

Mona Arnold

Hajuohjearvojen perusteet



VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS
ESPOO 1995

Hajuohjearvojen perusteet

Mona Arnold

VTT Kemiantekniikka



ISBN 951-38-4865-5
ISSN 1235-0605
Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 1995

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (90) 4561, telekopio (90) 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (90) 4561, telefax (90) 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 0 4561, telefax + 358 0 456 4374

VTT Kemiantekniikka, Ympäristötekniikka, Betonimiehenkuja 5, PL 1403, 02044 VTT
puh. vaihde (90) 4561, telekopio (90) 456 7022

VTT Kemiteknik, Miljöteknik, Betongblandargränden 5, PB 1403, 02044 VTT
tel. växel (90) 4561, telefax (90) 456 7022

VTT Chemical Technology, Environmental Technology, Betonimiehenkuja 5, P.O.Box 1403,
FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 0 4561, telefax + 358 0 456 7022

Kansikuva: Arto Nyyssönen.

VTT OFFSETPAINO, ESPOO 1995

Arnold, Mona. Hajuohjearvojen perusteet [Basis for odour guidelines]. Espoo 1995, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1711. 83 s. + liitt. 14 s.

UDK 66.099.7(083):54.08:628.5

Avainsanat odors, odor detection, odor control, air pollution, emission, measurement, odometers, measuring instruments, guides (instructions), specifications, environments

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää mitkä parametrit soveltuisivat Suomen hajuohjearvojen perusteiksi. Lisäksi raportissa selvitetään hajun eri arviointimenetelmien käytettävyyttä ja soveltuvuutta ja esitetään hajupäästöjen vähentämisstrategiaa.

Hajun määrittämisen tulee pääsääntöisesti tapahtua ihmisen hajuaistin avulla. Instrumentti-analyttisiä määritysmenetelmiä voidaan käyttää vain silloin, kun hajuongelman aiheuttavat tunnetut yhdisteet, joiden pitoisuutta ulkoilmassa voidaan mitata ja seurata tarpeeksi tarkasti. Hajun määritysmenetelmiä ovat olfaktometriset päästömittaukset ja leviämislaskelmat, kenttähavainnointi, asukaspaneelitutkimus ja kertakysely. Hajuyhdisteiden leviämislaskelmat ja kenttähavainnointi antavat tietoa aistitusta ilmanlaadusta, kun taas asukaspaneelitutkimuksen ja kertakyselyn avulla voidaan myös määrittää asukkaiden kokeman viihtyisyyshaitan vakavuus.

Hajuohjearvon tavoite on ensisijaisesti viihtyisyyteen kohdistuvien haittojen vähentäminen tai ehkäiseminen. Koska hajupäästön aiheuttama viihtyisyyshaitta ei kuitenkaan ole yksiselitteinen ilmiö, vaan se muodostuu monimutkaisesta syyseuraus -yhteydestä, millään yksittäisellä hajua kuvaava parametrillä (hajuimmissio, viihtyisyyshaitta tai hajulähteen ja asukkaiden välinen etäisyys) ei voida kaikkia hajuongelmia kuvata. Ensisijaisesti hajuohjearvon tulisi kuitenkin perustua hajulähteen aiheuttamaan hajukuormaan. Ohjearvon kytkentä ohjeen tavoitteeseen, eli merkittävän viihtyisyyshaitan vähentämiseen, tulee kuitenkin olla osoitettavissa.

Ympäristöhaittoja käsittävän laajan väestökyselyn perusteella hajun aiheuttamaa viihtyisyyshaittaa voidaan pitää merkittävänä silloin, kun 25-50 % asukkaista kokee hajun selvästi häiritseväksi. Vastaava hajuimmission taso on tällöin 3-9 %. Edellä esitettyä voidaan käyttää ohjearvona hajuhaitalle. Alaraja (3 %) koskee tällöin hyvin epämiellyttäviä korkean haittapotentiaalin omaavia hajupäästöjä ja yläaraja vastaavasti hajuja, joiden miellyttävyyssaste on vaihtelevampi.

1994 tehty Suomen kunnille osoitettu viranomaiskysely osoitti, että kuuden viime vuoden aikana hajua aiheuttavan teollisuuden hajupäästöt ovat selvästi vähentyneet. Hajutorjunnassa viranomaisten tulisi painottaa parhaan käyttökelpoisen tekniikan käyttöönottoa. Useimmiten riittävän tehokasta tekniikkaa on olemassa, kyse on lähinnä toiminnanharjoittajan asenteista ja taloudellisesta tilasta.

Arnold, Mona. Hajuohjearvojen perusteet [Basis for odour guidelines]. Espoo. 1995, Technical Research Centre of Finland, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1711. 83 p. + app. 14 p.

UDC 66.099.7(083):54.08:628.5

Keywords odors, odor detection, odor control, air pollution, emission, measurement, odometers, measuring instruments, guides (instructions), specifications, environments

ABSTRACT

The aim of the study was to clarify which odour parameters are applicable as the basis for odour guidelines. In addition, the applicability and usability of odour measurement methods are evaluated and an odour strategy presented.

Odour measurement should principally be carried out using the human sense of smell. Instrumental-analytical determination can be applied only if the odour problem is caused by known, accurately measurable substances. Odour measurement methods include olfaktometric emission measurements and odour dispersion calculations, field inspections, population panels and questionnaires. Odour dispersion calculations and field inspections are tools for mainly measuring the odour immission, whereas population panels and questionnaires also give direct information about the degree of odour annoyance experienced by the residents.

The main objective of odour guidelines is to decrease or prevent severe odour annoyance. But because the dose-response relationship between odour emission and odour annoyance experienced by the inhabitants is a complicated chain of reactions, all odour problems cannot be defined with only one single odour parameter (e.g. odour immission, odour annoyance or the distance between the odour source and the inhabitants).

Primarily the odour guideline should be based on the odour immission caused by the odour source. The connection between the guideline and its objectives, which is to decrease significant odour nuisance, must anyhow be demonstrated.

According to a questionnaire study carried out in 1993 in the vicinity of 16 odour-emitting plants in Finland, significant odour annoyance corresponds to 3-9 % odour immission, which 25-50 % of the inhabitants perceive as clearly annoying. These values can be used as guidelines for odour annoyance. The lower range (3 %) relates to very unpleasant odour with high annoyance potential and the upper range to odour of varying hedonic tone.

A questionnaire to the municipality environmental authorities in Finland in 1994 showed that during the last six years industrial odour emissions have clearly decreased. As odour control measures the authorities should stress the implementation of best available technology. Often substantially effective technology does exist, the question is mainly one of attitude and the economic situation of the odour emitting-plant.

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on raportti ympäristöministeriön vuosina 1991 - 1994 rahoittamasta projektista ”Hajupäästöjen vähentämisen perusteet”. Päättäjänä on toiminut dipl. ins. Mona Arnold.

Raportin kirjoittamiseen on myös osallistunut VTT Kemiantekniikan fil. maist. Sulo Piepponen, joka on suorittanut hajumääritysten esimerkkitapauksen asukaspaneelitutkimuksen kemometrisen tarkastelun (kohta 4.1.3). Fil. lis. Tarja Savunen Ilmatieteen laitokselta on vastannut esimerkkitapauksen hajun leviämislaskelmasta (kohta 4.2).

Kiitän saamistani arvokkaista neuvoista ja kommenteista fil. kand. Anja Laukkarista, tutkimuksen vastuullista johtajaa.

Espoossa syyskuussa 1995

Mona Arnold

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKUSANAT	5
1 JOHDANTO	9
2 HAJUN MÄÄRITTÄMISEN LÄHTÖKOHDAT	9
3 HAJUN MÄÄRITYSMENETELMÄT	10
3.1 Hajupitoisuuden määrittäminen olfaktometrillä	11
3.2 Hajuyhdisteiden leviämislaskelma	12
3.3 Asukaspaneelitutkimus	14
3.3.1 Toteutus	14
3.3.2 Tulosten käsittely	15
3.4 Kenttähavainnointi	17
3.5 Kertakysely	18
4 ESIMERKKI HAJUN MÄÄRITTÄMISEN TOTEUTUKSESTA	19
4.1 Asukaspaneelitutkimus	19
4.1.1 Suoritus	19
4.1.2 Asukaspaneelitutkimuksen tulokset	19
4.1.3 Asukaspaneelitutkimuksen tulosten kemometrinen käsittely	22
4.2 Hajuihmissiön arviointi leviämislaskelmilla	25
4.2.1 Laskelmien lähtötiedot	25
4.2.2 Leviämislaskelmien tulokset	26
4.3 Kertakysely	27
4.4 Esimerkkitapauksessa käytettyjen määrittämenetelmien tulosten vertailu	30
5 HAJUN MÄÄRITYSMENETELMIEN KÄYTETTÄVYYS	32
5.1 Hajun määrittämenetelmien käytettävyyden vertailu	32
5.2 Esimerkkejä eriluonteisten hajuongelmien määrittämisestä	33
6 HAJUN VOIMAKKUUDEN JA MIELLYTTÄVYYSASTEEN MÄÄRITTÄMINEN	36
6.1 Hajun voimakkuus (intensiteetti)	36
6.2 Hajun miellyttävyyssaste (hedonisuus)	39
6.3 Hajun voimakkuuden ja miellyttävyyssasteen määrittämisestä käytettävyydestä	40
7 HAJUOHJEARVOJEN PERUSTEET	41
7.1 Suomen hajuhaittaa koskeva lainsäädäntö	41
7.2 Hajuohjearvojen perusteiksi soveltuvat parametrit	41

7.2.1	Hajuhaittaan kohdistuva ohjearvo	42
7.2.2	Hajuimmissioon perustuvat ohjeet	43
7.2.3	Kaavoitukseen kohdistuvat ohjeet	45
7.3	Hajuohjearvojen perusteiksi soveltuvien hajusuureiden vertailu	46
7.4	Hajuohjearvon tavoitteen määrittäminen	47
7.5	Ohjearvot ja niiden perusteet muissa maissa	47
7.5.1	Ohjearvot hajulle eri maissa	47
7.5.2	Perusteiden tarkastelu	49
7.6	Johtopäätökset	50
8	SELVITYS HAJUIMMISSION JA HAJUN HAITTAVAIKUTUKSEN VÄLISESTÄ YHTEYDESTÄ	51
8.1	Toteutus	51
8.2	Tulokset	53
8.3	Selvityksen tulosten arviointi ja johtopäätökset	56
9	HAJUA AIHEUTTAVAT TOIMINNAT SUOMESSA	58
9.1	Tutkimuksen toteutus	58
9.2	Tulokset	58
9.2.1	Puunjalostusteollisuus	62
9.2.2	Jätteiden käsittely	62
9.2.3	Maatalous	62
9.2.4	Elintarviketeollisuus	63
9.2.5	Muut	63
9.3	Hajuhaittilanteen kehitys	64
9.4	Toimialakohtaiset ohjeet hajuhaittojen vähentämiseksi	66
9.4.1	Puunjalostusteollisuus	66
9.4.2	Jätteiden käsittely	68
9.4.3	Maatalous	69
9.4.4	Elintarviketeollisuus	71
9.4.5	Liuotteita päästävät toimialat	71
10	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	72
	KIRJALLISUUSLUETTELO	77
	LIITTEET	
1	Esimerkkitapauksen asukaspanelisten (1 - 18) sijainnit	
2	Rikkivedyn hajupitoisuustason ylitysprosentit	
3	Rikkihiilen hajupitoisuustason ylitysprosentit	
4	Rikkivedyn ja rikkihiilen yhteishajupitoisuustason ylitysprosentit	
5	Kertakyselykaavake, esimerkkitapaus	
6	Ympäristöhaittakysely	

- 7 Häiritsevää hajua havainneiden vastaajien osuus ja hajun keskimääräinen esiintymistiheys eri aluevyöhykkeillä.
- 8 Viranomaiskyselyn tulokset (1994)
- 9 Viranomaiskyselyn tulokset (1994)
- 10 Viranomaiskyselyn tulokset (1994)
- 11 Hollannin Kuntaliiton suositus hajua päästävien toimialojen vähimmäis-etäisyydelle lähimmästä asutuksesta.

1 JOHDANTO

Harva ympäristöhaitta koetaan yhtä selvästi kuin haju. Hajut eivät kuitenkaan yleensä aiheuta välitöntä terveydellistä vaaraa, vaan niiden merkittävin vaikutus on ennen kaikkea viihtyisyyden vähenemisessä. Suomessa, kuten monessa muussa Euroopan maassa, ympäristössä esiintyvään hajuun voidaan puuttua lainsäädännön perusteella, jos voidaan todeta, että haju koetaan selvästi häiritseväksi tai, että siitä aiheutuu terveydellistä haittaa.

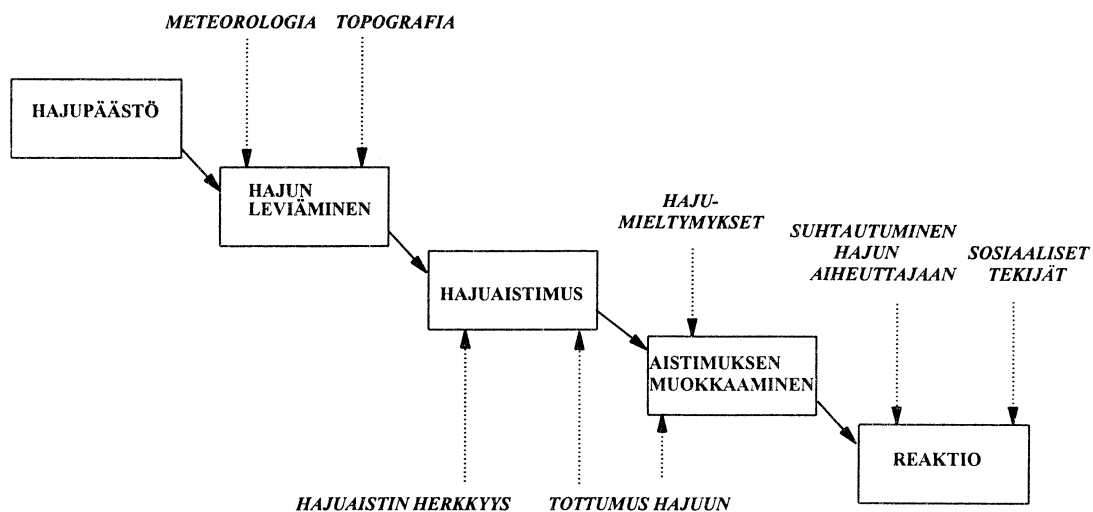
Suomessa ympäristöön haisevia yhdisteitä päästävien teollisuuslaitosten aiheuttaman haitan vakavuutta arvioidaan tapaus kerrallaan eikä yhdenmukaista käytäntöä tai arviointiperusteita ole käytössä. Hajuhaitan arvioimisen kehittämisen merkitys viranomaisilla on jatkuvasti kasvamassa. Yhdenmukainen arviointiprosessi antaisi paitsi viranomaisille myös toiminnanharjoittajille paremmat työkalut viihtyisyyshaitan ehkäisemiseen.

Raportissa selvitetään hajun eri arviointimenetelmien käytettävyyttä ja soveltuvuutta. Lisäksi arvioidaan, mitkä parametrit soveltuisivat Suomen hajuohjeiden perusteiksi ja esitetään hajupäästöjen vähentämisstrategiaa.

2 HAJUN MÄÄRITTÄMISEN LÄHTÖKOHDAT

Hajupäästön, siitä aiheutuvan hajuhaitan ja mahdollisen terveyshaitan välisestä korrelaatiosta on tehty useita psykososiaalisia ja epidemiologisia tutkimuksia. Selvää on, että epämiellyttävän hajun esiintyminen aiheuttaa alueen viihtyisyyden alenemista, mutta siitä, missä määrin hajupäästön suuruus suoraan korreloi asukkaiden kokeman haitta-asteen kanssa on esitetty eriäviä tuloksia eikä yleispätevää syy-seurausyhteyttä ole voitu osoittaa [1, 2, 3, 4, 5].

Hajun esiintyminen on fysiologinen suure, kun taas hajuhaitta riippuu sekä aistifysiologisista (yksilöllisen hajuaistin herkkyys) että psykososiaalisista tekijöistä. Edellä mainittuihin tekijöihin vaikuttavat ensinnäkin hajun peruslaatu, miellyttävyys ja voimakkuus, lisäksi haitta määräytyy hajun esiintymistiheyden perusteella. Hajupäästön vaikutus yksilöön voidaan havainnollistaa seuraavalla tavalla (kuva 1):



Kuva 1. Hajupäästöstä aiheutuva hajuhaitta.

Asukkaiden suhtautumisessa elinympäristössään esiintyvään hajuun saattaa olla huomattavia eroja. Siihen vaikuttavat yleinen ympäristötietoisuus ja suhtautuminen hajun aiheuttajaan. Tottuminen ja mahdollinen taloudellinen riippuvuus haitan aiheuttajasta voi vähentää hajun aistimuksen haitallisuutta. Hajuhaittatutkimuksissa on toisaalta todettu tietyn "perushajuhaittatason" olemassaolo, so. tietty osuus (noin 5 - 10 %) väestöstä kokee hajuhaittaa alueilla, joissa ei ole hajuyhdisteitä päästävää teollisuutta [2, 6].

Edellä mainitun monimutkaisen syy-seurausyhteyden vuoksi teollisuuslaitoksen tai muun hajulähteen aiheuttamaa hajuhaittaa ei voi suoraan määrittää mittaamalla yksistään päästön hajupitoisuutta tai hajun esiintymistiheyttä, vaan hajuhaitta voidaan selvittää varmasti ainoastaan vaikutusalueen asukkaiden avulla.

3 HAJUN MÄÄRITYSMENETELMÄT

Hajun määrittämisessä on kaksi lähestymistapaa: hajuhaitan tai hajun esiintymisen määrittäminen. Hajuhaitta voidaan selvittää kyselyllä, joka osoitetaan hajulähteen ympäristössä asuville henkilöille, kirjaamalla alueelta tulevat valitukset tai asukaspaneelitutkimuksella, joka toteutetaan alueen asukkaista valitun havainnoitsijaryhmän avulla. Hajuhaitan vakavuutta osoittaa myös asukkailta tulleiden hajua koskevien valitusten lukumäärä. Valitusten määrä on kuitenkin melko epätarkka tapa määrittää väestön kokema hajuhaitta. Monella ihmisellä on tietty kynnys valittamisen ja haitan kokemisen välillä, toiset taas valittavat jopa syyttä. Hajuvälitusten lukumäärää voidaan pikemmin käyttää hajuongelmaa indikoivana mittana, joka osoittaa tarvetta ryhtyä tarkemmin selvittämään tilannetta.

Ilmanlaadun tai hajun esiintymisen mittana taas on ulkoilman hajupitoisuus ja hajun esiintymistiheys. Hajun esiintymiseen vaikuttavat hajupäästön voimakkuus ja laatu sekä säätekijät ja ympäristön topografia. Hajun esiintyminen l. hajuihimissio määritetään leviämislaskelmien avulla, asukaspaneelitutkimuksilla ja kenttähavainnoinnilla. Hajupitoisuus määritetään yleisesti aistinvaraisesti olfaktometrillä.

3.1 HAJUPITOISUUDEN MÄÄRITTÄMINEN OLFAKTOMETRILLÄ

Ulkoilmassa esiintyvien epäpuhtauksien pitoisuus on ilmanlaadun ensisijainen mitta. Tunnetuille yhdisteille tämä ilmaistaan massana tilavuusyksikköä kohti (mg/m^3) tai tilavuussuhteena (ppm tai ppb). Haisevan ilman kohdalla em. määrittävät soveltuvat kuitenkin vain harvoin käytettäväksi. Haiseva ilma sisältää yleensä hyvin monia eri epäpuhtauksia, joiden pitoisuudet ovat erittäin pienet ja vaikeat mitata, eikä eri yhdisteiden vaikutus kokonaishajuun ole tiedossa. Hajupitoisuuden mittana käytetään tällöin hajuyksikköä kuutiometrissä ($\text{h.y.}/\text{m}^3$, engl. OU/m^3), joka suoraan kertoo, montako kertaa haiseva ilma on laimennettava, jotta se tulisi hajuttomaksi, eli jotta yhdisteiden pitoisuus alittaisi hajukynnyksen. Kaasun hajupitoisuus määritetään yleensä laboratoriossa olfaktometrillä useammasta koehenkilöistä koostuvan hajupaneelin avulla.

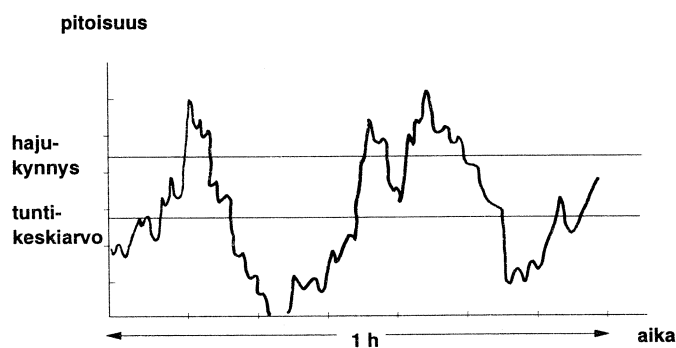
Aikaisemmin huonon toistettavuuden ja epätarkkuuden takia epäluotettavana menetelmänä pidetty olfaktometrinen määrittäminen on kehittynyt aktiivisen työn ansiosta. Menetelmän luotettavuus on viimeisen viiden vuoden aikana parantunut, ja sekä samassa laboratoriossa että eri laboratoriossa suoritettujen hajunäytteiden määritysten vertailukelpoisuus on parantunut.

Olfaktometristen määritysten yhdenmukaistamiseksi perustettiin vuonna 1992 CENin (Comité Européen de Normalisation) työryhmä, joka sai työnsä valmiiksi syksyllä 1994. Työryhmän ehdotuksessa määrittäminen tulos on kiinnitetty tiettyyn n-butanolin massapitoisuuteen, ja hajuyksikön tähän asti käytetystä määritelmästä dimensiottomana laimennuskertoimenä on luovuttu. Työryhmän ehdottama hajuyksikkö (*European Odour Unit*) on se määrä hajuyhdisteitä, joka kuutiometrissä neutraalia kaasua standardiolosuhteissa herättää samanlaisen fysiologisen vasteen kuin yksi eurooppalainen hajuyksikön referenssiarvo (*European Reference Odour Mass, EROM*) kuutiometrissä ilmaa. Menetelmäehdotuksen mukaan 1 *EROM* on $123 \mu\text{g n-butanolia} / \text{m}^3$ (40 ppb/v) [7].

Olfaktometrisiä määrittämiä käytetään yleensä vain päästöjen mittaukseen; ulkoilman suorat olfaktometriset määrittämiset ovat harvinaisia. Syy tähän on ensisijaisesti se, ettei olfaktometrillä yleensä voida määrittää alhaisen hajupitoisuuden omaavia kaasunäytteitä, kuten ulkoilmanäytteitä usein ovat. Käytännössä ulkoilman hajupitoisuus arvioidaan olfaktometristen päästömittausten ja leviämislaskelmien avulla.

3.2 HAJUYHDISTEIDEN LEVIÄMISLASKELMA

Hajun esiintymistä laitoksen ympäristössä voidaan arvioida hajuyhdisteiden leviämislaskelmien avulla. Hajun leviämismallin peruslähtökohtana on yleensä käytetty ruotsalaisen Högströmin jo 1970-luvun alussa kehittämää laskentamenetelmää, johon on tehty joitakin maakohtaisia muutoksia. Tavanomaista leviämismallia, jossa pitoisuuden keskiarvoaika on yksi tunti, ei voida käyttää, koska nämä yleensä vahvasti aliarvioivat hajujen esiintymistä (kuva 2).



Kuva 2. Hajupitoisuus voi saavuttaa hajukynnyksen useita kertoja keskiarvoaikana, vaikka keskimääräinen pitoisuusarvo on alle hajukynnyksen [8].

Myös Suomessa Ilmatieteen laitoksella käytössä olevan hajuyhdisteiden leviämismallin lähtökohtana on ollut Högströmin malli. Parannuksia on tehty mm. leviämisparametrien ja useiden lähteiden yhteisvaikutuksen arvioinnissa. Leviämismallin teoriaa on yksityiskohtaisesti esitelty Ilmatieteen laitoksen julkaisussa Hajuyhdisteiden leviämisen arviointi, ja tässä esitetään vain laskennan pääpiirteet [9].

Leviämislaskelmien lähtötietoina toimivat hajulähteen päästömittausten tulokset. Itse hajuhavainto määritellään kullekin aineelle sen hajukynnysarvolla, joka on aineen pitoisuus, kun 50 % testihenkilöistä tuntee hajua. Päästön hajupitoisuutta (h.y./m^3) verrataan hajuyhdisteiden leviämislaskelmissa yleisesti käytettyyn pitoisuusyksikköön g/m^3 . Kun tiedetään pistelähteen aiheuttaman pitoisuuden hajukynnys, voidaan tietokonelaskelmilla ennustaa, milloin kyseinen kynnysarvo saavutetaan lähteen ympäristössä eri etäisyyksillä tiettyjen meteorologisten olosuhteiden vallitessa. Keskiarvoaikana käytetään usein yhtä tuntia, jolloin saadaan yhden tunnin keskimääräinen pitoisuusarvo hajulle [8, 10].

Hajuyhdisteiden leviämismalli poikkeaa muista leviämismalleista siinä, että sillä tulee voida kuvata hyvin lyhytaikaisia jopa alle minuutin kestäviä pitoisuuksia. Tämän vuoksi hajumalli sisältää pistelähteitä käsiteltäessä nk. mutkittelumenetelmän, jossa oletetaan, että kaasuviuhkan mutkittelusta aiheutuu hetkestä toiseen vaihteleva pitoisuusaikasarja, jonka oletetaan koostuvan 0,5 minuutin jaksoista tunnin mittaisessa otoksessa. Kutakin 0,5 minuutin pitoisuusarvoa kohti oletetaan vastaavan jokin kaasuviuhkan akselin sijainti keskimääräiseen ilmavirtaukseen nähden poikkittais- ja pystysuunnassa. Kaasuviuhkan akselin heilahtelun oletetaan noudattavan normaalijakaumaa, jolloin hajun määrittämiseen tarvittava maksimipitoisuus voidaan laskea joko määrätyn todennäköisyyden menetelmällä tai Monte-Carlo-menetelmää käyttäen. Kun kaasuviuhka on levinnyt ja hajaantunut niin suureksi, että se saavuttaa sekoituskerroksen ylärajan, käytetään kaasuviuhkan sisäisen vaihtelun menetelmää ja huippupitoisuus määrätään lognormaalijakauman mukaisella todennäköisyyden tiheysfunktioilla. Monen lähteen yhdessä aiheuttamia huippupitoisuuksia arvioidaan nk. taustapitoisuusmenetelmän mukaan. Malliin sisältyy myös hajapäästöjen käsittelyyn soveltuvat laskentamenetelmät.

Hetkellisiä (0,5 minuutin keskiarvo) pitoisuuksia laskettaessa käytetään Högströmin esittämää menetelmää dispersioparametreille sekä kaasuviuhkan akselin hajonnalle. Keskimääräisten (tunnin keskiarvo) pitoisuuksien laskemiseen tarvittavien dispersioparametrien määrittäminen perustuvat uusimpien ilmakehän rajakerroksen meteorologiaan liittyvien tutkimusten sovelluksiin.

Leviämismallin tarvitsemia päästötietoja ovat savukaasujen määrä ja lämpötila, epäpuhtauspäästö aikayksikössä sekä tiedot niissä mahdollisesti tapahtuvista ajallisista vaihteluista. Teknisistä tiedoista vaaditaan savupiipun korkeus ja savukanavan suun halkaisija. Savupainuman arvioimiseksi tarvitaan lisäksi lähteen välittömässä läheisyydessä olevan rakennuksen korkeus.

Laboratoriossa määritetyt päästöjen hajupitoisuudet ja leviämislaskelmien tulokset toimivat ulkoilmassa vain (joskin usein erittäin täsmällisenäkin) hajun esiintymisen arviona, sillä

- Ulkoilmassa, päästölähteen ja havaitsijan välillä saattaa tapahtua hajuyhdisteiden kemiallista muutuntaa, joka vaikuttaa hajuyhdisteen hajuominaisuuksiin. Lisäksi hajuyhdisteiden vuorovaikutus ilman muiden epäpuhtauksien kanssa saattaa vaikuttaa lopulliseen hajuaistimukseen.
- Jatkuvan altistuksen seurauksena adaptaatio hajuun saattaa nostaa havaitsemiskynnystä.
- Laboratoriossa ja reaaliolanteissa ulkoilmassa esiintyvän hajun tunnistamisen ja havaitsemisen välillä on melko suuri ero.

Hajun leviämismalli on kuitenkin hyvin käyttökelpoinen työkalu, joka olemassa olevan hajutilanteen määrittämisen lisäksi antaa mahdollisuuden myös tilanteiden

ennustamiseen. Leviämislaskelmilla voidaan ennustaa miten prosessimuutokset tai puhdistustoimenpiteet vaikuttavat aistittavan ilman laatuun. Käytettyjen päästömittausten oikeellisuus ja mallin hyvyys vaikuttavat kuitenkin selvästi tulokseen. Pistelähteiden hajupäästön määrittäminen ei useinkaan ole ongelmallista, mutta laajojen lähteiden, esim. jätevedenpuhdistamoiden päästöjen luotettava määrittäminen, voi olla ongelmallista. Joissakin yhteyksissä on jopa esitetty, että hajun leviämistä ei voida ennustaa laajapintaisille lähteille, joiden lähtöpitoisuus on alhainen [11].

3.3 ASUKASPANEELITUTKIMUS

3.3.1 Toteutus

Asukaspaneelitutkimuksen toimintaperiaatteena on, että joukko havainnoitsijoita kirjaa ylös omassa kotiympäristössään tekemiään hajuhavaintoja. Tutkimus on pitkäaikainen ja kestää yleensä kuusi (4 - 12) kuukautta. Havaintotietojen tilastollisella käsittelyllä saadaan esille hajun esiintymistiheys ja luonne sekä haisevan laitoksen vaikutusalue ja haitan suuruus. Asukaspaneelitutkimuksen tulosten avulla voidaan selvittää esim. uuden teollisuuslaitoksen vaikutus ympäristön ilmanlaatuun. Vastaavasti voidaan seurata, mitä vaikutusta haisevan laitoksen sisäisillä muutoksilla, kuten prosessimuutoksilla tai puhdistustoimenpiteillä on alueen viihtyisyyteen. Asukaspaneelitutkimuksen tulokset ovat kuitenkin aina sidottu kyseessä olevaan alueeseen ja laitokseen, eikä toisen asukastutkimuksen tulosta yleensä voi suoraan soveltaa toiseen tilanteeseen. Näin asukaspaneelitutkimuksen hyödyntämistä esim. rakentamattoman alueen kaavoitussuunnittelussa tai uuden, vasta rakenteilla olevan laitoksen vaikutusalueen arvioimisessa ei voida varauksetta suositella.

Havainnoitsijaryhmän osanottajat, panelistit, valitaan yleensä satunnaisesti, jolloin otanta vastaa mahdollisimman hyvin normaaliväestöä. Ryhmään valitaan yli 16 vuotiaita henkilöitä, sukupuolella, sosiaalisella asemalla tai koulutuksella ei ole todettu olevan merkitystä. Panelistien hajuaistit voidaan testata ennen seurannan aloittamista esim. määrittämällä heidän hajukynnyksensä rikkivedylle tai butanolille, jolloin poikkeuksellisen hyvän tai äärimmäisen huonon hajuaistin omaavat henkilöt hylätään ryhmästä. Usein riittää kuitenkin panelistin oma arvio hajuaistinsa toimivuudesta.

Paneelin koolla ja havaintopisteiden sijainnilla on merkitystä lopputuloksen luotettavuuteen. Noin 25 - 50 henkilön paneelia voidaan pitää sopivana, riippuen tutkittavan alueen laajuudesta ja hajulähteiden määrästä. Havaintopisteiden sijainnit on valittava tasaisesti eri etäisyydellä ja ilmansuunnassa laitoksesta. Epätasainen jakauma vaikuttaa tulosten tilastollisen käsittelyn luotettavuuteen ja voi jopa osittain vääristää tuloksia. Havainnoitsijaryhmään tulee myös valita 4 - 5 henkilöä läheltä sijaitsevalta referenssialueelta, joka ei ole hajulähteiden

vaikutusalueita. Näin selvitetään puhtaan taustatason eroja hajulähteiden vaikutusalueen tasosta.

Eri näkemyksiä on esitetty siitä, kuuluuko havaintoryhmän jäsenet kouluttaa hajun tunnistamiseen. Koulutettu paneeli aistii herkemmin ja varmemmin kuin tavallinen, joten tulos ei suoraan vastaa normaaliväestöstä kootun paneelin tulosta. Esimerkkinä tästä on Amooren ja Hautalan tutkimus, jossa hajupaneelin määrittämät etyylimerkaptaanin ja tiofeenin havaitsemispitoisuudet olivat jopa 20 - 30 kertaa suuremmat, kun haistajien huomio johdettiin muualle [12]. Panelistien koulutus voi toisaalta olla tarpeen, jos tutkittavalla alueella sijaitsee monta mahdollista hajulähdettä, ja tarkoitus on selvittää, mikä on hajuhaitan pääasiallisin aiheuttaja.

Asukaspaneelitutkimuksessa panelistien motivointi on äärimmäisen tärkeää, varsinkin, kun tutkimus jatkuu pidemmän aikaa. Havainnoitsijaehdokasta lähestytään mieluummin henkilökohtaisesti sekä kirjeitse että puhelimitse, jotta hänet saadaan tietoiseksi havainnoitsijan oleellisesta osasta tutkimuksessa. Tutkimuksesta on hyvä järjestää informaatiotilaisuus tai tiedottaa siitä paikallislehdessä, jolloin selvityksen tavoitteet ja merkittävyys ilmenevät.

3.3.2 Tulosten käsittely

Asukaspaneelitutkimuksen lähtökohtana on joko hajulähteen vaikutusalueen määrittäminen tai asukkaiden viihtyisyyshaitan ja altistumistason selvittäminen. Vaikutusalueen määrittämisessä määritettävät parametrit ovat hajujen leviäminen ympäristössä, vaikutusalueen suuruus ja hajun esiintymistiheys. Asukkaiden altistumistason selvittämisessä määritetään miten suuri osuus väestöstä tuntee hajua, tai määritetään asukkaiden kokemaa hajuhaittaa hajuindeksinä, johon sisältyy prosenttiosuus haistajista, jotka ovat aistineet hajua ulkoilmassa ja se miten häiritseväne he kokivat sen. Suureet ilmoitetaan yleensä eri etäisyyksillä laitoksista, jolloin selvitetään miten haju vähenee etäisyyden funktiona.

Hajun esiintymistiheys määritetään havainnoitsijoiden yhteenlaskettujen hajuhavaintoaikojen perusteella. Ilmoitetuista hajuhavainnoista tulee pyrkiä poistamaan ne havainnot, joita on tehty muualla kuin omassa kotiympäristössä. Mikäli tutkimuksen tarkoitus on selvittää tietyn laitoksen tai teollisuusalueen vaikutus ympäristöön, tulee ilmoitetuista hajuhavainnoista poistaa ne, jotka hajun kuvauksista päätellen selvästi eivät ole peräisin tutkittavan laitoksen tai alueen toiminnasta. Kokonaishavaintoajaksi lasketaan yleensä tutkimuksen kokonaisaika, 24 tuntia vuorokaudessa. Vaihtoehtoisesti on myös käytetty havainnoitsijoiden oletettua hereilläoloaika, 18 tuntia vuorokaudessa.

Hajua havaitsevien panelistien prosenttiosuutta voidaan pitää hajuhaitan tiettyä mittana, ja esimerkiksi Hollannissa parametri on aikaisemmin ehdotettu hajun esiintymisen ohjearvon perusteeksi. Prosenttiosuus määritetään päivittäin, ja siitä

lasketaan koko tutkimusajan tai kuukauden mediaanit. Viikottain tai kuukausittain lasketut prosenttiosuudet antavat useimmissa tapauksissa liian ison lopputuloksen.

Hajuhaittaindeksi ilmoittaa osuuden panelisteista, jotka kokivat hajun häiritseväenä ja sitä käytetään hajuhaitan määrällistämiseen esim. Saksassa ja Hollannissa. Hajuhaittaindeksin (Odour Annoyance Index, Belästigungsindize) määrittämisestä on Saksassa ilmestynyt vuonna 1991 VDI-sarjan ohjeet [13]. Saksalaisissa ohjeissa esitetty määrittystapa pohjautuu paneelin havaintojen lukumäärään ja panelistien omaan arvioon ulkoilman haittaluokasta. Havainnoitsija määrittää kerran viikossa tiettyinä kellonaikana kotiympäristönsä ulkoilmassa mahdollisesti esiintyvän hajun haitta-asteen viisijakoisen asteikon mukaisesti:

0. Ei häiritse - ei haise
1. Häiritsee vähän
2. Selvä haitta
3. Häiritsee paljon
4. Häiritsee erittäin paljon.

Haittaindeksi lasketaan seuraavasti:

$$I_k = \sum_{i=0}^4 \frac{1}{N_k} S W_i N_{ik} \quad (1)$$

jossa,

- I_k = viikon k haittaindeksi
- N_k = Havainnoitsijoiden lukumäärä viikolla k
- i = Havaintojen luokka (0...4)
- W_i = Haittaluokan i painotus (0, 25 %, 50 %, 75 %, 100 %)
- N_{ik} = i -luokan havaintojen lukumäärä viikolla k

Alueen kokonaishajuhaittaindeksi määritellään viikkoindeksien mediaanina. Haittaindeksien vaihteluiden osoittamiseksi määritetään lisäksi usein 90 prosenttiosuuden arvo.

Saksalaisten VDI-ohjeiden mukainen menetelmä edellyttää, että havainnoitsija samassa paikassa samaan aikaan joko kerran päivässä tai kerran viikossa, riippuen tutkimuksen kestoajasta, kirjaa sen hetkisen ulkoilman haittaluokan. Käytännössä voi olla vaikeata velvoittaa asukkaita näin jäykkään koesuunnitelmaan, ja suurena vaarana on, että tutkimuksen jatkuessa pitkään tehtävä unohtuu tai sitä laiminlyödään. Jos koejärjestely edellyttää havainnoitsijalta hyvin aktiivista osallistumista, paneeli on valittava riittävän suureksi, jotteivät unohdukset ja laiminlyönnit vaikuta ratkaisevasti tuloksen tilastolliseen luotettavuuteen.

