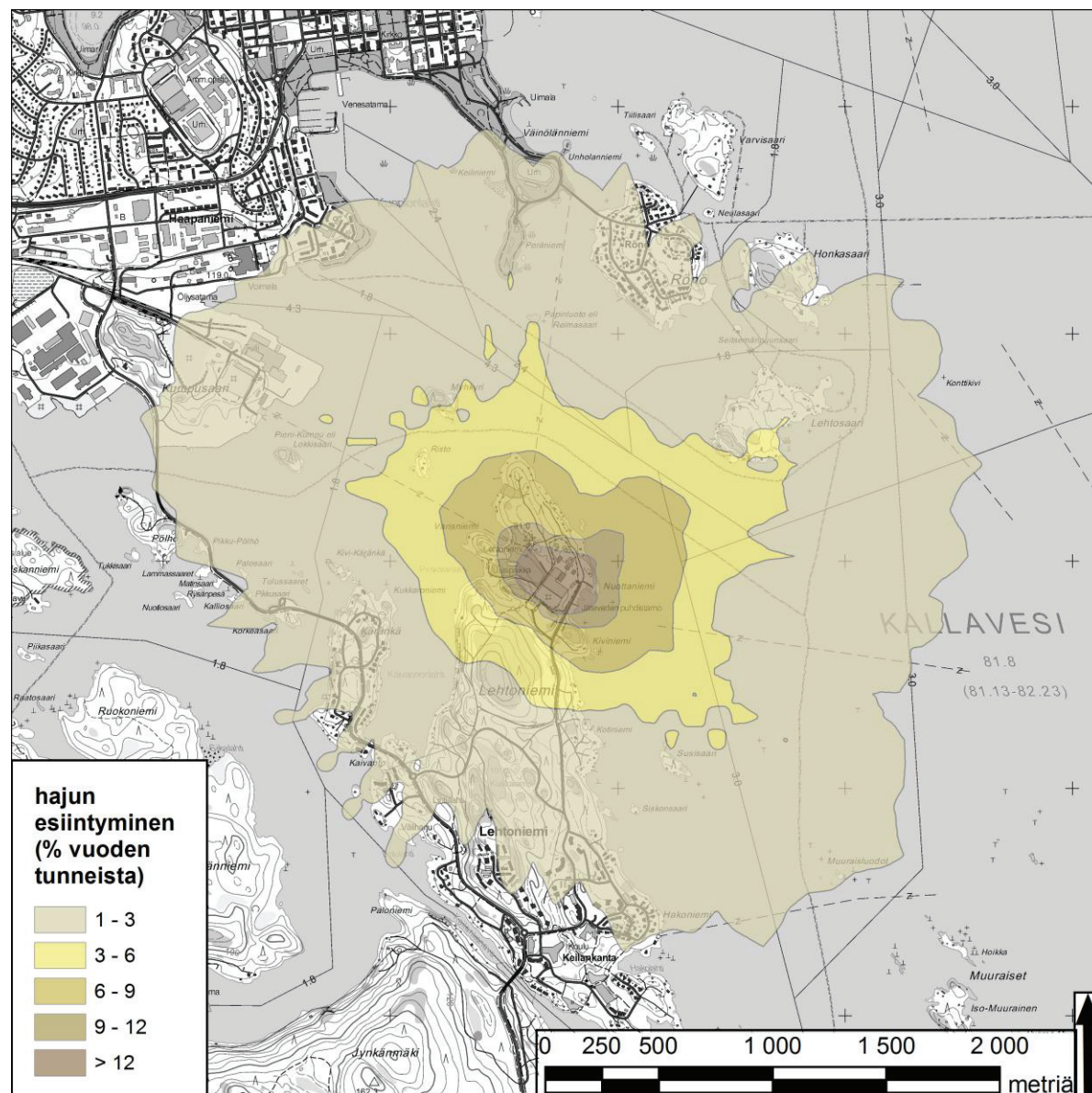
Toni Keskitalo, Tutkimuspäällikkö, FM

LIITE 1: Vertailumallin kartat

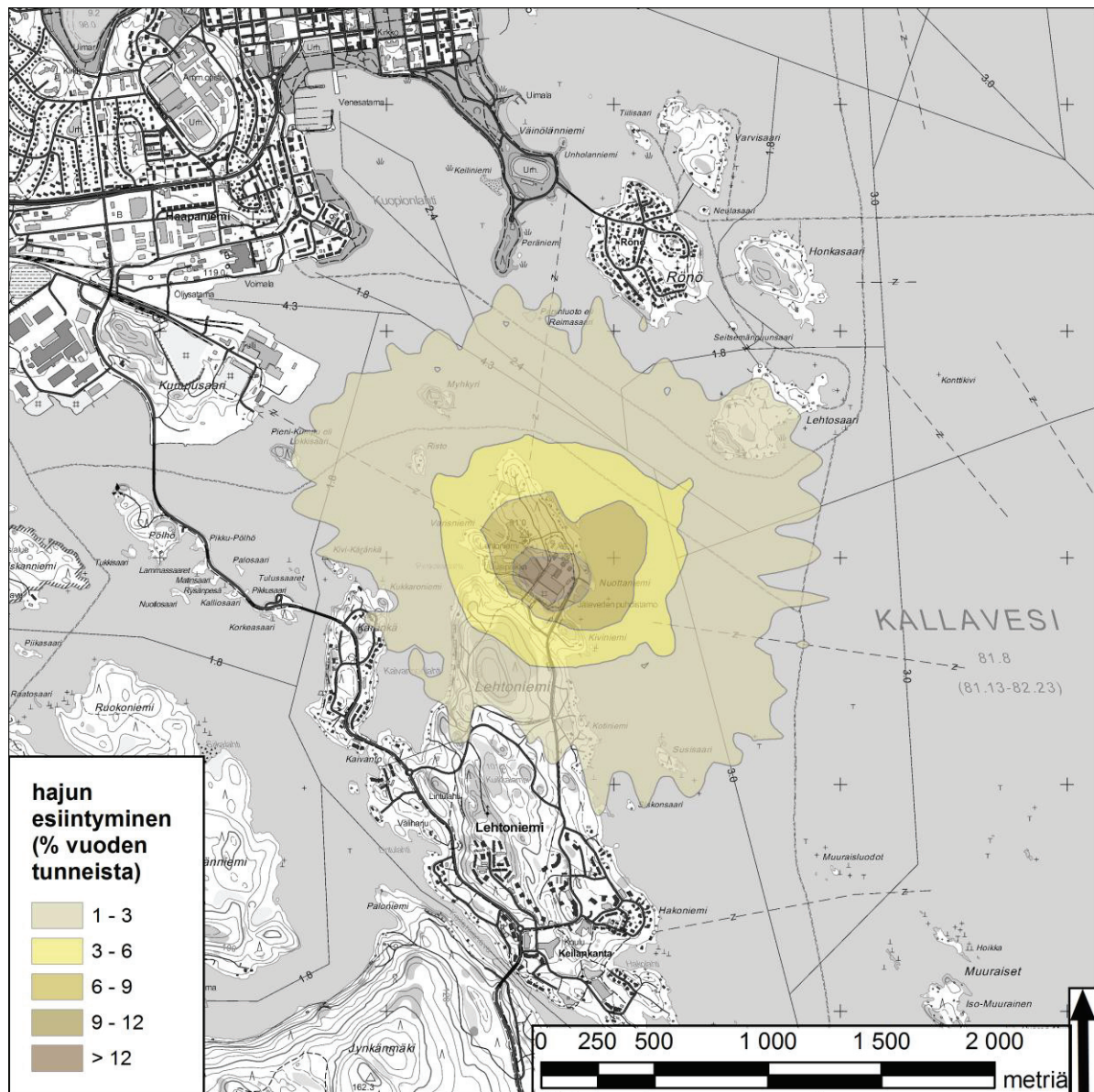
Lehtoniemen puhdistamo, vertailumalli, lyhytaikaisen hajun (30 s) $1,0 \text{ HY/m}^3$ (puolet väestöstä juuri aistii) hajufrekvenssit



