



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Daniel Malin

Hajuaistin hyödyntäminen kuntotutkimuksissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

15.5.2020

Tekijä Otsikko	Daniel Malin Hajuaistin hyödyntäminen kuntotutkimuksissa
Sivumäärä Aika	60 sivua + 3 liitettä 15.05.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	rakennetekniikka
Ohjaajat	lehtori Anu Ilander osastopäällikkö Leif Wirtanen
<p>Rakennusten sisäilmaongelmat ovat tällä hetkellä niin yleisiä, että niiden tutkimuksissa käytettyjä menetelmiä on jouduttu kehittämään jatkuvasti tarkemmiksi ja tehokkaammiksi. Sisäilmaongelmien aiheuttajien vuoksi joudutaan tekemään isojakin korjaustöitä ja muutoksia rakennuksiin.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia hajuaistin hyödyntämistä kuntotutkimuksissa, ja kenttäolfaktometrin käyttöä hajujen tarkempaan paikantamiseen. Opinnäytetyössä perehdyttiin asumisterveys- ja sisäilmastoasetuksiin sekä sisäilmastoluokitukseen, ja koottiin tietoa mm. mikrobien, VOC-yhdisteiden ja PAH-yhdisteiden vaikutuksista hengitysilmaan. Tarkoituksena oli tarkastella eri yhdisteiden hajukynnyksiä ja hajukuvauksia, jotta voitaisiin vetää johtopäätöksiä sisäilmaongelmien aiheuttajiin, sekä myös kerätä kenttätutkimuksista tarpeeksi dataa kenttäolfaktometrin käytöstä, jotta saataisiin selville, voidaanko laitetta käyttää sisäilmaongelmakohteissa.</p> <p>Tutkimus toteutettiin Internet-materiaalin, standardien sekä ohjeiden tutkimisella, sekä käymällä kuntotutkimuskohteissa, joissa oli todettu sisäilmaongelmia. Kenttäolfaktometrin käyttöön perehdyttiin laitteen ohjekirjan, mittausstandardien, sekä laitetta käyttäneen tutkijan avustuksella. VOC-yhdisteistä sekä sisäilman kaasumaisista yhdisteistä tehtiin selvittävä taulukko, joista käy ilmi muun muassa yhdisteiden tyypilliset hajukuvaukset, hajukynnykset sekä toimenpiderajat. Kenttäolfaktometrin käyttöä testattiin opinnäytetyön tilaajan, Ramboll Finland Oy:n tutkimuskohteissa, joiden perusteella pystyttiin tekemään johtopäätöksiä laitteen käyttömahdollisuuksista sekä tuomaan esille mahdollisia kehitysehdotuksia ja jatkotutkimuksia. Laitte herätti monissa yrityksen kuntotutkijoissa mielenkiintoa, joten laitteen käytön opettelemiseen on mahdollista saada lisää tutkijoita.</p> <p>Aiheina hajuaisti, sen hyödyntäminen ja sisäilmanlaatu ovat samanaikaisesti laajoja ja haastavia, sillä hajuaistien ihmiskohtaisuudet ovat tehneet suoraviivaisten johtopäätösten tekemisestä vaikeaa. Hajuaistia käytetään jo nyt kuntotutkimuksissa oleellisena sisäilman kunnan määrittäjänä, ja tarkoituksena oli selvittää voisiko sitä tarkentaa.</p> <p>Suoritettujen mittauksen perusteella voitiin todeta kenttäolfaktometrin olevan potentiaalinen lisä kuntotutkimuksiin ja hajujen tarkempaan arviointiin, mutta mittauksia oli tarkoitus jatkaa useamman tutkijan toimesta, jotta laitteen käyttömahdollisuudet saataisiin paremmin arvioidua.</p>	
Avainsanat	Hajuaisti, Kuntotutkimus, Kenttäolfaktometri, Olfaktometria

Author Title	Daniel Malin Olfactory Usage in Building Inspections and Structural Research
Number of Pages Date	60 pages + 3 appendices 15 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Structural Engineering
Instructors	Anu Ilander, Lecturer Leif Wirtanen, Department Manager
<p>Indoor air problems in buildings are currently so common that the methods used in their research have had to be constantly developed to be more accurate and efficient. Due to the causes of indoor air problems, even major repairs and alterations to buildings must be made.</p> <p>The goal of this thesis was to research the utilization of olfactory system in indoor air research and get acquainted with the field olfactometer, which is primarily used outdoors measuring and quantifying odor strength in the ambient air. The housing health and Indoor climate regulations as well as the Indoor climate classification were studied in the thesis, and information about microbes, VOCs and PAHs on the respiratory air was collected. The idea was to look at odor thresholds and odor descriptions for different compounds, so that conclusions on the causes of indoor air problems could be made. The purpose was to also collect enough data from field studies on the use of the field olfactometer to determine whether the device could be used to locate the causes of indoor air problems.</p> <p>The study was conducted by reading literature, standards, manuals and other Internet material, as well as by doing field studies on sites where indoor air problems have been identified. The use of the field olfactometer was studied with the help of the device manual, measurement standards, and with a training by a researcher experienced on using the device. An explanatory table was made for VOCs and gaseous compounds in indoor air, showing, among other things, the typical odor profiles, odor thresholds and action limits of the compounds. The use of the field olfactometer was tested on the research sites of the customer of the thesis, Ramboll Finland Oy. On the basis of the results from these tests, conclusions were drawn about the possibilities of using the device and possible development proposals and further research possibilities were highlighted.</p> <p>The topics of the sense of smell, its utilization and indoor air quality are at the same time extensive and challenging, as the individual differences in the sense of smell have made it difficult to draw straightforward conclusions. The sense of smell is already used in field studies as an essential determinant of indoor air condition, and the purpose was to determine if it could be refined. Based on the measurements performed, it could be stated that the field olfactometer is a potential addition to building inspections and more accurate assessment of odors, but the measurements were to be continued by several researchers in order to better assess the device's usability.</p>	
Keywords	olfactometry, field olfactometry, field studies

Sisällys

Termistö

1	Johdanto	1
2	Asumisterveys ja sisäilmasto	3
2.1	Asumisterveysasetus	3
2.2	Sisäilmastoluokitus	4
2.2.1	Sisäilman tavoitearvot	6
2.2.2	Suunnittelu- ja toteutusohjeet	7
2.2.3	Puhtaudenhallinta	8
2.2.4	Vaatimukset rakennustuotteille	10
2.3	Sisäilmasto- ja ilmanvaihtoasetus	14
2.3.1	Sisäilmasto	14
2.3.2	Ilmanvaihto	15
3	Hajujen lähteet sisäilmassa	16
3.1	Sisäilman perusedellytykset ja epäpuhtaudet	16
3.2	Sisäilman kaasumaiset epäpuhtaudet	17
4	Sisäilman yhdisteiden hajut	22
4.1	PAH-yhdisteet	23
4.2	VOC-yhdisteet	24
4.3	Mikrobit	24
4.4	Toimenpiderajat	26
5	Hajujen havainnointi	27
5.1	Dynaaminen olfaktometri	27
5.1.1	Olfaktometrit	28
5.2	Kenttäolfaktometri	31
5.2.1	Scentometer	31
5.2.2	Nasal Ranger	33
5.2.3	Scentroid SM100	34
5.3	Hajukuvaus	37

5.4	Hajukynnys	38
6	Käytännön mittaukset	39
6.1	Lähtötiedot	39
6.2	Kohde 1, Sairaala	42
6.2.1	Tutkimusmenetelmät ja havainnot	42
6.2.2	Johtopäätökset	42
6.3	Kohde 2, Urheiluhalli	42
6.3.1	Tilojen tutkimusmenetelmät ja havainnot	42
6.3.2	Johtopäätökset	47
6.4	Kohde 3, Lentokenttä	48
6.4.1	Tilojen tutkimusmenetelmät ja havainnot	48
6.4.2	Johtopäätökset	53
7	Tulokset ja niiden tulkinta	54
8	Päätelmät ja kehitysehdotukset	55
	Lähteet	56
	Kuvalähteet	60
	Liitteet	
	Liite 1. Taulukko sisäilman kaasumaisista epäpuhtauksista	
	Liite 2. Odor Monitoring Data Sheet – Kohde 2	
	Liite 3. Odor Monitoring Data Sheet – Kohde 3	