Hajuhaittaindeksimenettelyn etuja on, että hajuhaitta on mahdollista kvantitoida suoraan, jolloin haitan laajuuden arviointi välillisten parametrien avulla tulee tarpeettomaksi. Kun tulos voidaan esittää numeerisesti ennalta määrätyn asteikon mukaisesti, eri laitoksista aiheutuvan hajuhaitan vertailu tulee helpommaksi.

Meteorologisten tietojen käyttö asukaspaneelitutkimuksessa määräytyy tutkimuksen tarkoituksen mukaan. Mikäli tutkittavalla alueella on monta teollisuuslaitosta, ja tarkoituksena on selvittää mikä näistä on merkittävin hajuhaitan aiheuttaja, antavat tiedot tuulen suunnasta ja mahdollisesti myös tuulen nopeudesta tärkeätä informaatiota siitä, mistä aistittu haju voi olla peräisin. Jos taas tutkimuksessa selvitetään ainoastaan määrätyn laitoksen haitta-alueen, eikä ympäristössä ole muita hajulähteitä, meteorologisten tietojen käytöllä on vähemmän merkitystä.

Tuulitiedot otetaan läheltä sijaitsevalta meteorologiselta mittausasemalta, jonka mittaustiedot vastaavat tutkimusalueella vallitsevaa tilannetta. Tutkimuksen mukaan käytetään joko kolmen tunnin tai tunnin mittaustietojen keskiarvoja.

3.4 KENTTÄHAVAINNOINTI

Kenttähavainnointi (engl. *field inspection*, saks. *Begehungen*) on hajun esiintymisen suora määrittäminen menetelmä, jossa mittauseliminä toimivat kentällä liikkuvien havainnoitsijoiden nenät. Joukko tehtävään koulutettuja ihmisiä määrittää ulkoilmasta hajun havaittavuuden tai voimakkuuden. Menetelmän suoritustavat vaihtelevat, mutta ne voidaan pääsääntöisesti jakaa kahteen ryhmään tutkimusten lähtökohtien mukaan; toisessa päämääränä on määrittää miten pitkälle hajupäästöt leviävät, toisessa tavoitteena on määrittää alueen väestön altistumistaso.

Ensiksi mainitussa suoritustavassa panelistit liikkuvat tuulen alapuolella hajulähdettä kohti, jolloin etäisin piste, jossa havainnoitsijajoukkue tunnistaa selvää hajua 10 % havainnointiajasta, on hajun leviämisetäisyys. Muualta kuin määrittämyskohteelta tulleita hajuja (esim. bensiinin tai pakokaasun haju) ei kirjata.

Toisessa suoritustavassa, jossa määritetään pitkäaikainen altistumistaso, havainnoitsijajoukko käy tietyin aikavälein, esim. kerran viikossa alueella tasaisesti sijaitsevilla havaintopisteillä ja määrittää niissä hajun voimakkuuden sekä hajun laadun ja luonteen. Tällaista tutkimusta jatketaan yleensä $\frac{1}{2}$ - 1 vuotta, ja tuloksena saadaan hajun leviämisetäisyyden lisäksi myös tietoa hajun esiintymistiheydestä.

Kenttähavainnointi on suora, ihmisen hajuaistin toimintaan pohjautuva menetelmä, joka selvittää tositilanteen ilman välillisiä apuparametreja. Menetelmällä saadaan objektiivista, luotettavaa tietoa hajun esiintymisestä. Käytännössä on osoittautunut, että hajupäästön leviäminen voidaan joka määrittäyskerralla määrittää melko tarkasti, keskimäärin n. 100 m:n tarkkuudella [14]. Menetelmän vaatima työpanos on kuitenkin suuri. Varsinkin alueilla, joissa on vain yksi hajulähde, hajupitoisuus vaihtelee meteorologisen tilanteen mukaan, ja tarvitaan suuri määrä havaintoja, jotta saadaan tilastollisesti luotettavia tuloksia.

Määrittämyksen tulokset riippuvat kuitenkin hyvin pitkälle mittausstrategiasta, missä ja miten tiheästi havaintopisteet sijaitsevat. Menetelmän standardointi on hyvin

tärkeää, jotta eri menetelmien tuloksia voitaisiin vertailla keskenään. Sekä Hollannissa että Saksassa hajututkijat ja viranomaiset ovat työskennelleet menetelmän standardoimiseksi ja menetelmän saksalaiset VDI-ohjeet ilmestyivät vuonna 1993 [15]. Hajulähteen fyysinen ympäristö voi joka tapauksessa kuitenkin rajoittaa havainnointipisteiden sijainnin valintaa. Fyysiset esteet, kuten portit, moottoritiet jne. voivat vaikeuttaa arviointia eräissä hajuviuhkan kannalta strategisissa paikoissa.

3.5 KERTAKYSELY

Väestökyselyssä arvioidaan teollisuuslaitoksen tai muun laitoksen aiheuttama hajuhaitta. Kyselyssä, jonka voi tehdä kirjeitse tai puhelimitse, asukkaat arvioivat minkälaisia ympäristöhaittoja heidän kotiympäristössään esiintyy, miten usein hajua esiintyy ja miten vakavana viihtyisyyshaittana haju koetaan. Kertakyselyn periaate on samanlainen kuin pitemmän aikaa kestävä asukaspaneelitutkimuksenkin. Havainnoitsijoiden määrä on kuitenkin huomattavasti suurempi. Tulokset ovat menetelmän kertaluonteen takia vähemmän luotettavia. Tulokset perustuvat yksilön muistikuvaan ja yleiseen käsitykseen ympäristön ilmanlaadusta eikä samanaikaisesti tehtyihin jatkuviin havaintoihin. Riittävän isolla osanottajien lukumäärällä ja sisällyttämällä kyselyyn useampia, toisistaan hieman poikkeavia kysymyksiä viihtyisyyshaitasta, jolloin pistokokeilla ja aineistoa tilastollisesti testaamalla, voidaan kuitenkin saada melko luotettavia tuloksia viihtyisyyshaitan suuruudesta.

Kyselyyn voidaan sisällyttää myös kohtia hajun esiintymisestä aiheutuvista reaktioista, kuten päänsärystä, ikkunoiden sulkemisesta ja ulkona oleskelun välttämisestä. Edellä mainittujen reaktioiden yleisyys kuvaa epäsuorasti hajun aiheuttama viihtyisyyshaittaa.

Kuten asukaspaneelitutkimuksessa kyselyyn osallistujien osoitteet tulee valita mahdollisimman tasaisesti tutkittavalta alueelta, sillä epätasainen jakauma voi vaikuttaa merkittävästikin tutkimuksen lopputuloksiin. Hajun esiintyminen ja hajuhaitan vakavuus pienenee kauempana laitoksesta. Mikäli valtaosa osanottajista asuu esim. tutkittavan alueen uloimmalla laidalla, tulokset vääristyvät ja hajuongelma tulee näyttämään paljon pienemmältä kuin mitä se todellisuudessa on.

Kertakyselymenetelmä soveltuu hyvin, kun halutaan selvittää esim. ympäristön asukkailta tulleiden valitusten aiheellisuus tai hajupäästöjen rajoittamisen teho tai tarpeellisuus. Lisäksi menetelmää voidaan käyttää viranomaisten apuvälineenä laitoksen lupakäsittelyyn tai asemakaavan laatimiseen liittyvien kysymysten ratkaisemisessa.

4 ESIMERKKI HAJUN MÄÄRITTÄMISEN TO- TEUTUKSESTA

Edellä esitettyjen määrittämenetelmien toteutettavuuden selvittämiseksi suoritettiin vuosina 1991 - 1992 tutkimus haisevan teollisuuslaitoksen ympäristössä, jossa vertailtiin asukaspaneelitutkimuksen, kertakyselyn ja hajun leviämismallilaskelman tuottamia tietoja ja menetelmien käytettävyyttä. Leviämislaskelmat tehtiin sekä instrumenttianalyttisten että aistinvaraisten päästömittausten tulosten perusteella. Tutkimukseen kuului myös asukaspaneelitutkimuksen tulosten kemometrinen käsittely eli monimuuttujainen data-analyysi. Analyysillä pyrittiin selvittämään mm. meteorologisten olosuhteiden merkitys hajun esiintymiselle.

Tutkimuksen esimerkkilaitokseksi valittiin viskoosia tuottava laitos. Viskoosin valmistuksen prosessiperäiset hajupäästöt koostuvat pääosin rikkivedystä (H_2S) ja rikkihiilestä (CS_2). Laitoksen hajupäästöjen vaikutusalue oli matalasta päästökorkeudesta huolimatta melko laaja, ja haitoista oli valitettu yli viiden kilometrin etäisyydellä laitoksesta.

4.1 ASUKASPANEELITUTKIMUS

4.1.1 Suoritus

Tarkkailuryhmän kokoamisessa otettiin yhteyttä yli 50 henkilöön, joista 30 suostui tarkkailuryhmän jäseneksi. Kahdeksantoista henkilöä jatkoi seurantaan koko tutkimuksen ajan. Nämä henkilöt asuvat 0 - 7 km etäisyydellä tuotantolaitoksesta ja heidät valittiin kotipaikkansa sijainnin perusteella. Osoitteet ja nimet saatiin paikkakunnan kiinteistörekisteristä ja joidenkin asukkaiden ehdotuksista. Havainnotopisteiden sijainnit ilmenevät liitteen 1 kartasta.

Tutkimuksen aikana havainnoitsijat merkitsivät kotiympäristössä esiintyvän hajun ajankohdan, voimakkuuden ja laadun yksinkertaiseen seurantalomakkeeseen. Seuranta kesti 7 kuukautta (1.6. - 31.12.91), jonka aikana havainnoitsijat palauttivat havaintolomakkeen kuukausittain VTT:lle.

4.1.2 Asukaspaneelitutkimuksen tulokset

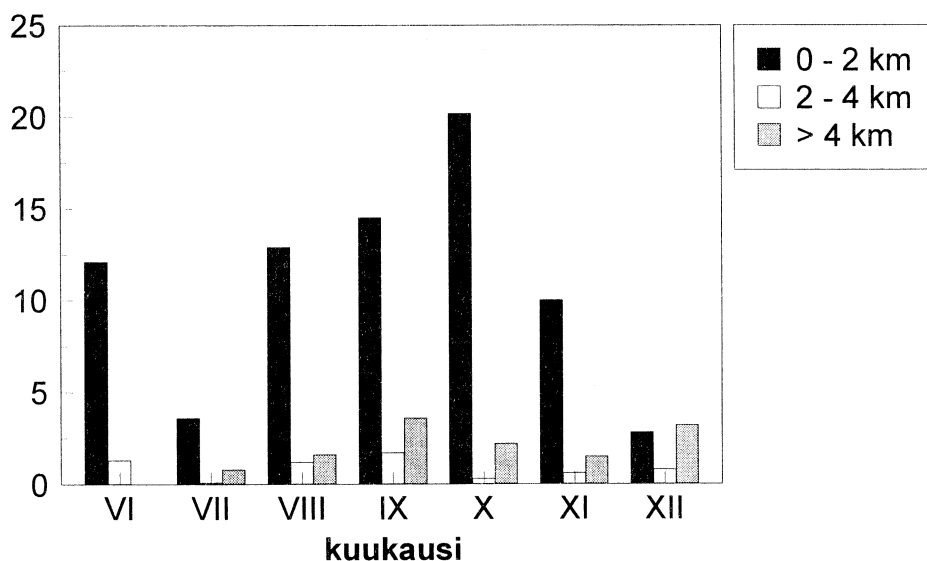
Asukaspaneelitutkimuksessa määritettiin hajun esiintymistiheys, hajua aistineiden panelistien prosenttiosuus ja hajuhaittaindeksi.

Hajun esiintymistiheys

Kuvassa 3 on esitetty hajuajan osuus kokonaishavaintoajasta eri kuukausina. Tulokset on ryhmitelty havaintopisteiden sijaintien mukaan, eri etäisyydellä laitok-

sesta. Ellei hajun esiintymisen alku- ja loppuajankohtaa oltu erikseen merkitty, oletettiin hajuhavainnon kestoajaksi 1 tunti. Panelistien vuorokautiseksi havaintoajaksi laskettiin 24 h.

hajuajan osuus kokonaisajasta, %



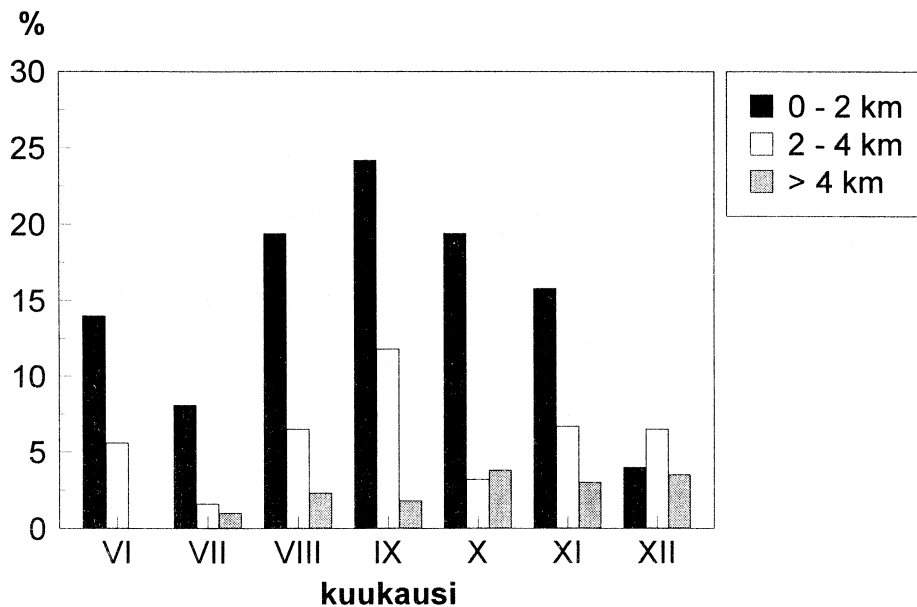
Kuva 3. Hajuajan osuus (%) kokonaishavaintoajasta eri kuukausina.

Tutkimuksen aikana hajua havaittiin keskimäärin 4 % kokonaisajasta. Etäisyydellä 0-2 km keskimääräinen esiintymistiheys oli 11 %. Etäisyydellä 2 - 4 km ja 4 - 6 km vastaavat arvot olivat 1 % ja 2 %. Tulosten epä johdonmukaisuus (kauempana laitoksesta hajun esiintymistiheys oli hieman korkeampi kuin lähempänä) selittyy menetelmään liittyvistä epätarkkuuksista sekä siitä, että etäisyysvyöhykkeen 2 - 4 km peittävyys oli melko alhainen. Etäisyysvyöhykkeellä 2 - 4 km havaintopisteiden määrä oli vain 2 - 3, kun taas 4 - 6 km etäisyydellä havaintopisteitä oli 10 - 11.

Kesäkuun lopussa ja suurimman osan heinäkuuta tehtaalla oli vuosiseisokki. Tämä heijastuu heinäkuun pienissä hajun esiintymistiheyslukuissa. Hajuhavaintoja on kuitenkin tehty myös seisokin aikana. Vallitsevien tuulensuuntien perusteella nämä havainnot eivät olleet jäljitettävissä toiseenkaan teolliseen lähteeseen. Ulkomailla tehdyt tutkimukset ovat osoittaneet, että "puhtaillakin" alueilla noin 5 - 10 % väestöstä ilmoittaa kokeneensa hajuhaittaa, joka aiheutunee erilaisista ei-teollisista ja liikkuvista lähteistä [2, 3].

Hajua havaitsevien panelistien prosenttiosuus

Kuvassa 4 on esitetty hajua havaitsevien panelistien prosenttiosuus kuukauden päiväkeskiarvona. Tulokset on myös laskettu havaintopisteiden sijainnin mukaan, eri etäisyyksillä tuotantolaitoksesta.



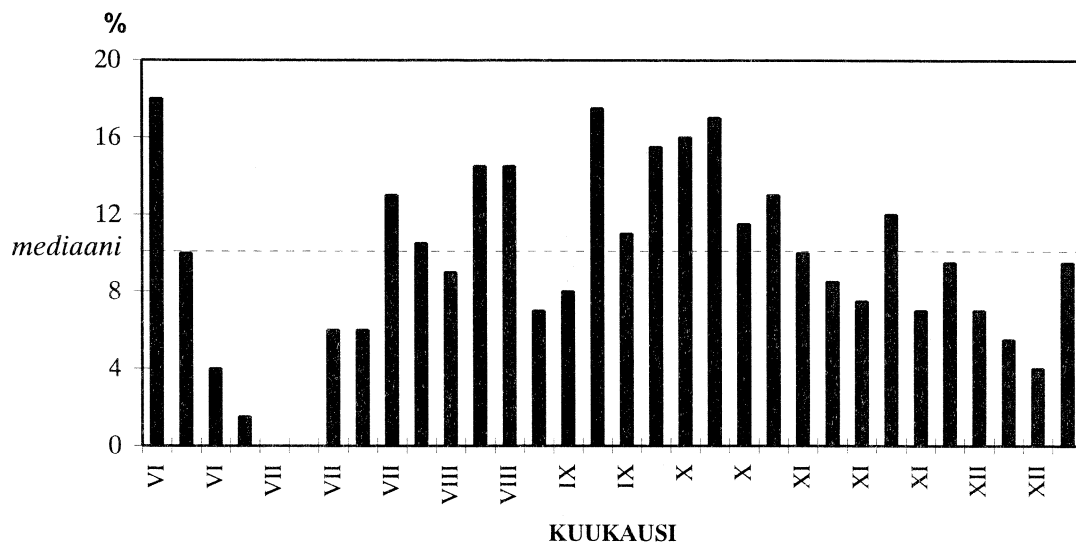
Kuva 4. Hajua havaitsevien panelistien prosenttiosuudet.

Hajua havaitsevien panelistien prosenttiosuus oli keskimäärin 6 %. Etäisyydellä 0 - 2 km prosenttiosuus oli 15 %, etäisyydellä 2 - 4 km 6 % ja etäisyydellä 4 - 6 km 2 %. Prosenttiosuus pienenee suhteellisesti hitaammin etäisyyden kasvaessa kuin edellä esitetty hajuimmissio. Vielä 2 - 4 km etäisyydellä hajuhaittaa voidaan pitää suhteellisen vakavana.

Hajuhaittaindeksi

Asukaspaneelitutkimuksen tuloksista määritettiin alueen hajuhaittaindeksi VDI-ohjeiden mukaisesti eroavat koeolosuhteet huomioon ottaen [13]. Hajuhaitta määritettiin tässä tutkimuksessa epäsuorasti kolmen parametrin avulla; prosenttiosuus panelisteista, jotka aistivat hajua, hajuepisodin kesto aika ja hajun voimakkuus. Jokaisen havainnoitsijan seurantaviikko tarkistettiin näiden kolmen parametrin mukaisesti ja havainnoitsijan kokema hajuhaitta luokiteltiin asteikon 0 - 4 mukaisesti. Jos esimerkiksi viikon aikana on tehty tunnin kestänyt hajuhavainto, jonka voimakkuudeksi on koettu 1 (lievä), ryhmiteltiin tämä seurantaviikko ryhmään 2 (lievä haitta). Useampina päivinä esiintynyt selvä haju taas luokitellaan neljänteen ryhmään (3 <=> suuri haitta). Eri ryhmien hajuhavainnot saavat siten eri painon viikkohaittaindeksin määrittämisessä. Haittaindeksi laskettiin kohdassa 3.3.2 esitettyjen ohjeiden mukaan.

Kuvassa 5 on esitetty alueen hajuhaittaindeksit seuranta-ajan eri viikkoina. Tässä tutkimuksessa viikottaisten hajuhaittaindeksi arvojen mediaani oli 10 % ja 90 %-osuus 16 %.



Kuva 5. Viikottaiset hajuhaittaindeksit 01.06. - 31.12.91.

4.1.3 Asukaspaneelitutkimuksen tulosten kemometrinen käsittely

Asukaspaneelitutkimuksessa käsitellään monta eri parametria, jotka liittyvät sekä yksilön hajuaistiin että suoriin fysikaalisiin ilmiöihin, kuten hajuhavaintopisteiden sijaintiin, meteorologisiin tietoihin jne. Kemometrisen tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa tietoa fysikaalisten ja hajuaistiin liittyvien parametrien keskinäisestä riippuvuudesta. Analyysissä haluttiin selvittää, voiko hajun esiintymisen ennustaa asukaspaneelitutkimuksen tuottaman informaation perusteella.

Kemometrian periaatteet

Kemometria on yleisnimi tulosten analyysille, jossa käytetään matematiikan, tilastotieteen ja tietotekniikan menetelmiä erilaisten tutkimusongelmien ratkaisemiseen mittaustulosten pohjalta. Tyypillistä kemometrialle on usean muuttujan samanaikainen tarkastelu esimerkiksi pääkomponenttianalyysiin, luokitteluun tai monimuuttujaregressioon liittyvän mallintamisen yhteydessä. Tavoitteena on saada mittausdataan sisältyvä informaatio mahdollisimman hyvin esille ja hyödynnettyä.

Erilaisia ilmiöitä voidaan mallintaa joko ns. "kovien" tai "pehmeiden" mallien avulla. "Kovat mallit" perustuvat esim. fysikaalisten tai kemiallisten ilmiöiden tunnettuihin matemaattisiin lainalaisuuksiin, joiden avulla ilmiö pyritään selittämään mahdollisimman tarkasti. Tavallisesti "kova malli" rakennetaan ilman kokeellisia mittauksia. Tällaisen teoreettisen mallin hyvyttä ko. ilmiön kuvaajana voidaan kuitenkin arvioida vasta kokeellisten tutkimusten jälkeen. "Pehmeät mallit" perustuvat kokeelliseen mittausdataan, jolle jälkikäteen pyritään löytämään matemaattinen kuvaus. Tässä tapauksessa malli ei välttämättä pysty kuvaamaan koeolosuhteiden ulkopuolelle sijoittuvia ilmiöitä. Koesuunnittelun avulla mallin

kykyä ilmiön kuvaajana voidaan merkittävästi parantaa. Kemometriassa käytetään yleisesti ns. "pehmeitä malleja".

Jos hajuhaittojen estimoimiseen halutaan soveltaa "kovaa mallia", tulisi mallin tekijän tuntea mm. meteorologiaan, ilman virtauksiin ja hajun muodostumiseen liittyvät matemaattiset lainalaisuudet. Tällöin asukaspaneelin funktio olisi mallin hyvyyden testaus. Aistinvarainen arviointi sisältää kuitenkin hyvin monta epävarmuustekijää. Yksilön hajuaistissa ja asennoitumisessa hajulähteisiin on paljon eroavuuksia. Näin ollen malli olisi todennäköisesti kuvannut huonosti asukkaiden kokemaa hajuilmiötä.

Kemometrinen mallitus hajuilmiöiden selittäjänä, esimerkkitapaus

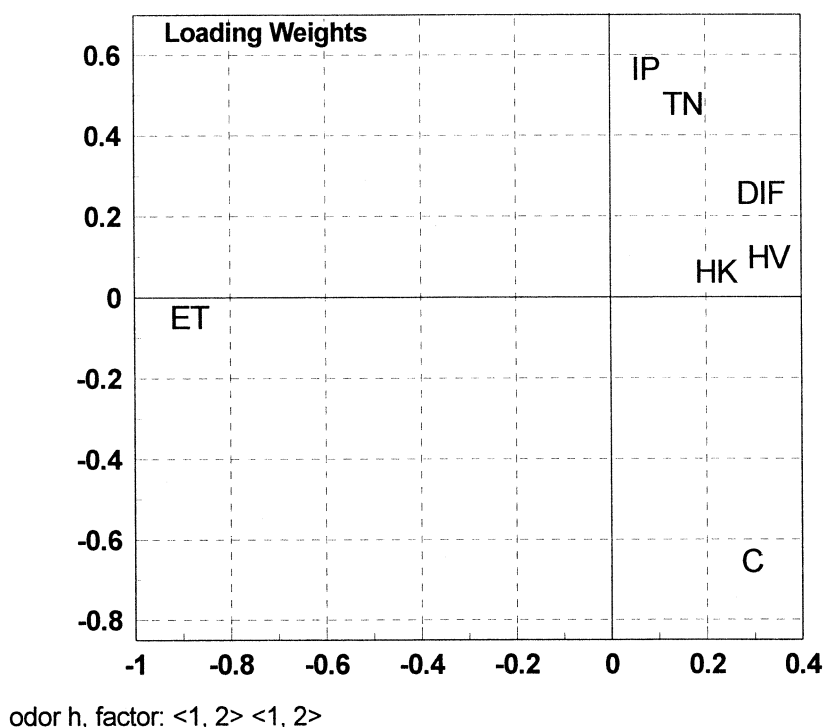
Esimerkkilaitoksen ympäristössä suoritettua asukaspaneelitutkimuksen aistinvaraisen mittausdatan (hajun voimakkuus ja hajun kesto-aika) ja ympäristöparametrien (tuulen suunta ja nopeus, lämpötila, kosteus, ilmanpaine, havainnoitsijan etäisyys ja suunta hajulähteestä, viikonpäivä) välistä riippuvuutta tutkittiin pääkomponenttianalyysin ja PLS-regression avulla (PLS = partial least squares) [16]. Koska saatujen mallien selityssasteet olivat heikkoja, ei tuloksista voida tehdä kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Mallien avulla voitiin selittää parhaimmillaan vain 39 % ympäristöparametrien ja 17 % aistinvaraisten mittausten varianssista. Syy mallien huonoon selityssasteeseen on todennäköisesti aistinvaraisen mittausdatan epävarmuudessa ja epäjohtomukaisuudessa. Mallintaminen tehtiin UNSCRAMBLER-ohjelmistoa käyttäen [17].

Kemometrisen analyysin pohjalta voitiin tehdä seuraavia muuttujien väliseen riippuvuuteen liittyviä huomioita:

1. Hajun kesto ja hajun voimakkuus ovat kääntäen verrannollisia havainnoitsijan etäisyyteen hajulähteestä eli mitä lähempänä havainnoitsija on sitä kauemman aikaa hajua tuntuu ja mitä lähempänä havainnoitsija on sitä voimakkaampana haju tuntuu. Vaikka edellä mainitut riippuvuudet olivat odotettuja, ei niitä aina ole helppo havaita laajasta aineistosta edes matemaattisella tarkastelulla.
2. Hajun voimakkuus ja hajun kesto ovat suoraan verrannollisia tuulen suunnan ja havainnoitsijan suunnan (hajulähteestä) väliseen kulmaan (saa arvoja 0 - 180). Kun havainnoitsija on hajulähteeseen nähden tuulen alapuolella, on kulma 180 astetta. Hajun voimakkuus on suuri, kun kulma on mahdollisimman suuri, mikä onkin hyvin luonnollista.
3. Lämpötilalla, ilmanpaineella ja tuulen nopeudella saattaisi olla jonkin verran merkitystä hajuilmiöiden selittäjänä, mutta mallin heikkouksien vuoksi riippuvuus ei ole merkityksellinen. Lämpimällä ilmalla hajuhavaintojen määrä on ollut jonkin verran suurempi, mikä voidaan kuitenkin selittää sillä, että kauniilla säällä ihmiset viettävät enemmän aikaa ulkona.

4. Muodostetun mallin mukaan ilman kosteudella ja viikonpäivällä ei näyttäisi olevan merkitystä hajuilmiöiden selittäjänä.

Kuvassa 6 esitetään muuttujien lataukset kahden ensimmäisen pääkomponentin avulla PLS-mallissa, jossa hajun voimakkuutta (HV) ja hajun kestoa (HK) selitettiin etäisyyden (ET), tuulen suunnan ja havainnoitsijan suunnan hajulähteestä välisen kulman (DIF), tuulen nopeuden (TN), lämpötilan (C) ja ilmanpaineen (IP) avulla. Positiivisesti keskenään korreloivat muuttujat ovat kuvassa lähellä toisiaan ja negatiivisesti korreloivat origon (0,0) suhteen eri puolilla tasoa origon läpi kuljettaessa. Erityisen selvästi kuvasta nähdään etäisyyden negatiivinen korrelaatio hajun voimakkuuteen ja hajun kestoon nähden sekä DIF-muuttujan positiivinen korrelaatio hajun voimakkuuteen ja hajun kestoon. Vaikka eri mallien selitysasteet olivat yleisesti pieniä, olivat edellä mainitut riippuvuudet selvästi havaittavissa lähes kaikissa malleissa.



Kuva 6. Asukaspaneelitutkimuksen muuttujien lataukset kahden ensimmäisen pääkomponentin, hajun voimakkuuden ja hajun keston, avulla.

Tulosten kemometrinen analyysi osoittaa, että hajuhaitan estimointi on hyvin vaikeaa hajuaisteissa ja hajun hyväksyvyydessä esiintyvien yksilöllisten erojen takia. Lähellä sijaitsevien havainnointipisteiden (panelistien) ilmoitetuissa hajuhavainnoissa on suuria eroja, joita ei fysikaalisin perustein voi selittää. Tämän takia on

myös hyvin tärkeätä, että paneeliin valitaan riittävä määrä henkilöitä, ettei yksilöllisten "äärihaistajien" vaikutus lopputulokseen ole liian suuri.

4.2 HAJUIMMISSION ARVIOINTI LEVIÄMISLASKELMILLA

Esimerkkitapauksessa laskettiin viskoosia valmistavan laitoksen ympäristöön aiheuttamia H_2S - ja CS_2 -pitoisuuksia Ilmatieteen laitoksen rutiinikäytössä olevan leviämismallin avulla. Selvityksessä arvioitiin H_2S - ja CS_2 -pitoisuuksia sekä hajukynnyspitoisuuksien ylitysprosentteja laitoksen läheisyydessä. Tuloksina on esitetty H_2S - ja CS_2 -hajukynnyspitoisuuksien sekä näiden yhdisteiden yhteisen hajukynnyspitoisuuden ylitysprosentit aluejakaumina karttapohjalle. Laskelmiin tarvittavat laitoksen päästötiedot toimitti VTT Kemiantekniikka.

Päästöjä käsiteltäessä laskentamallissa otettiin huomioon laitoksen kesä-heinäkuussa oleva seisokki. Muutoin päästöjä käsiteltiin mittaustulosten mukaisina vakioarvoina. Leviämislaskelmat tehtiin 5 km x 5 km alueelle 177 hilapisteeseen. Laskentapisteen etäisyys on 250 m lähteen läheisyydessä ja 500 m kauempana lähteestä.

Hajuyhdisteiden leviämismallilla laskettiin pitoisuuksien 30 s:n hajupitoisuustason ylitysprosentit vuodessa kuhunkin hilapisteeseen. Kirjallisuuden perusteella H_2S - ja CS_2 -yhdisteille ei voida esittää tarkkoja hajukynnyspitoisuusrajoja, vaan arvot vaihtelevat mittausten menetelmästä riippuen. Leviämislaskelmissa hajukynnyksinä käytettiin $0,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rikkivedylle, $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rikkihiilelle [18, 19] ja $1 \text{ h.y.}/\text{m}^3$ näiden yhteiselle hajulle. Tuloksia on kuvattu H_2S - ja CS_2 -frekvenssein sekä näiden yhteisen hajufrekvenssin alueellisina jakaumina.

4.2.1 Laskelmien lähtötiedot

Päästötiedot

Viskoosia valmistavan laitoksen poistokaasut (18 poistokohdetta) määritettiin sekä instrumenttianalyttisesti että aistinvaraisesti. Instrumenttianalyttinen määrittäminen suoritettiin mittaamalla päästöjen rikkihiili- ja rikkivetypitoisuudet suoraan kanavasta kannettavalla kaasukromatografilla, jossa detektorina on fotioonisaatiodektori (PID).

Näytepusseihin otettujen poistokaasunäytteiden hajukynnyspitoisuudet määritettiin aistinvaraisesti Ströhlein-olfaktometrillä. Olfaktometri muodostaa näytekaasusta laimentamalla kasvavia pitoisuuksia, kunnes detektorina toimiva koehenkilö erottaa näytekaasuvirrassa hajua. Koehenkilöiden määritysten perusteella olfaktometri laskee näytteen hajupitoisuuden (P_{50}). Hajupitoisuudet määritti kahdeksan henkilön hajupaneeli. Päästömittausten tulokset on esitetty liitteissä 2 - 4.

Meteorologiset tiedot

Tutkimuksessa käytettiin uutta Ilmatieteen laitoksen ilmanlaatuosastolla kehitettyä meteorologisten tietojen käsittelymallia. Tämän ns. ilmakehän rajakerroksen (0 - 2 000 m) parametrisointimenetelmän avulla voidaan arvioida normaaleista meteorologisista rutiinihavainnoista ne rajakerroksen tilaan vaikuttavat muuttujat, joita tarvitaan epäpuhtauksien leviämismalleissa. Tietojen käytön perustan muodostavat Ilmatieteen laitoksen meteorologisen tietokantajärjestelmän sää- ja auringonpaistehavaintojen tietokannat sekä radioluotaushavaintojen rekisteri.

Rajakerroksen parametrisoinnin avulla on mahdollista ilmaista leviämismallissa käytetyt muuttujat jatkuvina rajakerroksen tilan funktioina, joissa voidaan ottaa paremmin huomioon myös päästölähteisiin liittyvä fysiikka. Menetelmässä otetaan huomioon tutkimusalueen paikallisia tekijöitä kuten leviämisalustan rosaisuus ja vuodenaikaiset albedoarvot (auringon säteilyn heijastuskyky maanpinnasta) eri maanpinnan laaduille. Säähavaintoasemilta saatavat perushavainnot valitaan tutkimusaluetta lähimpänä olevalta asemalta. Tämän lisäksi tuulen suunta- ja nopeustiedot muodostetaan usean aseman tilastollisena yhdistelmänä. Luotaushavainnot valitaan lähimmältä luotausasemalta. Lopputuloksena saadaan leviämismalleissa tarvittavien ilmakehän rajakerroksen parametrien ja meteorologisten tietojen tunnittainen aikasarja.

Lähtötietoina ilmakehän rajakerroksen parametrien ja meteorologisten tietojen tunnittaisen aikasarjan muodostamisessa käytettiin lähimpien asemien säähavaintoja sekä Jokioisten observatorion radioluotaushavaintoja vuosilta 1987 - 89.

4.2.2 Leviämislaskelmien tulokset

Rikkivedyn hajukynnyspitoisuus ylittyy suurimmillaan 28 % kokonaisajasta tehdaslaitoksen läheisyydessä (liite 2). Ylitysfrekvenssien alueellisessa jakaumassa suurimmat arvot painottuvat selvästi itä-koillisuuntaan. Vähiten hajua esiintyy luoteis- ja lounaissuunnissa, missä hajufrekvenssit alenevat tasoon 2 % suunnilleen 3 km:n etäisyydellä tehdasalueesta.

Rikkihiilellä hajukynnyspitoisuuden ylittävien tapausten määrä on suurimmillaan 9,3 % tehdasalueen itäpuolella (liite 3). Muualla suurimmat hajufrekvenssit painottuvat jonkin verran etelän-kaakon suuntaan. Rikkihiilen hajun esiintyminen vähenee melko jyrkästi kun etäisyys tehdaslaitoksesta kasvaa. Esimerkiksi hajufrekvenssin arvo 1 % ulottuu suunnasta riippuen 0,5 - 1 km:n etäisyydelle tehdasalueelta. Tarkastelualueen reunoilla rikkihiilen hajufrekvenssit ovat välillä 0,01 - 0,05 %.

Rikkivedyn ja rikkihiilen hajun yhteisvaikutusta on arvioitu mittauksista saaduilla hajuyksikköpäästöillä. Tulosten mukaan hajufrekvenssien alueellinen jakauma on samanlainen (liite 4) kuin rikkivedyllä. Suurimmillaan yhteishajun frekvenssi on 29 % ja se esiintyy tehdasalueen länsipuolella. Kokonaisuudessaan yhteishajun

frekvenssiarvot ovat koko tarkastelualueella vain vähän suurempia kuin rikkivedyllä.

Tuloksista on pääteltävissä, että tarkastelluista aineista herkimmän hajukynnyspitoisuuden omaava rikkivety vaikuttaa lähes kokonaan hajun esiintymiseen silloin kun sen hajukynnyspitoisuuden arvo on $0,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tuloksia tarkasteltaessa voidaan todeta, että hajun tarkka laskennallinen arviointi on vaikeaa, koska ihmisen hajukynnys vaihtelee mm. sen mukaan kuinka puhdas aistittava yhdiste on. Toisaalta esim. rikkivedyn, joka on herkemmin aistittava kuin rikkihiili, hajukynnysarvo vaihtelee kirjallisuuden mukaan $0,002 - 2 \text{ mg}/\text{m}^3$ [20].

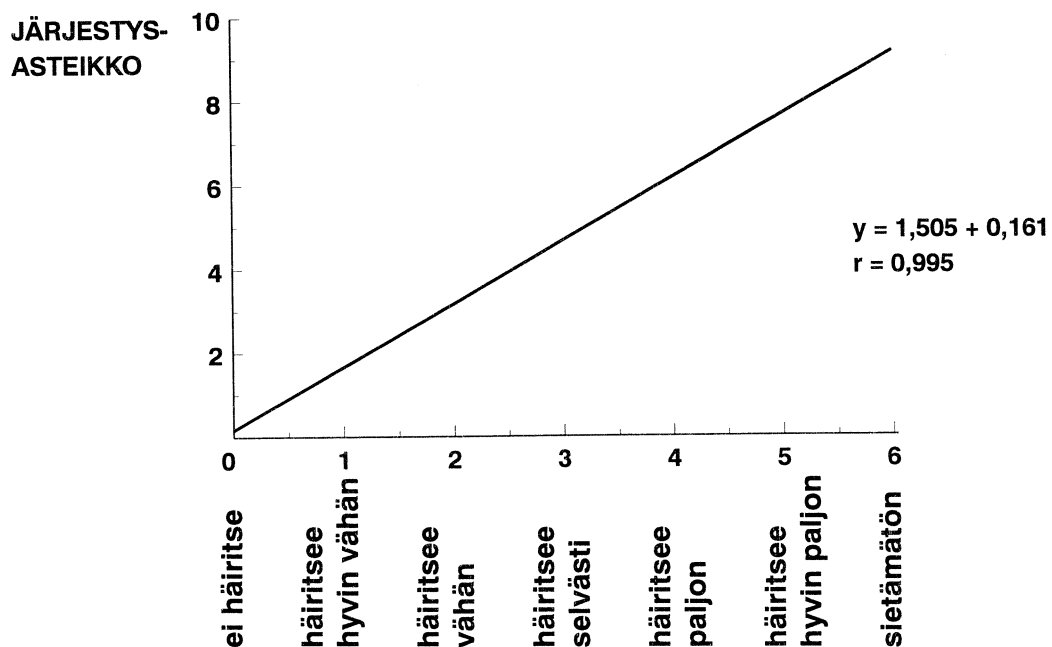
Esimerkkitapauksen leviämislaskelmien tuloksia on vertailu muiden menetelmien tuloksiin yhteenvedossa sivuilla 30 - 31.