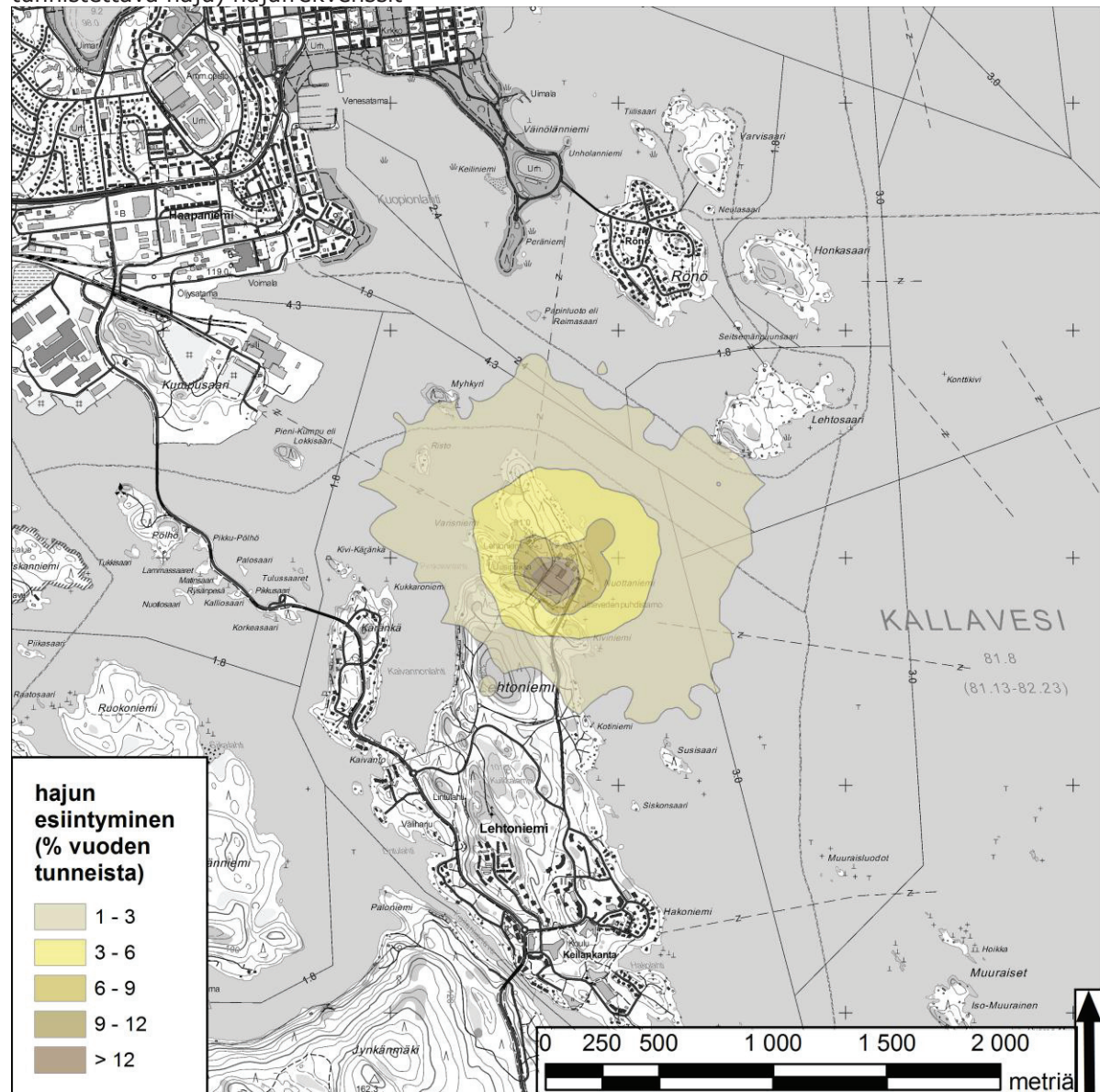
Lehtoniemen puhdistamo, vertailumalli, lyhytaikaisen hajun (30 s) 1,5 HY/m³ (haju aistittavissa)
hajufrekvenssit