Termistö

<i>CMR-yhdiste</i>	Syöpää aiheuttava, perimää vaurioittava ja lisääntymiselle vaarallinen yhdiste (C arsinogenic, M utagenic, R eptotoxic).
<i>D/T</i>	Dilution-to-Threshold. Suodatetun ilman määrän suhde ympäröivään, hajuiseen ilmaan.
<i>emissio</i>	Päästö.
<i>hiukkaset PM₁₀</i>	Hiukkasia, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle 10 mikrometriä.
<i>HTP</i>	Haitallisiksi todetut pitoisuudet
<i>jäteilma</i>	Poistoilmaa, joka johdetaan rakennuksesta ulos.
<i>kaseiini</i>	Forsforipitoinen proteiiniiryhmä.
<i>kierrätysilma</i>	Ilmaa, joka palautuu ainoastaan samaan huonetilaan tai asuntoon.
<i>LCI-arvo</i>	Rakennustuotteille 28 päivän iässä määritettävä referenssi konsentraatio kemikaalille, jolle voidaan hengitysteiden kautta altistua (L owest C onsentration of I nterest).
<i>mikrobit</i>	Pieneliöitä, joihin lukeutuvat mm. homeet, hiivat ja bakteerit.
<i>palautusilma</i>	Ilmaa, joka palautetaan tuloilmana siten, että palautettavassa ilmassa on kahden tai useamman eri huonetilan poistoilmaa.
<i>poistoilma</i>	Ilmaa, joka johdetaan huonetilasta pois.
<i>ppm</i>	Parts per million (suhdeyksikkö)
<i>siirtoilma</i>	Ilmaa, joka johdetaan tilasta toiseen.

<i>tolueenivaste</i>	TVOC-mittareiden kalibrintitermi, jonka avulla voidaan laskea yhdisteiden pitoisuuksien toimenpiderajat.
<i>tuloilma</i>	Ilmaa, joka johdetaan huonetilaan.
<i>TVOC</i>	VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuus
<i>vaippa</i>	Rakennusosia, jotka erottavat rakennuksen lämmöneristetyt tilat ulkoilmasta, lämmittämättömästä tilasta tai maaperästä.

1 Johdanto

Opinnäytetyö käsittelee julkisen rakennuskannan tutkittavissa kohteissa havaittavia hajuja, ja miten havaintoja voitaisiin käyttää hyödyksi, sekä miten havainnot voitaisiin yhdistää hajujen aiheuttajiin. Rakenteiden sisältämät aineet ja niiden aiheuttamat reaktiot voivat aiheuttaa voimakkaitakin hajuja. Mikäli hajujen aiheuttajat pystytään kartoittamaan tarpeeksi ajoissa, voidaan tulevaisuudessa välttyä niiden aiheuttamilta haitoilta. Mahdollisiin hajun aiheuttajiin lukeutuvat muun muassa homeet, mikrobit ja muut kasvustot. Jos tilojen haju- ja terveyshaitoista ei selvitä pelkällä ilmanvaihdon parantamisella tai puhdistuksilla, voivat haitat johtaa usein kalliisiin korjaustoimenpiteisiin.

Vaikka tutkija tunnistaisikin hajun, on sen kuvaileminen ja ylös kirjoittaminen usein haastavaa, mikä heikentää tunnistuksesta saatua hyötyä. Hajujen tunnistusta ja päätelmien tekemistä vaikeuttavat ihmisten erilaisuus sekä aistiherkkyys. Samassa tilassa olevat tutkijat saattavat kuvailla ympäröivää ilmaa täysin eri sanoin. Hajujen liikehdintä sisäilmassa on myös tunnistamista vaikeuttava tekijä, sillä hajut saattavat kulkeutua sieraimiin epäsäännöllisesti ja epämääräisinä tuulahduksina, jolloin vain osa henkilöistä aistii ne, ja tuolloinkin eri vahvuisina.

Kenttäolfaktometrit ovat oleellisia tekijöitä hajujen mittaamisessa ja ympäröivän ilman hyväksyttävyyden selvittämisessä. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää soveltuvatko kenttäolfaktometrit sisäilmatutkimuksiin, ja voiko laitteen avulla selvittää mahdolliset hajunlähteet. Kenttäolfaktometriä on käytetty mm. jätelaitosten ilman tutkimiseen, jossa hajupäästöt ja alueet ovat suurempia. Tarkoituksena on selvittää, ovatko sisäilman hajut tarpeeksi vahvoja kenttäolfaktometrillä mitattaviksi. Opinnäytetyön käytännön tutkimuksissa perehdyttiin Nasal Ranger -kenttäolfaktometrin käyttöön sisätiloissa. Tutkimus toteutettiin kolmessa tutkimuskohteessa ja lukuisissa eri tiloissa, joissa oli aistittavissa erilaisia ja vahvuuksiltaan vaihtelevia hajuja.

Opinnäytetyö toteutetaan Ramboll Finland Oy:lle, joka on johtava kansainvälinen suunnittelu- ja konsultointialan yritys. Ramboll on tanskalainen, vuonna 1945 perustettu yritys, joka toimii 35 maassa. Suomessa Rambollin toimialoja ovat mm. kiinteistöt ja rakentaminen, infra ja liikenne sekä kaupunkisuunnittelu. Yrityksen asiakkaihin lukeutuvat mm. ministeriöt, valtion virastot sekä yritykset ja yhdistykset. [1.]

2 Asumisterveys ja sisäilmasto

2.1 Asumisterveysasetus

Asumisterveysasetus on rakennusten terveydellisten olosuhteiden arvioinnin apuväline ja sen tarkoituksena on myös terveydensuojelulain 32 §:n nojalla annettu asumisterveysohje asetukseksi. Asetuksen säädöksiä sovelletaan terveyshaittojen selvittämiseksi, ehkäisemiseksi ja rajoittamiseksi terveydensuojeluviranomaisten päätöksissä. [2, s. 4.] Asumisterveysasetuksessa määritetään toimenpiderajat haituville orgaanisille yhdisteille, formaldehydille, hiilimonoksidille, hiukkasmaisille epäpuhtauksille, sekä tupakan savulle. [2, s. 2.]

Asetuksen mukaan terveyshaittojen rajoittaviin toimenpiteisiin on ryhdyttävä, kun huoneilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden määrä ylittää 400 µg/m³. Ilmasta mitataan tolueenivasteella suoraan TVOC-arvo, eli VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuus, jolloin saadaan viitteitä yhdisteiden määrän suuruusluokasta, ja ovatko arvot koholla. Yhdisteistä voi kuitenkin aiheutua terveyshaittoja pienemmissäkin kokonaispitoisuuksissa. Vastaavasti yhdisteiden määrän ylittäessä toimenpiderajan, ei terveydellisiä haittoja välttämättä ilmene, eikä näin johda muihin toimenpiteisiin. Tällöin aloitetaan yksittäisten yhdisteiden merkitysten selvittäminen. [3, s. 4.] [5, s. 7.]

Taulukko 1. Poikkeavat orgaanisten yhdisteiden toimenpiderajat [3, s. 3.]