4.3 KERTAKYSELY

Esimerkkitapauksen kertakysely tehtiin menetelmällä, jonka mallina toimi saksalaisten VDI-ohjeiden 3883/1 luonnos [21]. Liitteessä 5 on esitetty saksalaista alkuperäisversiota hieman lyhyempi kaavake, jossa kysytään alueen ympäristöhaitoista ja niiden vaikutuksesta asukkaisiin. Kyselyn painopiste on hajussa. Hajun esiintymistiheyden ym. ilmanlaatuun ja hajuaistiin liittyvien parametrien lisäksi haitan vakavuus määritetään epäsuorasti tiedustelemalla esim. miten haju vaikuttaa yksilön jokapäiväiseen elämään, onko hänestä hajun takia vastenmielistä tulla kotiin, aiheuttaako haju terveydellistä haittaa jne.

Kyselylomakkeen ydinkohta on kohta 3, jossa selvitetään hajuhaitan vakavuus. Tulokset käsiteltiin Sveitsissä kehitetyn menetelmän mukaisesti. Menetelmässä, joka alunperin kehitettiin melun haittavaikutuksia ja melun ohjearvoa käsittelevään tutkimukseen, kuusijakoinen verbaaliasteikko (ei häiritse ollenkaan -> häiritsee erittäin paljon) on koodattu kymmenjakoisena järjestysasteikkona (kuva 7).

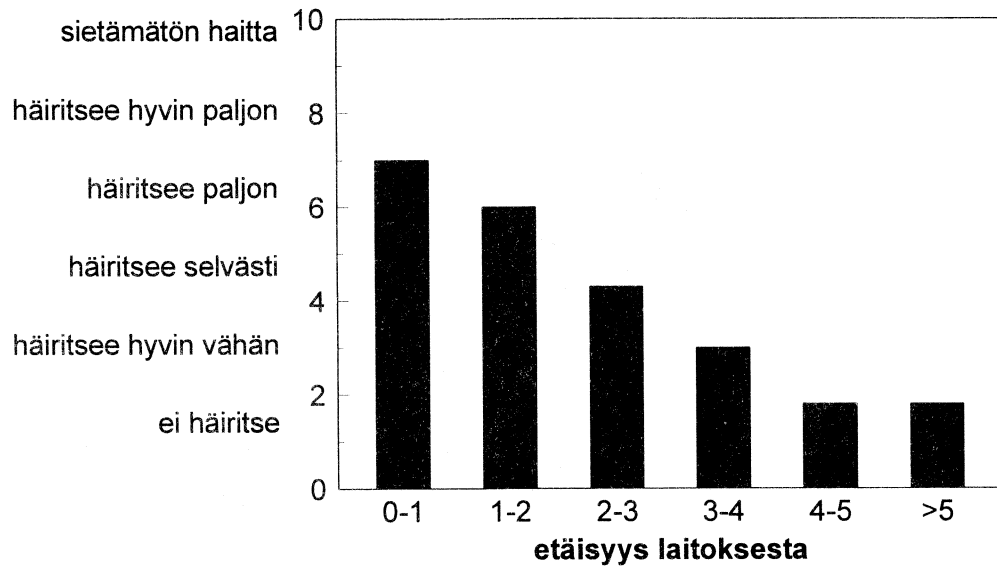
Kuvassa siedettävä hajuhaittataso vastaa kymmenjakoisella järjestysasteikolla korkeintaan arvoa 2. Arvo 3,5 kuvaa hajutasoa, joka asukkaiden mukaan selvästi alentaa alueen viihtyisyyttä ja tätä arvoa voidaan pitää eräänlaisena arvona hajun kriittiselle kuormalle [20]. Edellä mainittujen "raja"-arvojen perusteena on mm. ollut sveitsiläinen hajututkimus, jossa vertailtiin hajun esiintymistä ja hajuhaittaa neljällä eri alueella [6, 21].



Kuva 7. Hajuhaitan verbaalisen asteikon ja 10-jakoisen järjestysasteikon korrelaatio [21].

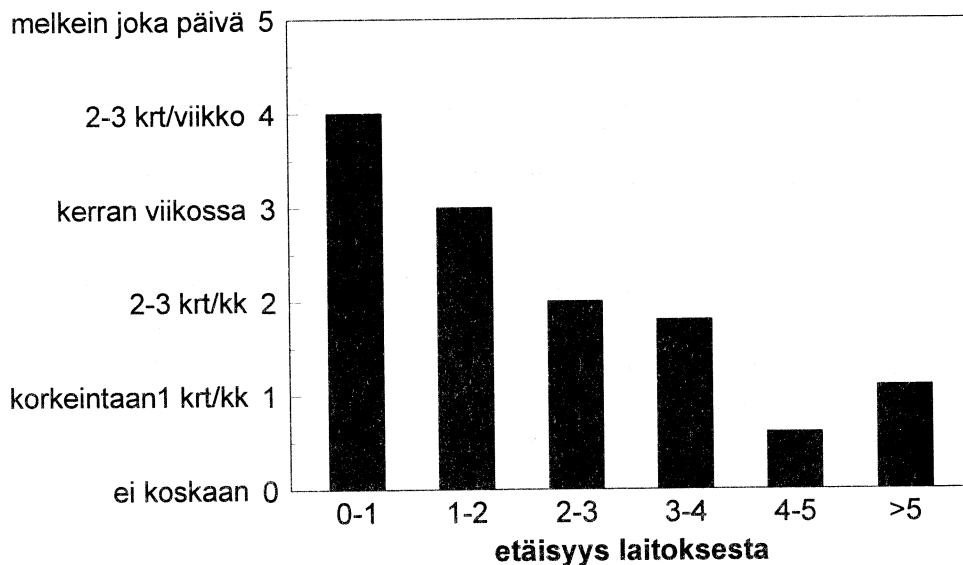
Tutkimuksen kertakysely suoritettiin tutkimuksen ympäristössä 6 kuukautta asukaspaneelitutkimuksen jälkeen. 64 asukkaalle lähetettiin liitteen 5 mukainen kyselykaavake saatekirjeineen. Näistä palautettiin 31 (vastausprosentti n. 50 %). Tuloksina määritettiin viihtyisyyshaitan vakavuus, keskimääräiset hajun esiintymistiheydet ja hajun voimakkuus eri etäisyyksillä laitoksesta. Tulokset on esitetty kuvissa 8 - 9.

Kuva 8 esittää hajuhaitan vakavuutta eri etäisyyksillä laitoksesta. Kun vertaillaan saatuja arvoja Sveitsissä esitettyihin suositusarvoihin nähdään, että etäisyydellä 0 - 3 km laitoksesta hajuhaittaa voidaan pitää melko vakava. Etäisyydellä > 4 km laitoksesta taas haittataso vastaa "puhtaan" alueen tasoa. Tutkitun alueen (0 - 5 km laitoksesta) hajuhaitan keskiarvo oli 4.

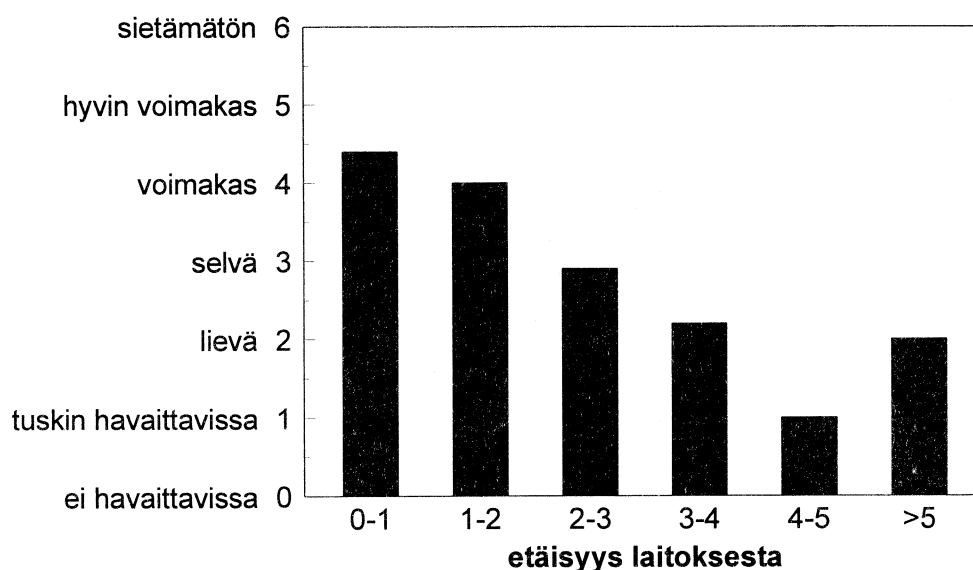


Kuva 8. Kertakyselyssä määritetty hajuhaitan vakavuus esimerkkilaitoksen ympäristössä.

Se, että laitoksen hajupäästöt eivät juuri leviä 4 km kauemmaksi, näkyy myös kuvissa 9 ja 10, jotka esittävät hajun esiintymistiheyttä ja voimakkuutta etäisyyden funktiona. Tällä etäisyydellä ilmoitetun hajun esiintymistiheys on hyvin pieni ja hajun voimakkuus on arvioitu keskimäärin tuskin havaittavaksi.



Kuva 9. Kertakyselyssä määritetty hajuihmissio esimerkkilaitoksen ympäristössä.



Kuva 10. Kertakyselyssä määritetty hajun voimakkuus esimerkkilaitoksen ympäristössä.

4.4 ESIMERKKITAPAUKSESSA KÄYTETTYJEN MÄÄRITYSMENETELMIEN TULOSTEN VERTAILU

Taulukossa 1 on yhteenveto esimerkkitutkimuksessa käytettyjen hajun määritysmenetelmien tuloksista.

Esimerkkitapauksessa kertakyselyn tulokset seuraavat melko hyvin asukaspaneelitutkimuksen tuloksia. Hajuhaitan vakavuuden määrittystä 10-jakoisen järjestysasteikon mukaan voidaan verrata asukaspaneelitutkimuksessa laskettuun hajuhaittaindeksiin.

Eri etäisyysvyöhykkeillä tarkasteltuina tulokset hajun esiintymistiheydestä ovat melko samanlaiset. Koko aluetta koskevat tulokset eroavat kuitenkin aika paljon toisistaan. Syy tähän on, että havaintopisteet eivät sijaitse tasaisesti tutkittavalla alueella ja että kauempana laitoksesta havaintopisteitä oli enemmän. Eroon vaikuttavat lisäksi hieman poikkeavat laskentatavat.

Taulukko 1. Hajun määrittymenetelmien tulosten vertailu, esimerkitapaus.

	Etäisyys laitoksesta, km	Asukaspaneelitutkimus	Kertakysely	Leviämislaskelmat
<i>Viihtyisyys-haitta</i>	0 - 2	28 % ¹	5 ≈ hyvin selvä	-
	2 - 4	9 %	4 ≈ selvä	-
	> 4	2,5 %	2 ≈ hyvin vähän	-
	0 - 7 (tot.)	10 %	4 ≈ selvä	-
<i>Esiintymistiheys</i>	0 - 2	10 %	8 % ≈ 2 - 3 krt/vko ²	≈ 10 %
	2 - 4	1 %	1 % ≈ 0 - 3 krt/kk	≈ 5 %
	> 4	2 %	2 % ≈ 2 - 3 krt/kk	0 - 2 % ³
	0 - 7 (tot.)	4 %	2 % ≈ 2 - 3 krt/kk	0 - 30 %

¹⁾ *Haittaindeksi, joka voidaan tulkita osuutena väestöstä, joka kokee hajun selvänä viihtyisyyshaittana.*

²⁾ *Kertakyselyn tulokset hajun esiintymistiheydestä on muutettu muotoon prosenttiosuus kokonaisajasta kertomalla hajuepisodien lukumäärä episodin keskimääräisellä kestoajalla, 3 h. Hajuepisodin keskimääräinen kesto aika saatiin asukaspaneelitutkimuksen primäärituloksista.*

³⁾ *arvio*

Esimerkitapaus osoitti, että päästöjen aistinvaraisia määrittämiä (muodossa hajuyksikköä/m³) voidaan käyttää laskelmien lähtöarvoina ja useimman hajua päästävän laitoksen kohdalla tämä onkin paras tapa määrittää päästöjä. Tämä pätee esim. elintarviketeollisuuden hajupäästöihin, jotka voivat sisältää satakunta eri yhdistettä, joiden yksittäisvaikutus kokonaishajuun ei ole tiedossa. Mikäli laitoksen haisevat päästöt sisältävät vain pari kolme hajuyhdistettä, kuten esim. selluteollisuuden päästöissä, voivat laskelmat perustua instrumenttianalyttisiin päästömittauksiin.

5 HAJUN MÄÄRITYSMENETELMIEN KÄYTETTÄVYYS

5.1 HAJUN MÄÄRITYSMENETELMIEN KÄYTETTÄVYYDEN VERTAILU

Taulukossa 2 on yhteenveto hajun esiintymisen määrittämenetelmistä. Taulukossa vertaillaan yleisellä tasolla menetelmien rajoituksia, toistettavuutta ja määrittä-tarkkuutta.

Taulukko 2. Hajun esiintymisen määrittämenetelmät.

	Leviämis-laskelmat	Asukaspaneeli-tutkimus	Kenttä-havainnointi	Kertakysely
<i>erittelee eri haju-lähteet</i>	hyvin	kohtalaisesti	melko hyvin	rajallisesti
<i>taustassa esiintyvä haju vaikuttaa tulokseen</i>	ei	kyllä	kyllä	kyllä
<i>tarvittava työpanos</i>	pieni	kohtalainen	melko suuri	pieni
<i>menetelmän herkkyys</i>	hyvä	kohtalainen	hyvä	melko huono
<i>toistettavuus</i>	riippuu lähtöte-tojen määrittämenetelmästä ja mallin pätevyydestä	kohtalainen	kohtalainen	melko huono

Hajun esiintymisen tai asukkaiden altistumistasen määrittämenetelmiä on vaikea asettaa paremmuusjärjestykseen, sillä ei ole mitään tiettyä, joka tilanteeseen sovel-tuvaa menetelmää. Se mitä menetelmää käytetään, määräytyy tutkittavan kohteen luonteen, tutkimuksen tavoitteen, halutun hajuongelman määrittästarkkuuden ja ongelmasta tarvittavan tiedon mukaan. Seuraavassa kappaleessa on otettu esille eräitä esimerkkejä eriluonteisista hajuongelmista ja niiden määrittästavoista.

5.2 ESIMERKKEJÄ ERILUONTEISTEN HAJUONGELMIEN MÄÄRITTÄMISESTÄ

A. Selvitetään olemassa olevan (ainoan) hajulähteen kuormitus asuttuun ympäristöön.

- Edellyttäen, että hajulähteen päästöt voidaan mitata riittävän tarkasti, so. päästökohteita on vain muutama, hajun leviämistä arvioidaan aistinvaraisten tai instrumenttianalyyttisten päästömittausten tai molempien avulla, jotka yhdessä leviämislaskelmien kanssa kertovat vaikutusalueen laajuudesta ja hajun esiintymistiheydestä. Laskelmien oikeellisuutta voidaan varmistaa kenttähavainnoinnilla tai kertakyselyllä ympäristön asukkaille.
- Hajun esiintymistä selvitetään asukaspaneelitutkimuksella tai kertakyselyllä. Menetelmillä voidaan suoraan määrällistää ympäristöön kohdistuva hajuhaitta määrittämällä niiden henkilöiden prosenttiosuus, jotka kokevat hajun aiheuttavan merkittävää viihtyisyyshaittaa (hajuhaittaindeksi). Asukaspaneelitutkimuksen avulla voidaan myös määrittää hajun esiintymistiheys.
- Jos hajulähteen päästöjä ei voi luotettavasti mitata (paljon hajapäästöjä tai hajuongelman aiheuttaa laaja hajulähde) hajun leviäminen ympäristöön määritetään kenttähavainnoinnilla. Kenttämäärittäyksillä saadaan tietoa siitä, miten voimakas haju on eri etäisyyksillä hajulähteestä, mutta vain tarpeeksi usein ja pitkän aikajakson yli toistettavat mittaukset tuovat tietoa hajun esiintymistiheydestä. Saksalaisessa standardimenetelmässä suositellaan vuoden kestävää tutkimusta, jonka aikana havainnoitsijaryhmä määrittää ulkoilman laadun joka toinen viikko [15].

B. Tähän saakka asumattomaan hajulähteen ympäristöön suunnitellaan asutusta. Arvioidaan uusiin asukkaisiin mahdollisesti kohdistuva viihtyisyyshaitta.

- Uusien asukkaiden altistumistaso voidaan arvioida hajun esiintymistiheyden perusteella. Edellä mainitut parametrit määritetään joko päästömittauksilla ja leviämislaskelmilla (laitoksen päästöt mitattavissa) tai kenttähavainnoinnilla.
- Tuleva hajukuormitus voidaan määrittää epäsuorasti suorittamalla kertakysely tai asukaspaneelitutkimus vertailulaitoksen ympäristössä. Vertailukohteessa tulee olla samanlaista toimintaa tai vastaava prosessi kuin määritettävässä kohteessakin. Ennusteissa tulee ottaa huomioon se, että uuden asuinalueen asukkaiden suhtautuminen hajulähteeseen saattaa olla kielteisempi kuin vertailulaitoksen ympäristön vanhojen asukkaiden [3].

Vertailu samantyyppiseen laitokseen on melko epävarma menetelmä, sillä kahden laitoksen päästömäärät ja mahdollisesti myös päästön koostumus ovat harvoin täysin samanlaiset. Toisaalta vertailulaitoksen johto ei välttämättä asennoidu suopeasti tämän tyyppisiin vertailumittauksiin. Lisäksi tulee ottaa

huomioon, että erilainen ympäristön topografia ja alueen tyyppi vaikuttavat tuloksiin.

C. Hajulähteen ympäristöön, jossa jo on jonkin verran asutusta, suunnitellaan lisää asuintaloja. Määritetään hajun esiintyminen uudella asuinalueella.

- Hajun esiintymistiheys määritetään päästömittausten ja leviämislaskelmien avulla. Tulevalle asuinalueelle kohdistuvan viihtyisyyshaitan arvion perusteeksi otetaan lähellä olevalta, saman hajulähteen vaikutusalueeseen kuuluvalla alueella tehdyn asukaspaneelitutkimuksen tai kertakyselyn tulokset. Kun sovelletaan vertailualueen tutkimustuloksia uuteen alueeseen tulee erilaiset tuuliolosuhteet ja erilainen ympäristön topografia ottaa huomioon, mikäli ne merkittävästi poikkeavat vertailualueen oloista. Lisäksi tulee ottaa huomioon se, että uusien asukkaiden suhtautuminen ympäristössä esiintyvään hajuun voi olla vähemmän suvaitseva.

D. Selvitetään haisevan laitoksen toiminnan laajentamisen aiheuttama lisäkuormitus tai tuleva kokonaishajuimmissio.

- Jos poistokaasun koostumus pysyy samanlaisena (laajennetun prosessin poistokaasun käsittely on samanlainen), laajennus näkyy ainoastaan poistokaasun tilavuusvirran kasvuna. Tutkittavalle alueelle kohdistuva kokonaishajuimmissio ennustetaan päästömittausten, scale-up-laskelmien ja leviämislaskelmien avulla.
- Mikäli laajennuksen yhteydessä poistokaasun koostumuskin muuttuu on hajulähteen tulevaa vaikutusta ympäristöön vaikea arvioida. Tulevaa tilannetta voidaan mahdollisesti ennustaa vertaamalla laitosta toiseen samanlaiseen laitokseen (kuten kohdassa B). Myös näissä ennusteissa tulee ottaa huomioon se, että hajun vaikutusalueen laajentuessa, niillä asukkailla, jotka kohtaavat uuden hajuongelman, saattaa olla hyvin herkkä nenä [3].

E. Ennustetaan vasta suunnitteilla olevan uuden, hajuyhdisteitä päästävän laitoksen aiheuttamahajuimmissio ja mahdollinen hajuhaitta.

- Kuten kohdissa B ja D: Määritetään vastaavan laitoksen aiheuttama kuormitus ja arvioidaan uusi tilanne ottaen huomioon eroavuudet vertailulaitoksen ja uuden laitoksen ympäristön välillä.

F. Alueella sijaitsee useampia hajulähteitä. Halutaan määrittää alueen kokonaishajuimmissio ja yksittäisten lähteiden osuus kokonaishajukuormasta.

- Kenttähavainnoinnilla voidaan luotettavasti erotella eri hajulähteiden päästöt alueella, jossa sijaitsee monta haisevaa laitosta [1]. Asukaspaneelitutkimuksen tulokset eivät tässä tapauksessa ole kovin luotettavia, ellei erotettavan päästön haju ole tyypillinen ja selvä. Vertaamalla hajuhavainnon yhteydessä ilmoitettua hajun laatua ja havainnoitsijan sijaintia vallitsevaan tuulen suuntaan voidaan

saada melko luotettavaa tietoa siitä, paljonko tarkastuksen kohteena oleva laitos lisää alueen hajukuormaa.

- Jos eri hajulähteiden päästöt ovat mitattavissa, määritetään alueelle kohdistuva kokonaiskuorma päästömittausten ja leviämislaskelmien avulla. Leviämislaskelmien avulla määritetään myös yksittäisten hajulähteiden osuus kokonaiskuormituksesta.

G. Hajupäästön rajoittamisen vaikutuksen määrittäminen ja ennustaminen.

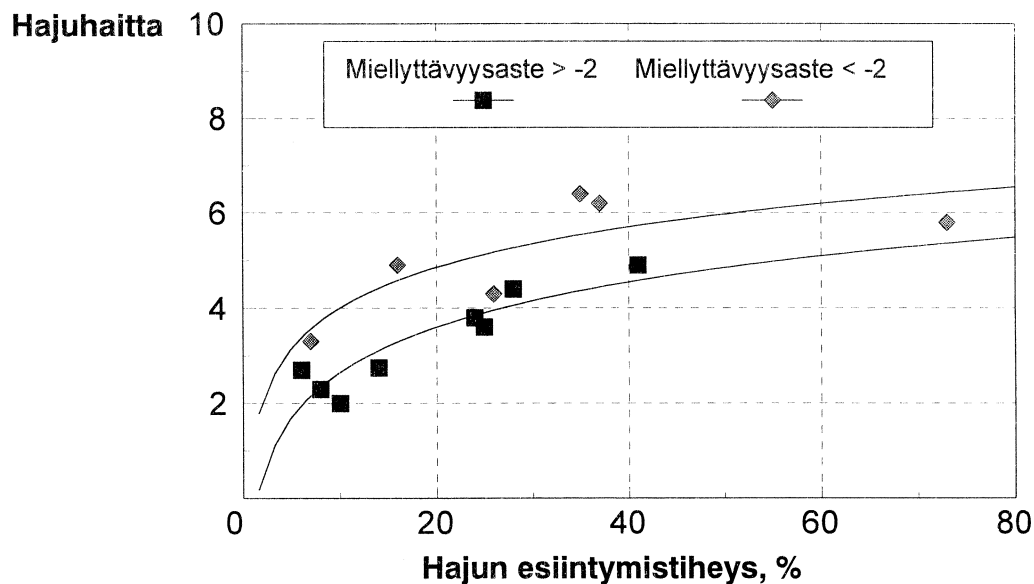
- Hajupäästöjen vähentämisen vaikutus ennustetaan leviämislaskelmien avulla, kun tiedetään, miten paljon päästöt vähenevät toimenpiteiden ansiosta. Leviämislaskelmat soveltuvat hyvin käytettäviksi myös silloin, kun tutkimuksen lähtökohta on päinvastainen ts. kun arvioidaan paljonko päästöjä on vähennettävä, jottei hajun esiintymistiheys ylittäisi altistumistasolle asetettua suositusrajaa.
- Päästöjen rajoittamisen vaikutusta seurataan kahdella asukaspaneelitutkimuksella tai kertakyselyllä. Toinen tutkimus tehdään ennen kuin toimenpiteitä on tehty, ja toinen muutosten jälkeen. Jos vähentämistoimenpiteet ovat laitoksessa tapahtuvia prosessimuutoksia, esim. uuden raaka-aineen käyttöönotto tai kaasunpuhdistuslaitteiston asentaminen, toista tutkimusta ei ole syytä tehdä välittömästi toimenpiteen ajankohdan jälkeen. Prosessimuutosten yhteydessä hajukuorma saattaa tilapäisesti nousta, jolloin liian aikaisin tehdyn tutkimuksen tulokset eivät kuvaa normaalia tilannetta.

H. Epäjatkuvan hajupäästön kokonaisvaikutus.

- Epäjatkuvia hajupäästöjä on hyvin vaikeata kvantifioida, elleivät päästöt vaihtelee määrätyn, mitattavissa olevan syklin mukaisesti. Päästön kokonaisvaikutus määritetään asukaspaneelitutkimuksella tai kertakyselyllä. Kenttähavainnointikin soveltuu käytettäväksi, mutta yksittäiset havainnot pitää toistaa riittävän usein. Muussa tapauksessa kenttähavainnointi ei anna oikeata kuvaa hajun esiintymisestä [3].

6 HAJUN VOIMAKKUUDEN JA MIELLYTTÄVYYSASTEEN MÄÄRITTÄMINEN

Kun halutaan määrittää hajun esiintymiselle hyväksyttävä taso, on tärkeää selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat siihen, miten vakavaa hajuhaittaa hajupäästö aiheuttaa, kun se leviää ympäristöön, ja etenkin missä määrin nämä parametrit vaikuttavat yleiseen viihtyisyyteen. Hajun esiintymistiheyden lisäksi hajun voimakkuus ja miellyttävyyssaste vaikuttavat hajuhaitan vakavuuteen (kuva 11). Täten Keski-Euroopassa ja myös USA:ssa, joissa hajun ja hajuhaitan määrittämistä on tutkittu suhteellisen laajasti, on kehitetty menetelmiä myös hajun intensiteetin ja miellyttävyyssasteen määrittämiseksi [23, 24, 25, 26].

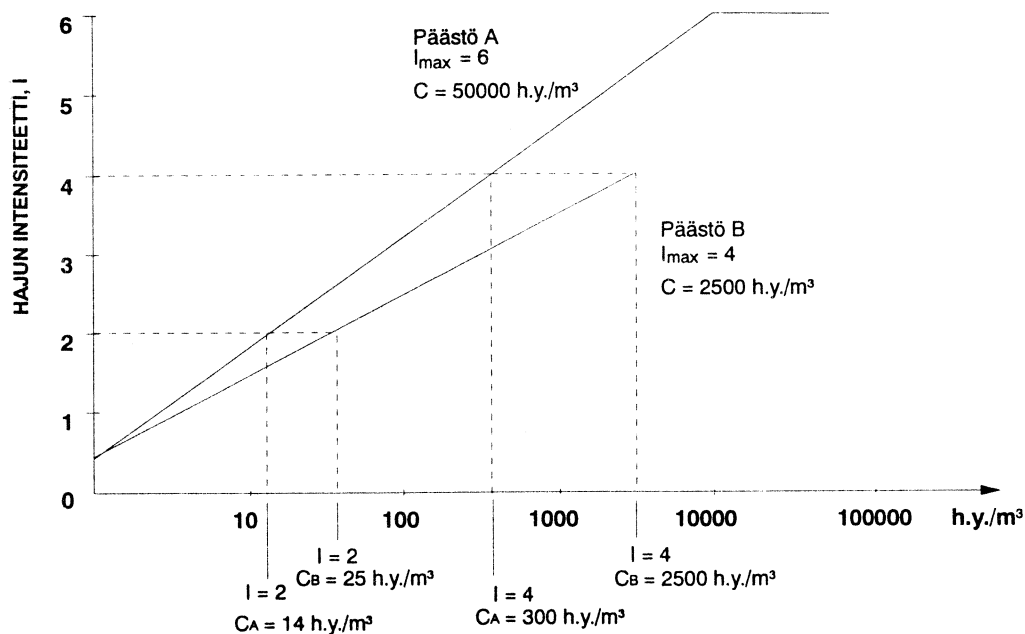


Kuva 11. Hajun miellyttävyyssasteen vaikutus hajun haittavaikutukseen. Miellyttävyyssaste on arvioitu asteikolla -4 (hyvin epämiellyttävä) — +4 (hyvin miellyttävä) saksalaisen VDI-menetelmäohjeen mukaan [27].

6.1 HAJUN VOIMAKKUUS (INTENSITEETTI)

Kaasun hajupitoisuus (h.y/m^3) kertoo, paljonko kaasua on laimennettava, jotta se tulisi hajuttomaksi. Hajupitoisuus sellaisenaan ei kuitenkaan anna tietoa siitä, miten voimakkaana haju koetaan pitoisuuksissa, jotka ovat hajukynnystä isompia. Kahden eri hajulähteen päästöt, joilla on sama hajupitoisuus, eivät välttämättä haise yhtä voimakkaana. Lisäksi päästön laimenemisen ja hajun voimakkuuden välinen yhteys vaihtelee eri hajuyhdisteille. Samalla etäisyydellä lähteestä toinen hajupäästö saattaa tuskin olla aistittavissa kun taas toinen haisee vielä voimakkaana. Kuva 12 esittää miten kahden laitoksen hajupäästöjen voimakkuudet muuttuvat laimentuessaan ulkoilmassa. Tulokset on saatu mittaamalla kaasun

hajupitoisuus ja arvioitu vastaava hajun voimakkuus 7-jakoisen järjestysasteikon mukaan (0 - 6). Tuloksista voidaan arvioida, miten suuri vaikutus hajupitoisuuden pienentämisellä on aistittuun hajun voimakkuuteen [3].



Kuva 12. Kahden hajupäästön voimakkuudet hajupitoisuuden funktiona [3].

Aistittu hajun voimakkuus määräytyy kaasun hajukynnyksen, kaasunäytteen pitoisuuden sekä kaasussa esiintyvän hajuyhdisteen mukaan. Suhdetta voidaan kuvata Stevensin lailla [23]:

$$I \approx k (C - C_{hk})^n \quad (2)$$

jossa I = intensiteetti
 C = kaasunäytteen pitoisuus
 C_{hk} = kaasun hajukynnyspitoisuus
 n = hajuyhdisteestä riippuva vakio (tyypillisesti 0,2...0,7)
 k = muuntovakio

Yhtälön 2 vakio n määritetään empiirisesti, ja sen arvo on pienempi kuin yksi. Näin ollen hajuaisti havaitsee herkemmin muutoksia pienissä pitoisuuksissa kuin isoissa. Tämä merkitsee, että jos päästön hajupitoisuus on pieni, päästön vähentämisellä on suurempi vaikutus hajun voimakkuuteen kuin isoilla pitoisuuksilla. Lisäksi aistittu hajun voimakkuus ei pienene samassa suhteessa kuin kaasun pitoisuus. Jos n :n arvo on esimerkiksi 0,33, hajupäästön vähentäminen kertoimella 8 (vastaa hajuyhdisteen 88 % reduktiota) pienentää aistittua hajun voimakkuutta ainoastaan kertoimella $8^{0,33} = 2$ [28, 29].

Jos n-vakio on iso, vaikuttavat muutokset kaasun pitoisuudessa aistittuun intensiteettiin huomattavasti. Vastaavasti, jos n on pieni, laimentamisella on vain pieni vaikutus aistittuun voimakkuuteen [23]. Jos hajukaasu sisältää monta eri hajuyhdistettä, intensiteetin ja pitoisuuden logaritmin yhteys ei ole täysin lineaarinen.

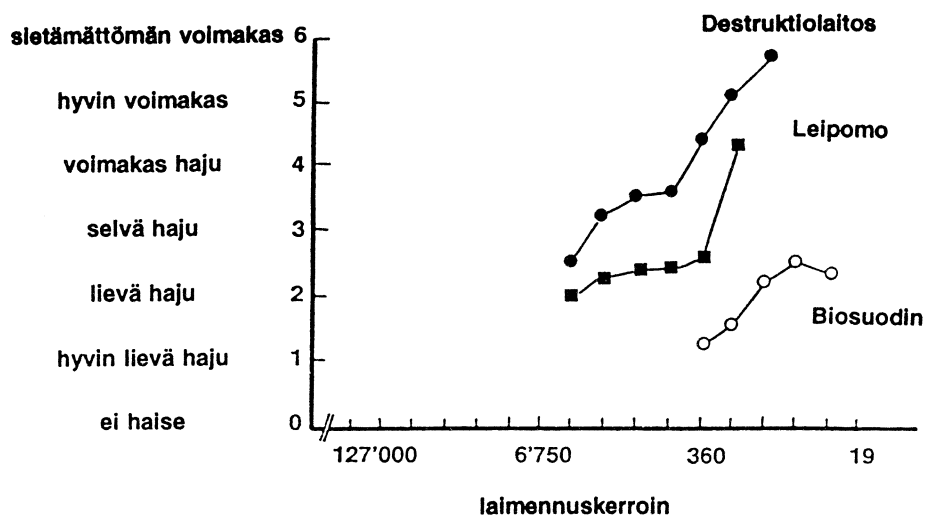
Hajun intensiteetin ja n-vakion määrittämiseen on käytetty seuraavia menetelmiä:

- Hajun voimakkuus arvioidaan nominaali- tai järjestysasteikolla, jolloin aistittu haju luokitellaan ennalta määritettyjen ryhmien tai lukuarvojen mukaan (esim. hajuton $\Leftrightarrow$ 0, erittäin voimakas haju $\Leftrightarrow$ 6).
- Hajunäytteen voimakkuutta verrataan vertailuaineen hajun voimakkuuteen. Sopivan vertailuaineen tulee olla helposti saatavissa, ei toksinen ja hajun luonteen melko neutraali, jottei arviointi olisi kovin vastenmielistä. Lisäksi hajun voimakkuuden tulee olla selkeästi erilainen eri laimennuksissa [30]. Vertailuaineesta tehdään laimennussarja, jolloin hajunäytteen voimakkuus ilmaistaan sillä vertailuaineen pitoisuudella, joka parhaiten vastaa näytteen voimakkuutta. Yhdysvalloissa käytetään yleisimmin ASTM:n (American Society for Testing and Materials) suosittelemaa menetelmää, jossa hajun voimakkuutta verrataan kahdeksaan eri 1-butanolilaimennukseen. Pyridiiniä on taas käytetty Ruotsissa ja Ranskassa mm. pakokaasuhajujen voimakkuuden määrittämiseen [28].

Nominaaliasteikon käyttö on yksinkertaista, mutta menetelmällä on vertailuaineasteikkoon nähden eräitä huonoja puolia; menetelmän tulokset on todettu vähemmän toistettaviksi ja hajonta on suuri [26, 29]. Hajonta syntyy ennen kaikkea subjektiivisista arvioista; panelistit voivat tulkita järjestysasteikon eri luokkia hyvinkin eri tavalla. Hajontaa voidaan pienentää kouluttamalla panelistit mahdollisimman yhdenmukaiseen arvioon.

Saksan VDI:n menetelmässä hajun voimakkuus määritetään 8 henkilön paneelin arvioiden mediaanina. Määrittäminen tapahtuu 7-jakoisen järjestysasteikon mukaan (kuva 13).

Määrittämällä hajunäytteen intensiteetti ja tämän suhde hajupitoisuuteen voidaan arvioida esim. millainen vaikutus päästöjen pienentämisellä on ulkoilmassa esiintyvän hajun voimakkuuteen. Euroopassa yleisimmin käytössä on saksalaisten standardoima menetelmä, jossa määritetään hajun intensiteetti järjestysasteikon mukaisesti. Syy tähän on mm. se, että vertailuainemittauksia on vaikeampi toteuttaa kenttähavainnointitutkimuksissa. Vertailuaineen laimennussarjan ja annostelujärjestelmän kuljettaminen maastossa havainnoitsijaryhmän mukana on hankalaa.



Kuva 13. Kolmen poistokaasun voimakkuudet pitoisuuden logaritmin funktiona [22].

Hajun voimakkuuden erilliset määritykset ovat tähän asti olleet melko harvinaisia, ja suuretta käytetään enemmän hajuun liittyvässä perustutkimuksessa ja erityisselvityksissä kuin viranomaisten apuvälineenä [31, 32].

6.2 HAJUN MIELLYTTÄVYYSASTE (HEDONISUUS)

Hajun miellyttävyys voidaan määrittää vertailemalla näytteen miellyttävyydestä yhteen tai useampaan sopivaan referenssiaineeseen, esim. isobutyryihappoon (epämiellyttävä) ja amyylisetaattiin tai laventeliin (miellyttäviä). Lisäksi miellyttävyyssaste määritetään arvioimalla hajun miellyttävyys ennalta määrätyn järjestyssasteikon mukaisesti. Eräiden tutkimusten mukaan ensin mainittu menetelmä on luotettavampi, mutta sen käyttö rajoittuu lähes yksinomaan laboratoriotutkimuksiin [26].

Saksalaisessa menetelmäohjeessa miellyttävyyssasteen määrittäminen tapahtuu 15 hengen paneelin avulla, joka määrittää hajunäytteen miellyttävyyden 9-jakoisen asteikon mukaisesti. Asteikossa arvo 4 vastaa hyvin miellyttävää ja -4 erittäin epämiellyttävää hajua [24].

Haisevan kaasun miellyttävyyssaste määritetään kymmenestä eri laimennuksesta, jolloin saadaan tietoa siitä, miten hajun miellyttävyyssaste muuttuu kaasun laimentuessa. Poistokaasun laimenemista ulkoilmassa arvioidaan taas leviämislaskelmien avulla. Miellyttävyyssasteen määrittäminen tuloksia voidaan siten käyttää yhdessä leviämislaskelmien tulosten kanssa, kun halutaan tietää, miten (epä)miellyttävälle päästö haisee eri etäisyyksillä hajulähteestä. Tätä tietoa voidaan hyödyntää, kun arvioidaan hajun vaikutusta ympäristön asukkaisiin [24].