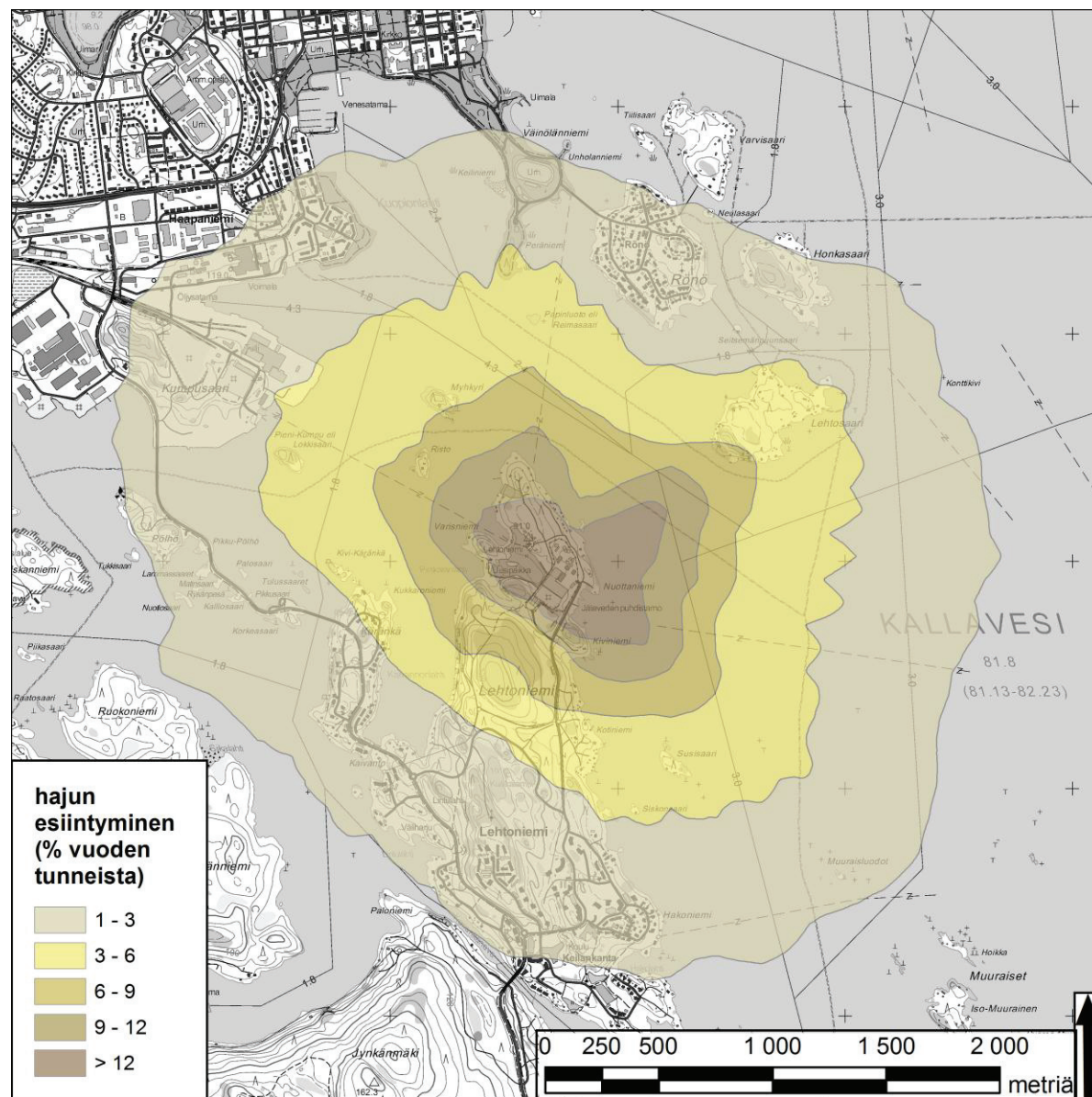
Lehtoniemen puhdistamo, vertailumalli, lyhytaikaisen hajun (30 s) $3,0 \text{ HY/m}^3$ (selvä, tunnistettava haju) hajufrekvenssit



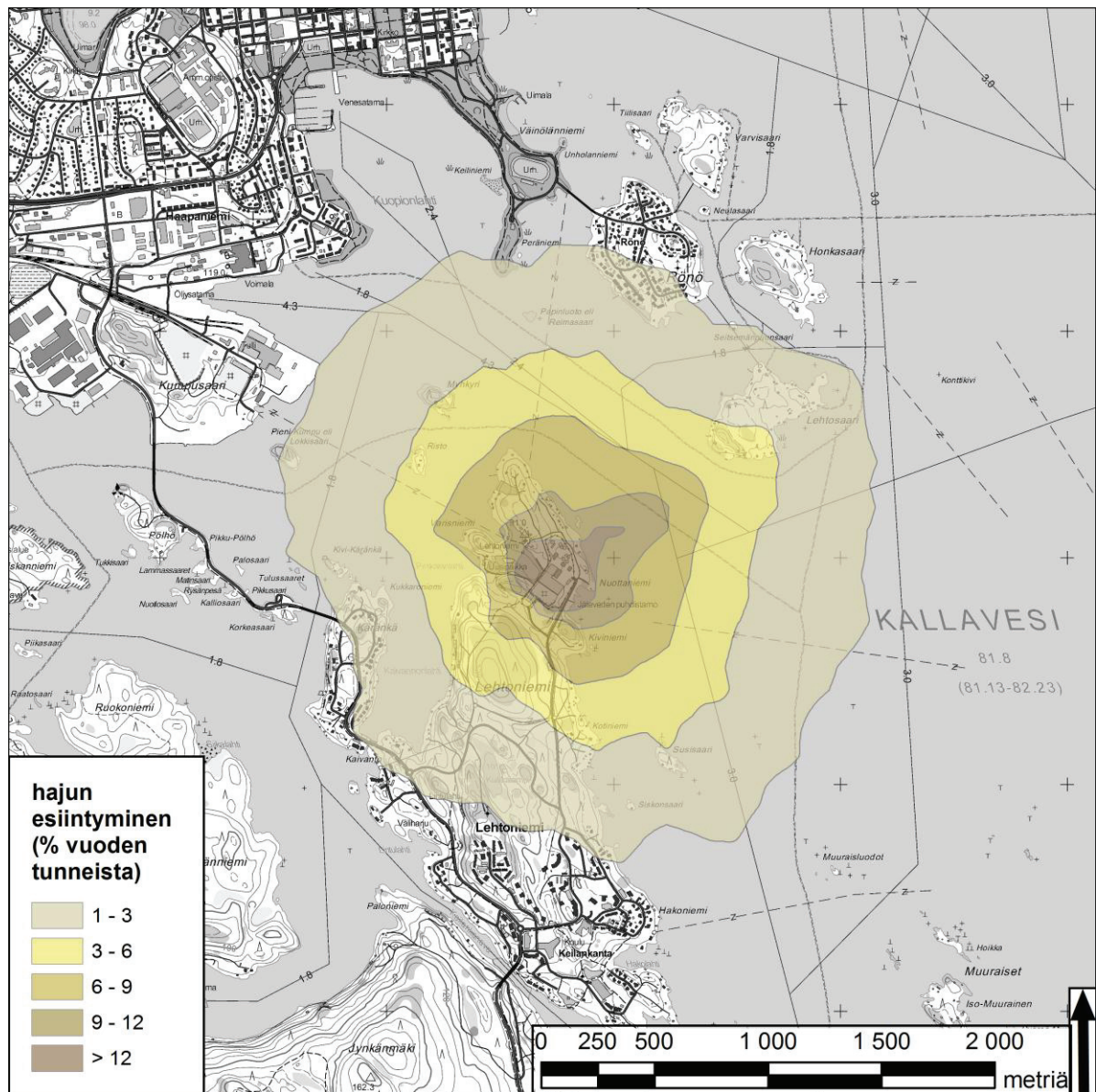
Lehtoniemen puhdistamo, vertailumalli, lyhytaikaisen hajun (30 s) $5,0 \text{ HY/m}^3$ (melko voimakas, tunnistettava haju) hajufrekvenssit