Yhdiste	Toimenpideraja
2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli di-isobutyraatti (TXIB)	10 µg/m ³
2-etyyli-1-heksanoli (2-EH)	10 µg/m ³
Naftaleeni	10 µg/m ³ (ei saa esiintyä hajua)
Styreeni	40 µg/m ³

Yksittäisten haihtuvien yhdisteiden (VOC) toimenpideraja sisäilmassa tolueenivasteella laskettuna on 50 µg/m³. Jos yksittäisen, tunnetun tai tuntemattoman yhdisteen pitoisuus ylittää kyseisen arvon, on sen haitallisuus selvitettävä ja tarvittavat toimenpiteet aloitet-

tava haitallisen yhdisteen poistamiseksi tai rajoittamiseksi. Neljän sisäympäristössä haitallisen yhdisteen toimenpiderajat on säädetty erikseen taulukko 1:n mukaisesti. Kyseisten yhdisteiden on todettu aiheuttavan hajua- sekä terveyshaittoja pienemmissäkin pitoisuuksissa. TXIB-yhdisteen (2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli di-isobutyraatti) on huomattu aiheuttavan erilaisia ärsytysoireita silmissä, nenässä, kurkussa ja ihossa sekä kasvattavan astmaan sairastumisen todennäköisyyttä. 2EH:n (2-etyyli-1-heksanoli) on myös todettu aiheuttavan ihmisissä oireita pienissä pitoisuuksissa, ja TXIB:n tapaan sen toimenpideraja on laskettu $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$:een. 2EH:ta vapautuu sisäilmaan PVC-muovimatoista ja muista PVC-materiaaleista, sillä sitä käytetään pehmitteissä ja liimoissa. [3, s. 4.]

Naftaleenin toimenpiderajaksi on asetettu sama $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kuin aikaisemmillaakin yhdisteillä, mutta huoneilmassa ei saa ilmentyä naftaleeniin viittaavaa hajua, jonka monet tunnistavat kreosootin tai ratapölkyn hajuksi. Naftaleeni onkin merkittävin kreosootista ilmaan haihtuva yhdiste. Styreenin toimenpideraja on $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Styreenin haju on pistävä ja sitä saattaa esiintyä sisäilmassa, jos rakenteissa on polyesterihartsipohjaisia rakennusmateriaaleja.

2.2 Sisäilmastoluokitus

Hyvä ja terveellinen sisäilmasto on yksi rakentamisen tärkeimpiä tavoitteita. Sisäilmaston laatuun voidaan vaikuttaa mm.:

- lämmityksellä
- ilmanvaihdolla
- ilmastointilaitteilla
- käytetyillä materiaaleilla
- rakennuksen käytöllä ja kunnossapidolla.

Sisäilmastoluokitus 2018 on tarkoitettu rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin sekä rakennustarviketeollisuuden avuksi sisäympäristön tavoite- ja suunnitteluarvojen valitsemiseksi ja asettamiseksi. Luokitus täydentää Suomen rakentamismääräyksiä ja yleisiä laatuvaatimuksia, ja se soveltuu sekä uudis- että korjausrakentamiseen. [4, s. 2.]

Julkaisu on jaettu kolmen otsikon alle: *Sisäympäristön tavoitearvot* -kappale käsittelee lämpöolosuhteita, ilman epäpuhtauksia, sekä ääni- ja valaistusolosuhteita. *Suunnittelu- ja toteutusohjeet* -kappale käsittelee suunnittelussa ja työmaalla eri vaiheissa noudatettavia periaatteita ja toimintatapoja. *Vaatimukset rakennustuotteille* -kappale ohjeistaa vähäpäästöisten materiaalien ja puhtaiden ilmanvaihtotuotteiden kehitystä ja käyttöä.

Sisäilmastoluokitus on jaettu kolmeen tasoon; yksilöllinen sisäilmasto (S1), hyvä sisäilmasto (S2) ja tyydyttävä sisäilmasto (S3). Sisäilmaluokkien tarkemmat määritelmät ovat eriteltynä taulukossa 2. Sisäilmastoluokkien tavoitteiden tarkoituksena on helpottaa osapuolten yhteistyötä ja vähentää potentiaalisia terveys- ja viihtyvyyseriskejä. [4, s. 5.]

Taulukko 2. Sisäilmaluokkien määritelmät [4, s. 5.]

Luokka	Kuvaus
S1	<p>Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä, eikä tiloissa ole havaittavissa hajuja.</p> <p>Tilan sisäilmaan yhteydessä olevissa rakenteissa ei ole vaurioita tai epäpuhtauslähteitä, jotka voisivat huonontaa ilmanlaatua.</p> <p>Tilassa on viihtyisät lämpöolot, eikä vetoa tai yllälämpenemistä ilmene.</p> <p>Tilan käyttäjä kykenee hallitsemaan tilan lämpöoloja.</p> <p>Ääniolosuhteet ovat erinomaiset ja käyttötarkoitusten mukaiset.</p> <p>Valaistus on yksilöllisesti säädettävä.</p>
S2	<p>Tilan sisäilman laatu on hyvä, eikä tiloissa ole havaittavissa häiritseviä hajuja.</p> <p>Tilan sisäilmaan yhteydessä olevissa rakenteissa ei ole vaurioita tai epäpuhtauslähteitä, jotka voisivat huonontaa ilmanlaatua.</p> <p>Tilan lämpöolosuhteet ovat hyvät, eikä vetoa yleensä ilmene. Yllälämpeneminen on kuumina kesäpäivinä mahdollista.</p> <p>Ääni- ja valaistusolosuhteet ovat hyvät ja käyttötarkoitusten mukaiset.</p>
S3	<p>Tilan sisäilman laatu, lämpöolot, valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät maankäyttö- ja rakennuslain nojalla annetut säädökset ja terveydensuojelulain perusteella asetetut vähimmäisvaatimukset.</p> <p>Eri olosuhteiden tavoite- ja suunnitteluarvot voidaan valita eri laatuluokista tai määrittää tapauskohtaisesti.</p>

2.2.1 Sisäilman tavoitearvot

Rakennushankkeen suunnitteluvaiheessa käytetään sisäilmanlaadun tavoitearvoja, jotka koskevat oleskeluvyöhykettä, joka ylittää lattiapinnasta 1,8 metrin korkeuteen ja alkaa 0,6 metrin päästä seinäpinnasta. [6, s. 1.] Taulukossa 3 esitettyjen hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvot koskevat ihmisistä peräisin olevaa hiilidioksidia, ja pienhiukkasten tavoitearvo on keskimääräinen pitoisuus ilmassa 24 tunnin mittauksen aikana. PM_{2,5}-hiukkaspitoisuudella tarkoitetaan huoneilmassa leijuvaa pölyä, jonka hiukkasten aerodynaaminen halkaisija on alle 2,5 mikrometriä. [4, s. 7.]

Taulukko 3. Sisäympäristön laadun tavoitearvot. [4, s. 7.]

	S1	S2	S3
Hiilidioksidipitoisuuslisä* (ppm)	< 350	< 550	< 800
Radonpitoisuus (Bq/m ³)	< 100	< 100	< 200
PM _{2,5} (µg/m ³)	< 10	< 10	< 25
PM _{2,5} sisällä/ulkona	< 0,5	< 0,7	-
Ilman suhteellinen kosteus (% RH)	-	-	-
Olosuhteiden pysyvyys (% käyttöajasta)			
toimi- ja opetustilat	90 %	90 %	-
asunnot	90 %	90 %	-

* suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus

Ulkoilman ja viereisten tilojen hajujen kulkeutumisen välttämiseksi rakennuksen ilmanpitävyyteen on tärkeää kiinnittää huomiota. Ilmanpitävyyttä suunniteltaessa ja pyrittäessä hyvään, luokkien S1 tai S2 sisäympäristön laatuun, tulee ilmanpitävyyden tavoitearvon olla $q_{50} \leq 1,0 \frac{m^3}{h,m^2}$. Kunnollinen ilmanpitävyys vähentää hiukkasmäärien lisäksi myös tilan energiakulutusta, ulkovaipan kosteusriskejä sekä ilmapuotojen aiheuttamaa vetoa. Valitun ilmanpitävyystavoitteen asianmukainen toteutuminen todetaan tiiviysmittauksella, jos tila kuuluu luokkiin S1 tai S2. Mittauksen yhteydessä suoritetaan myös ilmapuotojen paikannus, sekä vuotokohtien tiivistys. [4, s. 11.]