Miellyttävyyssasteen määrittämisessä panelistien arviointien välinen hajonta on usein iso. Miten (epä)miellyttävänä jokin haju koetaan on monen tekijän summa, ja mm. hajun voimakkuus, hajun luonne ja yksilölliset mieltymykset vaikuttavat arviointiin. Toinen saattaa inhota sitä, mitä toinen pitää hyvänä hajuna. Tarpeeksi voimakkaina kaikki hajut koetaan epämiellyttäviksi. Lisäksi yksilön arvio hajun miellyttävyydestä saattaa lisäksi muuttua ajan mittaan, esim. jatkuvan altistuksen seurauksena. Määrittämiseen liittyvien epätarkkuuksien takia miellyttävyyden määrittämismenetelmiä kohtaan on usein suhtauduttu kriittisesti ja esitetty, ettei tällaista suuretta ylipäänsä ole järkevä määrällistä [31, 33].

6.3 HAJUN VOIMAKKUUDEN JA MIELLYTTÄVYYSSASTEEN MÄÄRITTÄMISEN KÄYTETTÄVYYDESTÄ

Hajun voimakkuuden ja miellyttävyyden mittaamisessa vaikeimpia ongelmia on se, että laboratoriossa tehty arvio ei välttämättä vastaa reaali-ilannetta. Oikeammat tulokset saadaan, jos hajun voimakkuus ja miellyttävyyssaste määritetään todellisessa tilanteessa suoraan ulkoilmasta. Todellista tilannetta arvioidaan esimerkiksi kenttähavainnointitutkimuksella.

Kun määritetään hajuyhdisteitä päästävistä toiminnasta peräisin oleva päästönäyte laboratoriossa, ongelmana on, että vaikka laboratoriossa tietylle hajuyhdisteelle voidaan luotettavasti ja toistettavasti määrittää sekä hajun miellyttävyyssaste että intensiteetti, niin varsinaisten teollisuuspäästöjen arvioimiseen menetelmät soveltuvat huonommin. Teollisuuspäästöt sisältävät usein monta komponenttia ja poistokaasujen koostumukset vaihtelevat jatkuvasti jossakin määrin. Pienetkin vaihtelut johtavat siihen, että samasta päästölähteestä otettujen näytteiden intensiteeteissä ja miellyttävyyssasteissa voi olla suuria eroja, jolloin määrittämismenetelmien toistettavuus ei ole kovin hyvä [26, 31].

Hajun miellyttävyyssasteen ja voimakkuuden määrittämismenetelmiä käytetään ainoastaan rajallisesti, ja yleisin tapa karakterisoida hajupäästö on hajupitoisuuden mittaaminen olfaktometrisesti tai instrumentti-analyttisenä määrittämisellä. Hajun voimakkuus ja miellyttävyyssaste tuovat kuitenkin lisää tietoa hajupäästön vaikutuksesta. Nämä suureet voidaan määrittää silloin, kun hajua aiheuttavan toiminnan ympäristövaikutusten arvioiminen on erityisen ongelmallista. Yksinään hajun voimakkuus ja miellyttävyys eivät tuo riittävästi tietoa hajuongelmasta, vaan ne tulee kytkeä muihin hajun esiintymistä kuvaaviin parametreihin, kuten hajun esiintymistiheyteen. Määrittämisen tuloksia tulee mieluummin käyttää hajupäästöjen vaikutusten keskinäiseen vertailuun kuin absoluuttisesti kuvaamaan yhtä hajua.

7 HAJUOHJEARVOJEN PERUSTEET

7.1 SUOMEN HAJUHAITTA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Hajun esiintymiselle tai hajuhaitalle kehitettävän ohjearvon tulee olla sopusoinnissa ympäristöä ja ilmanlaatua koskevien lakien ja säädösten kanssa. Suomen nykyisessä lainsäädännössä käsitellään hajuja silloin, jos voidaan todeta, että hajuista aiheutuu merkittävää viihtyisyys- tai terveydellistä haittaa.

Ilmansuojelulaki kieltää sellaisen toiminnan, josta aiheutuu ilman pilaantumista ja sen seurauksena viihtyisyyden vähenemistä. Rakennuslain mukaan asemakaava on laadittava siten, että se täyttää *viihtyisyyden* ja terveydellisuuden vaatimukset. Lisäksi vuonna 1920 säädetyssä laissa eräistä naapuruussuhteista kielletään sellainen varaston pito tai kiinteistön käyttö, josta aiheutuu lähistöllä asuville *kohtuutonta pysyväistä rasitusta* esim. löyhkän, kaasujen tai höyryn takia.

Naapuruussuhdelaki on myös sisällytty myös ympäristölupamenettelylakiin, jonka mukaan toiminnan käynnistäminen tai olennainen muuttaminen edellyttää lainvoimaista lupapäätöstä. Naapuruussuhdelain nojalla ympäristölupaa ei näin voida myöntää, mikäli laitos aiotaan sijoittaa niin lähelle naapurikiinteistöjä, ettei haittaa voida ehkäistä ehtojen avulla.

Kaiken kaikkiaan lainsäädäntö osoittaa, että hajuohjearvon tavoitteena tulisi ensisijassa olla hajupäästön haittavaikutuksen estäminen. Laki ei sinänsä kiellä hajuyhdisteiden päästöjä tai hajun esiintymistä ulkoilmassa.

7.2 HAJUOHJEARVOJEN PERUSTEIKSI SOVELTUVAT PARAMETRIT

Hajuohjearvon tavoite on viihtyisyyteen kohdistuvien haittojen vähentäminen tai ehkäiseminen. Hajupäästön aiheuttama viihtyisyshaitan perustekijät ovat

- hajupäästön laatu ja voimakkuus
- hajun havaitseminen ja tunnistaminen ympäristössä
- altistuneen väestön ja hajulähteen välinen etäisyys
- hajuaistimuksen kokeminen haittana väestön keskuudessa (altistus-vaikutusyhteys).

Nämä tekijät voivat periaatteessa kaikki toimia hajun ohjearvon perusteina. Valitun parametrin (mitattavan suureen) yhteys ohjeiden tavoitteeseen eli viihtyisyshaitan vähentämiseen tai poistamiseen tulee kuitenkin olla osoitettavissa. Toimivan ohjeparametrin tulee lisäksi täyttää eräitä käytännön vaatimuksia:

- Parametrin avulla pitää pystyä kuvaamaan tai määrällistämään erilaisia hajuongelmatapauksia.
- Ohjeessa asetetun suositusarvon ylittyessä tulee ohjeella voida esittää päästöjen vähentämistarve.
- Ohjearvon perusteena toimiva parametri tulee luotettavasti ja toistettavasti pystyä toteamaan.
- Parametrin määrittämismenetelmien ja toteuttamismenetelmien tulee olla luotettavia ja toistettavia.

Hyvän ohjearvon laatimista vaikeuttaa mm. se, että vaikka tiedot hajun mittaamisesta ja arvioinnista sekä vaikutuksista ovat lisääntyneet huomattavasti, hajun määrittämiseen liittyy edelleen eräitä epätarkkuustekijöitä, jotka aiheutuvat mm. eroavuuksista ihmisten hajuaistin herkkyydessä, asenteista, tavoista ja hajumieltymyksistä.

Määritettävän hajulähteen luonne ja hajulähteen ympäristö voivat olla hyvin erilaisia, eikä ole suuretta, jolla kaikkia vaihtelevia tapauksia voidaan kuvata tai määrittää. Usein hajutilanteesta saadaan kokonaisvaltainen kuva ainoastaan tarkastelemalla se useamman parametrin mukaan, joille on eri määrittämismenetelmät. Ei ole mitään tiettyä, joka tilanteeseen soveltuvaa hajun määrittämismenetelmää, vaan sopivin määrittämistapa määräytyy kohteen luonteen mukaan.

Hajututkimuksen nykytiedon mikään hajuparametri ei täytä kaikkia em. kriteerejä. Hajuongelma tulee tarkastella eri parametrien suhteen, ja näin myös hajun ohjeiden täytyy sisältää eri parametreja, joita kyllä voi painottaa eri lailla. Hajuohjeiden tulisi sisältää yhdistelmä valinnaisia parametreja, joita sovelletaan hajukohteen luonteen mukaan. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan eri suureiden soveltuvuutta hajun ohjearvoiksi.

7.2.1 Hajuhaittaan kohdistuva ohjearvo

Koska hajuohjearvon asettamisella pyritään hajuhaitan minimoimiseen, on itse hajuhaittaan perustuvan suositusarvon asettaminen hyvin suora vaikutustapa. Hajusta aiheutuva viihtyisyyshaitta voidaan määrittää joko pitkäaikaisella asukaspaneelitutkimuksella tai kertakyselyiden avulla.

Hajun ohjeistamista väestön kokeman viihtyisyyshaitan avulla puoltaa se, että nähdään suora yhteys ohjearvon ja ohjeiston tavoitteen välillä. Hajuongelmaa ei kuitenkaan ratkaista pelkästään asettamalla ohjearvoja vaan vähentämällä hajupäästöjä tai asettamalla riittävä välimatka hajulähteen ja altistuksen kohteena olevan väestön välille. Esimerkiksi hajuhaittaindeksi kuvaa ainoastaan määritetyn alueen tilaa, se ei sinänsä anna tietoa siitä, paljonko hajulähteen päästöjä tulee vähentää tai mihin vähentämistoimenpiteet on kohdistettava, jotta aikaansaadaan

kohtuullinen ilmanlaatu ja vähennetään hajuhaittaa. Tarpeellisten vähentämistoimenpiteiden selvittäminen on erityisen hankalaa alueella, jossa on monta hajulähdettä, joiden osuudet alueen viihtyisyyden alenemiseen vaihtelevat. Tällaiset tilanteet vaativat lisäselvityksiä, joista aiheutuu lisäkustannuksia.

Viihtyisyyshaitan arvioimiseen perustuvan hajuohjearvon käytettävyys on heikko, kun arvioidaan vasta rakenteilla olevan laitoksen haittavaikutuksia tai kun tähän saakka asumattomaan hajulähteen ympäristöön suunnitellaan asutusta ja halutaan selvittää uuden asutusalueen asukkaisiin mahdollisesti kohdistuva viihtyisyyshaitta. Näissä tapauksissa joudutaan arvioimaan tapaukset hajun esiintymisen perusteella, jolloin ohjearvon perusteena olevan parametrin yhteys hajupäästöön, päästön leviämiseen ja ilmanlaatuun tulee voida osoittaa.

7.2.2 Hajuimmissioon perustuvat ohjeet

Hajulähteeseen kohdistuvassa ohjeistamisessa ohjearvo perustuu alueen haju-kuormaan eli hajuimmissioon, joka määritetään ulkoilman hajupitoisuutena tai hajun esiintymistiheytenä tai molempina. Menettelytavan käyttökelpoisuus ja tehokkuus määräytyvät mm. seuraavien tekijöiden mukaan:

- Hajupäästön ja päästön aiheuttaman hajuhaitan välinen yhteys tulee selvittää luotettavasti.
- Leviämislaskelmien avulla määritetyn hajupäästöviuhkan paikkansapitävyys edellyttää, että päästöt on määritetty luotettavasti validoidulla, jäljitettävällä menetelmällä tms.
- Hajupäästön luonne, kuten vaihtelevat päästömäärät ja jaksoittaiset tai jatkuvat päästöt, vaikuttavat siihen, miten hyvin päästömittausten ja leviämismallien avulla laskettu hajuimmissio pitää paikkansa.
- Jokainen kvantifiointiin liittyvä askel tulee tehdä yhdenmukaisen, ennalta määrätyn menetelmän mukaisesti: hajulähteen karakterisointi, näytteenotto, vaikutusalueen määrittäminen, päästömittausten menetelmät (olfaktometria), leviämiseen liittyvä tekijöiden kuvaaminen, esim. piipun korkeus, alueen topografia, jne.
- Yksittäistä hajulähdettä koskeva raja-arvo tulee suhteuttaa alueella sijaitsevien hajulähteiden määrään.

Hajun esiintymiselle on tyypillistä hyvin hetkelliset ja lyhyet hajualtistukset. Tällaisia hetkellisiä hajukynnyksen ylityksiä on hyvin vaikeata mitata tarkasti ja hajun esiintymistä voidaan määrällistää ainoastaan tilastollisten menetelmien avulla. Hajun hetkellinen luonne asettaa suuria vaatimuksia leviämismallin avulla lasketun hajun esiintymisen oikeellisuuteen. Yhdenmukaiset määrittämenetelmät

ovat erittäin tärkeitä, jotta eri hajulähteiden määritysten tulokset olisivat vertailukelpoisia.

Ohjeiden hajuhaittaa vähentävä vaikutus tulisi olla kaikilla alueilla yhteismitallinen, pyrkimyksenä turvata asukkaille hyväksyttävä ilman laatu riippumatta siitä, montako hajulähdettä heidän kotiympäristössään sijaitsee. Lisäksi hajun ohjearvolla tulee olla yhteys hajuhaitan aiheuttajaan. Molempien vaatimuksien täyttäminen samanaikaisesti saattaa kuitenkin olla vaikeata esimerkiksi alueella, jossa on monta hajulähdettä, joiden osuudet alueen viihtyisyyttä alentavaan vaikutukseen vaihtelevat.

Hajuohje, joka ei ole kytketty hajulähteeseen, vaan määrittää ainoastaan alueella maksimaalisesti sallitun hajun esiintymisen, voi teoriassa aiheuttaa hajulähteiden ympäristöarvioinnin yhteydessä hankaluuksia. Mikäli alueella sijaitsee esim. leipomo ja kahvinpaahtimo, jotka yhdessä täyttävät alueen sallitun "hajukiintiön" (%:na kokonaisajasta), alueelle ei saa rakentaa lisää teollisuutta, elleivät vanhat laitokset vähennä omia hajupäästöjään. Alueen kokonaishajuimmission rajaamisesta seuraa myös, että laitoksen päästöjä pitää rajoittaa tiukemmin, jos se rakennetaan lähelle toista haisevaa laitosta, kuin jos se rakennetaan alueelle, jossa ei ennestään ole haisevaa teollisuutta.

Asukkaiden adaptaatio jatkuvaan hajuun voi hajun haittavaikutuksen suhteen olla hyvin merkittävä tekijä. Eräässä tutkimuksessa sellutehtaan työntekijät tai ihmiset, jotka olivat taloudellisesti kytkeytyneet selluteollisuuteen havaitsivat pelkistyneiden rikkiyhdisteiden hajun tavallista korkeammassa pitoisuuksissa, ja pitivät sellutehtaan hajua epämiellyttävänä vasta pitoisuudessa, joka on keskimäärin kuusi kertaa suurempi kuin hajukynnys [34].

Eräät hajututkijat ovat esittäneet, että ihminen kokee hajun haitallisena yleensä vasta silloin, kun haju tunnistetaan, eli kun yhdisteen pitoisuus saavuttaa tunnistuskynnyksen. Hajuyhdisteen tunnistuspitoisuus on tavallisesti 2 - 10 kertaa isompi kuin havaitsemispitoisuus [35, 36]. Näin on ehdotettu, että hajun tunnistuspitoisuus voisi toimia ulkoilman haittapitoisuuden ohjearvona., ja esim. Tanskan ympäristöhallituksen vuodesta 1985 peräisin olevat ohjeet hajuhaitan vähentämiseksi perustuvat osittain tähän olettamukseen [37].

Rajoittamalla hajuimmissiota em. ohjearvon mukaan saavutetaan useimmissa tapauksessa hyväksyttävä ilmanlaatu, mutta menettely ei ole tieteellisesti täysin perusteltua. Hajun viihtyisyyttä alentava vaikutus määräytyy hajupitoisuuden lisäksi hyvin merkittävästi hajun miellyttävyyssasteen mukaan. Sen osoittaa mm. kanadalainen tutkimus, jossa määritettiin 40 hajuyhdisteen havaitsemiskynnyspitoisuus ja epämiellyttäväksi koettu pitoisuus. Niin sanottu haittakynnyspitoisuus oli eri yhdisteillä 2 - 60 kertaa suurempi kuin havaitsemiskynnys. Epämiellyttävillä hajuilla haitta- ja hajukynnyspitoisuuksien suhde oli keskimäärin kolme kun taas miellyttävillä tai neutraaleilla hajuilla vastaava suhde oli keskimäärin 11 [38].

Hajuyhdisteen haittapitoisuutta käytetään eräänä ilmanlaadun ohjearvona mm. Texasin osavaltiossa, missä ympäristöviranomaiset ovat määritelleet hajuyhdisteen haittapitoisuuden pitoisuutena, joka on kolme kertaa suurempi kuin yhdisteen havaitsemiskynnyspitoisuus. Ohjearvoa sovelletaan lupamenettelyn yhteydessä suunnitellun teollisuuslaitoksen mahdollisten haittavaikutusten arvioimiseksi. Suunnitellun laitoksen aiheuttaman hajukuorman ennustaminen, joka tehdään leviämislaskelmien avulla, edellyttää tietysti, että laitokselta on melko seikkaperäisiä päästötietoja saatavilla [39].

Hajulähteeseen kohdistuvien ohjeiden hyvä puoli on, että nähdään suora ja yksiselitteinen yhteys ohjearvon ylittymisen ja siitä seuraavien tilanteen parantamiseksi tarvittavien toimenpiteiden välillä, jolloin myös ohjeen tehokkuus on hyvä. Hajulähteeseen kohdistuvat ohjeet eivät kuitenkaan ole kaikissa tilanteissa käyttökelpoisia. Hajupäästöjä ja laajojen lähteiden päästöjä on vaikeaa kvantifioida tarkasti. Näissä tapauksissa hajuiummissio tulee määrittää kenttähavainnoinnilla. Kenttähavainnoinnin tulos kytketään leviämislaskelmien avulla hajupäästöön, jotta voidaan määrittää tarpeellinen hajupäästön reduktio.

7.2.3 Kaavoitukseen kohdistuvat ohjeet

Kaavoitukseen kohdistuvassa ohjeessa määritetään vähimmäisetäisyys hajulähteen ja asutusalueen välillä. Menettelytapaa käytetään mm. Ranskassa, Saksassa ja Tanskassa maatalouden hajuhaittojen ehkäisemiseksi. Lähestymistapa on selkeä ja yksinkertainen. Kun vähimmäisetäisyyden määrittämiseen vaadittavat hajupäästö- ja hajun leviämisen määritykset on tehty, päästö- tai ilmanlaadun mittauksia ei tarvitse suorittaa. Eläinsuojat ovat päästöiltään yhdenmukaisemmat kuin teollisuuden eri sektoreiden prosessit ja päästöt. Näin menettelyä voidaan puoltaa sellaisissa maissa, joissa on paljon sikaloita, navettoja tai kanaloita, jolloin jokaisen eläinsuojan hajupäästöjen määrittäminen ja haitan arvioiminen erikseen aiheuttaisi kohtuuttomia kustannuksia. Oikean, yleispätevän vähimmäisetäisyyden määrittäminen voi kuitenkin olla ongelmallista, sillä hajun leviämisetäisyys vaihtelee alueen sääolojen ja topografian mukaan. Tällä menettelytavalla hajuongelmat siirtyvät ympäristöviranomaisilta kaavoitusviranomaisille käsiteltäväksi. Ohjeet ehkäisevät hajuhaitan syntyä, mutta ilman laatua parantavaa vaikutusta menettelyllä ei sinänsä ole. Maan hyödyntämättä jättämisestä saattaa aiheutua kustannuksia, joiden korvaaminen on vaikeaa toteuttaa "saastuttaja maksaa" -periaatteen mukaan. Menetelmä soveltuu huonosti alueille, joissa tilaa on vähän ja maa on kallista, kuten esim. suurkaupungeissa.

7.3 HAJUOHJEARVOJEN PERUSTEIKSI SOVELTUVIEN HAJU-SUUREIDEN VERTAILU

Taulukossa 3 on lyhyt yhteenveto edellä kuvattujen lähestymistapojen soveltuvuudesta hajuohjeiden perusteeksi. Parametrit on pisteytetty tärkeimpien hyvyttä kuvaavien suureiden mukaan, mutta siinä ei ole esimerkiksi otettu huomioon miten hyvin eri parametreilla voidaan kuvata erilaisia hajutilanteita. Taulukon tarkoitus on lähinnä nähdä mitkä näkökohdat vaativat valitun parametrin kohdalta lisähuomiota (taulukon tyhjät kohdat).

Yhteenvedossa tulee ottaa huomioon, että taulukko on laadittu hajututkimuksen nykytiedon perusteella. Uusimmat tiedot esim. hajun esiintymisen ja hajuhaitan välillä tai aistinvaraisten määrittämenetelmien validointi saattaisivat muuttaa pisteytyksen.

Taulukko 3. Hajuohjeiden mahdollisten parametrien vahvuuksien vertailu (muokailtu viitteestä [31]).

	Selkeä yhteys ohjeiden tavoitteeseen	Selkeä yhteys toimenpiteisiin	Hajuhaittaa vähentävä vaikutus	Parametrin seurattavuus
viihtyisyyshaittaan perustuvat ohjeet	++			++
hajuimmissioon perustuvat ohjeet (hajupit.)	+	+	++	+
hajuimmissioon perustuvat ohjeet (fys. pit.)		++	+	++
vähimmäisetäisyyden asettaminen	+		++	++

+ = positiivinen yhteys

++ = voimakas positiivinen yhteys

Hajun parametrien yleisen katsauksen perusteella on vaikeaa asettaa eri lähestymistapoja paremmuusjärjestykseen. Ratkaisu on laatia hajuohjeisto, joka sisältää pari vaihtoehtoista, eri parametreihin perustuvaa ohjeearvoa. Sopivin suure valitaan hajutapauksen mukaan, jolloin valintaan vaikuttavat ensinnäkin millä menetelmillä hajuongelmaa pystytään kvantifioimaan, ja lisäksi mitkä määrittämenetelmät ovat saatavilla. Hajuimmissioon perustuva ohjeearvo on esimerkiksi täydennettävä viihtyisyyshaittaan kohdistuvalla ohjeearvolla, jota käytetään esim. kun kyseessä on hajulähde, jonka aiheuttama immissio on vaikea määrittää (esim.

epäjatkuvia päästöjä), tai joiden aiheuttaman hajun yhteys viihtyisyyshaittaan on poikkeava (esim. erittäin miellyttävän hajun kuten leipomopäästöjen aiheuttama hajukuorma). Toinen lähestymistapa on valita ongelmaa parhaiten kuvaava suure, ja selvittää suureen yhteys ohjeiden tavoitteeseen tai tarvittaviin toimenpiteisiin tai molempiin.

7.4 HAJUOHJEARVON TAVOITTEEN MÄÄRITTÄMINEN

Hajuohjeiden laatimisessa tulee sopivan ohjeparametrin valinnan lisäksi määrittää ohjeiden tavoite, eli hajuhaitan kohtuullisen tason saavuttaminen. Verrattuna muihin ilmanlaatuongelmiin, kuten typenoksideihin tai rikkidioksidiin, joiden esiintymisen rajoittamista voidaan selkeästi perustella terveydellisillä syillä tai kasvillisuuteen kohdistuvilla haittavaikutuksilla, on tieteellisen pohjan luominen hajuohjearvolle hankalampi, lähinnä siitä syystä, että ihmisten näkemykset elinympäristössä esiintyvän hajun merkityksestä poikkeavat toisistaan. On kehitetty joitakin menetelmiä viihtyisyyshaittaan perustuvan ohjearvon määrittämiseksi esimerkiksi sitä, että määritetään miten suuri osuus väestöstä saa korkeintaan kokea hajun vakavana viihtyisyyshaittana. Esimerkiksi Sveitsissä on käytetty menetelmää, joka perustuu alueen melu- ja hajuhaitan vertailuun (ks. edellä kohta 7.5). Menetelmää voidaan periaatteessa käyttää myös Suomessa, käyttökelpoisuutta vähentää kuitenkin se, että Suomessa meluongelma on huomattavasti pienempi kuin Keski-Euroopassa. Suomessa haiseva teollisuus sijaitsee usein haja-asutusalueilla, joissa melu ei ole ajankohtainen ongelma. Suomen ohjearvo melulle on sosiaali- ja terveyshallituksen mukaan asetettu tasolle, jolla 10 - 30 % asukkaista kokee melun erittäin kiusalliseksi. Ohjearvo on kuitenkin ensisijaisesti asetettu terveysperustein, ja täten sen periaatteita ei voi aivan suoraan rinnastaa hajuhaittaongelmiin [40].

7.5 OHJEARVOT JA NIIDEN PERUSTEET MUISSA MAISSA

7.5.1 Ohjearvot hajulle eri maissa

Useimmissa maissa on ainoastaan yleisiä ohjeita viihtyisyyshaitan ehkäisemiseksi, johon perustuen viranomaiset arvioivat hajuhaittaa aiheuttavat laitokset tapaus kerrallaan. Ohjearvoja tai suosituksia hajun esiintymiselle tai hajupäästölle on esitetty ainoastaan Hollannissa, Saksassa ja Tanskassa. Hollannissa ja Saksassa ohjearvot perustuvat ko. maassa tehtyihin tutkimuksiin, joissa on selvitetty hajun esiintymisen ja hajuhaitan välinen korrelaatio eri hajulähteen ympäristössä. Selvitetyksissä ympäristön asukkaiden kokemaa hajuhaittaa on määritetty asukaspaneeli-tutkimuksilla tai eri kyselymenetelmillä ja ulkoilman hajupitoisuus on määritetty olfaktometristen päästömittausten ja leviämislaskelmien avulla [5, 41, 42].

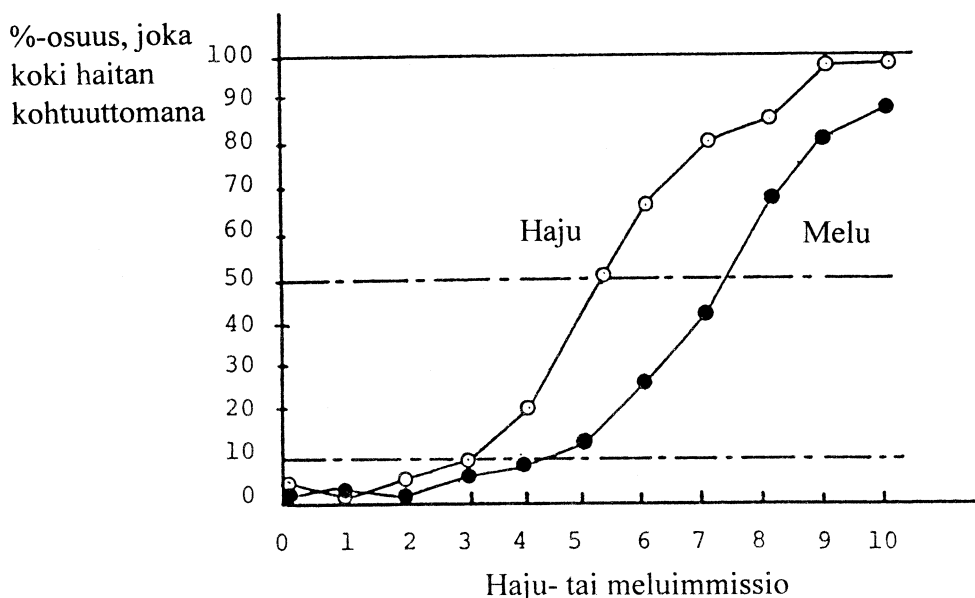
Hollannissa vanha teollisuuslaitos saa aiheuttaa hajua asutusalueella korkeintaan 2 % ajasta; uusille laitoksille taas on asetettu tiukemmat rajat; hajua saa esiintyä

ainoastaan 1 % ajasta. Teollisuus- ja maatalousalueilla vastaava luku on 5 % kokonaisajasta [43]. Saksassa Nordrhein-Westfalenin osavaltion vuonna 1993 annettujen ohjeiden mukaan selvää hajua saa esiintyä korkeintaan 10 % kokonaisajasta asuinalueilla ja 15 % kokonaisajasta teollisuusalueilla [44]. Tanskassa laitoksen ympäristössä laitoksesta peräisin olevaa, häiritsevää hajua saa esiintyä korkeintaan 1 % kokonaisajasta [37].

Tanskan ohjearvo perustuu mm. laboratoriossa suoritettuihin tutkimuksiin, joissa on selvitetty ilman hajupitoisuuden ja hajuhaitan välistä yhteyttä sekä aikaisimpiin tanskalaisiin ja brittiläisiin tutkimuksiin, joissa on osoitettu hajun tunnistuspitoisuuden ja haittapitoisuuden yhteys [37, 45].

Suositusarvo kohdistuu aina vain yhden laitoksen päästöihin, eikä Tanskan ympäristöhallituksen ohjeissa ole esitetty ohjearvoja ympäristön kokonaishajuimmisioille. Vaikeasti määrittävien hajapäästöjen aiheuttama haitta tai monta hajulähdetä sisältävän alueen viihtyisyyshaitta voidaan selvittää erikseen ja määrätä päästöjen vähentämistoimenpiteitä sen mukaan. Hajuhaittaselvityksiä tehdään myös, jos epäillään, että ympäristöhallituksen ohjearvo 5 - 10 h.y./m³ on kyseessä olevalla alueella liian tiukka tai riittämätön. Esimerkkinä tästä on erään sokerijuurikastehtaan ympäristössä tehty hajuhaittaselvitys, joka osoitti, että paikkakunnan asukkaat pitivät hajua häiritsevänä vasta kuin ulkoilman hajupitoisuus ylitti arvon 20 h.y./m³. Tulos oli hyvin tärkeä sokerijuurikastehtaalte, joka täten välttyi melkoisilta päästöjen vähentämiskustannuksilta. Paikkakunnan asukkaiden suvaitsevaisuuteen hajua kohtaan lienevät vaikuttaneet adaptaatio hajuun ja monen asukkaan taloudellinen riippuvuus sokerijuurikastehtaasta [46].

Viihtyisyyshaitalle on esitetty suositusarvo ainoastaan Sveitsissä. Sveitsin ilman-suojelulain mukaan on ryhdyttävä toimenpiteisiin, jos huomattava osa väestöstä kärsii ilmanlaadun huononemisesta aiheutuvasta vakavasta haitasta. "Huomattavan" osan ja "vakavan" haitan määrittämisessä lähtökohdaksi on otettu Sveitsin meluntorjuntalaki ja aikaisemmin tehdyt psykososiaaliset melututkimukset, joissa on selvitetty miten eri korkeat melutasot vaikuttavat ihmisen viihtyisyyteen. Melua viihtyisyyden alentavana tekijänä on verrattu hajun esiintymiseen ja näin hajuohjeeksi on ehdotettu, että korkeintaan 25 % alueen asukkaista saisi kärsiä vakavasta hajuhaitasta (kuva 14). Hajuhaitta määritetään asukaskyselyillä, johon tulee sisällyttää väh. 20 henkilöä/asuinkortteli [47].



Kuva 14. Melun ja hajun haittavaikutus [22].

7.5.2 Perusteiden tarkastelu

Hollannin, Saksan ja Tanskan hajuohjeiden lähtökohdat ja tavoitteet ovat samantlaisia: hajun aiheuttaman viihtyisyyshaitan ehkäiseminen tai vähentäminen. Ohjeiden vaikutustavatkin ovat hyvin samansuuntaiset, se on hajulähteen aiheuttaman hajukuorman rajoittaminen. Perusteet raja-arvojen asettamiselle on saatu selvittämällä hajun esiintymisen ja väestön reaktion korrelaatio. Kun otetaan huomioon, että eri maissa menettelytavat ovat olleet hyvin yhdenmukaisia on melko yllättävää, että ohjearvot kuitenkin eroavat niin paljon toisistaan.

Hajun haittavaikutusta koskevien tutkimusten tulosten eroihin vaikuttaa mm. se, että tutkimuksissa on käytetty erilaisia määrittämenetelmiä. Esimerkiksi hajuimmission määrittäminen kenttähavainnoinnilla tai päästömittausten ja leviämislaskelmien avulla voi antaa hyvin erilaisia tuloksia. Lisäksi hajuparametrien määrittelyt vaihtelevat eri maissa. Saksassa lupamenettelyyn liittyvissä hajumittauksissa määritetään hajukuorma pikemminkin hajun tunnistuspitoisuuden kuin havaitsemiskynnyksen perusteella. Koska tunnistuskynnys on 2 - 10 kertaa havaitsemiskynnystä suurempi, on tunnistuspitoisuuden perustuvan määrittelyn tulos pienempi kuin jos hajupäästöviuhka olisi määritetty hajun havaitsemispitoisuuden perusteella [32, 34, 35].

7.6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Hyvällä ohjearvolla tulee olla seuraavat ominaisuudet:

1. Suora kytkentä ohjeiston tavoitteeseen, joka on hajusta aiheutuvan viihtyisyyshaitan vähentäminen.
2. Ohjeessa pitää selkeästi tulla esille mihin toimenpiteisiin ohjearvon ylittäminen johtaa, eli millä tavoin saavutetaan viihtyisyyshaitan hyväksyttävä taso.
3. Ohjearvon tulee perustua suureeseen, jonka avulla hyvin erilaisiakin hajuongelmia voidaan kuvata, suoraan tai epäsuorasti selkeiden kytkentöjen kautta.
4. Ilmanlaatua parantava vaikutus
5. Ohjearvon perusteena oleva suure tulee olla tarkkailtavissa ja seurattavissa.

Mikään raportissa käsitelty hajuparametri ei täytä kaikkia em. kriteerejä. Ratkaisu on laatia hajuohjeisto, joka sisältää vaihtoehtoisia, eri parametreihin perustuvia ohjearvoja. Sopivin suure valitaan hajutapauksen mukaan, jolloin valintaan vaikuttavat ensinnäkin millä menetelmillä hajuongelmaa pystytään kvantifioimaan ja lisäksi mitkä määritysmenetelmät ovat saatavilla.

Hajuohjearvon tulisi ensisijaisesti perustua hajulähteen aiheuttamaan haju-kuormaan, eli hajuimmissioon. Hajuimmissio, joka määritetään hajun esiintymistiheytenä, on tarkkailtavissa ja seurattavissa oleva suure, jonka avulla voidaan kuvata ja kvantifioida erilaisia hajukuormituksia. Siihen perustuva ohjearvo kohdistuu suoraan haitan aiheuttajaan, ja hajun esiintymisen ja päästöjen vähentämistarpeen välinen yhteys on selkeä.

Hajuohjearvolla tulee myös olla suora kytkentä ohjeiston tavoitteeseen, joka Suomen nykyisen lainsäädännön mukaan on ensisijassa hajupäästön haittavaikutuksen estäminen. Laki kieltää hajun esiintymisen ainoastaan silloin, jos hajut aiheuttavat viihtyisyys- tai terveydellistä haittaa. Hajun ja hajuhaitan "epämääräisen" luonteen takia hajun esiintymiselle ei kuitenkaan tulisi asettaa tarkka raja-arvo vaan pikemmin ylä- ja alarajat. Tällöin alaraja kuvaa tilannetta, joka ei johda hajuhaittaan, yläraja taas tilannetta, joka välittömästi vaatii päästöjen vähentämistoimenpiteitä tai alueen suojaamisen esim. kaavoituksen avulla.

Hajukuormaan, l. hajuimmissioon ohjearvon asettamisen edellytyksenä on kokonaisvaltainen kuva hajun esiintymistiheyden ja haittavaikutuksen välisestä suhteesta. Muualla tehtyjen hajun haittavaikutuksia koskevien tutkimusten tuloksia ei voi yleistää pätemään Suomessa, jonka asukastiheys, teollisuuden luonne ja ilmastot ovat erilaisia kuin Keski-Euroopassa. Harvaan asutussa Suomessa ei ole niin laajoja teollisuuskomplekseja kuin esim. Saksassa ja Hollannissa, eikä maatalouskaan ole kovin intensiivistä.

8 SELVITYS HAJUIMMISSION JA HAJUN HAITTAVAIKUTUKSEN VÄLISESTÄ YHTEYDESTÄ

Hajuimmission ja hajuhaitan välistä yhteyttä Suomessa tutkittiin vuosina 1993 - 1994 tehdyn laajan asukaskyselyn pohjalta. Asukaskysely suoritettiin erilaisten hajua päästävien laitosten ympäristössä. Suomessa tärkeimmät hajua päästävät teollisuusalat ovat puunjalostusteollisuus ja elintarviketeollisuus. Edellä mainittujen lisäksi hajuhaittaa aiheuttavat mm. jätevedenpuhdistamot, kemianteollisuus ja liuotteita käyttävä teollisuus. Tutkimukseen sisältyi myös vertailu siitä, miten häiritsevinä eri teollisuuspäästöjen haju koetaan.

8.1 TOTEUTUS

Tutkimuksen 16 esimerkkitapausta (taulukko 4) valittiin kahdeksasta teollisuus-alasta siten, että niiden päästötasot olivat erilaisia ja ne edustivat mahdollisimman hyvin Suomen teollisuuden eri sektoreita.

Taulukko 4. Tutkimuksen esimerkkitapaukset.

Teollisuusala tai toiminta	lkm*	Päästön hajun luonne
1. Selluteollisuus	3	rikki, mätä
2. Jätevedenpuhdistus	2	mätä, rikki
3. Elintarviketeollisuus	3	
- rehun ja rasvan valmistus		kalajauho, "hernerokka", rasva
- kahvinpaahtimo		kahvi, palanut
- mallastamo		mallas, ohra, hiiva
4. Kemianteollisuus	2	
- ligniinituotteiden valmistus		rikki, mätä, lipeä
- kumin valmistus		palanut kumi
5. Öljynjalostamo	2	rikki, öljy
6. Tupakan valmistus	1	tupakka
7. Valimo	1	amiini, "kissan virtsa"
8. Metalliteollisuus	2	
- aerosolitölkkiä valmistus		liuote, lakka
- metallituotteiden valmistus		lakka, liuote, palanut

* eri paikkakunnilla

Tutkimus toteutettiin väestökyselyinä 4 600 asukkaalle 1993 - 1994 välisenä aikana. Lähetettyjen kyselykirjeiden lukumäärä oli 280 - 1 000 kohdealueen laajuudesta riippuen. Kyselykirje, joka on esitetty liitteessä 6, sisälsi yleisiä kysymyksiä vastaajan kotiympäristössä esiintyvistä ympäristöhaitoista, häiritsevän hajun tai melun esiintymisestä sekä hajun mahdollisesti aiheuttamista haittavaikutuksista, esim. päänsärystä tai nukahtamisvaikeuksista. Selvityksen kannalta

tärkein oli kohta 7, jossa vastaajaa pyydettiin erittelemään ympäristössä esiintyviä hajuja sekä arvioimaan miten usein eri hajutyypit esiintyvät ja miten häiritsevinä ne koetaan. Kyselykirjeen muotoilun pohjina toimivat Saksassa ja Hollannissa usein käytetty WKJ - kyselymenetelmä [48] sekä Zürichin Teknillisen korkeakoulun, ETH:n kehittämä kysely [22].