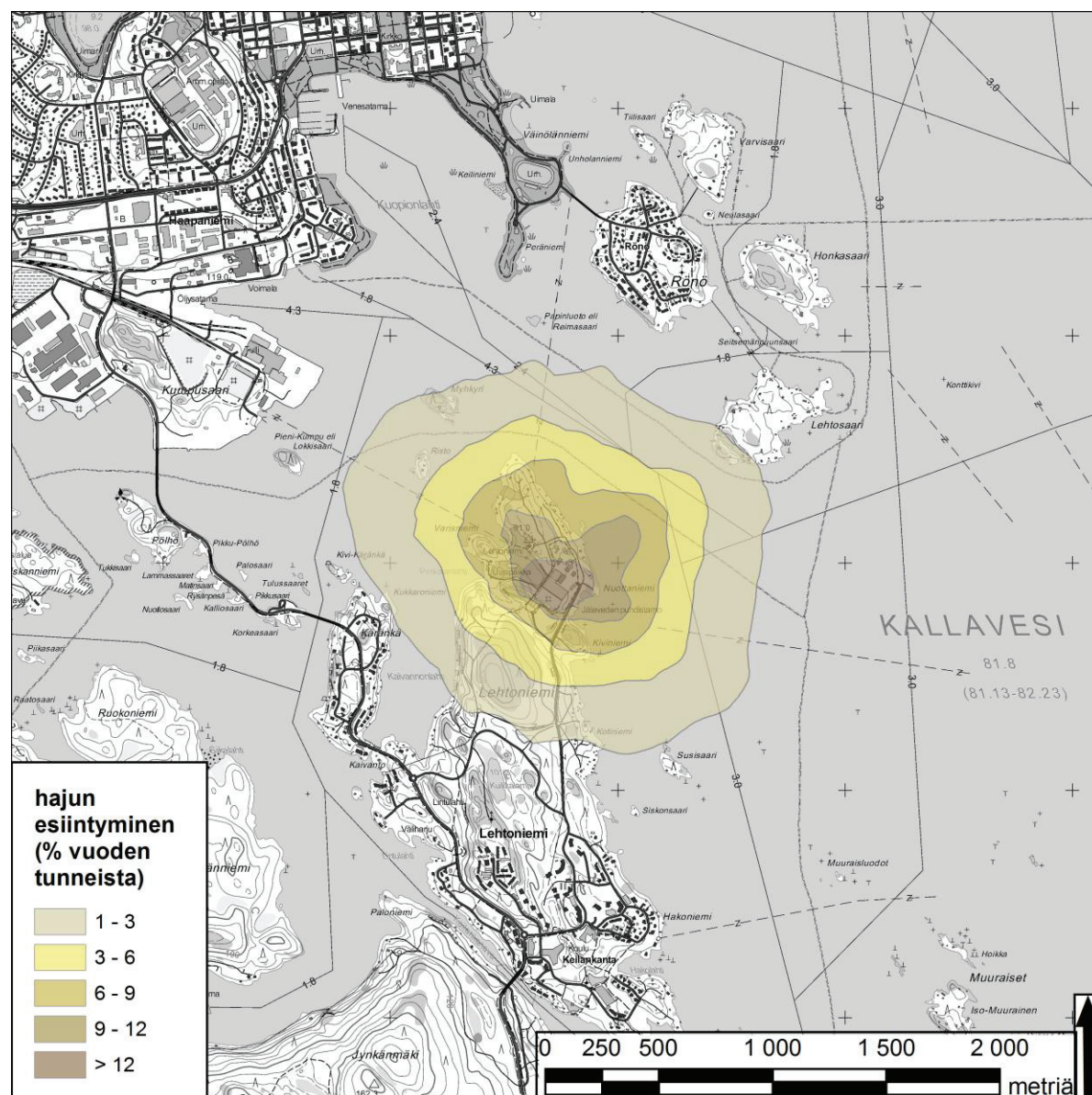
Lehtoniemen puhdistamo, vertailumalli, pitkäaikaisen hajun (30 s) $1,0 \text{ HY/m}^3$ (puolet väestöstä juuri aistii) hajufrekvenssit



Lehtoniemen puhdistamo, vertailumalli, pitkäaikaisen hajun (30 s) $1,5 \text{ HY/m}^3$ (haju aistittavissa) hajufrekvenssit



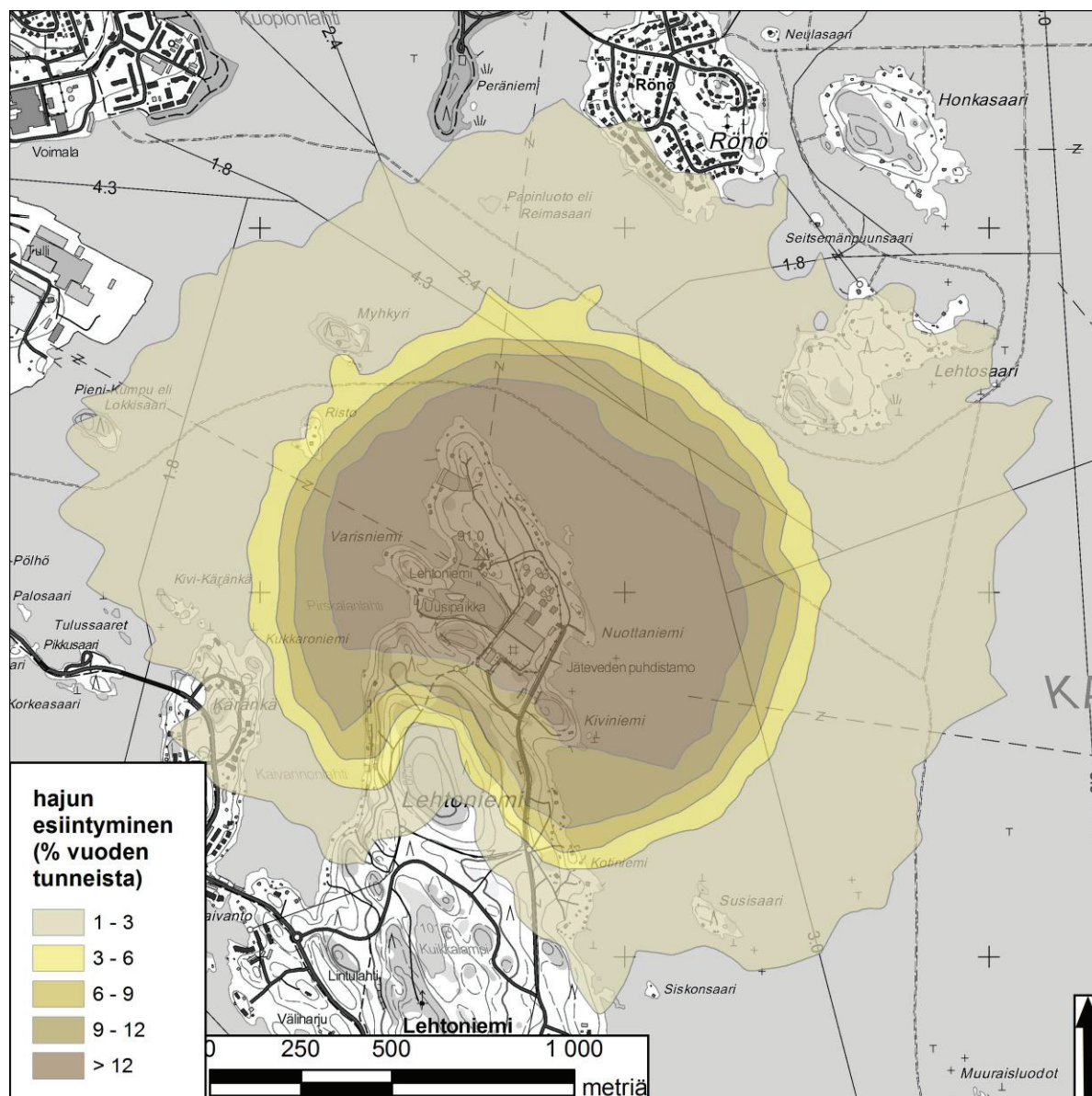
Lehtoniemen puhdistamo, vertailumalli, pitkäaikaisen hajun (30 s) $3,0 \text{ HY/m}^3$ (selvä, tunnistettava haju) hajufrekvenssit