2.2.2 Suunnittelu- ja toteutusohjeet

Tilaaajan tai rakennuttajan tehtävänä on määrittää uudessa rakennushankkeessa käytettävien materiaalien päästöjä ja rakennustöiden puhtautta koskevat tavoitearvot. Valinnassa auttavat rakennus- ja talotekniset suunnittelijat. Valituista tavoitearvoista sekä niihin johtavista toimenpiteistä tiedotetaan hankkeen kaikille suunnittelijoille. Kaikkien suunnitteluun osallistuvien tulee olla tietoisia asetetuista tavoitteista. Eri suunnittelijoiden tehtävistä valitun sisäilmastoluokan saavuttamiseksi on laadittu ohjekortti (RT 07-10564 Rakennuksen sisäilmasto). Rakennusta suunnitellessa tehdyillä valinnoilla on suuria vaikutuksia rakennuksen sisäilmaston laatuun. Vaikuttavia tekijöitä ovat mm. rakennuspaikan valinta, tilojen sijoittelu, lämmöneristys, ilmanpitävyys, materiaalit, huollettavuus sekä siivottavuus. [4, s. 10.]

Rakennushankkeen toteutuksen näkökulmasta valitun sisäilmastoluokan tavoitearvojen saavutettavuuteen vaikuttaa olennaisesti pölyn, kosteuden ja vedenpoiston hallinta rakennustyön aikana. Kosteuden- ja puhtaudenhallinnasta tulee laatia suunnitelmat osaksi työmaan laatusuunnitelmaa. Kosteudenhallintasuunnitelman tulee pitää sisällään vähintään:

- kosteusriskien kartoituksen
- kuivumisaika-arviot
- lämmitys- ja kuivaussuunnitelman
- suojaus- ja osastointisuunnitelman
- varasuunnitelman aikataulussa pysymiseksi
- materiaalien käsittelyn (kuljetus, vastaanotto, varastointi ja suojaus)
- kastumisen estämisen (sade- ja sulamisvedet sekä veden käyttö työmaalla)
- kuivumisolosuhteiden hallinnan ja tarkkailut (mahdollisimman aikainen vaiipan tiiviiksi saattaminen, jonka jälkeen ilmanvaihdon järjestäminen)
- kosteudenhallinnan organisoinnin (vastuualueiden jako ja tehtävät)
- kosteusmittausuunnitelman
- päällystämisperusteet (päällystettävyyssrajoja verrataan kosteusmittaustuloksiin päällystettävyysspäätöksen perusteena)
- dokumentoinnin, tiedotuksen sekä valvonnan. [4, s. 12.]

2.2.3 Puhtaudenhallinta

Puhtaudenhallinnan valvonnan sekä toteutuksen helpottamiseksi on luotu rakennustöiden puhtausluokitus, jonka ainoan luokan (P1) tavoitteet on asetettu tavanomaisten työ- ja asuintilojen puhtaudelle. Tiloihin lukeutuvat julkiset rakennukset, toimisto-, päiväkot-, koulu-, ja asuinrakennukset. Luokituksella pyritään varmistamaan, että käyttäjälle luovutettavat tilat ovat puhtaat eikä käytön aikana rakennuksen sisäilmaan kulkeudu rakennusvaiheesta peräisin olevia epäpuhtauksia. Rakennettaessa S1 tai S2 sisäilmastoluokan mukaisen sisäilmaston omaavaa rakennusta, tulee noudattaa rakennustöiden puhtausluokituksen P1 rakentamiselle asettamia vaatimuksia:

- Rakennuksen on oltava puhdas ennen kuin ilmanvaihdon päätelaitteiden suojaukset saadaan poistaa ja ilmanvaihtojärjestelmä käynnistää. Pinnoilla ei saa olla hienojakoista irtolikaa, kuten betoni-, puu- tai kipsipölyä, joka voi levitä ilmaan kosketuksen tai ilmavirtojen mukana.
- Pintojen puhdistamista estäviä rakennusmateriaaleja tai jätteitä ei saa tiloissa säilyttää. Pintoja suojaavat pahvit ja muovit on poistettu. Sen jälkeen tiloissa voidaan tehdä pölyämättömiä töitä, kuten alakattojen asennustöitä, paikkamaalauksia, ilmanvaihdon toimintakokeita, virityksiä sekä loppusii-
vous.
- Rakennusta luovutettaessa ei pinnoilla saa olla näkyvää likaa, kuten ros-
kia, tahroja tai pölyä.

Mikäli rakennushankkeessa tai tilassa ei käytetä luokan P1 kriteereitä, tulee rakentamisessa noudattaa hyvän rakentamistavan mukaisia toimintatapoja ja käytäntöjä. [4, s.12.]

Ilmanvaihtojärjestelmien läpi virtaavan tuloilman puhtauden takaamiseksi voidaan järjestelmälle asettaa myös noudatettavaksi puhtausluokituksiksi P1. Luokituksen asettamalla vaatimuksilla varmistetaan ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus luovutettaessa. Tuloilmassa ei saa esiintyä ilmanvaihtojärjestelmästä peräisin olevia terveydelle tai viihtyvyydelle haitallisia hajuja tai aineita, kuten kuituja, mikrobeja ja hiukkasia. Puhtausluokka P1 asettaa ilmanvaihtojärjestelmälle seuraavat vaatimukset:

- Tuloilmakanavat ja kanavien osat on valmistettu puhtausluokitelluista ilmanvaihtotuotteista tai muista tuotteista, jotka ovat puhdistettu vastaavasti.
- Tiivistemateriaaleina käytetään rakennusmateriaalien päästöluokkaan M1 luokiteltuja materiaaleja, tai vastaavasti materiaaleja, joiden emissiot ovat tunnetusti alhaisia.
- Luovutusvalmiissa ilmanvaihtojärjestelmässä saa olla sisäpinnan pölykertymää keskiarvoltaan enintään 0,7 g/m² suodatinmenetelmällä mitattuna tai arvioituna visuaalisesti. BM-Dustdetector -mittalaitetta käytettäessä puhtausvaatimus on < 5 %.
- Laitoksessa ei käytetä vain yhtä asuntoa tai tilaa palvelevia ilmanvaihtokoneita, palautusilmaa lukuun ottamatta.
- Hajusteiden käyttö tuloilmassa ei ole sallittua [4, s. 17.]

Puhtausluokan vaatimusten toteutumista valvotaan rakennusurakan aikana. Ilmanvaihtojärjestelmän käynnistämistä edeltävä puhtauden arviointi tapahtuu tarkastamalla aistinvaraisesti kaikkien pintojen puhtaus, myös valmiissa tilassa piiloon jääviltä osuuksilta. Luovutusta edeltävässä tarkastuksessa arvioidaan näkyvät pinnat. Pintojen pölykertymä voidaan mitata geeliteippimenetelmällä SFS 5994 INSTA 800 -standardin mukaisesti. Mittaus tulee suorittaa aikaisintaan kahden tunnin kuluttua siivouksesta, jotta ilmaan noussut pöly ehtii laskeutua takaisin pinnoille ennen mittausta. Taulukossa 4 on esitetty puhtausluokan P1 mukaiset pölykertymän enimmäisarvot. [4, s. 13.]

Taulukko 4. Luokan P1 pölykertymän enimmäisarvo. [4, s. 13.]

Tarkastusajankohta	Arvioitavat pinnat	Pölykertymä (peitto-%) (SFS 5994 INSTA 800)
Ennen ilmanvaihdon toimintakokeita	Alankaton yläpuolella olevat pinnat. Näkyvät pinnan ja kalusteiden sisäpinnat pl. lattiapinnat	5,0
Ennen rakennuksen luovutusta	Näkyvät pinnat ja kalusteiden sisäpinnat Lattiapinnat	1,0 3,0

Työmaan toteutuksen aikana rakennustarvikkeiden kuljetus, varastointi ja suojaus toteutetaan noudattaen hyvän rakentamistavan mukaisia toimintatapoja ja käytäntöjä, materiaalivalmistajan ohjeita ja kosteudenhallintasuunnitelmaa. Tarvikkeiden likaantuminen ja kastuminen on estettävä kuljetuksen, varastoinnin ja asennustyön aikana riittävien suojauksien avulla. Kuljetuksessa, varastoinnissa ja asennuksessa voidaan käyttää Ratu-kortistossa esitettyjä ohjeita. Rakennustarvikkeiden asennuksen aikana tilan ilman

tulee olla kuivaa ja puhdasta, eikä ilmaa likaavia työvaiheita saa toteuttaa samanaikaisesti asennuspaikan läheisyydessä.