Väestökyselyn vastauksista määritettiin alueen yleinen viihtyisyyshaittilanne sekä erikseen yleisimmin esiintyvien hajujen esiintymistiheys ja haitta-aste. Tulosten käsittelyä varten kyselyn verbaaliset asteikot koodattiin lukuarvoina seuraavasti:

Kohta 1. Missä määrin ympäristöhaittoja esiintyy	0 = ei ollenkaan 1 = erittäin vähän 2 = vähän 3 = jossakin määrin 4 = paljon 5 = erittäin paljon
Kohta 3 ja 7. Melun tai hajun haitta-aste	0 = ei häiritse 1 = häiritsee hyvin vähän 2 = häiritsee vähän 3 = selvä haitta 4 = hyvin häiritsevä 5 = äärimmäisen häiritsevä
Kohdat 4 ja 7. Hajuepisodien esiintymistiheys	0 krt/a <=> ei koskaan 12 krt/a <=> maks. 1 krt/kk 36 krt/a <=> 2 - 3 krt/kk 52 krt/a <=> n. kerran viikossa 150 krt/a <=> 2 - 3 krt viikossa 250 krt/a <=> melkein joka päivä

Hajun esiintymistiheys eli hajukuorma laskettiin hajuepisodien keston ja niiden esiintymistiheyden tulona (prosenttiosuus vuoden kokonaisajasta).

Riippuvuussuhdeanalyysissä tutkittiin kahdella tavalla kvantifioitua viihtyisyyshaitan yhteyttä hajukuormaan. Ensimmäisessä analyysissä viihtyisyyshaittaa kuvattiin yksittäisten asukkaiden ilmoittamalla hajun haitta-asteella, jolloin selittäjänä toimi vastaava hajun esiintymistiheys. Toisessa analyysissä tutkittiin miten hajun esiintymistiheys on yhteydessä viihtyisyyshaittaan silloin, kun viihtyisyyshaitta ilmoitetaan hajun selvästi häiritsevinä (haitta-aste ≥ 3) kokeneena prosenttiosuutena vastaajista. Tällöin havaintoaineisto luokiteltiin eri etäisyysvyöhykkeisiin hajulähteistä, jonka jälkeen mainittu asukasosuus eri aluevyöhykkeillä laskettiin. Jaottelu etäisyysvyöhykkeisiin tapahtui ensisijaisesti vastausten lukumäärän perusteella siten, että havainnointimäärän minimirajana pidettiin 20. Koska esimerkkitapausten ympäristöt (pien- ja suurkaupunkiseutu, teollisuusalue,

maaseutu jne.) olivat asukastiheydeltään erilaisia, ja esimerkkipäästöjen leviämisaalueet olivat erialaisia, aineiston jaottelua aluevyöhykkeisiin ei voitu kaikissa esimerkkitapauksissa tehdä yhdenmukaisesti, vaan vyöhykkeiden fyysinen ulottuvuus vaihtelee parista sadasta metristä kilometriin.

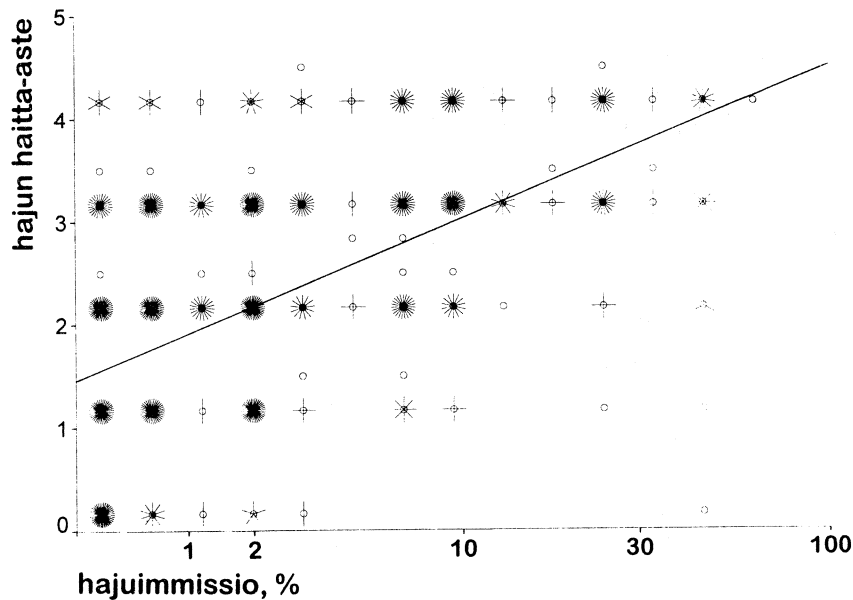
8.2 TULOKSET

Vastausprosentti oli keskimäärin 35 % ($N_{\text{tot}} = 1632$) ja vaihteli välillä 25 - 52 % alueen hajukuorman mukaan. Alueilla, joissa hajun esiintymistiheys oli suuri, oli huomattavasti suurempi vastausprosentti kuin ns. ”puhtaimmalla alueilla”. Tutkituilla alueilla esimerkkipäästöjen osuus kaikista hajuilmoituksista oli 33 - 80 %. Vastaajista 61 % ($N = 1002$) kuvasi esimerkkilaitosten peräisin olevia hajuja. Laitosperäisten hajujen lisäksi liikenne koettiin varsinkin kaupungeissa melko vakavana viihtyisyyshaittatekijänä. Hajuhaittaa pidettiin yleisesti meluhaittaa suurempana ongelmana, ilmeisesti koska valituilla esimerkkipaikkakunnilla hajuongelma oli korostunut. Hajun ja melun ohessa muita ympäristöhaittoja, esim. pölyä, ei koettu kovin merkityksellisiksi.

I Hajun esiintymistiheyden ja hajun haitta-asteen yhteys

Vastaajien ilmoittaman hajun esiintymistiheyden ja hajuhaitan välistä riippuvuutta on havainnollistettu kuvassa 15. Regressioanalyysin aineistona toimi kyselyn kaikki ns. positiivivastaukset, eli ne vastaukset, joissa oli ilmoitettu laitosperäisen hajun esiintymistä. Yhteyttä kuvasi parhaiten malli, jossa hajun haitta-aste esitetään hajun esiintymistiheyden logaritmin funktiona.

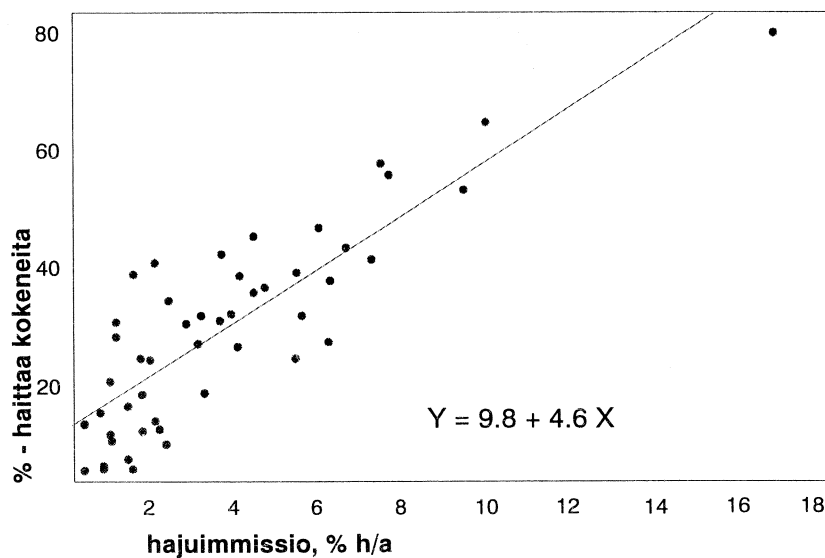
Yksilötasolla suoritettu regressioanalyysi osoitti, että parametrien välinen suhde oli positiivinen ja tilastollisesti merkittävä, mutta mallin selitysaste R^2 oli melko heikko. Regressiomallin avulla pystyttiin selittämään noin 30 % havaintojen vaihtelusta.



Kuva 15. Hajun esiintymistiheyden ja hajun haitta-asteen yhteys. $N=1002$.
 $R^2 = 0,32$. $F = 470$.

II Hajun esiintymistiheyden ja haittaa kokeneen asukasosuuden välinen yhteys

Kuvassa 16 on esitetty selvästi häiritsevää hajua kokeneiden asukkaiden osuus eri etäisyysvyöhykkeillä esimerkkitalouksista sekä vyöhykkeen keskimääräinen hajukuorma. Analyysin aineisto on taulukoituna liitteessä 7.



Kuva 16. Häiritsevää hajua aistineiden vastaajien prosenttiosuus hajun keskimääräisen esiintymistiheyden funktiona. $N_{tot} = 1632$. $R^2 = 0,72$. $F = 118$.

Kuvassa 16 esitetty malli kuvaa hyvin hajuhaitan ja hajukuorman annos-vastesuhdetta. Valitut esimerkkipäästöt olivat laadultaan melko erilaisia, jolloin voidaan olettaa, että malli osoittaa melko hyvin miten paljon yksittäistapaus voi poiketa keskiarvosta. Regressioyhtälön ($Y = 9,8 + 4,6 X$) avulla voidaan laskea miten suuren hajuhaitan tietty hajukuorma keskimäärin aiheuttaa, kunhan otetaan huomioon, että yksittäistapauksissa hajun annos-vastesuhde saattaa poiketa estimoidusta keskimääräisestä tilanteesta. Taulukossa 5 on esimerkinomaisesti laskettu hajukuormat, jotka johtavat siihen, että 15, 25 ja 50 % väestöstä kokee hajun selvästi häiritseväenä.

Taulukko 5. Regressiomallin avulla lasketut hajuiummission arvot, jotka johtavat siihen, että 15 %, 25 % ja 50 % väestöstä kokee hajun selvästi häiritseväenä.

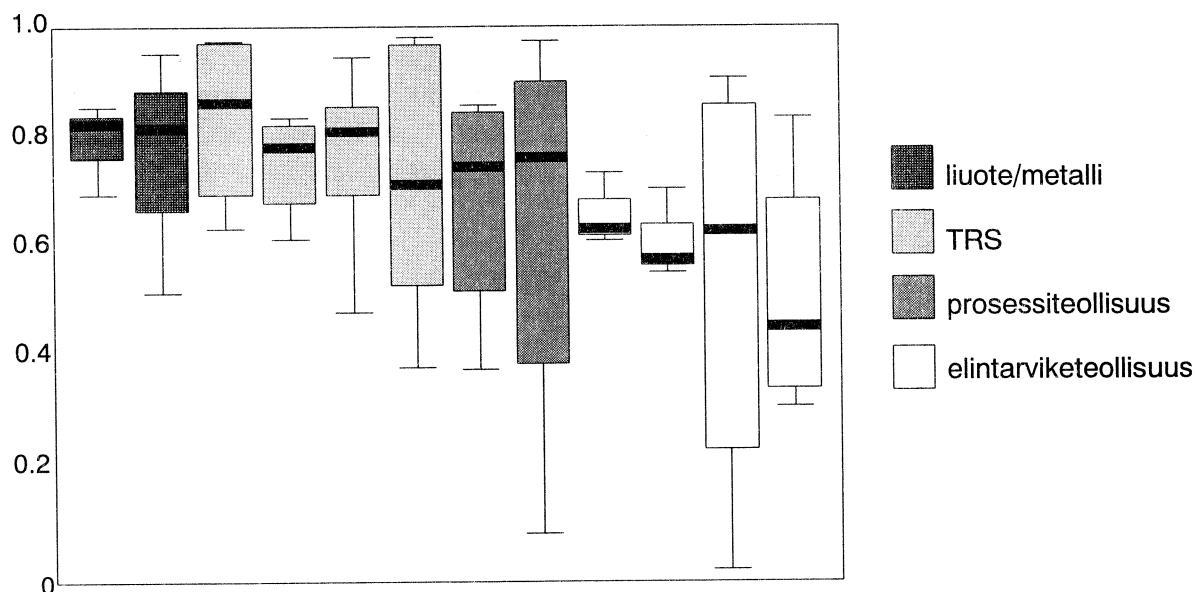
Asukasosuus	Hajun esiintymistiheys
15 %	1 %
25 %	3 %
50 %	9 %

Hajupäästöjen haittapotentiaali

Hajun esiintymistiheyden lisäksi hajun laadun on osoitettu vaikuttavan siihen miten suurena haittana haju koetaan (kuva 10, s. 29). Kuvassa 17 on verrattu tutkimuksen kohteena olevien hajupäästöjen haittapotentiaalia. Hajun haittapotentiaalia kuvaa se osuus hajupäästön aiheuttamasta hajukuormasta, jota väestökyselyn mukaan pidettiin selvästi häiritseväenä.

Kuvan 17 mukaan pelkistyneitä rikkiyhdisteitä sisältävien päästöjen ja metallituotannon liuotepäästöjen haittapotentiaali ovat suurimmat. Elintarviketeollisuuden hajujen miellyttävyysasteet vaihtelevat lähinnä tuotannosta riippuen.

HÄIRITSEVÄN HAJUN OSUUS LAITOKSEN KOKONAISHAJUKUORMASTA



Kuva 17. Selvästi häiritsevän hajun osuus esimerkkipäästöjen aiheuttamasta kokonaishajuimmissiosta. Keskiarvo = 78 %.

8.3 SELVITYKSEN TULOSTEN ARVIOINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Väestökyselyn kertaluonteen takia asukkaiden ilmoittamat esiintymistiheydet ovat muistikuviiin perustuvia arvioita siitä, miten usein tiettyä hajua esiintyy. Tarkempaa tietoa alueen hajukuormasta olisi voitu saada toistamalla kyselyä tai pitkäaikaisella asukaspaneelitutkimuksella, jonka etu on lisäksi se, että se antaa "online"-tietoa hajun häiritsevyydestä; asukaspaneelitutkimuksessa havainnoitsija kirjaa samanaikaisesti sekä hajuepisodin keston että häiritsevyyden. Näin saadaan täsmällisempää tietoa kuin muistikuviiin perustuva käsitys ko. hajusta. Lisäksi hajuimmissio voidaan määrittää kenttähavainnoinnilla tai leviämismallien avulla. Näihin toimiin ei tutkimuksen puitteissa kuitenkaan ollut mahdollisuutta.

Estimoitujen riippuvuussuhteiden oikeellisuuteen vaikuttaa jossakin määrin myös tutkimuksen palaute. Kyselyn vastausprosentti vaihteli eri alueilla välillä 25 % ja 55 %, jolloin tulee ottaa huomioon mahdollisuus, että henkilöt, jotka jättivät vastaamatta kyselyyn kokevat hajut keskimäärin vähemmän haitallisiksi kuin vastaajat. Tällöin esimerkkialueiden hajuongelma on jonkin verran pienempi kuin mitä tutkimus osoitti. Vastaamatta jättäneiden vaikutus hajuhaitan ja esiintymistiheyden riippuvuuteen on kuitenkin melko pieni, sillä ns. nollavastaukset (hajua ei ole - haju ei häiritse) vaikuttavat molempiin muuttujiin vähentävästi. Vastausten

kokonaislukumäärää (1 632) voidaan kuitenkin pitää tyydyttävänä havainnointiai-neistokokona.

Se, etteivät hajukuorman vasteet riipu yksiselitteisesti hajuimmission tasosta tai laadusta, vaan myös henkilökohtaisista asenteista johti tulosten suureen hajontaan. Eräiden Saksassa tehtyjen tutkimusten mukaan vain 22 % viihtyisyyshaitasta voi-daan selittää altistavan hajun ominaisuuksilla [49, 50].

Yksilöllisten vastausten perusteella suoritettu regressioanalyysin mukaan vain 30 % hajun häiritsevyydestä voidaan selittää hajun esiintymistiheydellä. Alhaiset selitysasteet saatiin myös 1990-luvun alussa tehdyssä saksalaisessa tutkimuksessa ja Hollannissa 1980 luvulla tehdyssä tutkimuksessa [4, 5]. Edellä mainittujen tut-kimusten mukaan ainoastaan 4 - 13 % haittareaktiosta voidaan selittää hajuimmis-siolla.

Hajuhaitan subjektiivisen luonteen takia tulosten tarkka matemaattinen esittämi-nen ei ole mielekäästä, vaan estimoituja riippuvuussuhteita tulee pitää hajun annos-vastesuhdetta indikoivana mallina. Regressioanalyysin perusteella hajupäästöjen aiheuttama viihtyisyyshaitta voidaan luokitella muutamaan "vakavuusluokkaan" taulukossa 5 esitetyn tavan mukaisesti. Taulukon 6 luvut on laskettu kuvissa 14 ja 15 esitettyjen regressiomallien perusteella. Hajun keskimääräinen haitta-aste on laskettu aluevyöhykkeiden keskiarvona samoilla periaatteilla kuin hajun esiinty-mistiheyskin.

Taulukko 6. Hajuhaitan vakavuuden luokittelu häiritsevää hajua kokeneen asukasosuuden, hajun esiintymistiheyden ja hajun keskimääräisen haitta-asteen perusteella.

	Hajun haitta- aste 0 - 5	Asukasosuus, joka kokee hajun selvästi häiritseväenä	Hajun keskimääräinen esiintymistiheys
1	0 - 1	< 10 %	1 %
2	2 - 3	25 %	3 %
3	3 - 4	50 %	9 %

Kyselytutkimuksen perusteella esitetään, että hajun aiheuttamaa viihtyisyyshaittaa voidaan pitää merkittävänä silloin, kun 25 - 50 % asukkaista kokee hajun selvästi häiritseväksi. Taulukon 6 mukaan vastaava hajuimmission taso on tällöin 3 - 9 %. Alarajaa (3 %) edustavat silloin laadultaan epämiellyttävät ja selvät hajut, ylärajaa (9 %) taas laadultaan vaihtelevammat hajut. Ilmansuojelulain mukaan yläraja merkitsee tilannetta, jossa hajusta aiheutuu merkittävää viihtyisyyshaittaa. Mikäli hajun esiintymistiheys on ylä- ja alarajan välissä, jäisi viranomaisten harkittavaksi tuleeko ryhtyä viihtyisyyshaittaa vähentäviin toimenpiteisiin vai ei. Tällöin huo-mioon otettavia seikkoja on hajun laatu, alueen asukastiheys ja alueen yleinen käyttö. Jos epäillään, että haju laadultaan on sellainen, että sen annos-vastesuhde

poikkeaa paljon edellä esitetystä, voidaan hajun leviämisalueella suoritettavalla väestökyselyllä tai asukaspaneelitutkimuksella saada tietoa ko. laitoksen ympäristön todellisesta hajuhaittatasosta.

9 HAJUA AIHEUTTAVAT TOIMINNAT SUOMESSA

Seuraavassa on selvitetty merkittävimmät hajua aiheuttavien toimintojen vaikutusalueet ja arvioidaan niistä aiheutuvan haitan suuruutta Suomessa. Selvitys tehtiin paikallisille ympäristöviranomaisille osoitettuna kyselynä. Hajuhaittilanteen kehitystä viimeisen kuuden vuoden aikana on arvioitu vertaamalla kartoituksen tuloksia vuonna 1988 tehtyyn vastaavaan tutkimukseen. Lisäksi on toimialakohtaisesti esitetty toimenpiteitä, joilla hajun vähentäminen voidaan toteuttaa.

9.1 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

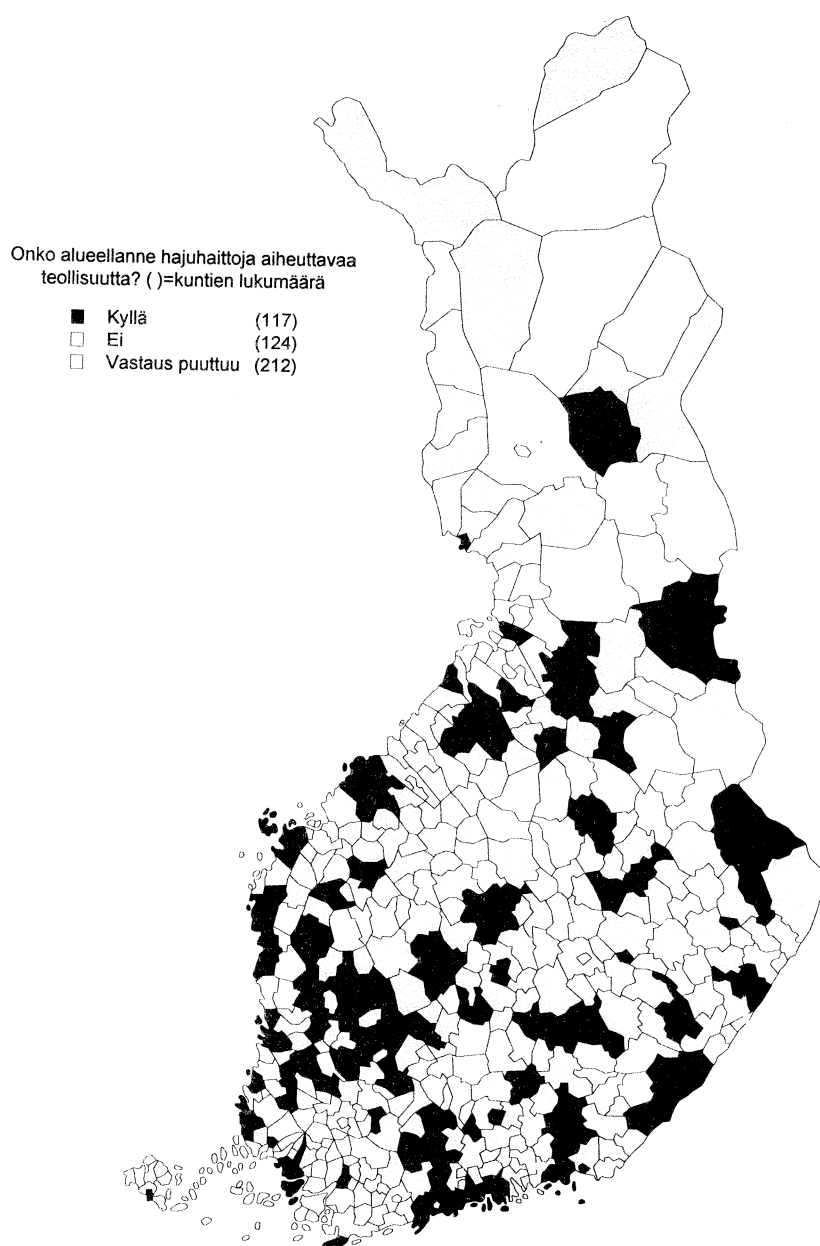
Hajuhaittojen kartoitus toteutettiin lähettämällä 440 kyselykirjettä huhtikuussa 1994 Suomen kuntien ja kaupunkien ympäristöviranomaisille. Ainoastaan Ahvenanmaan kunnat Maarianhaminaa lukuun ottamatta jäivät tutkimuksen ulkopuolelle. Kirjeessä viranomaisia pyydettiin kartoittamaan alueensa hajua päästäviä toimintoja, arvioimaan hajuhaitan vakavuutta sekä antamaan arvion vuosittain asukkailta tulleiden hajuvalitusten määrästä. Lisäksi tiedusteltiin kyseisten hajupäästöjen leviämisalueen laajuutta ja haitan pienentämiseksi mahdollisesti tehtyjä toimia.

Kyselykirjeeseen vastasi noin 210 kuntaa ja kaupunkia. Vastaamatta jättäneiden joukosta valittiin ne, joissa tiedettiin sijaitsevan hajua aiheuttavaa teollisuustoimintaa, ja näihin otettiin myöhemmin yhteyttä puhelimitse.

9.2 TULOKSET

Vastaus saatiin kaiken kaikkiaan 241 kunnalta ja kaupungilta (vastausprosentti 55 %). Useimmissa vastaamatta jättäneissä kunnissa ei ole merkittävää teollisuustoimintaa, ja kuntien asukasmäärät ovat keskimäärin huomattavasti pienemmät kuin kyselyyn vastanneiden kuntien (keskimääräinen asukasluku 5 000 vs. 17 000). On hyvin todennäköistä, että vastaamatta jättäminen johtui siitä, ettei kyseisillä paikkakunnilla hajua pidetä ympäristöongelmana.

116 kuntaa ilmoitti, että niiden alueella on hajua aiheuttavaa teollisuutta (kuva 18). Tämä on 25 % kaikista Suomen kunnista tai 47 % vastanneista. Kuvaan 18 merkittyjen kuntien lisäksi noin 25 kunnassa hajuhaittaa aiheuttavat maatalous ja jätteiden käsittely ja 16 kuntaa altistuu naapurikunnan teollisuuden hajupäästöille.

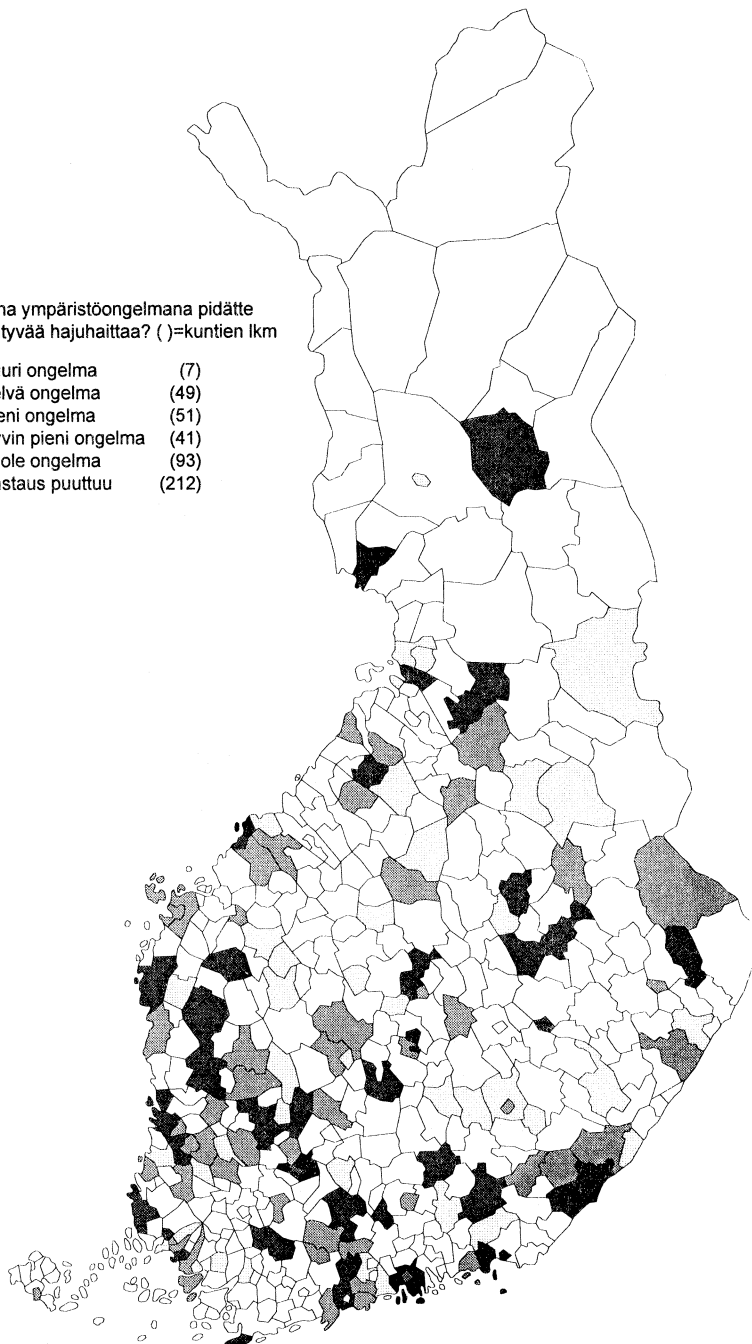


Kuva 18. Kunnat ja kaupungit, joissa on hajua aiheuttavaa teollisuutta.

Kuvassa 19 on esitetty, miten vakavana ympäristöongelmana ympäristöviranomaiset pitivät paikkakunnallaan esiintyvää hajua. 56 kunnassa hajuhaittaa pidettiin suurena tai selvänä ongelmana. Pienenä tai hyvin pienenä ongelmana hajua pidettiin 92 kunnassa, kun taas 93 kunnassa hajua ei pidetty ongelmana lainkaan. Jonkinasteisesta hajuhaitasta ilmoittaneiden kuntien yhteenlaskettu asukasmäärä oli noin kolme ja puoli miljoonaa. Varsinaiselle hajuhaitalle altistuneiden asukkaiden määrä on luonnollisesti edellä esitettyä paljon pienempi, sillä kyseisten toimintojen hajupäästöjen vaikutusalue rajoittuu yleensä enimmillään pariin kilometriin.

Miten vakavana ympäristöongelmana pidätte
alueellanne esiintyvää hajuhaittaa? ()=kuntien lkm

■	Suuri ongelma	(7)
■	Selvä ongelma	(49)
■	Pieni ongelma	(51)
□	Hyvin pieni ongelma	(41)
□	Ei ole ongelma	(93)
□	Vastaus puuttuu	(212)

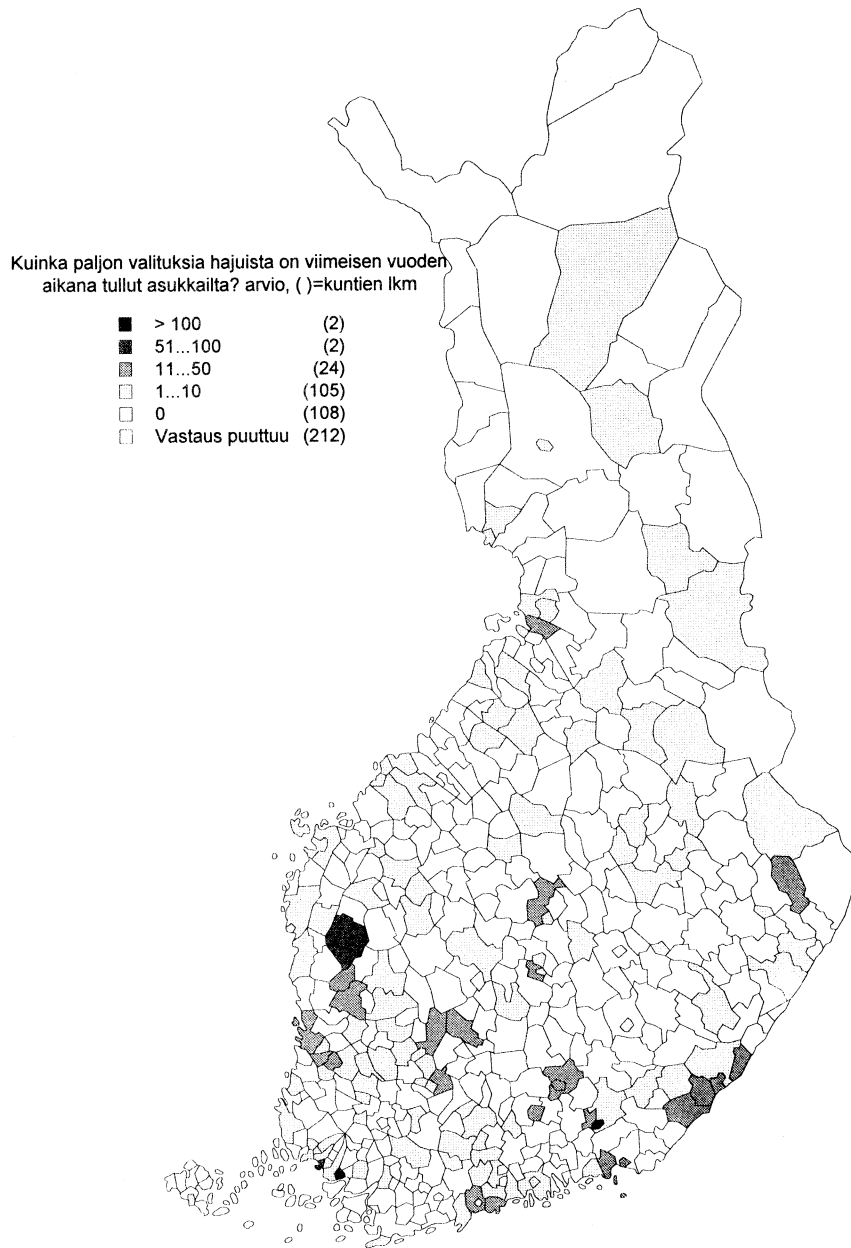


Kuva 19. Hajuhaitan vakavuus eri kunnissa.

Myös hajupäästöistä aiheutuvien valitusten määrää voidaan pitää eräänä hajuhaitan mittana. Valitus sinänsä jo osoittaa, että haju selkeästi aiheuttaa haittaa, sillä pienestä, lyhytaikaisesta hajun kokemisesta harvemmin raportoidaan viranomaisille. Toisaalta jatkuvalla hajulle altistuneet kansalaiset saattavat olla tottuneet epäviihtyisään tilanteeseen, eivätkä enää näe tarkoituksenmukaiseksi ilmoittaa viranomaisille hajun esiintymisestä.

Kuva 20 osoittaa montako hajuvalitusta tuli edellisen vuoden aikana asukkailta viranomaisille. Yhteensä neljässä kunnassa hajuvalitusten määrä oli yli 50.

Kuva 20 osoittaa montako hajuvalitusta tuli edellisen vuoden aikana asukkailta viranomaisille. Yhteensä neljässä kunnassa hajuvalitusten määrä oli yli 50.



Kuva 20. Asukkaiden valitukset hajuista ympäristöviranomaisille.

Seuraavassa käydään läpi yleisimpiä hajua aiheuttavia toimialoja koskevia tuloksia.

9.2.1 Puunjalostusteollisuus

Suurimpia hajuongelmia aiheuttava toimiala Suomessa on puunjalostusteollisuus, jonka päästöt koettiin häiritseviksi 59 kunnassa (liite 8). Vuonna 1993 haitan kokeminen johti 48 kunnassa viranomaisille tehtyihin valituksiin.

Puunjalostusteollisuudeksi laskettiin paperi- ja selluteollisuus sekä lastulevy- ja vaneriteollisuus. Puunjalostusteollisuuden toiminnoista ylivoimaisesti eniten ongelmia aiheuttaa selluteollisuus. Ympäristöön leviävä haju on luonteeltaan hyvin pysyvää, sillä pelkistyneiden rikkiyhdisteiden hajukynnyspitoisuudet ovat erittäin alhaiset. Sellutehtaan haju saattaa tietyissä sääolosuhteissa ulottua kymmenien kilometrien päähän, ennenkuin haisevat yhdisteet laimenevat alle hajukynnyspitoisuuden. Selvästi kiusalliseksi haju koetaan kuitenkin lähinnä < 3 km etäisyydellä tuotantolaitoksista, missä hajun esiintymistiheys voi olla hyvin merkittävä. Lastulevy- ja vaneriteollisuuden hajuongelma on lähinnä paikallinen, ja puun tai liuotteen haju voidaan aistia korkeintaan noin kilometrin etäisyydelle laitoksesta.

9.2.2 Jätteiden käsittely

Jätteiden käsittelystä aiheutuvasta hajuhaitasta ilmoitti 62 kuntaa (liite 8). Jätteiden käsittelyyn on laskettu jätevedenpuhdistus, puhdistamolietteen käsittely ja kaatopaikat. Haju on epämiellyttävä, mutta melko paikallinen ja leviää yleensä korkeintaan kilometrin etäisyydelle. Jätteiden käsittelystä aiheutuvia hajuvalituksia tulee paikallisille ympäristöviranomaisille alle 10 vuodessa. Jätevedenpuhdistamon hajuhaitasta ilmoitti 34 kuntaa ja lietteen käsittelyn, joka yleensä tarkoitti kompostointia, 11 kuntaa. Kaatopaikan hajuista oli 7 mainintaa.

9.2.3 Maatalous

Maatalouden hajupäästöt, joista 31 kuntaa ilmoitti, ovat ongelmallisia lähinnä keväällä, kun lantaa ja lietettä levitetään pellolle (liite 9). Haju on kuitenkin melko voimakas ja laajuutensa takia kyseiset pinalähteet aiheuttavat haittaa laajalla alueella. Haju on voimakkaimmillaan 2 - 3 ensimmäisenä päivänä levityksen jälkeen. Sen jälkeen hajuhaitta on huomattavasti vähäisempi [51]. Lannan ja lietteen peltolevityksen lisäksi hajua aiheuttavat turkistarhat, sikalat ja kanalat. Yleensä maatalouden hajua pidettiin kuitenkin hyvin pienenä ongelmana. Viranomaisille tulneiden hajuvalitusten määrä on alle 10 vuodessa, tyypillisesti noin 0 - 2. Hajusta oli valitettu 23 kunnassa.

9.2.4 Elintarviketeollisuus

Elintarviketeollisuuden hajupäästöistä ilmoitti 38 kuntaa (liite 9). Hajua aiheuttaa laaja joukko erilaisia tuotantoprosesseja, joiden hajupäästöt ovat koostumukseltaan, miellyttävyyssasteeltaan ja vaikutusalueeltaan hyvin erilaisia. Myös viranomaiskyselyn vastaukset osoittivat, että asukkaiden asennoituminen hajuun vaihtelee paljon tuotannosta riippuen. Esimerkiksi leipomoiden ja panimoiden hajupäästöihin ei yleensä suhtauduta kovin negatiivisesti, etenkin ellei haju ole jatkuvaa. Taulukossa 7 on yhteenveto toimialan hajua aiheuttavista toiminnoista ja kyseisten hajupäästöjen vaikutusalueesta. Hajupäästöt olivat pääsääntöisesti peräisin tuotantoprosessista ja eräissä tapauksissa myös tehtaan jätevedenpuhdistamosta.