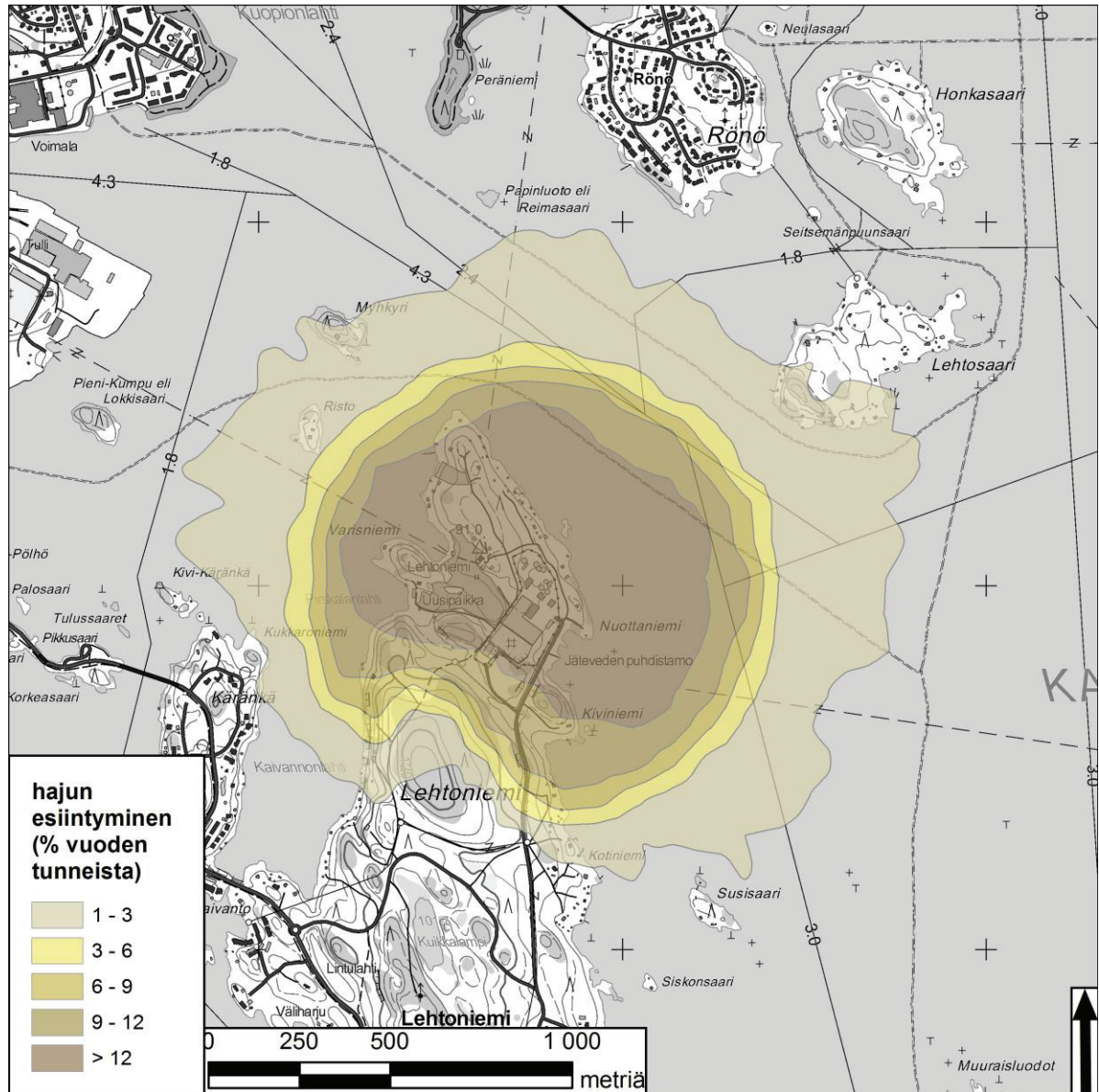


LIITE 2: Nykyisen mallin kartat

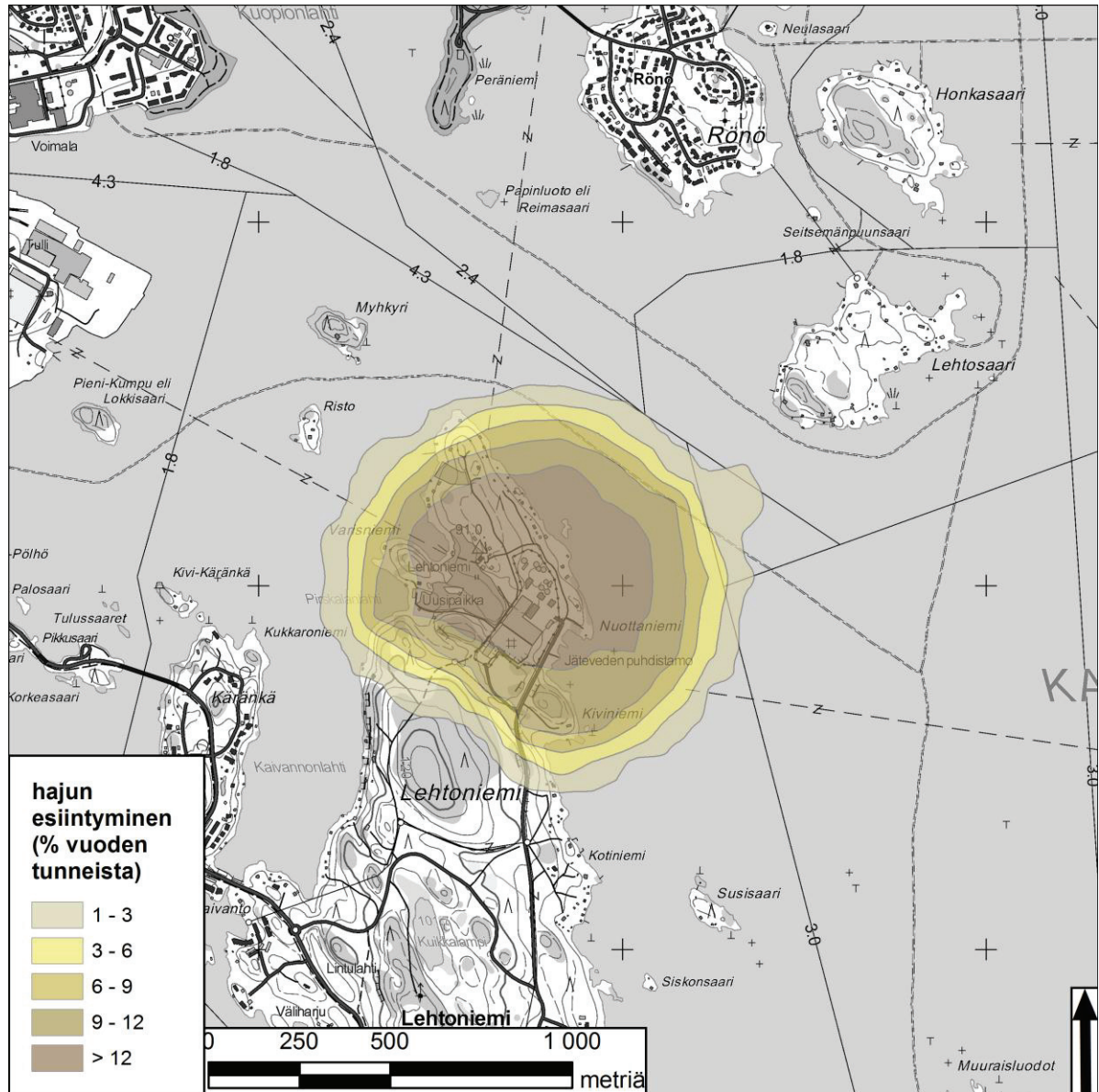
Lehtoniemen puhdistamo, nykyinen malli, lyhytaikaisen hajun (30 s) 1,0 HY/m³ (puolet