Toimintakoevalmiit, puhtaat tilat erotetaan muista tiloista osastoinnin avulla. Kyseisiä tiloja ei saa käyttää vakituiseen läpikulkuun, mikäli viereiset tilat eivät täytä samoja puhdistusvaatimuksia. Tilat on merkittävä ”puhtausluokan P1 tila” merkinnällä (kuva 1). Osaston sisällä suoritettavissa pölyävissä töissä käytetään kohdepoistolla varustettuja työkaluja.



Kuva 1. P1-luokan asennusaluemerkintä. [53.]

Rakennustyönaikainen siivous auttaa varmistamaan puhtaustavoitteeseen pääsemisen. Työn aikaisessa siivouksessa karkean jätteen poistamiseen käytetään suurtehoimuria, lapiota tai lastaa. Hienon lian poistamisessa voidaan käyttää standardin EN 60335-2-69 mukaisia, M- tai H-luokan rakennus- ja teollisuusimureita. Harjoja ei käytetä lian poistoon P1-luokan kohteessa. [4, s. 13.]

2.2.4 Vaatimukset rakennustuotteille

Rakentamisessa käytetyt materiaalit sekä sisustusmateriaalit emittoivat erilaisia kemikaaleja huoneilmaan. Huoneilmassa olevien epäpuhtauksien määrään vaikuttavat esim.

käytettyjen materiaalien kokonaisemissiot ja ilmanvaihdon tehokkuus, joten epäpuhtauksien määrää voidaan alentaa ensisijaisesti kokonaisemissioita pienentämällä ja ilmanvaihdon tehokkuutta lisäämällä. Kemikaaliemissioiden mahdollisia lähteitä ovat esimerkiksi materiaalien raaka-aineet, valmistusprosessin virheet, materiaalien vanheneminen sekä väärinkäyttö (esim. Betonilaatta päällystetään ennen materiaalin vaatiman riittävän suhteellisen kosteuden arvon saavuttamista, jolloin tuoreen betonin liiallinen kosteus ja mahdollisesti myös alkalisuus saattavat vaurioittaa pintamateriaalia). [4, s. 20.]

Rakennusmateriaalien päästöjen hallitsemiseksi on kehitetty Rakennusmateriaalien päästöluokitus (M). Luokitus esittää erikseen vaatimukset tavanomaisissa työ- ja asuinitiloissa käytettävien rakennusmateriaalien, ilmanvaihtotuotteiden sekä pehmustettujen työtuolien päästöille. Luokitus on kolmiportainen, jossa luokat vaativimmasta kevyimpään ovat M1, M2 ja M3. Asetettaessa tilojen sisäilmastoluokaksi S1 tai S2 tulee tilojen rakennusmateriaalina käyttää pääasiassa luokan M1 materiaaleja. Muiden kuin M1 luokan materiaalien käyttö rajoitetaan 20 % huoneen sisäpinoista, jolloin määrä ei saa kuitenkaan olla suurempi kuin 1 m² muuta materiaalia huoneen lattiapinta-alaa (m²) kohti. Pinnoittamattomia tiili-, luonnonkivi-, lasi- ja metallipintoja, keraamisia laattoja sekä käsittelemättömiä haapa-, koivu-, kuusi- ja mäntylautoja ja hirsä voidaan käyttää vapaasti. [4, s. 11.]

Materiaaliyhdistelmissä päästöluokka määräytyy sen huonoimman materiaalin mukaan. Esimerkiksi M2-luokan tuotteella pinnoitettu M1-luokan materiaali kuuluu luokkaan M2, kunnes toisin on osoitettu. Kun materiaalin valmistusaineisiin tai valmistusprosessiin tulee muutoksia, on materiaalille suoritettava uusi emissiomittaus. Rakennusmateriaalien päästövaatimukset on esitetty taulukossa 5, jossa yläindeksi ¹ ilmaisee, ettei asetettu vaatimus koske formaldehydi (metanaali) päästöä. Laastit, tasoitteet ja silotteet eivät saa sisältää kaseiinia. [4, s. 20.]

Taulukko 5. M1- ja M2-luokan vaatimukset rakennusmateriaaleille. [4, s. 20.]

Tutkittavat ominaisuudet	M1 [mg/m ² h]	M2 [mg/m ² h]
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) kokonaisemissio. Yhdisteistä tunnistettava vähintään 70%	< 0,2	< 0,4
Yksittäinen VOC µg/m ³	≤ EU-LCI	≤ EU-LCI
Formaldehydin (HCOH) emissio	< 0,05	< 0,125
Ammoniakin (NH ₃) emissio	< 0,03	< 0,06
(EC) No 1272/2008 -luokitellun mukaisten luokkaan 1A ja 1B kuuluvien CMR yhdisteiden emissio ¹	< 0,005	< 0,005
Hajun hyväksyttävyyys	+ 0,0	+ 0,0

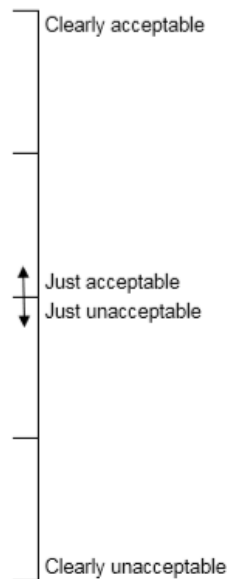
Sisustusmateriaaleista esimerkiksi pehmustettujen tuolien päästölukitukseen kuuluvat kaikki kankaiset sekä keinoahkaiset työtuolit. Tuolien testaus suoritetaan kolmen päivän iässä, jolloin päästöjen tulee täyttää taulukossa 6 esitetyt vaatimusrajat, joissa yläindeksi ¹ ilmaisee, ettei asetettu vaatimus koske formaldehydi (metanaali) päästöä. [4, s. 20.]

Taulukko 6. M1-luokan vaatimukset pehmustetuille työtuoleille. [4, s. 20.]

Tutkittavat ominaisuudet	M1 [µg/m ³]
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) kokonaisemissio. Yhdisteistä tunnistettava vähintään 70%	≤ 20
Yksittäinen VOC µg/m ³	≤ EU-LCI, ≤ 10
Formaldehydin (HCOH) emissio	≤ 10
Ammoniakin (NH ₃) emissio	≤ 10
(EC) No 1272/2008 -luokitellun mukaisten luokkaan 1A ja 1B kuuluvien CMR yhdisteiden emissio ¹	≤ 1
Hajun hyväksyttävyyys	+ 0,0

Sekä rakennus- että sisustusmateriaalien hajun hyväksyttävyyden arvo on + 0,0. Hajun hyväksyttävyyden testaus suoritetaan testikammion metodilla käyttäen standardin ISO 16000-28 mukaista 15 hengen paneelia. Testissä kouluttamattomille panelisteille esite-

tään haistettava tuote, jonka jälkeen panelisteille esitetään kysymys: “Kuvittele altistuvasti päivittäin usean tunnin ajan kyseisen testikammion ilmalle. Kuinka hyväksyttävänä pidät kammion ilmanlaatua?”, johon panelistit vastaavat alla olevan kuvan mukaisen mitta-asteikon avulla. Jotta rakennus- tai sisustusmateriaali täyttäisi M1-luokan vaatimukset, ei paneelin tulos saa jäädä hyväksyttävyyden arvon +0,0 (mitta-asteikon keski-kohta) alapuolelle. [7, s. 21.]



Kuva 2. Hajuisen kammioilman hyväksyttävyyden mitta-asteikko. [7, s. 21.]

Ilmavaihtotuotteiden, kuten kanavapuhaltimien tai suodattimien puhtausluokkaan sisältyy vain yksi puhtausluokka, M1, jolle on asetettu seuraavat yleiset vaatimukset:

- Puhtausluokiteltu tuote ei saa lisätä terveyden tai viihtyisyyden kannalta haitallisia epäpuhtauksia ilmanvaihtojärjestelmässä eikä tuloilmassa.
- Puhtausluokiteltu tuote ei saa tuottaa tuloilman laatua huonontavaa hajua tai kaasumaisia epäpuhtauksia.
- Puhtausluokitellun tuotteen tulee olla helposti puhdistettavissa.