Elintarviketeollisuuden hajuista oli valitettu 23 kunnassa. Valitusten määrä oli Naantalia lukuun ottamatta alle kymmenen vuodessa.

Taulukko 7. Elintarviketeollisuuden hajua aiheuttavat toiminnot.

Toiminta	Maininnat	Vaikutusalueen ulottuvuus
kalan- ja lihanjalostus	8	~ 200 m
teurastamo	5	~ 200 m
suurleipomo	2 - 3	< 1 km
kahvinpaahtimo	2	1 km
makeistehdas	1	~ 200 m
sokerin tai vihantarehun valmistus ja varastointi	4	1-2 km
rehu (kala, teurasjätteet) laitokset	4	~ 2 km
panimo	4	< 1 km
mallastamo, hiivan ja alkoholin valmistus	3	~ 1 km
ruokarasvan valmistus	3	~ 2 km
perunavalmisteiden tuotanto	3	~ 200 m
meijeri	3 - 5	< 1 km
einesteollisuus	2	~ 200 m

9.2.5 Muut

Taulukossa 8 on yhteenveto muista hajua aiheuttavista toiminnoista, joista useampi kunta oli ilmoittanut. Näistä painotuoteteollisuuden ja valimoiden hajuhaittojen esiintymistä on myös havainnollistettu liitteessä 10.

Kiinteiden hajulähteiden lisäksi liikenne on etenkin kaupungeissa hyvin merkittävä hajua aiheuttava toiminta. Edellä esitetyn asukaskyselyn ja Helsingissä vuonna 1992 tehdyn tutkimuksen mukaan 12 - 60 % kaupunkilaisista pitää liikenteen päästöjä selvänä hajuhaittana [14].

Taulukko 8. Muut hajuhaittaa aiheuttavat toimialat.

Toiminto	Kuntien lkm	Vaikutusalueen ulottuvuus
kemianteollisuus	12	200 m - usea km
painotuoteteollisuus	10	paikall.
valimo	12	200 m - 2 km
lannoiteteollisuus	6	< 2 km
energiantuotanto	5	- 500 m
nahkateollisuus	5	~ 500 m
metalliteollisuus	4	< 1 km
kumi- ja muovituotteet	8	200 m - 2 km
asfalttiasemat	6	paikall.
huonekaluteollisuus	4	- 500 m
mineraalivillatehtaat	4	1 - 3 km
öljy- ja kemikaalisatamat	2	500 m
öljynjalostus	4	- 10 km
bitumin ja kattahuovan valmistus	3	- 500 m

9.3 HAJUHAITTATILANTEEN KEHITYS

Tutkimuksen puitteissa ei ollut mahdollista selvittää, montako ihmistä altistuu hajuhaitalle Suomessa. Niiden kuntien, joissa haju koettiin selväksi, yhteenlaskettu asukasluku on noin puolitoista miljoonaa, eli noin 30 % Suomen kokonaismäärästä. Kuitenkin vain pieni osa asukkaista altistuu merkittäväälle hajuhaitalle.

Verrattuna VTT:n vuonna 1988 tekemään kyselyyn hajuvalitusten määrä on vähentynyt huomattavasti. Vuoden 1988 kyselyssä, joka osoitettiin Suomen kaupungeille ja eräille kunnille, kuusi kuntaa raportoi yli 50 hajuvalitusta vuodessa, ja 31 kunnassa hajuvalitusten määrä oli 11 - 50. Vuonna 1994 neljän kunnan viranomaiset olivat vastaanottaneet yli 50 hajuvalitusta ja 22 kunnan 11 - 50 valitusta [52, 53].

Hajuhaittatilanteen paranemiseen ovat osittain vaikuttaneet teollisuudessa yleisesti tapahtuvat tuotantotekniikan kehittyminen ja päästöjen puhdistuksen tehostuminen, jotka ovat johtaneet myös hajupäästöjen pienenemiseen. Sekä liikenteen että kiinteiden lähteiden päästöt tulevat ilman erityistoimiakin edelleen vähenemään lähivuosina jo tehtyjen päätösten ja toimialan yleisen kehityksen vuoksi. Lisäksi

ympäristösuojelun jatkuvasti kasvava merkitys tuotteen markkinoinnissa vaikuttaa myönteisesti hajutilanteen kehitykseen.

1990-luvun alkupuolella vallinnut huono taloudellinen tilanne on osittain hidastanut teollisuuden ilmansuojeluinvestointeja, mutta kaiken kaikkiaan laman vaikutus Suomen hajutilanteeseen lienee myönteinen: kannattamattomien yritystoimintojen lopettaminen taloudellisten vaikeuksien takia on eräillä paikkakunnilla täysin poistanut hajuongelmat. Erityisesti tämä koskee pieniä tuotantolaitoksia, kuten nahkayrityksiä, turkistarhoja ja metallipajoja.

Vuoden 1994 kyselytutkimuksen tuloksista voidaan erottaa 50 - 60 tuotantolaitosta, jotka viranomaisten vastausten perusteella aiheuttavat lähiympäristössään melko selvää hajuhaittaa. Näistä laitoksista osa on paraikaa selvittämässä mahdollisuuksia vähentää hajupäästöjään, osa on jo tehnyt päätöksen hajuntorjuntatoimista ja toteuttaa ne lähiaikoina.

Erillisten kokonaista toimialaa koskevien päästöjen vähentämisvaatimuksien asettaminen ei liene hajuhaitan kannalta perusteltua, varsinkin koska viihtyisyyshaitan vakavuutta ei voida täsmällisesti määritellä. Lisäksi tulee ottaa huomioon se, että eräiden hajun määrittämismenetelmien tarkkuus on parhaimmassa tapauksessa kohtuullinen ja esimerkiksi olfaktometristen määrittysten hajonta voi olla suuri. Hajua päästävistä teollisuudesta löytyy useita esimerkkejä siitä, että olemassa olevalla tekniikalla hajua voidaan vähentää siten, ettei se aiheuta merkittävää viihtyisyyshaittaa ympäristössä. Siksi parhaan käyttökelpoisen tekniikan käyttöönoton periaatetta tulisi soveltaa.

Paras viihtyisyyshaitan vähentämismenetelmä ratkaistaan melkein aina tapauskohtaisesti hajulähteen ja -alueen mukaan. Tekniset keinot, joilla laitospäästöjen ihmiselle aiheuttamia haittoja voidaan vähentää, ovat hajua päästävän prosessin muuttaminen vähemmän haisevaksi, esim. valitsemalla uusia raaka-aineita tai muuttamalla tehtaan lay-out kompaktimmaksi, ja haisevien päästöjen puhdistaminen parhaalla käyttökelpoisella tekniikalla. Edellä mainituista tavoista prosessitekniset keinot ovat ensisijaisia, ja niitä voidaan tarpeen mukaan täydentää sopivalla kaasunpuhdistustekniikalla.

Jos viihtyisyyshaittaa aiheuttavat päästöt ovat laimeita kaasuja, jotka kyseisissä pitoisuuksissa eivät aiheuta terveyshaittaa tai haittaa luonnolle, epäpuhtauksien poistaminen ei ole välttämätöntä. Tällöin hajuongelma voidaan periaatteessa ratkaista laimentamisperiaatteella. Jos päästöt johdetaan riittävän korkeaan piippuun, ne laimenevat alle hajukynnyspitoisuuden ennenkuin saavuttavat ihmisen. Riittävä päästölähteen korkeus voidaan määrittää esim. leviämislaskelmien avulla.

Teknisten toimenpiteiden lisäksi suojautumalla hajupäästöiltä voidaan varmistaa, ettei hajupäästöjen vaikutusalue ulotu merkittävässä määrin asutusalueille tai muille alueille, joissa ihmiset oleskelevat pitempiä aikoja. Liitteessä 11 on Hollannin Kuntaliiton suositus siitä, miten etäälle asutuksesta eri toimialat tulisi sijoittaa, jotteivät ne aiheuttaisi merkittävää hajuhaittaa [51]. Vähimmäisetäisyydet

vaihtelevat 50 metristä muutamaan kilometriin. Suojautumista hajupäästöiltä voidaan käyttää teknisten keinojen lisäksi erityisesti silloin, kun alueen maankäyttö muuttuu ja uutta asutusta suunnitellaan laitoksen ympäristöön.

Kun vaadittavat toimenpiteet on tehty ja hajuhaitan väheneminen todettu joko asukaskyselyillä tai leviämislaskelmilla ympäristön haittilanteen jatkuva seuraaminen ei ole välttämätöntä. Usein riittää laitoksella tapahtuva kaasunpuhdistuslaitteiston toimivuuden tai suunniteltujen prosessimuutosten toteutuksen ja toimivuuden tarkastaminen.

Kytkeä VOC- ja rikkipäästöjen vähennysstrategioihin

Jotkut VOC-strategiassa esitetyistä VOC-päästöjä vähentävistä toiminnoista tulevat vähentämään - ja ovat jo vähentäneetkin - hajuongelmiakin eräillä alueilla. Tämä koskee ennen kaikkia liuotteita käyttävän teollisuuden hajupäästöjä [54, 55]. Päästöjen rajoittaminen VOC-strategian edellyttämällä tavalla ei kuitenkaan takaa, etteivätkö vähennetyt päästöt aiheuttaisi vielä hajuhaittaa. VOC-strategia tähtää VOC-yhdisteiden 30 %:n vähennykseen, kun taas tehokas hajunpoisto edellyttää 80 - 90 % päästöjen vähentämistä. Jos hajuhaitta on VOC-strategian mukaisten toimien jälkeenkin vielä merkittävä, on lisäkeinoja sovellettava.

Hajujen vähentämisen kytkeytymistä rikkipäästöjen vähennysstrategiaan on käsitelty puunjalostusteollisuuden yhteydessä.

9.4 TOIMIALAKOHTAISET OHJEET HAJUHAITTOJEN VÄHENTÄMISEKSI

Seuraavassa on tarkasteltu merkittävimpien hajua aiheuttavien toimialojen tarvetta vähentää toimintojensa hajupäästöjä sekä esitetty toimia, joilla hajuongelmia voidaan vähentää. Lisäksi on eräillä aloilla arvioitu hajuntorjunnan aiheuttamia kustannuksia sekä päästöjen kehitystä tulevaisuudessa. Koska useiden toimialojen hajupäästöjen vähentämisestä on olemassa melko uutta julkaistua tietoa, toimialojen hajuntorjuntaa on käsitelty melko yleisellä tasolla. Yksityiskohtaisia tietoja hajuntorjuntakeinoista löytyy kyseisistä julkaisuista, joihin on viitattu.

9.4.1 Puunjalostusteollisuus

Selluteollisuuden aiheuttaman hajuhaitan merkittävyys vaihtelee melko paljon eri tuotantolaitoksilla. Uusilla tehtailla ja laitoksilla, joilla on toteutettu hajurikkipäästöjen vähentämiseen liittyviä toimia, vakavat hajuhaittaepisodit sattuvat melkein yksinomaan yksittäisten tuotantohäiriöiden yhteydessä. Vanhojen, vielä saneeramattomien tehtaiden ympäristössä haju on kuitenkin edelleen melko jatkuvaa ja viihtyisyyshaitta merkittävä.

Selluteollisuuden hajupäästöjä on vaikea kokonaan poistaa. Sen sijaan hajujen tuntuva vähentäminen on teknisesti toteutettavissa. Uusien tehtaiden konstruktiot sekä vanhojen tehtaiden saneeraukset ovat osoittaneet, että hajuja voidaan vähentää prosessimuutoksin. Ne hajupäästöt, joita ei prosessimuutoksin voi eliminoida, voidaan poistaa polttamalla joko prosessikattiloissa tai erikoispolttimissa. Vanhoissa tuotantolaitoksissa laimeiden hajukaasujen keräily saattaa kuitenkin olla ongelmallista. Uudet tehtaot rakennetaan kuitenkin entistä kompaktimmiksi, jolloin pitkät putkilinjat poistuvat, säiliöhöngät vähenevät ja hajukaasujen keräily tulee helpommaksi. Kerätyt hajukaasut on siten helppo eliminoida joko polttamalla tai savukaasun pesulla tai molemmilla tavoilla [56].

Metsäteollisuuden ympäristönsuojelun tavoitteisiin 1990-luvulla on asetettu sellutehtaiden hajupäästöjen vähentäminen siten, ettei haju ole havaittavissa tehdasalueen ulkopuolella. Tähän on olemassa tekniikkaa, ratkaisevia ovat lähinnä päätöksentekijöiden asenteet ja halu investoida kyseiseen asiaan. Metsäteollisuuden ilmansuojelussa on tehostettu erityisesti hajukaasujen käsittelyä ja esim. vuonna 1993 kuudella sellutehtaalla tehtiin siihen liittyviä investointeja. Investointikohteina olivat savukaasupesureiden asettaminen soodakattiloihin sekä hajukaasujen poltto- ja varapolttajärjestelmät. Tämän seurauksena 1993 pelkistyneiden rikkinyhdisteiden kokonaispäästöt ilmaan vähenivät 20 % vuoteen 1992 verrattuna [57, 58].

Rikkitoimikunta II vähentämisstrategian tavoitteena on vähentää Suomen rikkipäästöjä 80 % vuoteen 2000 mennessä. Sen mukaan selluteollisuuden kaasumaisia rikkiemissioita on vähennettävä arvoon 2,0 kg rikkidioksidia sellutonnin kohti vuodessa. Lisäksi sulfaattisellutehtaiden kaikki merkitykselliset hajukaasut on käsiteltävä. Kun tällä hetkellä raja-arvo vanhoilla tuotantolaitoksilla on 6,0 kg/t ja uusilla 4,0 kg/t, tavoitteen saavuttaminen voi eräillä paikkakunnilla johtaa hajutilanteen paranemiseen, joskaan se ei takaa, että viihtyisyysongelma kokonaan poistuisi. Uusilla ja uudistetuilla sellun tuotantolaitoksilla mainittu raja-arvo on yleensä jo saavutettu [59, 60].

Selluteollisuudessa ilmansuojeluinvestoinnit suoritetaan suurena investointina, johon usein liittyy mittavia prosessimuutoksia. Osittain tästä syystä eräiden toiminnanharjoittajien mielestä vähentämisstrategian aikaraja on liian tiukka, ja he pitävät vuotta 2010 mahdollisempana toteuttamisvuotena.

Seuraava taulukko osoittaa, miten hajurikkipäästöjen vähentäminen vaikuttaa sellutehtaan ympäristön hajuimmissiotasoon. Tiedot perustuvat edellä esitettyyn kyselytutkimukseen ja Metsäteollisuuden ympäristönsuojelun vuosikirjassa 1994 esitettyihin päästötietoihin [58].

Taulukko 9. Eräiden sellutehtaiden hajurikkipäästöt ja laitosten ympäristön asukkaiden kokema hajuhaitta.

Tehdas	TRS-päästö t (S)/a	Keskim. hajun esiintymis- tiheys tehtaan ympäristössä (0 - 2 km).	Osuus asukkaista, joka koki hajun häiritseväksi
1	206	11% kokonaisajasta	70 %
2	72	5 % kokonaisajasta	41 %
3	66	< 2 % kokonaisajasta	37 %

Ilmanlaadun ohjearvotyöryhmä esitti 1993 mietinnössään hajurikkiyhdisteille vuorokausiohjearvoksi $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 (vastaa $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rikkivetyä) [61]. Ohjearvo, joka on esitetty terveysperustein, ei sinänsä juuri vaikuta viihtyisyyttä parantavasti. Hajun hetkellisen luonteen takia vuorokausikeskiarvolla on hajuhaitan kannalta pieni merkitys. Siksi ohjearvo tulisi esittää lyhytaikaikeskiarvona. Lisäksi on esitetty, että kun uudella tekniikalla varustetussa sellutehtaassa päästöt ovat jo tänä päivänä sellaiset, että $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 mahdollistaisi jopa TRS-päästöjen lisäämisen, ehdotetun ohjearvon ei voida odottaa parantavan hajutilannetta olennaisesti [62].

Rikkitoimikunnan vähentämisstrategian mukaisen hajurikkiyhdisteiden vähentämisen kustannukset vaihtelevat vaadittavien investointien mittavuudesta riippuen välillä 3 000 - 14 000 mk/vähennetty SO_2 -tonni, eräiden tuottajien mukaan kustannukset voivat olla jopa esitettyä korkeampia. Kaikkia kustannuksia ei kuitenkaan voida laskea ympäristösuojelukustannuksiksi, sillä useimmiten ilmansuojelutoimet tuovat mukanaan sekä ympäristö- että prosessihyötyjä [63].

Sellutehtaiden poistokaasujärjestelmien valmistajan mukaan uudessa sellutehtaassa, jonka investointikustannukset ovat noin 1 - 1,5 miljardia markkaa, täydellisen hajuntorjuntajärjestelmän osuus on alle prosentin, eli noin 30 - 50 milj. markkaa. Vanhassa laitoksessa toteutettu kohtuullisen täydellinen hajukaasujen keräily ja poltto esim. meesauunissa aiheuttaisi taas enimmillään 15 - 20 milj. mk investoinnin [64].

9.4.2 Jätteiden käsittely

Jätevedenpuhdistamot

Suomessa on 500 - 600 yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoa ja noin 90 teollisuuden jätevedenpuhdistamoa. Koska jätevesien määrät tai käsittelytekniikat eivät ole merkittävästi muuttuneet, puhdistamoiden aiheuttamat hajuhaitat lienevät suurelta osin samantasoisia kuin kuusi vuotta sitten. Ongelmallisia ovat lähinnä ne laitok-

set, jotka on rakennettu taajamien läheisyyteen, jolloin rikkipitoiset höngät ulottuvat lähiympäristön asutusalueille ja saattavat siellä aiheuttaa merkittävää viihtyisyshaittaa. Ongelmat voidaan yleensä vähentää prosessin sisäisillä keinoilla, sillä hyvin hoidettujen jätevedenpuhdistamoiden hajupäästöt ovat pienet, jos itse puhdistusprosessi ja ilmastointi toimivat edellyttävällä tavalla [56]. Itse puhdistusprosessin rinnalla lietteen käsittelyn hajupäästöt ovat usein ongelmallisia. Turpeen käyttö puhdistusprosessissa syntyneen raakalietteen hajupäästöjen vähentämiseksi on eräissä kunnissa osoittautunut hyväksi ratkaisuksi.

Kompostointi

Tällä hetkellä Suomessa kompostoidaan keskitetysti lähinnä jätevedenpuhdistamon lietettä, ja kompostointi on toteutettu avoimena aumakompostointina. Kun jätehuollon uudistumisen yhteydessä kotitalouksien biojätteen erilliskeräys ja kompostointi yleistyvät, tulee myös kompostoinnin merkitys hajua aiheuttavana toimintana korostumaan. Keskitetyn laitostai aumakompostoinnin hajupäästöt saattavat tällöin aiheuttaa hajuhaittaa 1 - 2 km etäisyydellä. Mahdolliset kiinteistökohtaisten pienkompostoreiden hajupäästöt, jotka saattavat olla hyvinkin kiusallisia, rajoittunevat kyseisen kiinteistön alueelle.

Kompostoinnin hajuntorjunnassa on kaksi lähestymistapaa; haittaa voidaan vähentää joko estämällä pahanhajuisten yhdisteiden muodostumista tai poistamalla jo muodostuneita hajuja. Hajupäästöjen käsittelyä voidaan soveltaa kompostointilaitoksissa, joissa hajukaasujen keräily on mahdollista toteuttaa. Lupaavimmat kaasunkäsittelymenetelmät lienevät kemiallinen kaasunpesu ja biologinen suodatus.

Hajuyhdisteiden muodostumisen estämiseksi aerobisten olosuhteiden ylläpitäminen kompostissa on tärkeää, sillä anaerobisessa hajoamisessa pahanhajuisia yhdisteitä muodostuu enemmän kuin aerobisessa hajoamisessa. Riittävän hapensaannin lisäksi myös pH on merkittävä hajujen muodostumisessa, sillä kompostin pH-arvo vaikuttaa mm. rikkivedyn ja ammoniakkin muodostumiseen.

Aumakompostoinnissa hajupäästöjä voidaan vähentää adsorboimalla aumoista haihtuvat hajuyhdisteet sopivaan materiaaliin. Aktiivihiiliadsorptio on suhteellisen kallista, mutta esimerkiksi puutuhka ja savi ovat halpoja ja tehokkaita materiaaleja hajujen poistoon. Puutuhkaa on käytetty lietteen kompostoinnissa sekä kompostiin sekoitettuna että kompostin päällä. Kompostikasojen päälle asetettu savi taas on todettu tehokkaaksi ammoniakkin adsorptiomenetelmäksi [65].

9.4.3 Maatalous

Maatalouden hajua aiheuttavista toiminnoista lannan ja lietteen peltolevitys on edelleen merkittävä. Karjatalous ja turkistarhat ovat sen sijaan supistaneet tuotantoaan 1980-luvulta lähtien ja siten näiden hajupäästöjen merkitys on myös vähentynyt. Esimerkiksi 1989 - 1994 turkistarhojen määrä väheni 3 500:sta 2 200:aan [66].

Maatalouden hajuhaittojen vähentäminen kytkeytyy läheisesti ammoniakkipäästöjen vähentämiseen, ja hajupäästöjen vähentämisessä voidaan pitkälle soveltaa maaseudun ammoniakkipäästöjen vähentämiseen tähtäviä keinoja. Maaseudun ympäristöohjelmatyöryhmä on laatinut ohjelman, jonka tavoitteena on vähentää yrityskohtaiset ammoniakkipäästöt noin puoleen vuoden 1986 tasosta vuoteen 2000 mennessä, mikäli yrityksessä ei jo ole käytössä paras taloudellisesti käyttökelpoinen ilmansuojelutekniikka [67].

Ammoniakin vähentämisen ohella maaseudun ympäristöohjelmassa on myös asetettu tavoite ”ehkäistä tuotannosta johtuvista päästöistä luonnolle ja *ympäristöviihtisyydelle* aiheutuvat haitat”. Viihtyisyyshaittojen vähentämisestä ei ole erikseen annettu ohjeita, vaan se kytkeytyy luonnollisesti muihin ympäristön tilaa parantaviin toimiin. Esimerkiksi tehostetun vesisuojelun yhteydessä tulevat ilmeisesti myös maatalouden ja turkistarhauksen päästöt ilmaan vähenemään [68, 69].

Lannan ja lietteen levityksen aiheuttamaa hajuhaittaa voidaan vähentää uusilla levitysmenetelmillä, lietteen syväsjoituksella, välittömällä multauksella tai peittämällä turpeella. Hollantilaisen arvion mukaan em. levitysmenetelmillä voidaan vähentää hajupäästöjä 70 - 90 %. Lisäksi levitys tyynellä, kostealla ja viileällä säällä vähentää haisevien yhdisteiden haihtumista [69, 70].

Päästöjä vähentävien lannan kattamis- ja levitysmenetelmien yhteenlasketut vuosittaiset kustannukset on arvioitu noin 2 000 - 4 000 markaksi menetelmästä ja tuotantoyksiköistä riippuen [70].

Karjataloudessa on mahdollista ottaa käyttöön päästöjä vähentäviä toimia, joiden kustannukset ovat eräiden toimien osalta melko vähäisiä. Tärkeää on karjasuojien siisteyden ylläpito ja riittävä ilmanvaihto. Lietelannan varastosäiliöistä tapahtuvia päästöjä voidaan vähentää kattamalla säiliö. Turkistarhojen hajupäästöjä voidaan vähentää imeyttämällä häkkien alle kertyvät ulosteet ja ruoantähteet turpeeseen. Yleisesti tulisi kuiviketurpeen käyttöä edistää maataloudessa. Taajamien lähistöllä eläinsuojien tulisi harkita poistoilman puhdistamista esim. biosuotimella, johon olisi mahdollista johtaa myös lietesäiliöiden höngät [68, 69].

Asutusalueiden suojaaminen eläinsuojien hajupäästöiltä on yleinen käytäntö Keski-Euroopassa, jossa voimaperäinen maatalous ja suuri asukastiheys on johtanut siihen, että useassa maassa on määritetty eläinsuojien vähimmäisetäisyys lähimmästä asuinrakennuksesta. Esimerkiksi Saksassa sikaloiden ja kanaloiden vähimmäisetäisyys on 200 - 450 m eläinten lukumäärästä riippuen [56].

9.4.4 Elintarviketeollisuus

Elintarviketeollisuuden tuotantolaitokset voidaan karkeasti jakaa kahteen ryhmään; suurtuotantolaitokset, joiden päästöt leviävät 1 - 2 km etäisyydelle ja pienet laitokset, joiden aiheuttama hajuhaitta on hyvin paikallinen ja rajoittuu lähinaapuristoon.

Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat laitokset ovat esim. kahvinpaahtimot, kasviöljyn valmistus, rehu- ja sokeritehtaat. Laajahkon vaikutusalueen takia suojaetäisyyden asettaminen lähimpään asutukseen saattaa olla hankalaa toteuttaa. Hajuja rajoitetaan prosessimuutoksilla tai sopivalla puhdistustekniikalla, joka valitaan laitostyyppin mukaan joko olemassa olevien suositusten [56, 71, 72], muualla saatujen kokemusten tai pilot-kokeiden perusteella.

Pienillä laitoksilla, esim. savustamoilla ja lihanjalostuslaitoksilla, poistokaasun käsittely on taloudellisista syistä usein hyvin vaikea toteuttaa. Eräillä prosessimuutoksilla, esim. savustusuunien poistoilman kierrätyksellä, voidaan aikaansaada tiettyjä parannuksia. Useimmiten hajuhaittaa rajoitetaan parhaiten asettamalla suojaetäisyys lähimpään asutukseen (liite 11).

Alan aiheuttamat hajuhaitat ovat vuodesta 1988 vähentyneet. Eräät laitokset ovat lopettaneet tai toteuttaneet toimenpiteitä hajujen vähentämiseksi. Laajempia haajuongelmia aiheuttavat kuitenkin edelleen mm. eräät rehu- ja ruokarasvatehtaat, kahvinpaahtimot ja mallastamot.

9.4.5 Liuotteita päästävät toimialat

Liuotteita päästävän teollisuuden sekä liikenteen hajuhaittojen pienentäminen kytkeytyy läheisesti haihtuvien orgaanisten aineiden (VOC) vähentämiseen. Suomen VOC-päästöjen vähentämiskeinoista ja -kustannuksista tehtiin vuonna 1992 kattava selvitys ja siinä esitetyt keinot ovat sovellettavissa myös hajupäästöjen vähentämiseen [55].

Useilla toimialoilla on valittavana rinnakkaisia vaihtoehtoja, joiden teknistaloudellinen soveltuvuus ratkaistaan yleensä laitospäätösten perusteella. Raaka-aineiden korvaaminen haitattomammilla, yhdisteiden haihtumista ehkäisevät tai muuten niiden kulutusta pienentävät prosessi- ja laitosmuutokset ja poistokaasujen puhdistustekniikat ovat keinoja, joilla esim. painotuoteteollisuuden, maali- ja metalliteollisuuden, muovi- ja kumiteollisuuden sekä kemianteollisuuden aiheuttamaa hajuhaittaa voidaan vähentää, ja osittain on jo vähennetty. Päästöjen syntymistä ehkäisevät ratkaisut ovat yleensä osoittautuneet puhdistustekniikkaa edullisemmiksi.

Liikenteen aiheuttama hajuhaitta tulee ilman erityisiä toimia vähentymään uuden, vähäpäästöisen autokannan käyttöönoton myötä. Vähennykset aiheuttaa päätös tiukemmista päästörajoista, ja myös bensiinin jakelupäästöjä on rajoitettu [55].

10 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Harva ympäristöhaitta koetaan yhtä selvästi kuin haju. Hajut eivät kuitenkaan yleensä aiheuta välitöntä terveydellistä vaaraa, vaan niiden merkitys on ennen kaikkea viihtyisyyden väheneminen.

Hajupäästön, siitä aiheutuvan hajuhaitan ja mahdollisen terveyshaitan välisestä korrelaatiosta on tehty useampia psykososiaalisia ja epidemiologisia tutkimuksia. Selvää on, että epämiellyttävän hajun esiintyminen aiheuttaa alueen viihtyisyyden alenemista, mutta siitä, missä määrin hajupäästön suuruus suoraan korreloi asukkaiden kokeman haitta-asteen kanssa on esitetty eriäviä tuloksia eikä yleispätevää syy-seurausyhteyttä ole voitu osoittaa.

Hajun määrittämismenetelmät

Hajuongelman määrittämisessä on kaksi lähestymistapaa; määrittämisen tavoitteena on aistitun ilmanlaadun, so. hajun esiintymisen määrittäminen tai tarkoituksena on selvittää väestön kokeman viihtyisyyshaitan vakavuus. Kummassakin tapauksessa hajun määrittämisen tulee tapahtua ihmisen hajuaistin avulla. Instrumentti-analyttisiä määrittämis menetelmiä voidaan käyttää vain silloin, kun hajuongelman aiheuttavat tunnetut yhdisteet, joiden pitoisuutta ulkoilmassa voidaan mitata ja seurata tarpeeksi tarkasti.

Hajun määrittämis menetelmiä ovat leviämislaskelmat, kenttähavainnointi sekä asukaspaneelitutkimus ja kertakysely. Hajuyhdisteiden leviämislaskelmat ja kenttähavainnointi antavat tietoa aistitusta ilmanlaadusta, kun taas asukaspaneelitutkimuksen ja kertakyselyn avulla voidaan myös määrittää asukkaiden kokeman viihtyisyys haitan vakavuus.

Leviämislaskelmilla saadaan suhteellisen edullisesti ja nopeasti määritettyä hajun esiintymistiheys (% kokonaisajasta) laitoksen ympäristössä. Laskelmien tulos on kuitenkin vain altistumistason arvio, jonka täsmällisyys riippuu käytettävän mallin hyvyydestä ja lähtöarvojen oikeellisuudesta. Tulokset voidaan verifioida kenttähavainnoinnilla tai asukaspaneelitutkimuksilla. Lähtötietona käytetään päästön hajupitoisuutta, joka määritetään laboratoriossa olfaktometrillä koehenkilöiden muodostaman hajupaneelin avulla. Hajupitoisuuden mittana käytetään hajuyksikköä kuutiometrissä (h.y./m³), joka suoraan kertoo, montako kertaa haiseva ilma on laimennettava, jotta se tulisi hajuttomaksi.

Leviämislaskelmien avulla on mahdollista suoraan ennustaa tulevia tilanteita, esim. päästöjen puhdistustoimenpiteiden tai prosessimuutosten vaikutusta hajun esiintymiseen. Leviämislaskelmat eivät kuitenkaan anna tietoa väestön kokemasta viihtyisyys haitasta.

Hajun leviämislaskelmien edellytyksenä on, että määritettävän hajulähteen päästöt voidaan mitata riittävän tarkasti. Päästömittaukset eivät yleensä ole ongelmallisia laitoksilla, joiden päästöjen hajupitoisuus on suuri ja päästökohtia on vain muutama. Päästöjen tarkka määrittäminen on kuitenkin äärimmäisen vaikeaa, jos laitoksessa on paljon hajapäästöjä tai hajulähde on laaja (esim. kompostointikentät).

Kenttähavainnointi antaa tietoa hajun esiintymistiheydestä, hajupäästön leviämisestä, hajun laadusta ja hajun voimakkuudesta. Suora määritysmenetelmä on tarkka, mutta menetelmän vaatima työpanos on suhteellisen suuri, sillä luotettavien tulosten aikaansaamiseksi tarvitaan suuri määrä havaintoja.

Asukaspaneelitutkimuksilla ja kertakyselyllä voidaan määrittää sekä aistittu ilmanlaatu että hajun aiheuttama viihtyisyyshaitta. Molempien menetelmien periaate on sama, erona on tutkimuksen vaatima aika ja tulosten tarkkuus. Kertakyselyn työpanos on pienempi, mutta tulosten luotettavuus saattaa olla huonompi. Asukaspaneelitutkimuksessa ongelmana on paneelin pystyttäminen ja ylläpito on työlästä. Tutkimuksen jatkuessa kauan osanottajien motivaatio jatkuvaan kirjanpitoon saattaa laskea, jolloin tulosten luotettavuus kärsii.

Asukaskyselymenetelmät soveltuvat käytettäväksi, kun halutaan selvittää esim. ympäristön asukkailta tulleiden valitusten aiheellisuus tai hajupäästöjen rajoittamisen teho tai tarpeellisuus. Menetelmiä voidaan myös käyttää viranomaisen apuvälineenä ratkaisemaan laitoksen lupakäsittelyyn tai kaavoituksen tarpeisiin liittyviä kysymyksiä. Hajun esiintymistiheyden määrittämisessä asukaskyselymenetelmät ovat hyvä vaihtoehto hajuyhdisteiden leviämislaskelmille, varsinkin silloin, kun hajulähteen päästöjä ei pystytä mittaamaan.

Hajua päästävän laitoksen ympäristössä suoritettu laaja esimerkkitutkimus osoitti, että eri määritysmenetelmillä saadaan melko vertailukelpoisia tuloksia. Tulosten käsittely ja keskinäinen vertailu helpottuu, kun aistinvaraiset arviot esitetään numeerisesti joko järjestysasteikon mukaan tai indeksinä. Hajun esiintymisen tai asukkaiden altistumistason määritysmenetelmiä on kuitenkin vaikeaa asettaa paremmuusjärjestykseen, sillä ei ole mitään tiettyä joka tilanteeseen soveltuvaa menetelmää. Käytettävä menetelmä määräytyy määritettävän kohteen luonteen, tutkimuksen tavoitteen, halutun hajuongelman määritystarkkuuden ja ongelmasta tarvittavan tiedon mukaan. Valintaan vaikuttaa ennen kaikkea päästöjen mitattavuus, tutkimuksen kohteena olevan ympäristön asutusaste sekä se, onko hajua päästävä laitos jo olemassa vai vasta suunnitteilla.

Hajuhaitan vakavuuteen vaikuttavat hajun esiintymistiheyden lisäksi hajun voimakkuus ja miellyttävyysaste. Täten hajuhaitan ja hajukuorman määrittämisen lisäksi on myös kehitetty menetelmiä haisevan poistokaasun miellyttävyyden ja voimakkuuden määrittämiseksi.

Aistittu hajun voimakkuus (intensiteetti) määräytyy kaasun hajukynnyksen, kaasunäytteen pitoisuuden sekä kaasussa esiintyvän hajuyhdisteen mukaan. Hajun

intensiteetin määrittämiseen on kehitetty menetelmiä, jotka seuraavat pääasiassa kaksi periaatetta; hajun voimakkuus arvioidaan nominaali- tai järjestysasteikolla, jolloin aistittu haju luokitellaan ennalta määritettyjen ryhmien tai lukuarvojen mukaan. Toisessa lähestymistavassa hajunäytteen voimakkuutta verrataan vertailuaineen hajun voimakkuuteen.

Hajun miellyttävyyssaste määritetään kuten hajun voimakkuus, joko vertailemalla näytteen miellyttävyyssastetta yhteen tai useampaan sopivaan referenssiaineeseen tai arvioimalla hajun miellyttävyys ennalta määrätyn järjestysasteikon mukaisesti.

Laitosperäisten hajupäästöjen miellyttävyyssasteen ja voimakkuuden määrittäminen menetelmiä käytetään ainoastaan rajallisesti, ja yleisin tapa karakterisoida hajupäästö on hajupitoisuuden mittaaminen olfaktometrisesti tai instrumenttianalyttisenä määrittämisellä. Yksinään hajun voimakkuus ja miellyttävyys eivät tuo riittävästi tietoa hajuongelmasta, vaan ne tulee kytkeä muihin hajun esiintymistä kuvaaviin parametreihin, kuten hajun esiintymistiheyteen. Määrittäminen tuloksia tulee mieluummin käyttää hajupäästöjen vaikutusten keskinäiseen vertailuun kuin absoluuttisesti kuvaamaan yhtä hajua.

Hajuohjeiden perusteet

Useimmissa maissa on ainoastaan yleisiä ohjeita viihtyisyyshaitan ehkäisemiseksi, johon perustuen viranomaiset arvioivat hajuhaittaa aiheuttavat laitokset tapaus kerrallaan. Ohjeita tai suosituksia hajun esiintymiselle tai hajupäästölle on esitetty ainoastaan Hollannissa, Saksassa ja Tanskassa. Hollannissa ja Saksassa ohjeet perustuvat ko. maassa tehtyihin tutkimuksiin, joissa on selvitetty hajun esiintymisen ja hajuhaitan välinen korrelaatio eri hajulähteen ympäristössä.

Suomessa ulkoilmassa esiintyvään hajuun voidaan puuttua lainsäädännön perusteella, jos voidaan todeta, että haju koetaan selvästi häiritseväksi. Lainsäädännön mukaan hajuohjeiden tavoite on tällöin ensisijaisesti viihtyisyyden kohdistuvien haittojen vähentäminen tai ehkäiseminen. Hajupäästön aiheuttama viihtyisyyshaitta ei kuitenkaan ole yksiselitteinen ilmiö, vaan se muodostuu monimutkaisesta syy-seurausyhteydestä, jonka perustekijät ovat hajupäästön laatu ja suuruus, hajun havaitseminen ja tunnistaminen ympäristössä, altistuneen väestön ja hajulähteen välinen etäisyys sekä se, kokeeko väestö hajuaistimuksen haittana (altistusvaikutusyhteys).

Edellä mainitut hajuhaitan muodostumiseen vaikuttavat tekijät voivat kaikki periaatteessa toimia hajun ohjeiden perusteina. Valitun parametrin yhteys ohjeiden tavoitteeseen tulee kuitenkin olla osoitettavissa ja suure tulee olla tarkkailtavissa ja seurattavissa. Ohjeissa pitää myös selkeästi tulla esille mihin toimenpiteisiin ohjeiden ylittäminen johtaa, eli millä tavoin saavutetaan viihtyisyyshaitan hyväksyttävä taso. Lisäksi ohjeiden tulee perustua suureeseen, jonka avulla hyvin erilaisiakin hajuongelmia voidaan kuvata, suoraan tai epäsuorasti selkeiden kytkeiden kautta.

Mikään yksittäinen tekijä (hajuimmissio, viihtyisyyshaitta tai hajulähteen ja asukkaiden välinen etäisyys) ei täytä kaikkia em. kriteerejä. Ratkaisu on tällöin hajuohjeisto, joka sisältää vaihtoehtoisia eri parametreihin perustuvia ohjearvoja. Sopivin suure valitaan hajutapauksen mukaan, jolloin valintaan vaikuttavat ensinnäkin millä menetelmillä hajuongelmaa pystytään kvantifioimaan ja lisäksi mitkä määrittämenetelmät ovat saatavilla.