väestöstä juuri aistii) hajufrekvenssit



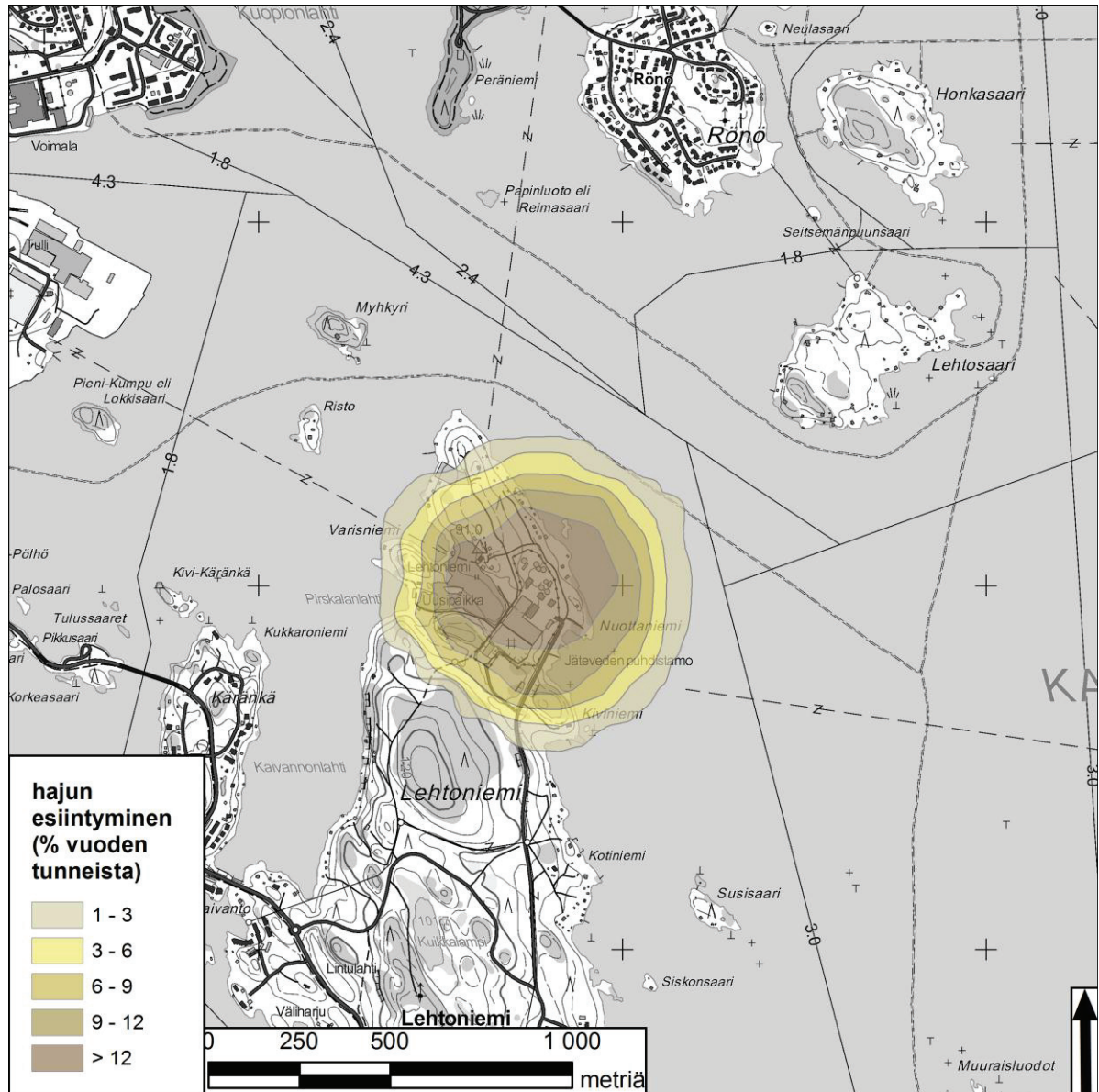
Lehtoniemen puhdistamo, nykyinen malli, lyhytaikaisen hajun (30 s) $1,5 \text{ HY/m}^3$ (haju aistittavissa) hajufrekvenssit