Kyseisten vaatimusten katsotaan toteutuvan, kun tuote täyttää taulukon 7 asettamat vaatimukset valmistusprosessin jälkeen. Taulukossa yläindeksi ¹ ilmaisee vaatimuksen pe-

rustuvan Solvac-kitkanalennusaineelle tehtyihin mittauksiin osan öljyisyyden ja hajukynnyksen välisestä yhteydestä. Käytettäessä muita kitkanalennusaineita on osoitettava niiden hajukynnyksen olevan alhaisempi kuin Solvacin. Yläindeksi ² ilmaisee, että mineraalikulitujen pitoisuuden ilmvirrassa koskevan vain tuotteita, joiden valmistuksessa on käytetty kuituja sisältäviä materiaaleja.

Taulukko 7. Puhtausluokituksen vaatimukset kanaville ja kanavanosille tehtaalla. [4, s. 21.]

Epäpuhtaus	Luokituskriteeri
Kanavien öljyisyys ¹	0,05 g/m ²
Kanavaosien, päätelaitteiden, säätö- ja palopeltien öljyisyys ¹	
- Leikkaamalla, taivuttamalla tai liittämällä valmistetut osat	0,05 g/m ²
- Syvävedetyt osat, öljyä vaativat prosessit	0,3 g/m ²
Ilmavirtaan irtoavat mineraalikuidut (MMVF) ²	< 0,1 kpl/m ²
Pintapölyn määrä	< 0,1 g/m ²

Muusta kuin metallista valmistettujen kanavien materiaalien tulee täyttää rakennusmateriaalien päästöluokan M1 mukaiset ammoniakki-, formaldehydi-, TVOC- ja hajuvaatimukset mitattuna rakennusmateriaalien päästöluokituksen edellyttämällä tavalla. [4 s. 21.]

2.3 Sisäilmasto- ja ilmanvaihtoasetus

Ympäristöministeriön laatimaa sisäilmasto- ja ilmanvaihtoasetusta sovelletaan uusien rakennusten sisäilmaston ja ilmanvaihdon suunnitteluun ja rakentamiseen, sekä myös rakennusten kerrosalan lisäämisiin ja laajennuksiin. Kyseistä asetusta ei sovelleta tuotantorakennuksiin, eikä rakennuksiin, jotka on tarkoitettu käytettäväksi alle neljä kuukautta vuodessa. [8, s. 1.]

2.3.1 Sisäilmasto

Rakennuksen sisäilman huomioon ottaminen on tärkeä osa uuden rakennuksen suunnittelua. Suunnittelijan on otettava huomioon sisäilmastoon vaikuttavista tekijöistä muun

muassa lämpö- ja kosteuskuormitukset, energiatehokkuus, rakennusmateriaalit ja ulkoiset kuormitustekijät, kun sääolosuhteet. Sisäilman on oltava käyttöaikana viihtyisä, eikä hiilidioksidin hetkellisen pitoisuuden suunnitteluarvo saa nousta 1450 mg/m^3 (800 ppm) suuremmaksi, kuin ulkoilman pitoisuus. Sisäilman kosteus on pysyttävä käyttötarkoituksen mukaisissa arvoissa, eikä saisi aiheuttaa kosteusvaurioita tai terveyshaittoja. [8, s. 3.]

2.3.2 Ilmanvaihto

Sisätilojen ilmanvaihdon pitää toteuttaa tilojen käyttäjille terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilman laatu. Ilmanvaihtojärjestelmän tehtävänä on tuoda rakennukseen riittävä ulkoilmavirta ja poistaa liiallinen kosteus. Lisäksi järjestelmän on puhdistettava sisätila viihtyvyyttä haittaavista hajuista, epäpuhtauksista ja haitallisista aineista. Oleskelutilojen ulkoilmavirran on oltava vähintään $6 \text{ dm}^3/\text{s}$ henkilöä kohden suunniteltuna käyttöaikana, mutta asuinhuoneiston ulkoilmavirtaa mitoitettaessa lukema on $18 \text{ dm}^3/\text{s}$. [8, s. 4.]

Ulkoilmalaitteet, joista suodatettu tuloilma kulkeutuu rakennuksen sisätiloihin, täytyy sijoittaa niin, että rakennukseen tuleva ulkoilma on mahdollisimman puhdasta. Ulkoilmalaitteiden sijoituksessa tulee myös huomioida laitteiden riittävä etäisyys ulkoilman laatua pilaavista lähteistä kuten jätteiden säilytyspaikoista, autojen pysäköinti- ja lastauspaikoista, tuuletusviemäreiden ja savupiippujen aukoista, keskuspölynimurin ulospuhalluskohdista sekä jäähdytystorneista. [8, s. 5.]

Rakennuksista poistettava jäteilma täytyy johtaa ulos tavalla, jolla ei aiheudu terveydellistä tai muuta haittaa rakennukselle, sen käyttäjille tai ympäristölle. Jäteilman pääsy ulkoilmalaitteisiin, ikkunoihin ja oleskelualueille on estettävä. Jäteilman johtaminen rakennuksesta perustuu poistoilmaluokitukseen, jossa poistoilma luokitellaan epäpuhtauksien määrän, laadun, lähteen, hajuisuuden ja lähdetilan perusteella. Taulukkoon 8 on koottu poistoilmaluokituksen käyttöohjeet ja rajoitukset. [8, s. 6.]

Taulukko 8. Poistoilmaluokat, niiden käyttö ja rajoitukset [8, s. 5.] [9.]

Poistoilmaluokka	Kuvaus ja käytön rajoitus	Tilaesimerkki
1	Poistoilma, joka sisältää vain vähän epäpuhtauksia. Epäpuhtaudet ovat pääasiassa lähtöisin ihmisistä tai rakenteista. Ilma soveltuu palautus- ja siirtoilmaksi	Toimistotilat ja niiden yhteydessä olevat pienet varastotilat, yleisöpalvelutilat, opetustilat, eräät kokoontumistilat sekä liiketilat, joissa ei ole hajukuormitusta
2	Poistoilma, joka sisältää jonkin verran epäpuhtauksia. Ilmaa ei käytetä muiden tilojen palautusilmana, mutta se voidaan johtaa siirtoilmana esimerkiksi WC- ja pesutiloihin.	Asuinhuoneet, ruokailutilat, kahvikeittiöt, myymälät, toimistorakennusten varastot, pukuhuoneet sekä ravintolatilat, joissa tupakointi on kielletty
3	Poistoilma tiloista, joissa kosteus prosessit, kemikaalit ja hajut oleellisesti huonontavat poistoilman laatua Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana.	WC- ja pesutilat, saunat, asuinhuoneistojen keittiöt, jakelu- ja opetuskeittiöt, piirustuskopiointitilat.
4	Poistoilma, joka sisältää pahanhajuisia tai epäterveellisiä epäpuhtauksia huomattavasti enemmän, kuin sisäilman hyväksyttävät pitoisuudet. Ilmaa ei käytetä palautus- tai siirtoilmana.	Ammattimaisessa käytössä olevat - vetokaapit, grillit ja keittiöiden kohdepoistot - pesuloiden likapyykki-tilat Autosuojat ja ajotunnelit, maalien ja liuottimien käsittelyhuoneet, elintarvikejätehuoneet, kemialliset laboratoriot, tupakointitilat sekä hotellitilat, joissa tupakointi on sallittu

Palautus- ja siirtoilmana on sallittua käyttää vain ilmanpuhtaudeltaan samanarvoisten tai puhtaampien tilojen ilmaa, joka ei saa sisältää haitallisia määriä epäpuhtauksia. Palautus- ja kierrätysilman käyttö ei saa aiheuttaa epäpuhtauksien, erityisesti hajujen haitallista leviämistä. Palautusilmana ei tulisi käyttää poistoilmaluokkien 2, 3 ja 4 ilmaa. Ilmanvaihtojärjestelmän tulee olla riittävän tiivis ja luja. Epäpuhtaudet eivät saa päästä haitallisissa määrin leviämään rakennuksessa ilmanakanavien ja laitteiden kautta. [8, s. 5.]