Hajuohjearvon tulisi ensisijaisesti perustua hajulähteen aiheuttamaan hajuimmissioon. Tällöin ohjearvo kohdistuu suoraan haitan aiheuttajaan, ja hajun esiintymisen ja päästöjen vähentämistarpeen välinen yhteys on selkeä. Ohjearvon kytkentä ohjeen tavoitteeseen, eli merkittävän viihtyisyyshaitan vähentämiseen tulee kuitenkin olla osoitettavissa. Näin hajukuorman, i. hajuimmission ohjearvon asettamisen edellytyksenä on kokonaisvaltainen kuva hajun esiintymistiheyden ja haittavaikutuksen välisestä suhteesta.

Hajukuorman ja hajuimmission välinen yhteys

Kokonaisvaltaista kuvaa hajuimmission ja hajuhaitan välisestä yhteydestä Suomessa haettiin selvittämällä 16 hajua päästävän laitoksen ympäristössä päästöjen aiheuttaman hajun esiintymistiheyden ja haittavaikutuksen välinen suhde. Korrelaatiotutkimuksen yhteydessä arvioitiin myös miten voidaan eri tavoilla kvantifioida hajupäästön aiheuttama, kohdealueen asukkaiden avulla määritettävä viihtyisyyshaitta ja vertailtiin eri toimintojen hajupäästöjen haittapotentiaali.

Hajuhaittaa kuvattiin asukkaan ilmoittaman hajun haitta-asteena sekä prosenttiosuutena henkilöistä, jotka kokivat ympäristössään häiritsevää hajua. Sen jälkeen muuttujien yhteys hajun esiintymistiheyteen määritettiin lineaarisena regressiona. Näin saatiin erilaisia riippuvuussuhdetta kuvaavia malleja, jotka sisälsivät toisistaan hieman poikkeavaa informaatiota hajun kokemisesta ja täydensivät toisiaan melko hyvin.

Tutkimuksen mukaan hajun aiheuttamaa viihtyisyyshaittaa voidaan pitää merkittävänä silloin kun 25 - 50 % asukkaista kokee hajun selvästi häiritseväksi. Vastaava hajuimmission taso on tällöin 3 - 9 %. Tätä voidaan käyttää ohjearvona hajuhaitalle. Alaraja (3 %) koskee tällöin hyvin epämiellyttäviä korkean haittapotentiaalinsa omaavia hajupäästöjä ja yläraja vastaavasti hajuja, joiden miellyttävyysaste on vaihtelevampi. Tutkimus osoitti, että pelkistyneitä rikkiyhdisteitä sisältävien päästöjen ja metallituotannon liuotepäästöjen haittapotentiaali ovat suurimmat. Elintarviketeollisuuden hajujen miellyttävyysasteet taas vaihtelevat lähinnä tuotannosta riippuen.

Jos hajuhaitta arvioidaan hajun esiintymistiheyden perusteella, tulee aina kuitenkin käyttää tapauskohtaista harkintaa ja ottaa huomioon hajun laadun ym. vaikutus väestön reaktioihin. Jos epäillään, että haju laadultaan on sellainen, että sen annosvaste-suhde poikkeaa paljon edellä esitetystä, voidaan hajun leviämisaalueella

suoritettavalla väestökyselyllä tai asukaspaneelitutkimuksella saada tietoa ko. laitoksen ympäristön todellisesta hajuhaittatasosta.

Hajua päästävät toiminnot Suomessa

Tutkimuksessa selvitettiin myös merkittävimmät hajua aiheuttavien toimintojen vaikutusalueet ja arvioitiin niistä aiheutuvan haitan suuruutta Suomessa. Selvitys, joka tehtiin vuonna 1994 paikallisille ympäristöviranomaisille osoitettuna kyselynä, osoitti, että suurimmat hajuhaitat aiheuttavat puunjalostusteollisuus, jätteiden käsittely ja elintarviketeollisuus.

Tutkimus osoitti, että kuuden viime vuoden aikana hajua aiheuttavan teollisuuden hajupäästöt ovat selvästi vähentyneet. Verrattuna vuonna 1988 tehtyyn selvitykseen useat silloin selvästi ongelmalliset laitokset ovat vähentäneet hajupäästöjä joko prosessimuutoksilla tai asentaneet kaasunpuhdistuslaitteistoja. Toteutetuilla keinoilla hajun esiintymistä on harvoin pystytty kokonaan eliminoimaan, mutta siitä aiheutuva viihtyisyyshaitta on merkittävästi vähentynyt.

Kyselytutkimuksen perusteella Suomessa noin 50 - 60 laitosta aiheuttaa tuntuvaa hajuhaittaa muuallakin kuin laitoksen välittömässä lähiympäristössä. Näistä laitoksista osa on paraikaa selvittämässä mahdollisuuksia vähentää hajupäästöjään, osa on jo tehnyt päätöksen hajuntorjuntatoimista ja toteuttaa ne lähiaikoina. Prosessin sisäiset toimenpiteet ovat usein osoittautuneet puhdistusteknisiä keinoja tehokkaimmiksi.

Useimmille toimialoille voidaan antaa ainoastaan hyvin yleisiä ohjeita hajun vähentämiseksi, sillä melkein jokainen hajuongelma vaatii räätälöidyn ratkaisun. Useimmissa tapauksissa on taloudellisesti mahdotonta estää hajuhaitan esiintyminen täydellisesti. Tällöin lähtökohtana on pyrkiä sellaiseen ilmanlaatuun, joka tyydyttää suurinta osaa kansalaisista suurimman osan ajasta. Hajuntorjunnassa viranomaisten tulisi painottaa parhaan käyttökelpoisen tekniikan käyttöönottamista. Useimmiten riittävän tehokasta tekniikkaa on olemassa, kyse on lähinnä toiminnanharjoittajan asenteista ja taloudellisesta tilasta.

KIRJALLISUUSLUETTELO

1. Fast, T., Landmann, G., Harssema, H. & v. Wijnen, J. Stankhinder in Amsterdam - Noord als gevolg van bedrijfsactiviteiten in het Westelijk Havengebied. Amsterdam: GG & GD, 1990. 130 s.
2. Köster, E., Punter, P., Maiwald, K., Blaauwbroek, J. & Schaefer, J. Direct Scaling of odour annoyance by population panels. VDI-Berichte 561. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, 1986. s. 299 - 321.
3. Paduch, M. Gerüche in der Außenluft bewerten - aber wie? Staub - Reinhalt. Luft, 1989. Vol. 49, s. 151 - 157.
4. Cavalini, P., Koeter-Kemmerling, L. & Pulles, M. Coping with odour annoyance and odour concentrations: three field studies. J. Environ. Psychol., 1991. Vol. 11, s. 123 - 142.
5. Steinheider, B. & Winneke, G. Materialienband zur Geruchsimmissionsrichtlinie in NRW - psychophysiologische und epidemiologische Grundlagen der Wahrnehmung und Bewertung von Geruchsimmissionen. Intern Berichte im Auftrage des Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf: Medizinisches Institut für Umwelthygiene an der Heinrich-Heine-Universität, 1992. 41 s.
6. Hangartner, M. Bewertung von Geruchsbelästigungen. Staub - Reinhalt. Luft, 1988. Vol. 48, nro 2, s. 81 - 85.
7. Comité Européen de Normalisation. Document 064/e. Odour concentration measurement by dynamic olfactometry. CEN TC24/WG2 'Odours'. 03.09.1995. 64 s.
8. Högström, U. A Method for Predicting Odour Frequencies from a Point Source. Atmos. Environ., 1972. Vol. 2, s. 103 - 121.
9. Rantakrans, E. & Savunen, T. Hajuyhdisteiden leviämismallin kehittäminen. Loppuraportti. Ilmatieteen laitos. Ilmanlaatuosasto. Helsinki: Ilmatieteen laitos, 1995. 70 s.
10. De Bree, F. & Harssema, H. Field evaluation of a fluctuating plume model for odours with sniffing teams. Teoksessa: Grefen, K. & Löbel, J. (eds.) Environmental Meteorology. Würzburg: 1988. S. 473 - 486.
11. Harssema, H. Characterization of exposure in odour annoyance situations. Teoksessa: Koelega, H. (ed.) Environmental annoyance: Characterization,

measurement and control. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1987. S. 95 - 105.

12. Amoire, J. & Hautala, E. Odor as an aid to chemical safety: odor thresholds compared with Threshold Limit Values and volatilities for 214 industrial chemicals in air and water dilution. J. Appl. Toxicol., 1983. Vol. 3, nro 6, s. 272 - 290.
13. VDI 3883, Blatt 2. Ermittlung von Belästigungsparametern durch Befragung gen. Wiederholte Kurzbefragung von ortsansässigen Probanden. Berlin: Beuth Verlag, 1993. 30 s.
14. Törrönen, M. Hajuyhdisteitä päästävien laitosten haitta-alueet Helsingissä. Helsinki: Helsingin kaupungin hankintakeskus, 1992. 36 s. (Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisu 3/1992).
15. VDI 3940, Bestimmung der Geruchstoffimmissionen durch Begehungen. Berlin: Beuth Verlag, 1993. 31 s.
16. UNSCRAMBLER II, Version 3.0, Copyright 1991 by CAMO A/S, Trondheim, Norway.
17. Martens, H. & Näs, T. Multivariate Calibration. New York: John Wiley & Sons, 1991. 419 s.
18. Leonardos, G., Kendall, D. & Barnard, N. Odor Threshold Determinations of 53 Odorant Chemicals. JAPCA, 1969. Vol. 19, nro 2, s. 91 - 95.
19. Verschuren, K. Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. New York: Van Norstrand Reinhold Company, 1983. 1310 s.
20. Devos, M., Patte, F., Rouault, J., Laffort, P. & Gemert, H. Standardized human olfactory thresholds. Great Britain: Oxford University Press, 1990. s. 90.
21. VDI 3883/1 Wirkung und Bewertung von Gerüchen - Belästigungsmessung durch Befragungen - Fragebogentechnik. Vorentwurf. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, März 1992. 53 s.
22. Grundlagen zur Bewertung von Geruchsproblemen. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. 1989. 88 s. (Schriftreihe Umweltschutz Nr 115).
23. VDI 3882, Blatt 1. Olfaktometrie; Bestimmung der Geruchsintensität. Berlin: Beuth Verlag, 1992. 30 s.

24. VDI 3882, Blatt 2. Olfaktometrie - Bestimmung der hedonischen Geruchswirkung. Berlin: Beuth Verlag, 1994. 30 s.
25. ASTM E544-75 Standard: Recommended Practice for Referencing Odor Suprathreshold Intensity. Philadelphia: Am. Soc. Test. Materials, 1975.
26. Köster, E., Punter, P., Janse, M., Schaefer, J. & Roos, C. Aanvaardbaarheidsgrenzen voor geur, fase 1 en fase 2. Publikatiereeks Lucht 70, Gravenhage: Ministerie van Volkhuysvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1987. 79 s.
27. Winneke, G., Both, R., Frechen, F., Hangartner, M., Medrow, W., Paduch, M., Plattig, K. & Punter, P. Charakterisierung von Geruchsbelästigung. Teil 2: Verknüpfung von ausgesuchten Geruchsparametern in Hinblick auf Belästigungsrelevanz. Staub - Reinhalt. Luft, 1995, Vol. 55, s. 113 - 118.
28. Grennfelt, P., Lindvall, T. & Smith, E. Lukt och luktmätning. Solna: Statens Naturvårdsverk, 1984. 70 s. (Rapport 1619).
29. US National Research Council. Odors from Stationary and Mobile Sources. Committee on odors from Stationary and Mobile Sources. Board of Toxicology and Environmental Health Hazards. Washington D.C: National Academy of Science. 1979. s. 89 - 100.
30. Punter, P., Verhelst, N. & Verbeek, A. Odour intensity measurement using a reference scale. Proc. Int. Symp. Characterization and Control of Odoriferous Pollutants in Process Industries. Louvain-la-Neuve. Belgium 25.-27.04.1984. Liège: Imprimerie Derouaux Editions, 1984. S. 87 - 96.
31. Walpot, J., Basisdokument Stank. Apeldoorn: TNO-IMET, 1991. 124 s. (TNO-rapport 90-439).
32. Paduch, M., Verein Deutscher Ingenieure. Düsseldorf. Suullinen tiedonanto, 1993.
33. Dravnieks, A. & O'Neill, H. Annoyance potential of air pollution odors. American Industrial Hygiene Association Journal, 1979. Vol. 40 nro 2, s. 85 - 95.
34. Adams, D., Young, F. & Luhr, R. Evaluation of an odor perception threshold test facility. Tappi, 1968. Vol. 3, nro 51, s. 62A - 67A.
35. Keddie, A. Prediction of odour nuisance. Chem. Ind., 7 May 1984. s. 323 - 326.

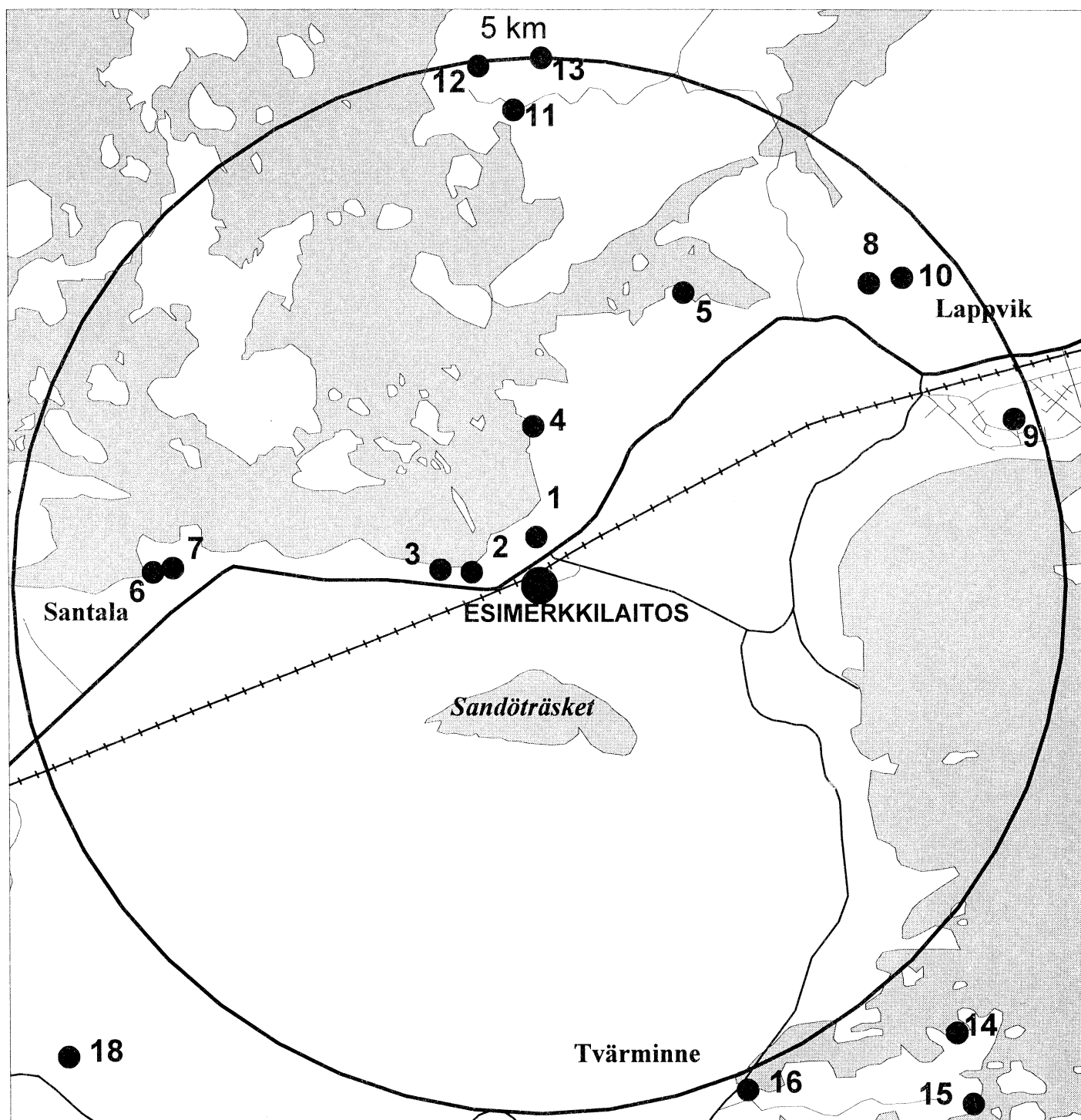
36. Winkler, K. Zur Diskussion Gestellt: Immissionsgrenzwerte zur Verhinderung von Geruchsbelastigungen. WLB, 1975. nro 19, s. 411.
37. Miljøstyrelsen. Begrænsning af lugtgener fra virksomheder. Copenhagen: Miljøstyrelsen, 1985. 27 s. (Vejledning fra Miljøstyrelsen 4/1985).
38. Procedure for the determination of odour impact models by the binary port odour panel method. Ontario Ministry of the Environment, Toronto 1988. ref. Willhite, M. & Dydek, S. Use of odor thresholds for predicting off-property odor impacts. Teoksessa: Derenzo, D. & Gnyp, A. (eds.). Recent Developments and Current Practices in Odor Regulations, Controls and Technology. Pittsburgh, PA: Air & Waste Management Association. 1991. S. 235 - 245. (A&WMA Transactions series, No. 18).
39. Willhite, M. & Dydek, S. Use of odor thresholds for predicting off-property odor impacts. Teoksessa: Derenzo, D. & Gnyp, A. (eds.). Recent Developments and Current Practices in Odor Regulations, Controls and Technology. Pittsburgh, PA: Air & Waste Management Association. 1991. S. 235 - 245. (A&WMA Transactions series, No. 18).
40. Sosiaali- & terveystieteiden tutkimuskeskus. Opas terveydenhoitolaissa (469/65) soveltamisesta meluntorjunnassa. Ampuma- & moottoriturvallisuus- ja turvallisuuskeskus. Pori: Sosiaali- & terveystieteiden tutkimuskeskus, 1992. 37 s.
41. Ham, J., Miedema, H., Don, J. & de Jong, R. Aanvaardbaarheids grenzen voor geur, fase 3. 's Gravenhage, Holland: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1987. 86 s. (Publikatiereeks Lucht 71).
42. Both, R., Otterbeck, K. & Prinz, B. Die Geruchsimmissions-Richtlinie - Kommentar und Anwendung in der Praxis. Staub - Reinhalt. Luft, 1993. Vol. 53, s. 407 - 412.
43. Environmental Program of the Netherlands 1986-1990. The Hague: Ministry of Housing, Physical Planning and Environment, Ministry of Agriculture and Fisheries. Ministry of Transport and Water Management, 1986. 169 s.
44. Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen (Geruchs-Immissions-Richtlinie). Stand 15.2.1993. Essen: Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, 1993. 23 s.
45. Boholt, K. DK-Teknik, Tanska. Suullinen tiedonanto. 1993.
46. Boholt, K., Odour abatement policies in Denmark. Teoksessa: Dragt, A. & van Ham, J. (eds.) Biotechniques for air pollution abatement and odour

- control policies. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. 1992. S. 361 - 368.
47. Hangartner, M., Both, R., Frechen, F., Medrow, W., Paduch, M., Plattig, K., Punter, P. & Winneke, G. Charakterisierung von Geruchsbelästigung. Teil 3: Nationale Regelungen: Lösungsansätze und vorhandene Wissenslücken. Staub - Reinhalt. Luft, 1995. Vol. 55, s. 155 - 157.
 48. Winneke, G., Harkort, W., Ratzki, E. & Steinheider, B. Zusammenhänge zwischen Geruchshäufigkeit und Belästigungsgrad. Teoksessa: VDI-Kommission Reinhaltung der Luft. Gerüche. Düsseldorf: VDI-Kommission Reinhaltung der Luft, 1990. S. 63 - 76. (Band 12).
 49. Winneke, G. & Kastka, J. Comparison of odour annoyance data from different industrial sources: Problems and implications. Teoksessa: Koelega, H. (ed.) Environmental annoyance: Characterization, measurement and control. Amsterdam: Elsevier, 1987. S. 129 - 141.
 50. Seffelaar, A., van der Zalm, C., Dancker, D., Dijksterhuis, G. & Punter, P. A comparison of odour annoyance survey result. Staub - Reinhalt. Luft, 1992. Vol. 52, s. 209 - 213.
 51. Nota Stankbeleid, Naar minder hinder. voorheen concept - Actieplan Stank. 's Gravenhage, Holland: Ministerie van Volkhuysvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1992. 34 s.
 52. Lehtomäki, J. Elintarviketeollisuuden hajupäästöt, niiden hallinta & määrittäminen. Diplomityö. Espoo: Teknillinen Korkeakoulu, 1989. 116 s.
 53. Laukkanen, A. & Lehtomäki, J. Millaisista hajuista ihmiset valittavat? Ympäristö & terveyst, 1989. Vol. 20, nro 6, s. 436 - 439
 54. Mroueh, U-M. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästöt vuonna 1993. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 1994. 29 s. (VTT Tiedotteita 1609).
 55. Mroueh, U-M. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) vähentämisstrategia. Helsinki: Ympäristöministeriö, 1992. 215 s. (Muistio 6).
 56. Lehtomäki, J., Törrönen, M. & Mroueh, U-M. Teollisuuden hajupäästöjen arviointi. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Julkaistaan 1996. (VTT Tiedotteita).
 57. Metsäteollisuus ry. Metsäteollisuus Ympäristö Luonto. Rauma: Kirjapaino Oy West Point, 1993. 67 s.

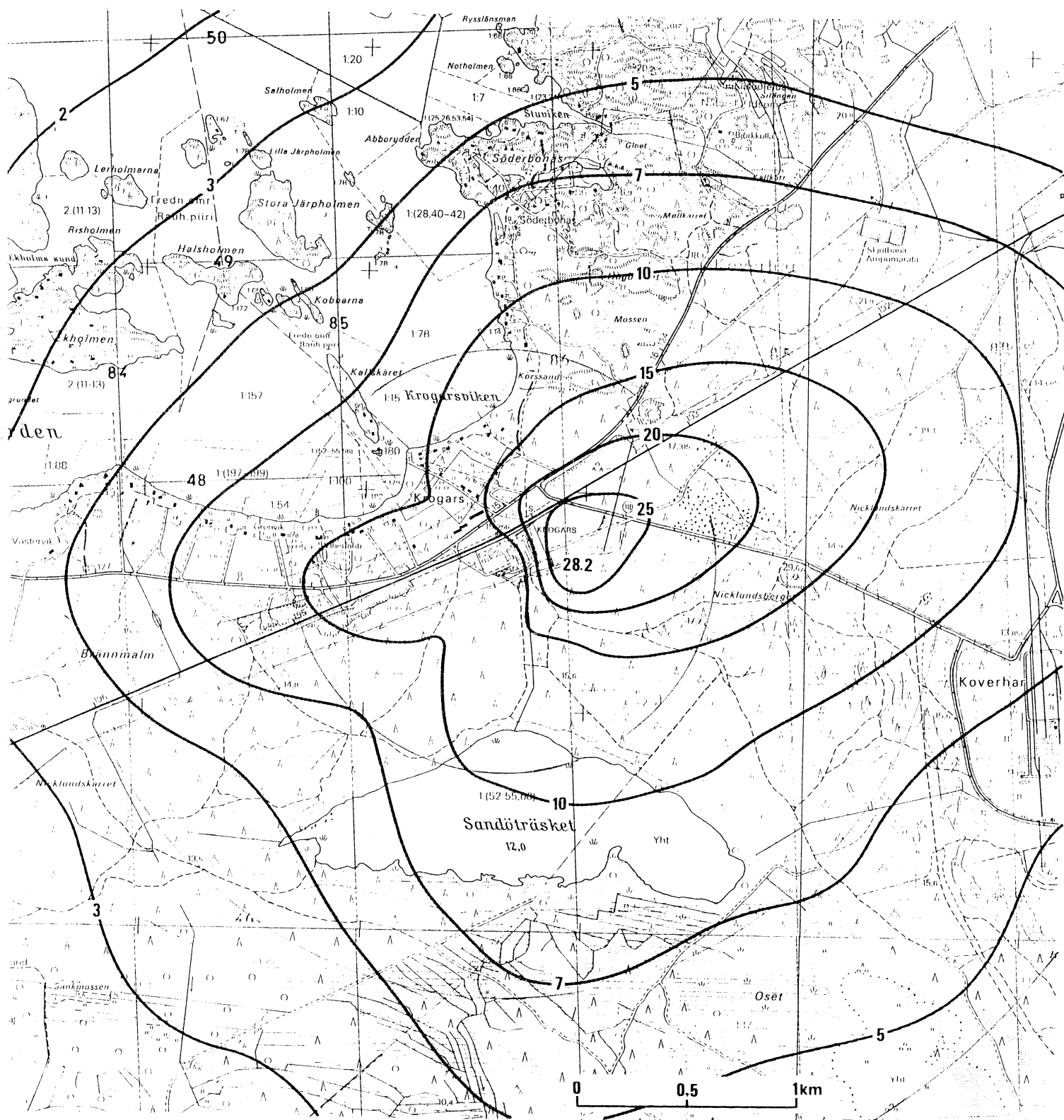
58. Metsäteollisuus ry. Ympäristönsuojelun vuosikirja 1994. Rauma: Kirjapaino Oy West Point, 1994. 134 s.
59. Ympäristöministeriö. Rikkitoimikunta II mietintö. Helsinki: Painatuskeskus Oy, 1993. S. 156 - 160. (Komiteanmietintö 1993:6).
60. Hietamäki, M. Rikkidioksiditoimikunta II:n vähentämisstrategia metsäteollisuudessa. Ilmansuojelu-uutiset, 1994. nro 4, s. 32 - 34.
61. Ympäristöministeriö. Ilmanlaadun ohjearvotyöryhmän mietintö. Helsinki: Painatuskeskus Oy, 1993. 186 s. (Työryhmän mietintö 72)
62. Karhu, M. & Vuonovirta, P. Tuoko haisevien rikkiyhdisteiden ohjearvo hajuttomamman yhdyskuntailman? Ilmansuojelu-uutiset, 1994. nro 4, s. 30 - 31.
63. Venermo, M. Rikkidioksiditoimikunta II:n mietintö ja metsäteollisuuden näkemykset. Ilmansuojelu-uutiset, 1994. nro 4, s. 34 - 37.
64. Tamminen, A. Tampella Power Inc Boiler Industry. Suullinen tiedonanto 13.01.1995.
65. Houtari, H. & Alasalmi, H. Biojätteen syntypistelajittelu, erilliskeräily ja kompostointi - ongelmana haju. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 1994. 61 s. (VTT Tiedotteita 1586).
66. Johansson, Turkistuottajien liitto. Suullinen tiedonanto 10.01.1995.
67. Ympäristöministeriö. Ehdotus maaseudun ympäristöohjelmaksi: Maaseudun ympäristöohjelmatyöryhmän muistio. Helsinki: Valtion Painatuskeskus, 1992. 49 s. (Työryhmän mietintö).
68. Grönroos, J. Maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentäminen. Helsinki: Valtion Painatuskeskus, 1993. 137 s. (Vesi- & ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A)
69. Ympäristöministeriö. Ilmaan tulevien ammoniakkipäästöjen vähentäminen. Helsinki: Valtion Painatuskeskus, 1991. 52 s. (Työryhmän mietintö 58).
70. Hannessen, H. Reduction of ammonia emission from agricultural sources, from plan to reality. Papers from the 9th World Clean Air Congress 30.08.-04.09.1992. Montréal, Canada. Pittsburgh, PA: Air & Waste Management Association, 1992.
71. VDI Handbuch Reinhaltung der Luft. Band 2 & 3: Emissionsminderung. Düsseldorf: Beuth Verlag.

72. Netherlands Emission Regulations (NeR) - Air. 1st ed. Bilthoven, Holland: NeR Staff Office, 1992.

ESIMERKKITAPAUKSEN ASUKASPANELISTEN (1 - 18) SIJAINNIT



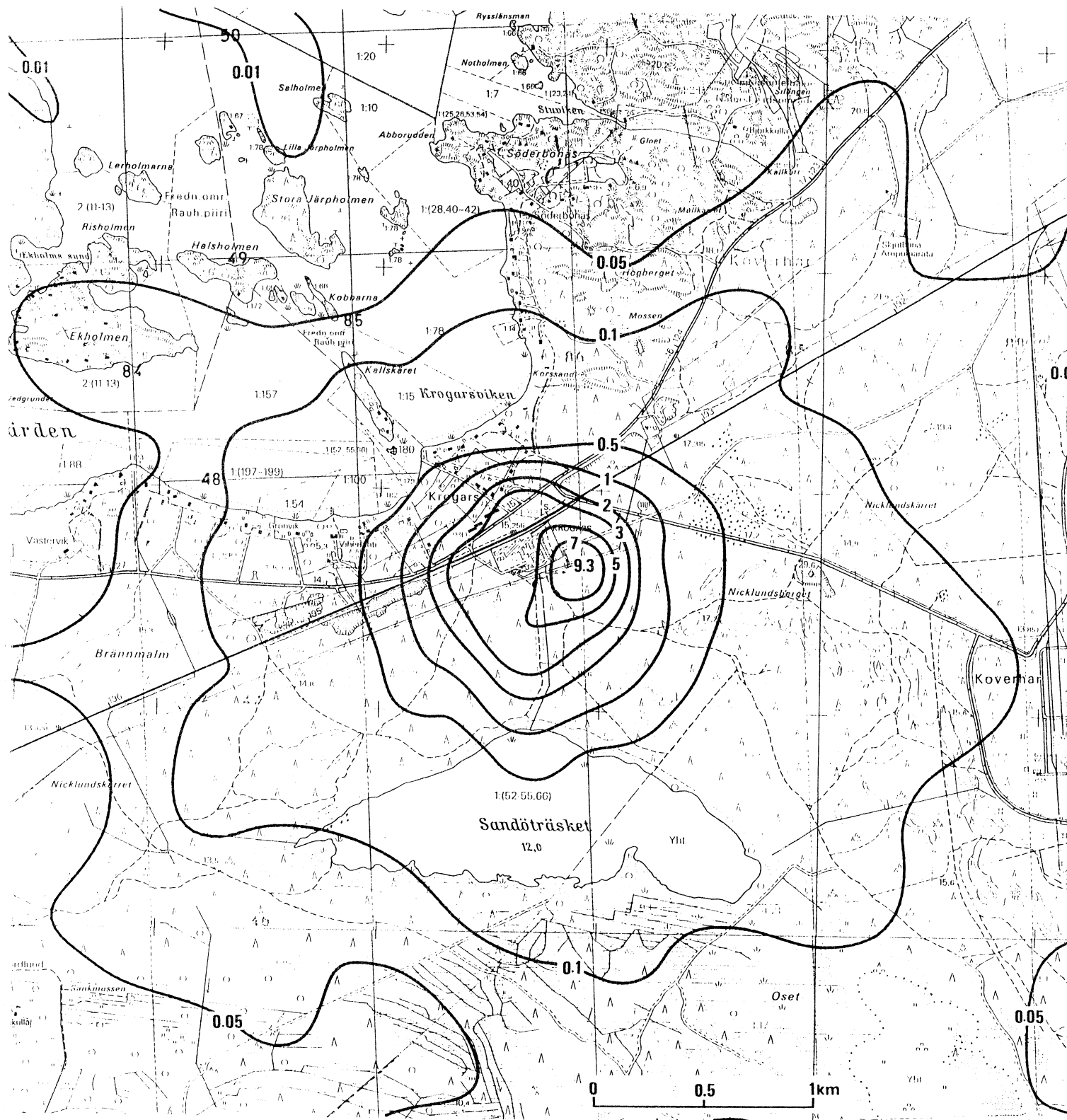
RIKKIVEDYN HAJUPITOISUUSTASON YLITYSPROSENTIT



PÄÄSTÖMITTAUKSEN TULOKSET, RIKKIVEDYN KOKONAISPÄÄSTÖ

Tilavuusvirta	Päästökohteiden rikkivetypitoisuus	Rikkivetypäästö
m ³ /h	mg/m ³	g/h
95600	0,1-60	1420

RIKKIHIILEN HAJUPITOISUUSTASON YLITYSPROSENTIT



PÄÄSTÖMITTAUKSEN TULOKSET, RIKKIHIILEN KOKONAISPÄÄSTÖ

Tilavuusvirta	Päästökohteiden riikkihiilipitoisuus	Rikkihiilipäästö
m ³ /h	mg/m ³	g/h
95600	20-300	15130

RIKKIVEDYN JA RIKKIIHILEN YHTEISHAJUPITOISUUSTASON YLITYSPROSENTIT



PÄÄSTÖMITTAUKSEN TULOKSET, HAJUN KOKONAISPÄÄSTÖ

Tilavuusvirta	Päästökohteiden hajupitoisuus	Hajupäästö
m ³ /h	h.y./m ³	10 ⁶ h.y./h
95600	30-177000	2800

YMPÄRISTÖHAITTAKYSELY
UNDERSÖKNING OM MILJÖOLÄGENHETER

- 1. Missä määrin ympäristöhaittoja (melu, haju, pöly, jne.) esiintyy kotiympäristössänne?**
Förekommer miljöolägenheter (buller, lukt, damm, etc.) i er hemmiljö?

ei ollenkaan	<i>inte alls</i>	0
erittäin vähän	<i>ytterst sällan</i>	1
vähän	<i>litet</i>	2
jossakin määrin	<i>i viss mån</i>	3
paljon	<i>mycket</i>	4
hyvin paljon	<i>väldigt mycket</i>	5
sietämättömän paljon	<i>olidligt mycket</i>	6

- 2. Koetteko häiritsevää hajua tai liikenteen melua kotiympäristössänne?**
Upplever ni besvärande lukt eller trafikbuller i er hemomgivning?

haju	ei	<i>nej</i>	0	melu	ei	<i>nej</i>	0
lukt	kyllä	<i>ja</i>	1	buller	kyllä	<i>ja</i>	1

- 3. Miten häiritsevästi pidätte elinympäristössänne esiintyvää hajua tai liikenteen melua?**
Hur besvärande är lukten eller trafikbullret i er hemomgivning?

	haju lukt	liikenteen melu trafikbuller
ei häiritse	<i>inte alls</i>	0
häiritsee hyvin vähän	<i>ytterst litet</i>	1
häiritsee vähän	<i>en aning besvärande</i>	2
häiritsee selvästi	<i>klart besvärande</i>	3
häiritsee paljon	<i>mycket besvärande</i>	4
häiritsee hyvin paljon	<i>ytterst besvärande</i>	5
sietämätön haitta	<i>olidligt besvärande</i>	6

- 4. Miten usein esiintyy hajua pihassanne tai kadulla?**
Hur ofta förekommer lukt på er gård eller på vägen?

ei koskaan	<i>aldrig</i>	0
kerran kuukaudessa tai vähemmän	<i>en gång i månaden eller mera sällan</i>	1
2-3 kertaa kuukaudessa	<i>2-3 gånger i månaden</i>	2
kerran viikossa	<i>en gång i veckan</i>	3
2-3 kertaa viikossa	<i>2-3 gånger i veckan</i>	4
melkein joka päivä	<i>nästan varje dag</i>	5

5. Miten voimakkaana koette pihassanne tai kadulla esiintyvää hajua:

Hur stark är lukten på er gård eller på vägen?

ei havaittavissa <i>inte förnimbar</i>	0
tuskin havaittavissa <i>knappt förnimbar</i>	1
lievä <i>svag</i>	2
selvä <i>klar</i>	3
voimakas <i>stark</i>	4
hyvin voimakas <i>mycket stark</i>	5
sietämättömän voimakas <i>olidligt stark</i>	6

6. Aiheuttaako elinympäristössänne esiintyvä haju seuraavanlaista haittaa?

Förorsakar lukt i er omgivning följande besvär?

	ei koskaan <i>aldrig</i>	harvoin <i>sällan</i>	joskus <i>ibland</i>	usein <i>ofta</i>	hyvin usein <i>mycket ofta</i>
Ette tule mielellänne kotiin <i>Man kommer ogärna hem</i>	0	1	2	3	4
Nukahtamisvaikeuksia <i>Svårigheter att somna</i>	0	1	2	3	4
Päänsärkyä <i>Huvudvärk</i>	0	1	2	3	4
Ärtymystä <i>Irritation</i>	0	1	2	3	4
Ruokahaluttomuutta <i>Dålig aptit</i>	0	1	2	3	4
Pahoinvointia <i>Illamående</i>	0	1	2	3	4

7. Kuvaile pihassa/kadulla esiintyvää hajua:

Beskriv hurudan lukt förekommer på gården/vägen:

Vastaajan ikä: 20-40 v
 Er ålder: 40-60 v
 60- v

Lähiosoite: _____
 Näradress: _____

Kiitos osallistumisesta!

Tack för ert samarbete!

VTT/Kemian laboratorio

VTT/Kemiska laboratoriet

YMPÄRISTÖHAITTAKYSELY

1. Missä määrin ympäristöhaittoja (melu, haju, pöly, jne.) esiintyy kotiympäristössänne?

☐	ei ollenkaan
☐	erittäin vähän
☐	vähän
☐	jossakin määrin
☐	paljon
☐	erittäin paljon

2. Koetteko häiritsevää hajua tai liikenteen melua kotiympäristössänne?

	Haju	Melu
ei	☐	☐
kyllä	☐	☐

3. Jos vastasitte edelliseen kysymykseen kyllä, miten häiritsevänä pidätte elinympäristössänne esiintyvää hajua tai liikenteen melua?