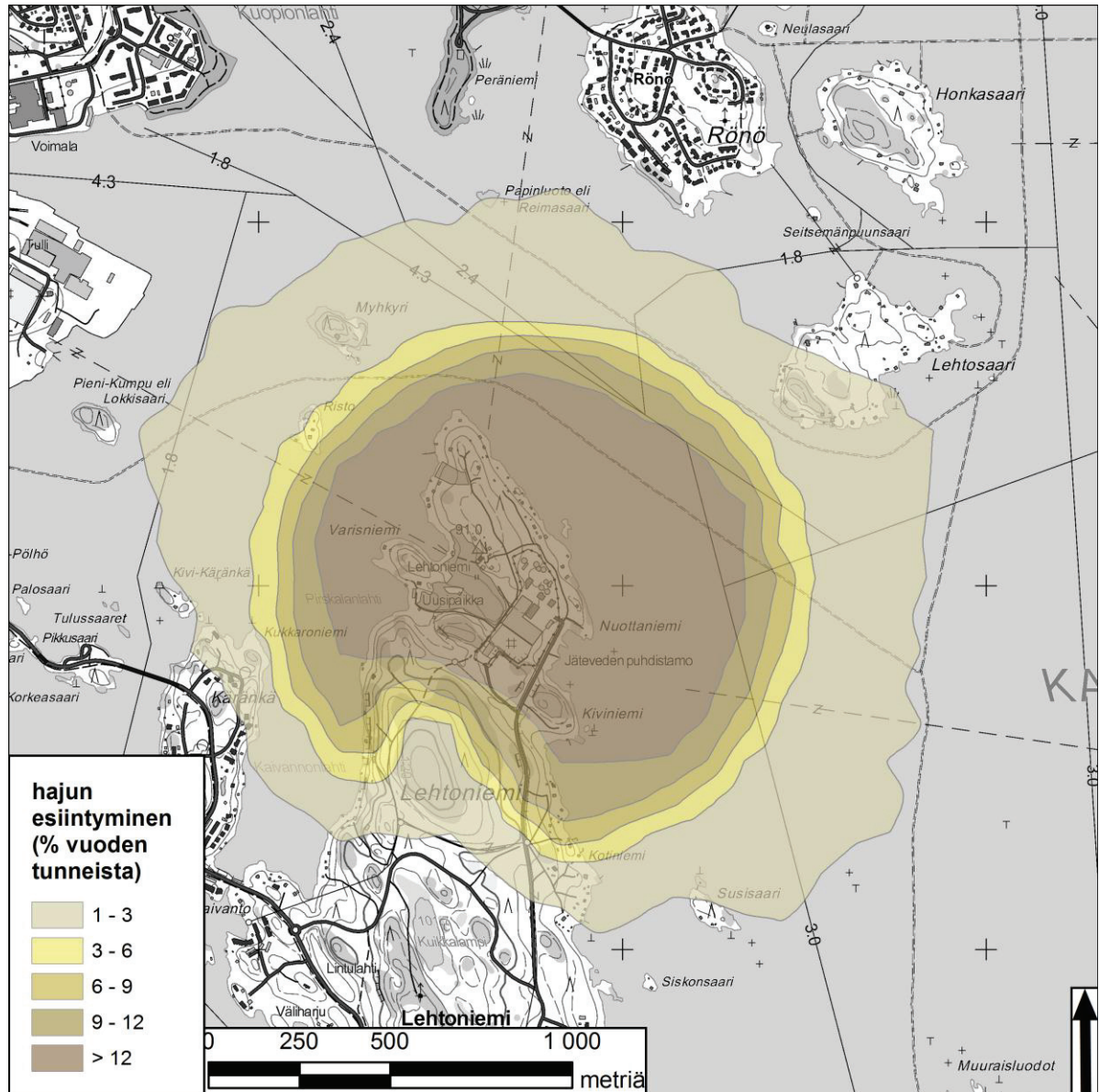
Lehtoniemen puhdistamo, nykyinen malli, lyhytaikaisen hajun (30 s) $3,0 \text{ HY/m}^3$ (selvä, tunnistettava haju) hajufrekvenssit



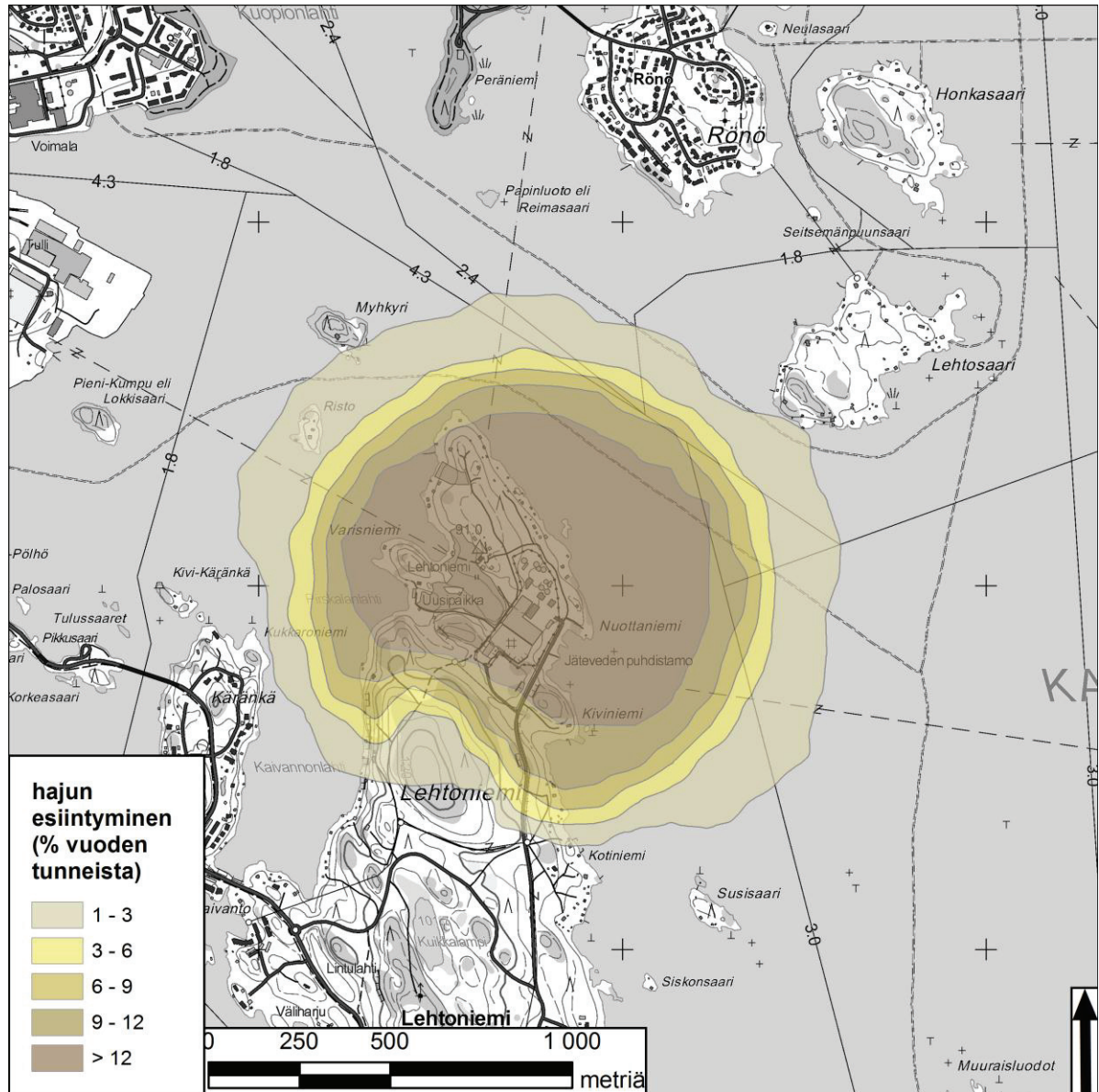
Lehtoniemen puhdistamo, nykyinen malli, lyhytaikaisen hajun (30 s) $5,0 \text{ HY/m}^3$ (melko voimakas, tunnistettava hajua) hajufrekvenssit