3 Hajujen lähteet sisäilmassa

3.1 Sisäilman perusedellytykset ja epäpuhtaudet

Ulkoilmassa ihmisten hengittämät hiukkaset ja pienhiukkaset ovat lähinnä peräisin katu-
pölystä, siitepölystä, liikenteen tai teollisuuden päästöistä tai eri palamisreaktioista.
Nämä ihmiselle epäterveelliset hiukkaset kulkeutuvat sisäilmaan lähinnä ilmanvaihdon

kautta, jota voidaan säädellä suodattimien avulla. Hiukkasia voi myös siirtyä hallitsemattomasti sisäilmaan rakenteiden läpi. Ihmisten toiminta vaikuttaa suuresti sisäilman hiukkasten määrään ja koostumukseen. Tupakointi, siivouksen tiheys ja laatu, kotieläimet sekä tekstiilien määrä ovat merkittäviä tekijöitä hiukkasten ja pienhiukkasten määrään sisätiloissa. [10.] Hiukkaset saavat sisätilassa aikaan erilaisia hajuja riippuen niiden lähteistä. Tavallinen huonepöly voi saada aikaan tunkkaisen hajun, kun taas tupakoinnista peräisin olevat hiukkaset aiheuttavat täysin erilaisia, mutta yhtä lailla epämiellyttäviä hajuja.

Hyvän sisäilman perusedellytyksen täyttää huoneisto, jossa ei tupakoida, ei ole lemmikkieläimiä, siivous suoritetaan tarvittavan tiheään ja laadukkaasti, ja jossa on toimiva lämmitys sekä puhdas ilmanvaihto. Myöskään kosteus- tai homevaurioista ei saa näkyä jälkiä. Vaikka hyvän sisäilman perusedellytyksiä noudatettaisiinkin, voi huoneiston asukkailla silti esiintyä silmä- tai hengitysoireita sekä hajuhaittoja. Tällöin syyt voidaan kohdistaa orgaanisiin tai epäorgaanisiin yhdisteisiin, jotka voidaan yhdistää kemiallisiin epäpuhtauksiin. [11.]

3.2 Sisäilman kaasumaiset epäpuhtaudet

Ulkoilmasta kulkeutuvien ja tilan käyttäjien toiminnasta johtuvien epäpuhtauksien lisäksi sisäilmaan päätyy kaasumaisia epäpuhtauksia, jotka ovat lähtöisin esimerkiksi rakennusmateriaaleista, niiden hajoamisreaktioista tai kosteusvaurioista. Epäorgaanisia, kaasumaisia yhdisteitä, jotka ovat merkittäviä sisäilman laadun kannalta, ovat mm. hiilidioksidi, hiilimonoksidi (häkä), rikkiyhdisteet, typen oksidit sekä ammoniakki, joista hiilidioksidi ja hiilimonoksidi ovat hajuttomia. [11.] [12.] Hiilidioksidin määrä sisäilmassa voidaan yhdistää suoraan ihmisistä peräisin olevien epäpuhtauksien määrään. Ympäristöministeriön mukaan sisäilmassa sallittu enimmäispitoisuus hiilidioksidille on 0,12 %. Lyhytaikainen altistus jopa 2 prosentin hiilidioksidipitoisuuksille ei ole kuitenkaan todettu aiheuttavan haitallisia terveysvaikutuksia. [13.]

Taulukko 9. Yleisiä sisäilman kaasumaisia epäpuhtauksia [14.] [15.] [16.] [17.]

Epäpuhtaus	Haju	Terveyshaitat	Aiheuttaja(t)	Ratkaisut
Ammoniakki	Pistävä, mätä	Limakalvon ärsytysoireet	Kostuneet tasoi- teet, kotieläinten eritteet, ihmiset	Ilmanvaihdon lisääminen, tasoi- tekerroksen poisto
Formaldehydi	Pistävä	Silmien ja ylä- hengitysteiden ärsytys	Lastulevyjen liima- aine, tupakointi, maalit, pinnoitteet, korkea kosteus ja lämpötila	Tuuletus ja il- manvaihdon te- hostus, rakentei- den purku, eri- koismaalit, hu- onekalujen hävi- tys
Hiilidioksidi	Hajuton	Tunkkaisuus, väsymys, päänsärky, keskittymisvai- keudet	Riittämätön ilman- vaihto, ihmisen ai- neenvaihdunta	Ilmanvaihdon li- sääminen
Hiilimonoksidi	Hajuton	Häkämyrky- tysoireet: päänsärky, pa- hoinvointi, hengenahdis- tus	Hiilen epätäydellinen palaminen, pakokaa- sut, tulisijat, kaasulie- det, tupakointi	Tulisijojen oi- keinkäyttö, pa- kokaasujen ulosohjaaminen
Radon-säteily	Hajuton	Keuhkosityöpä	Porakaivovesi, maa- perä, talon rakenteen raot	Radontuuletus, radonputkisto, alapohjaraken- teiden tiivistys
Tupakansavu	Palanut	Keuhkosityöpä, silmien, kurkun ja hengitystei- den ärsytys	Käyttäjät	Savuttomuus
Viemärin haju	Rikki, mätä	Silmien ja li- makalvojen ärs- ytys, pään- särky	Likaiset ja kuivat lat- tiakaivot tai vesilukot, huonosti toimivat vie- märit, tukokset	Lattiakaivojen ja vesilukkojen puhdistus ja ve- den laskeminen

Ammoniakki on väritön kaasu, jota ilmenee sisäilmassa tavallisesti 0,071 – 7,1 µg/m³ pitoisuuksina. Kohonneesta ammoniakkitasosta kertoo yhdisteen pistävä ja mätä haju. Visuaalisia merkkejä tason kohoamisesta ovat lattiaparketin tummumat tai läikät lattia- tai seinätasoi- teissa. Ihmisille liian suuri määrä ilmassa olevaa ammoniakkia aiheuttaa limakalvon ärsytysoireita. Asumisterveysasetuksen mukaan kohonneen ammoniakkipi-

toisuuden rajana pidetään $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kohonneen ammoniakkitason aiheuttaa pääsääntöisesti kostuneet tasoitteet, kotieläinten eritteet sekä ihmiset. Ongelmien pysyessä lievinä, voi ilmanvaihdon lisääminen korjata asian, mutta pahemmissa tilanteissa joudutaan tasoitekerros poistamaan. [17.]

Formaldehydi on haihtuva ja väritön orgaaninen yhdiste, jota ei saa ilmentyä sisäilmassa vuosikeskiarvona yli $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja lyhytaikaisen, 30 minuutin mittauksen aikana yli $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Formaldehydin haju on pistävä ja pitoisuuden ylittäessä kyseisen toimenpiderajan, voi yhdiste aiheuttaa ihmisille silmien tai ylähengitysteiden ärsytystä. Oireita voi ihmiskohtaisesti ilmentyä pienemmissäkin pitoisuuksissa. Korkean formaldehydipitoisuuden aiheuttajia ovat mm. lastulevyjen liima-aine, tupakointi, maalit tai pinnoitteet. Myös korkea sisäilman kosteus tai lämpötila voi saada formaldehyditason kohoamaan, ja siksi syksyllä ulkoilman kosteuden ollessa korkeimmillaan, voi yhdisteen pitoisuustaso olla moninkertainen verrattuna talvella mitattuihin arvoihin. Pitoisuuksia voi yrittää laskea tiloja tuulettamalla ja ilmanvaihtoa tehostamalla. Formaldehydin rakenteista haihtumista voidaan hidastaa erikoismaaleilla, tai jos kyseessä on vanha rakennus, voidaan rakenteita purkaa kokonaan. Myös runsaasti formaldehydiä sisältävistä huonekaluista on syytä hankkiutua eroon. [15.] [17.]