Haju	Melu	
☐	☐	ei häiritse
☐	☐	häiritsee hyvin vähän
☐	☐	häiritsee vähän
☐	☐	häiritsee selvästi
☐	☐	hyvin häiritsevä
☐	☐	erittäin häiritsevä

4. Miten usein tunnette hajua ulkona lähiympäristössänne?

☐	ei koskaan
☐	kerran kuukaudessa tai harvemmin
☐	2-3 kertaa kuukaudessa
☐	kerran viikossa
☐	2-3 kertaa viikossa
☐	melkein joka päivä

5. Miten voimakkaana koette yleensä ulkoilmassa esiintyvän hajun?

☐	tuskin havaittavissa
☐	lievä
☐	selvä
☐	voimakas
☐	hyvin voimakas

6. Kuvailkaa tuntemianne hajuja, miten häiritseväniä pidätte niitä ja miten usein hajut esiintyvät

Hajun laatu:	Häiritsevyys:	Miten usein esiintyy:	Kauanko yleensä kestää:
1. _____ (esim. palanut, mätä, leipomo, liuote, pakokaasu kumi, jne.)	☐ ei häiritse ☐ häiritsee hyvin vähän ☐ häiritsee vähän ☐ häiritsee selvästi ☐ hyvin häiritsevä ☐ äärimmäisen häiritsevä	☐ ei koskaan ☐ korkeintaan kerran kuussa ☐ 2-3 kertaa kuukaudessa ☐ kerran viikossa ☐ 2-3 kertaa viikossa ☐ melkein joka päivä	☐ muutaman minuutin ☐ korkeintaan tunnin ☐ 1-3 tuntia ☐ 3-6 tuntia ☐ koko päivän ☐ useita vuorokausia
2. _____	☐ ei häiritse ☐ häiritsee hyvin vähän ☐ häiritsee vähän ☐ häiritsee selvästi ☐ hyvin häiritsevä ☐ äärimmäisen häiritsevä	☐ ei koskaan ☐ korkeintaan kerran kuussa ☐ 2-3 kertaa kuukaudessa ☐ kerran viikossa ☐ 2-3 kertaa viikossa ☐ melkein joka päivä	☐ muutaman minuutin ☐ korkeintaan tunnin ☐ 1-3 tuntia ☐ 3-6 tuntia ☐ koko päivän ☐ useita vuorokausia
3. _____	☐ ei häiritse ☐ häiritsee hyvin vähän ☐ häiritsee vähän ☐ häiritsee selvästi ☐ hyvin häiritsevä ☐ äärimmäisen häiritsevä	☐ ei koskaan ☐ korkeintaan kerran kuussa ☐ 2-3 kertaa kuukaudessa ☐ kerran viikossa ☐ 2-3 kertaa viikossa ☐ melkein joka päivä	☐ muutaman minuutin ☐ korkeintaan tunnin ☐ 1-3 tuntia ☐ 3-6 tuntia ☐ koko päivän ☐ useita vuorokausia

7. Aiheuttaako elinympäristössänne esiintyvä haju seuraavanlaista haittaa?

	ei koskaan	harvoin	joskus	usein	hyvin usein
Ette tule mielellänne kotiin	☐	☐	☐	☐	☐
Nukahtamisvaikeuksia	☐	☐	☐	☐	☐
Päänsärkyä	☐	☐	☐	☐	☐
Ärtymystä	☐	☐	☐	☐	☐
Ruokahaluttomuutta	☐	☐	☐	☐	☐
Pahoinvointia	☐	☐	☐	☐	☐

osoite/kaupunginosa:

Huomautuksia

Kiitos osallistumisesta!

VTT/Kemian laboratorio

HÄIRITSEVÄÄ HAJUA HAVAINNEIDEN VASTAAJIEN OSUUS JA HAJUN KESKIMÄÄRÄINEN ESIINTYMISTIHEYS ERI ALUEVYÖHYKKEILLÄ.

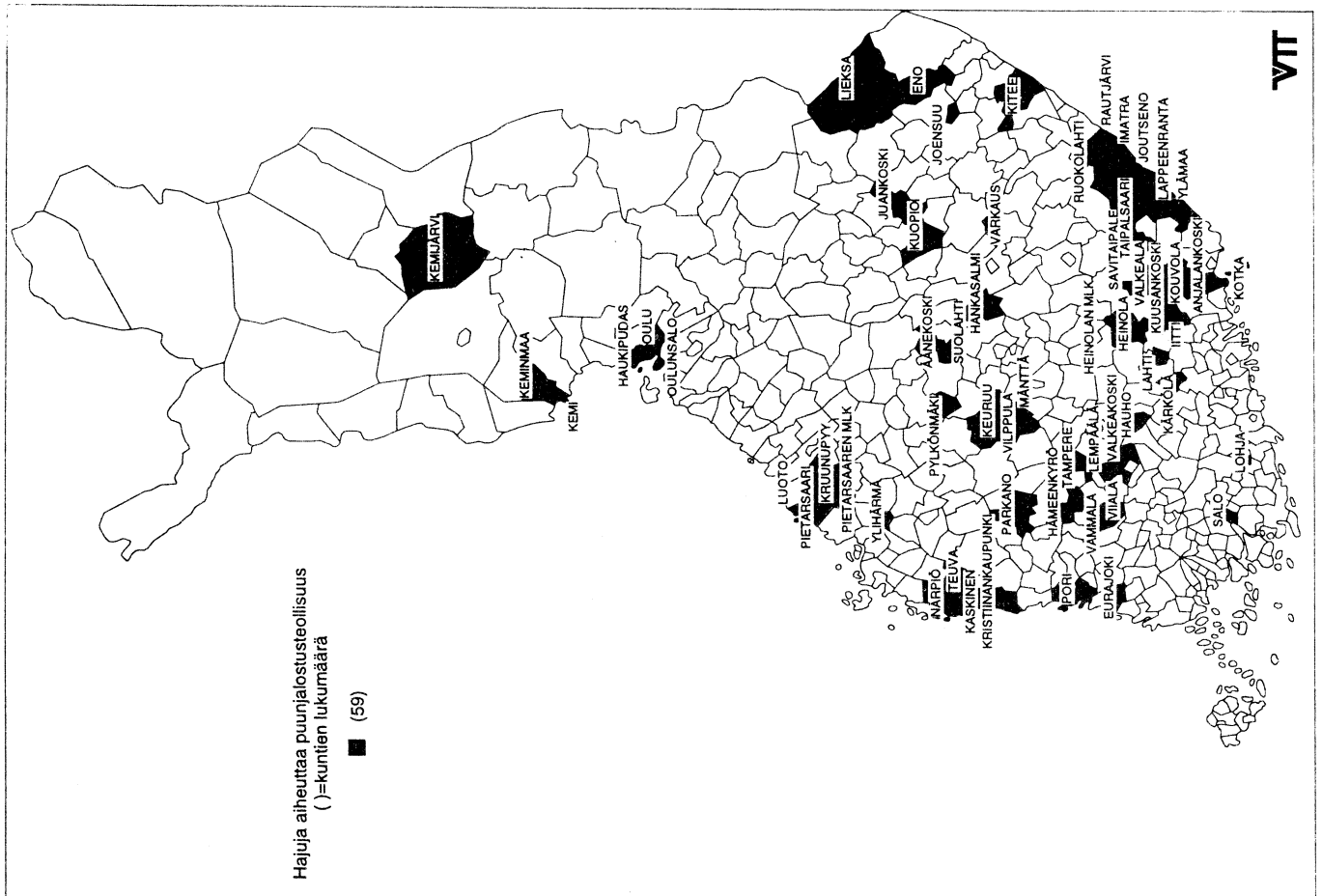
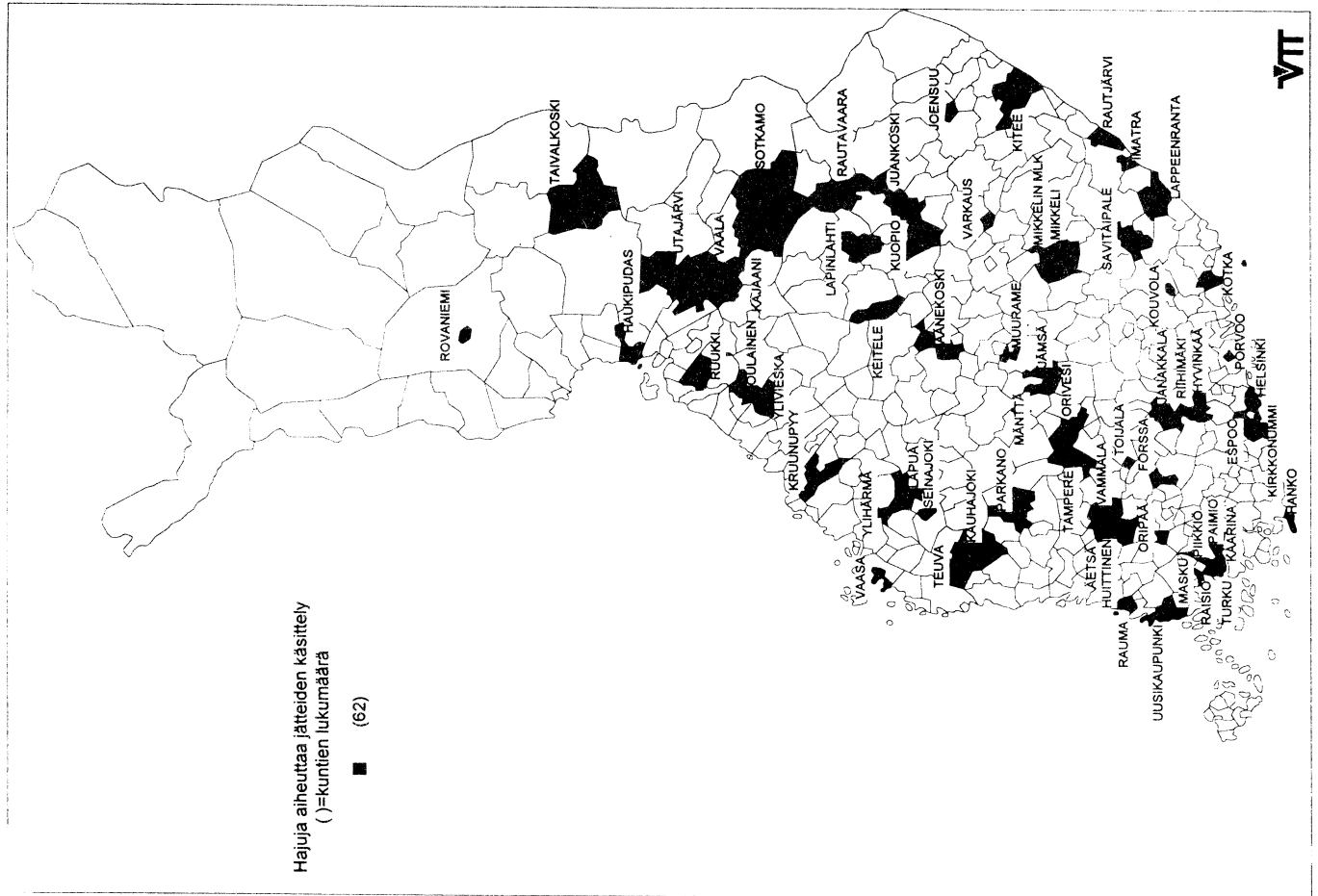
	vyöhykkeen laajuus km	hajun keskim. esiintymistiheys (%)	osuus vastaajista, joka koki hajun häiritsevänä (%)	havaintojen määrä
1. Selluteollisuus	0-9,5	4,2	35	402
laitos 1	0-1	16,7	77	26
	1-2	6	24	29
laitos 2	0-0,7	5,8	43	24
	0,7-1	7,3	55	22
	1-1,5	5,3	36	25
	1,5-2	3,9	35	34
laitos 3	0-2	1,9	38	24
	2-3	1,0	28	29
	3-4	2,3	31	32
	4-5	1,0	25	40
	5-6	2,7	27	44
	6-7	1,9	11	38
	7-9,5	0,2	10	20
2. Jätevedenpuhdistus	0-1	4,3	33	99
laitos 1	0-0,5	9,8	62	26
	0,5-1	1,3	13	43
laitos 2	0-0,8	3,8	29	30
3. Elintarviketeollisuus				
<i>rehun ja ruokarasvan valmistus</i>	0-3	4,2	22	107
	0-1	6,1	35	29
	1-2	5,3	21	33
	2-3	2,2	6,7	45
<i>mallastamo</i>	0-1,8	2,8	17	89
	0-0,5	9,3	50	22
	0,5-1	1,6	15	21
	1-1,8	0,3	2,1	46
<i>kahvinpaahtimo</i>	0-1	6,5	22	55
	-0,5	9,4	23	34
	0,5-1	3,0	24	21
4. Kemian teollisuus				
<i>ligniinituotteiden valmistus</i>	0-3	3,8	23	220
	0,8-1,5	4,5	33	54
	1,5-2,2	5,4	29	101
	2,2-3	0,9	8,4	65
<i>kumin valmistus</i>	0-3	2,7	14	100
	0-1	6,4	40	20
	1-2	2,1	9	55
	2-2,6	1,3	4	25
5. Öljynjalostamo				
laitos 1	0-6	1,75	25	234
	2,5-4	0,9	7	54
	4-5	1,8	21	19
	5-6	1,4	2,4	41
laitos 2	0-4	3,5	39	23
	4-6	0,9	17	29
	6-8	4,3	42	20
	8-10	1,4	36	27
	10-12	3,0	33	21

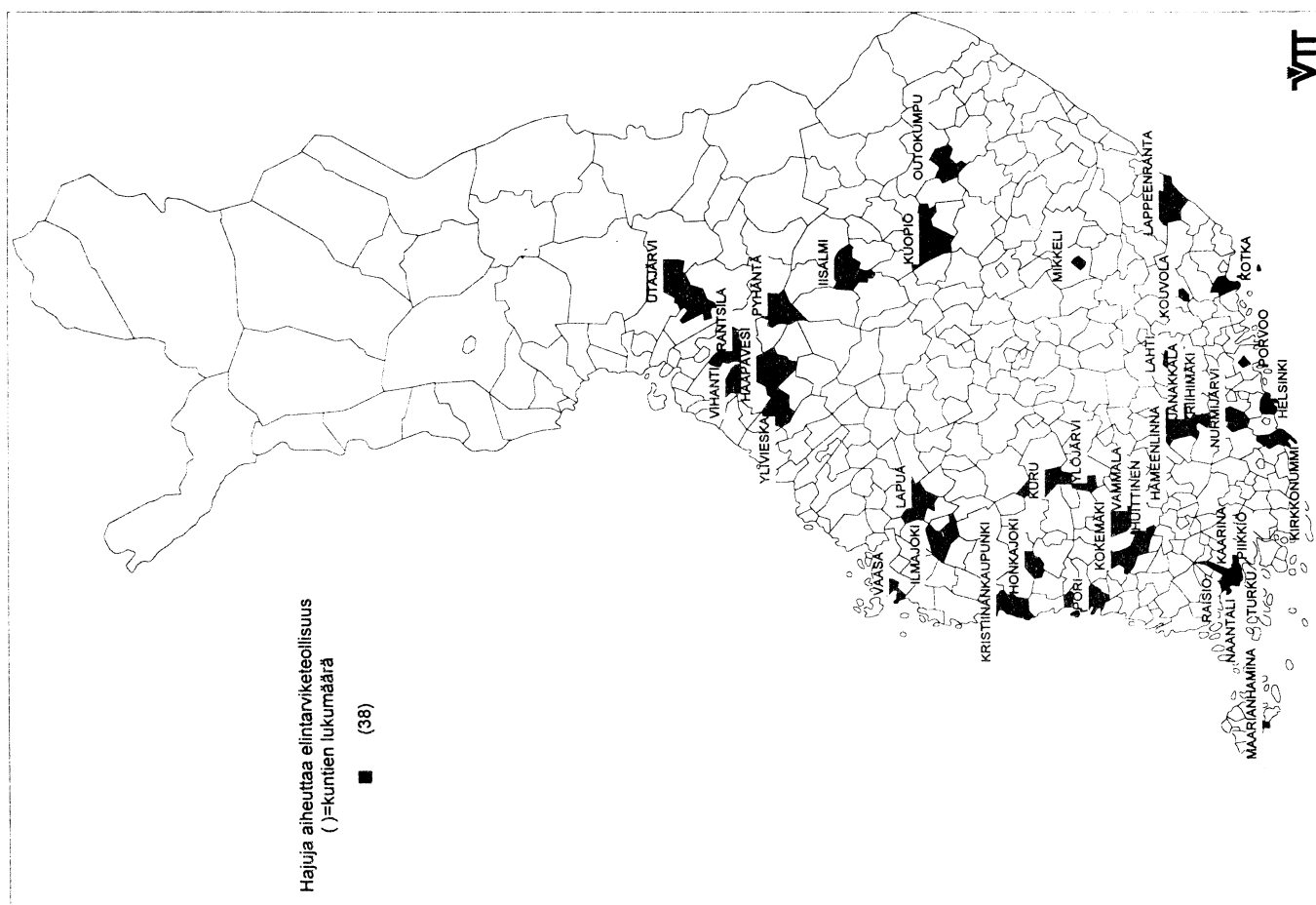
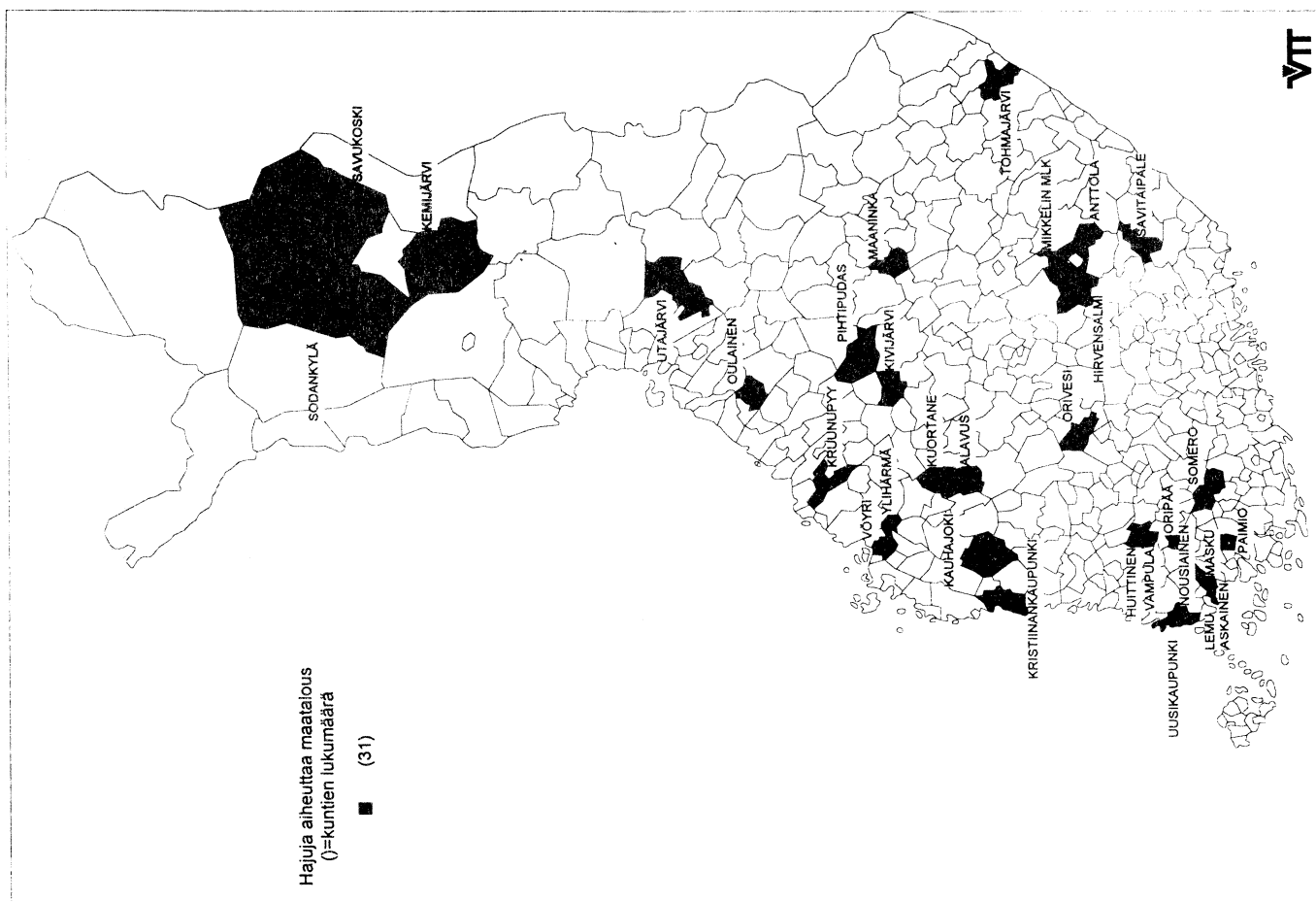
jatkuu

	vyöhykkeen laajuus km	hajun keskim. esiintymistiheys (%)	osuus vastaajista, joka koki hajun häiritseväenä (%)	havaintojen määrä
6. Tupakan valmistus	0-0,3	2,6	17	70
	-0,15	3,6	29	31
	-0,3	1,8	7,7	39
7. Valimo	0-1,4	2,9	15	121
	-0,5	7,1	38	21
	0,5-1	3,1	15	65
	1-1,4	0,1	3	35
8. Metallituoteteollisuus				
<i>aerosolitölkkien</i>	0,75-1,25	2,1	12	82
<i>valmistus</i>	0.75-1.05	3,9	23	42
	1.05-1.25	0,7	2,5	40
<i>kassakaappien</i>	0-1	1,1	21	53
<i>valmistus</i>	-0,5	1,6	23	28
	0.5-1	0,6	12	25

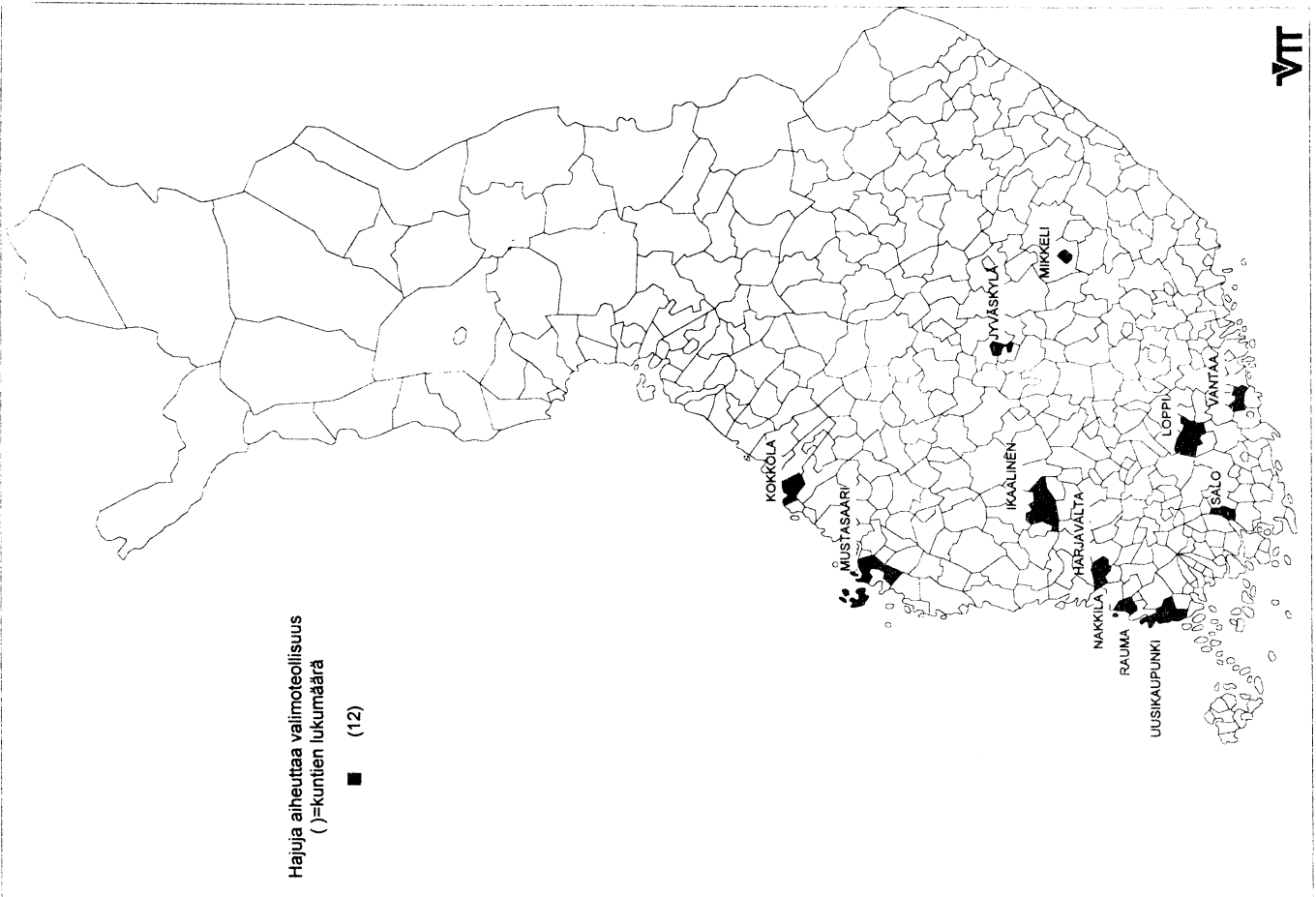
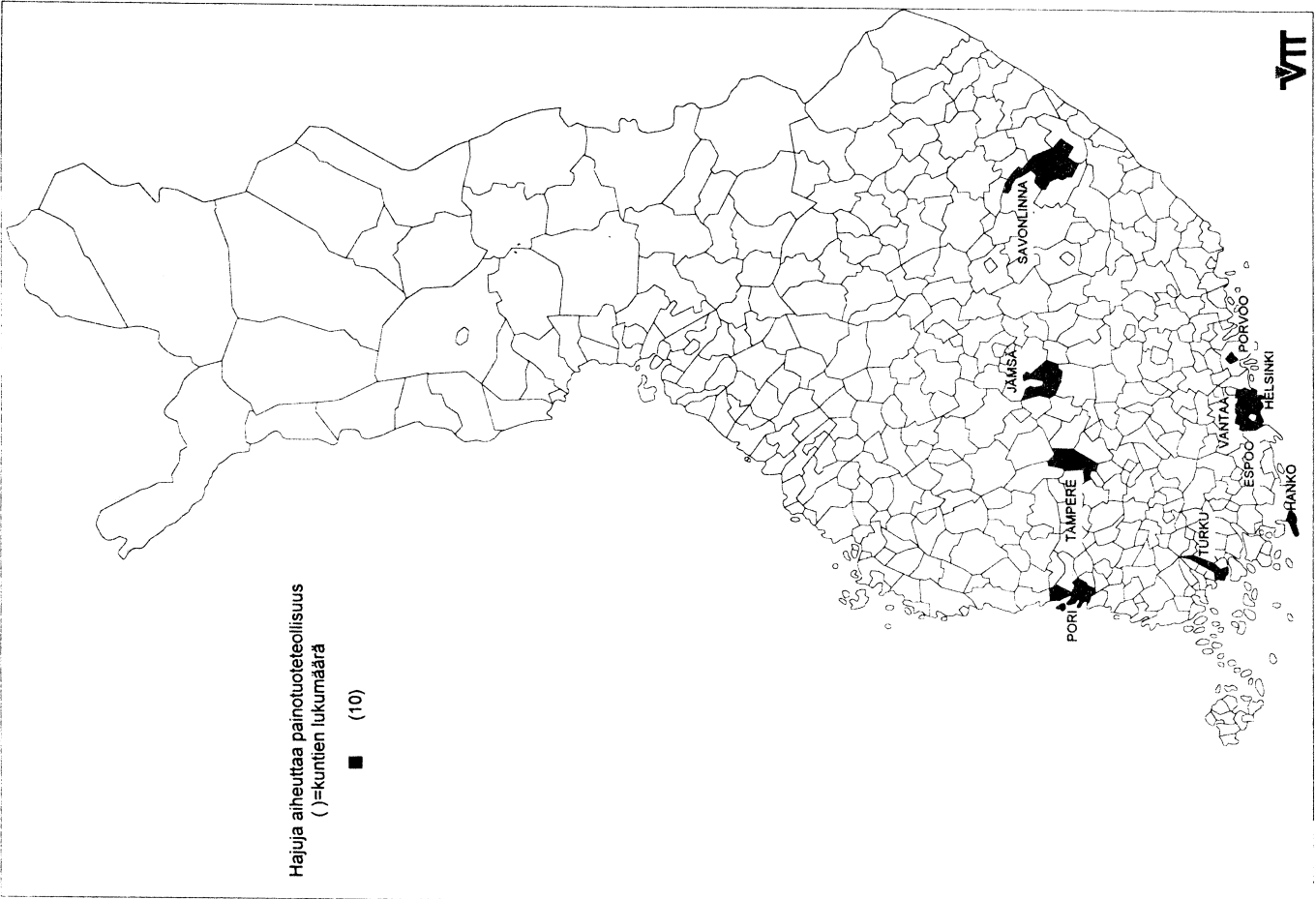
$N_{\text{tot}} = 1632$

VIRANOMAISKYSELYN TULOKSET (1994)





VIRANOMAISKYSELYN TULOKSET (1994)



HOLLANNIN KUNTALIITON SUOSITUS HAJUA PÄÄSTÄVIEN TOIMIALOJEN VÄHIMMÄISETÄISYYDELLE LÄHIMMÄSTÄ ASUTUKSESTA.

toimiala	etäisyys, m	toimiala	etäisyys, m
teurastamo	50-100	asfaltin valmistus	500
lihanjalostamo	100	kattohuovan valmistus	200
destruktiolaitos (rasvansulattamo)	700	kemianteollisuus (yl.)	1000
teurasjätteiden käsittely	300	lannoitetehtas	700
meijeriteollisuus	50	hartsitehtas	700
kalankäsittelylaitos	700	pigmenttitehtas	300
sokeritehtas	1000	aromiainetehtas	1000
öljyn ja rasvan valmistus	300	org. bulkkikemikaalien valmistus	1000
vihannes- ja hedelmäsäilykkeiden valmistus	100-300	maalitehtas	200
suurleipomo	100	painoväritehtas	100
keksinvalmistus	100	lääketehtas	100
kaakao- ja suklaatehtas	500	pesuainetehtas	200
makeistehdas	300	parfyymi- ja kosmetiikkateollisuus	200
tärkkelystehdas	300	torjunta-aineiden valmistus	300
vihantarehutehtas	300	liimatehtas	500
kalarehutehtas	1000	kemikaalituotteiden valmistus	200
kahvinpaahtimo	500	keinokuitujen valmistus	300
maustetehtas	200	eristysmateriaalien valmistus	200
leivontatuotteiden valmistus	200	kumituotteiden valmistus	100-300
elintarviketuotteiden valmistus	200-300	kumin jälleenkäsittely	300
perunavalmisteiden valmistus	500	muovin valmistus (yl.)	500
hiiva- ja spriitehtas	700	lasin käsittely (sis. lasikuitu)	700
tislaamo	300	rauta- ja terästeollisuus	1500
olutpanimo	300	ei-rautametallinkäsittely (yl.).	200
mallastamo	300	metallisulattamo	100
tupakan valmistus	200	metallihuonekalujen ja -pakkausten valmistus	100
tekstiilipaino	200	metallien pintakäsittely (yl.)	200
tapettien ja lattiamattojen valmistus	200	elektroniikkateollisuus (yl.)	300
linoleumin ja huovan valmistus	700	autoteollisuus	300
tekstiiliteollisuus (yl.)	700	laivanvarustamo ja -korjaamo (yl.)	200
nahkateollisuus	300	polku- ja moottoripyörien sekä lentokoneiden valmistus ja korjaus	100
vaneriteollisuus	100	kompostointilaitos	500
lastulevyjen valmistus	200	huoltoasemat (yl.)	30
korkkituotteiden valmistus	200	hotelli- ja ravintolatoiminta	30
parkettitehtas	100	automaalaamot	100
painot	200	kaatopaikkakäsittely	300
huonekalutehtas (sis. maalaus)	100	jätevedenpuhdistamot (yl.)	700
paperi- ja kartonkitehtas	200	jätteiden käsittely (yl.)	200
öljynjalostamo	1500	kemialliset pesulat	30
koksitehtas ja tervatislaamo	1500	krematoriot	100



Tekijä(t)		Projektin nimi	
Arnold, Mona		Hajuohjearvojen perusteet	
		Toimeksiantaja(t)	
		Ympäristöministeriö (YM)	
Nimeke			
Hajuohjearvojen perusteet			
Tiivistelmä			
Tutkimuksen tavoitteena on selvittää mitkä parametrit soveltuisivat Suomen hajuohjearvojen perusteiksi. Lisäksi julkaisussa selvitetään hajun eri arviointimenetelmien käytettävyyttä ja soveltuvuutta ja esitetään hajupäästöjen vähentämisstrategiaa. Hajun määrittämisen tulee pääsääntöisesti tapahtua ihmisen hajuaistin avulla. Instrumentti-analyttisiä määrittämenetelmiä voidaan käyttää vain silloin, kun hajuongelman aiheuttavat tunnetut yhdisteet, joiden pitoisuutta ulkoilmassa voidaan mitata ja seurata tarpeeksi tarkasti. Hajun määrittämenetelmiä ovat olfaktometriset päästömittaukset ja leviämislaskelmat, kenttähavainnointi, asukaspaneelitutkimus ja kertakysely. Hajuyhdisteiden leviämislaskelmat ja kenttähavainnointi antavat tietoa aistitusta ilmanlaadusta, kun taas asukaspaneelitutkimuksen ja kertakyselyn avulla voidaan myös määrittää asukkaiden kokeman viihtyisyyshaitan vakavuus. Hajuohjearvon tavoite on ensisijaisesti viihtyisyyteen kohdistuvien haittojen vähentäminen tai ehkäiseminen. Koska hajupäästön aiheuttama viihtyisyyshaitta ei kuitenkaan ole yksiselitteinen ilmiö, vaan se muodostuu monimutkaisesta syy-seuraus -yhteydestä, millään yksittäisellä hajua kuvaava parametrilla (hajuimmissio, viihtyisyyshaitta tai hajulähteen ja asukkaiden välinen etäisyys) ei voida kaikkia hajuongelmia kuvata. Ensisijaisesti hajuohjearvon tulisi kuitenkin perustua hajulähteen aiheuttamaan hajukuormaan. Ohjearvon kytkentä ohjeen tavoitteeseen, eli merkittävän viihtyisyyshaitan vähentämiseen, tulee kuitenkin olla osoitettavissa. Ympäristöhaittoja käsittävän laajan väestökyselyn perusteella hajun aiheuttamaa viihtyisyyshaittaa voidaan pitää merkittävänä silloin, kun 25–50 % asukkaista kokee hajun selvästi häiritseväksi. Vastaava hajuimmission taso on tällöin 3–9 %. Edellä esitettyä voidaan käyttää ohjearvona hajuhaitalle. Alaraja (3 %) koskee tällöin hyvin epämiellyttäviä korkean haittapotentiaalin omaavia hajupäästöjä ja yläraja vastaavasti hajuja, joiden miellyttävyysaste on vaihtelevampi. Vuonna 1994 tehty Suomen kunnille osoitettu viranomaiskysely osoitti, että kuuden viime vuoden aikana hajua aiheuttavan teollisuuden hajupäästöt ovat selvästi vähentyneet. Hajutorjunnassa viranomaisten tulisi painottaa parhaan käyttökelpoisen tekniikan käyttöönottoa. Useimmiten riittävän tehokasta tekniikkaa on olemassa, kyse on lähinnä toiminnanharjoittajan asenteista ja taloudellisesta tilasta.			
Toimintayksikkö			
VTT Kemiantekniikka, Ympäristötekniikka, Betonimiehenkuja 5, PL 1403, 02044 VTT			
ISSN ja avainnimeke			
1235-0605 VTT TIEDOTTEITA – MEDDELANDEN – RESEARCH NOTES			
ISBN		Kieli	
951-38-4865-5		suomi, engl. tiiv.	
Luokitus (UDK)		Avainsanat	
66.099.7(083):54.08:628.5		odors, odor detection, odor control, air pollution, emission, measurement, odometers, measuring instruments, guides (instructions), specifications, environments	
Myynti: VTT Tietopalvelu PL 2000, 02044 VTT Puh. (90) 456 4404 Telekopio (90) 456 4374		Sivuja	Hintaryhmä
		83 s. + liitt. 14 s.	B

Author(s) Arnold, Mona	Name of project Hajuohjearvojen perusteet	
	Commissioned by Ministry of Environment	
Title Basis for odour guidelines		
Abstract The aim of the study was to clarify which odour parameters are applicable as the basis for odour guidelines. In addition, the applicability and usability of odour measurement methods are evaluated and an odour strategy presented. Odour measurement should principally be carried out using the human sense of smell. Instrumental-analytical determination can be applied only if the odour problem is caused by known, accurately measurable substances. Odour measurement methods include olfactometric emission measurements and odour dispersion calculations, field inspections, population panels and questionnaires. Odour dispersion calculations and field inspections are tools for mainly measuring the odour immission, whereas population panels and questionnaires also give direct information about the degree of odour annoyance experienced by the residents. The main objective of odour guidelines is to decrease or prevent severe odour annoyance. But because the dose-response relationship between odour emission and odour annoyance experienced by the inhabitants is a complicated chain of reactions, all odour problems cannot be defined with only one single odour parameter (e.g. odour immission, odour annoyance or the distance between the odour source and the inhabitants). Primarily the odour guideline should be based on the odour immission caused by the odour source. The connection between the guideline and its objectives, which is to decrease significant odour nuisance, must anyhow be demonstrated. According to a questionnaire study carried out in 1993 in the vicinity of 16 odour-emitting plants in Finland, significant odour annoyance corresponds to 3–9 % odour immission, which 25–50 % of the inhabitants perceive as clearly annoying. These values can be used as guidelines for odour annoyance. The lower range (3 %) relates to very unpleasant odour with high annoyance potential and the upper range to odour of varying hedonic tone. A questionnaire to the municipality environmental authorities in Finland in 1994 showed that during the last six years industrial odour emissions have clearly decreased. As odour control measures the authorities should stress the implementation of best available technology. Often substantially effective technology does exist, the question is mainly one of attitude and the economic situation of the odour emitting-plant.		
Activity unit VTT Chemical Technology, Environmental Technology, Betonimiehenkuja 5, P.O.Box 1403, FIN-02044 VTT, Finland		
ISSN and series title 1235-0605 VTT TIEDOTTEITA – MEDDELANDEN – RESEARCH NOTES		
ISBN 951-38-4865-5	Language English	
Class (UDC) 66.099.7(083):54.08:628.5	Keywords odors, odor detection, odor control, air pollution, emission, measurement, odometers, measuring instruments, guides (instructions), specifications, environments	
Sold by VTT Information Service P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland Phone internat. + 358 0 456 4404 Fax + 358 0 456 4374	Pages 83 p. + app. 14 p.	Price group B