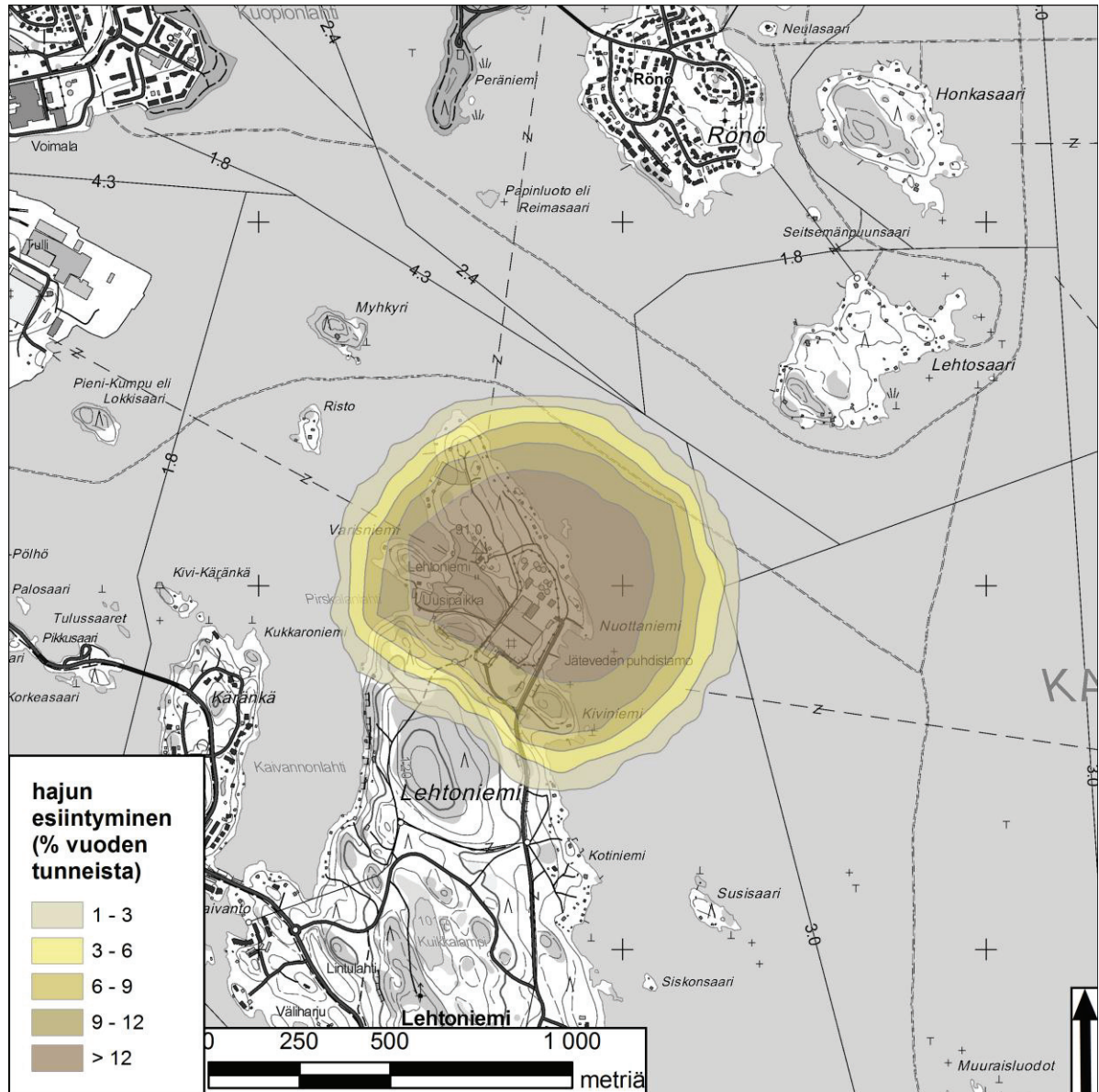
Lehtoniemen puhdistamo, nykyinen malli, pitkäaikaisen hajun (1 h) $1,0 \text{ HY/m}^3$ (puolet väestöstä juuri aistii) hajufrekvenssit



Lehtoniemen puhdistamo, nykyinen malli, pitkäaikaisen hajun (1 h) $1,5 \text{ HY/m}^3$ (haju aistittavissa) hajufrekvenssit



Lehtoniemen puhdistamo, nykyinen malli, pitkäaikaisen hajun (1 h) $3,0 \text{ HY/m}^3$ (selvä, tunnistettava hajua) hajufrekvenssit



Lehtoniemen puhdistamo, nykyinen malli, pitkäaikaisen hajun (1 h) $5,0 \text{ HY/m}^3$ (melko voimakas, tunnistettava haju) hajufrekvenssit