Hiilidioksidin pitoisuus ulkoilmassa on noin 400 ppm, eli noin $720 \text{mg}/\text{m}^3$ ja sisäilmassa tyydyttyvän hiilidioksidipitoisuuden rajana voidaan pitää 1500 ppm, eli noin $2700 \text{mg}/\text{m}^3$. Liian korkea hiilidioksidipitoisuus voi aiheuttaa sisäilmassa tunkkaisuutta ja ihmisissä väsymystä, päänsärkyä ja keskittymisvaikeuksia. Hiilidioksidi on pääosin peräisin ihmisistä, mutta korkean hiilidioksidipitoisuuden syynä on usein riittämätön ilmanvaihto. Ilmanvaihtoa parantamalla voidaan pitää hiilidioksidipitoisuudet riittävän alhaisina. [18.]

Hiilimonoksidi, eli häkä on ihmiselle hengenvaarallinen yhdiste, joka pienissäkin määrissä aiheuttaa oirehdintaa. Hiilimonoksidin toimenpideraja on asumisterveysasetuksen mukaan $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka ei saa ylittyä edes hetkellisinä pitoisuuksina. Hiilimonoksidi on hajuton ja väritön kaasu, joka aiheuttaa ihmisille häkämyrkytysoireita, joihin lukeutuvat mm. päänsärky, pahoinvointi sekä hengenahdistus. Hiilimonoksidia syntyy hiilen epätäydellisestä palamisesta, pakokaasuista, tulisijoista, kaasuliesistä ja tupakoinnista. Pitämällä huolen tulisijojen oikeinkäytöstä ja pakokaasujen oikeasta ulosohjautumisesta, voidaan pitää hiilimonoksidipitoisuudet tarvittavan alhaisina. [18.]

Tupakansavu sisältää edellä mainittujen yhdisteiden lisäksi muun muassa bentseeniä, butaania sekä nikkeliä. [19] 16 eri ainesosaa sisältävä, terveydelle haitallinen savu pinttyy herkästi huoneen pintoihin ja koetaan herkästi vastenmieliseksi. Tupakansavulla on erittäin alhainen hajukynnys, joten hyvin pienikin pitoisuus voidaan havaita aistivaraisesti. [20] Tupakansavun aiheuttamien sisäilmaongelmien pääsyynä on käyttäjät, ja asunnon pintoihin pinttyneen tunkkaisen hajun poissaaminen voi vaatia täydellisen pintaremontin. [21] Tupakansavu sisäilmassa voi aiheuttaa keuhkosityöpää tai ärsyttää silmiä, kurkkua ja hengitysteitä. Asunnoissa tupakointi on vähentynyt ja usein taloyhtiön toimesta kiellettyä, kuten myös mahdollisesti parvekkeilla ja sisäänkäyntien läheisyydessä, joten tupakansavun kulkeutuminen sisätiloihin on vähentynyt. [20][21] Sisäilman nikotiinipitoisuutta voidaan mitata 3M-pasiivikeräimellä, joka kerää sisäilmanäytettä keskimääräisesti kahdeksan tuntia tupakointitiloissa ja muissa tiloissa viikon ajan. Tupakansavu nikotiinipitoisuus sisäilmassa ei saa ylittää 0,05 µg/m³. [23.]

Radon on hajuton ja näkymätön maaperästä kulkeutuva, radioaktiivinen kaasu. Säteilylain mukainen vuosikeskiarvo radonpitoisuuksille on vanhoissa rakennuksissa 300 becquereliä/m³ ja uusissa rakennuksissa 200 becquereliä/m³. Maaperän lisäksi radonia voi kulkeutua porakaivovesistä tai talojen rakenteiden rakojen kautta. Korkeat Radon-pitoisuudet sisäilmassa voivat aiheuttaa keuhkosityöpää. Liiallisen radonin poistamiseen voidaan käyttää radontuuletusta tai asentaa perustuksiin radonputkisto. Rakenteiden rakojen, kuten alapohjarakenteiden tiivistämisellä ja ryömintätilan kunnollisella tuuletuksella voidaan välttää radonpitoisuuden kohoamista. Radonpitoisuuksia voidaan pienentää myös rakennuksen ilmanvaihdon parantamisella. [17.]

Likaiset ja kuivat lattiakaivot tai vesilukot saavat sisätiloissa aikaan epämiellyttävän rikkimäisen ja mädän hajun. Viemärimäinen haju pääasiassa viihtyvyyshaitta, mutta voi myös aiheuttaa tilan käyttäjille silmien ja limakalvojen ärsytystä sekä päänsärkyä. Viemäriin hajun voi sisäilmassa aiheuttaa myös vuotavat viemäriputkien tiivisteet tai tukokset. Myös ilmanvaihdon paineenvaihtelu tai viemäreiden tuuletusputkien umpeutuminen (esim. jäätyminen talvella) voivat olla viemärihajuongelmien takana. [20.] Viemäriin hajun poistamiseksi riittää usein lattiakaivojen ja vesilukkojen puhdistus ja veden laskeminen, mutta ongelmien liittyessä viemärien huonosta toiminnasta, tarvitaan jatkoselvityksiä ja korjauksia. [17.]

Haihtuvista orgaanisista yhdisteistä, eli VOC-yhdisteistä styreeni omaa pistävän hajun, ja yhdisteelle altistuminen voi aiheuttaa silmien ärsytystä, allergisia reaktioita, hermoston toimintahäiriöitä, päänsärkyä sekä äärimmäisissä tapauksissa jopa kromosomimuutoksia. Styreenillä on muihin VOC-yhdisteisiin verrattuna matala toimenpideraja yhdisteen vaikutusten takia. Styreenin ilmeneminen sisäilmassa voi olla peräisin kumimatoista tai polyesterihartsista. Muita VOC-yhdisteitä voi kulkeutua sisäilmaan hajusteista, liikenteestä, puhdistusaineista tai mikrobikasvustoista. [11.]

Taulukko 10. Tyypillisiä sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) päästölähteitä [11.]

Yhdisteryhmä: tyypillisiä yhdisteitä	Mahdollisia päästölähteitä
aldehydit: pentanaali, heksanaali, heptanaali, oktaani, nonanaali	puurakenteet, lastulevy, tapetit, lattiavahat, hajusteet, linoleumi, kostea mineraalivilla
bentsaldehydi	pakokaasut, lastu- ja kuitulevyt
alifaattiset ja sykliiset hiilivedyt: heksaani, heptaaani, oktaani, sykloheksaani, metyyli sykloheksaani	liimat, bensiini, pakokaasut, liuottimet, polyuretaani
nonaani, dekaani, un-, do-, tri-, tetra-, penta- ja heksadekaani	pakokaasut, polttoöljy, dieselöljy
C4-C5-hiilivedyt: butaanit, pentaanit	kylmä-, punne- ja vaahdotusaineet, nestekaasu(butaani), polyuretaani
alkoholit: propanolit, butanolit, pentanolit	liuottimet, puhdistusaineet, maalit
aromaattiset hiilivedyt: etyylibentseeni, ksyleenit, trimetyylibentseenit, tolueni	maalit, lakat, liimat, pakokaasut, bensiini, liuottimet, seinäpinnoitteet, polyuretaani, puhdistusaineet
bentseeni	bensiini, pakokaasut, tupakka
styreeni	polyesteri(lujitemuovi)hartsit, kumimatot
glykolit: 1-metoksi-2-propanoli, 1-etoksi-2-propanoli	vesiohenteiset maalit, lakat
1,2-propaanidioli, 2-(2-etoksietoksi)etanoli	korkkilaatat
klooratut hiilivedyt: tri- ja tetrakloorieteeni, 1,1,1-trikloorieteeni	liuottimet, kuivapesuaineet, liimat
siloksaanit: mm. dekametyyli syklopentasiloksaani	saumausaineet, kosteuseristeet, tekstiilien lian hyljintäpinnoitteet
terpeenit: alfa- ja beeta-pineeni, 3-kareeni, limoneni	puumateriaalit, hajusteet, puhdistusaineet, maalit, liuottimet
muut: TXIB, 2-etyyliheksanoli	muovimatot
1,4-diklooribentseeni	deodorantit, koimyrkyt, ilmanraikasteet

4 Sisäilman yhdisteiden hajut

Haju on yleensä ensimmäinen asia, joka ihmiselle kertoo poikkeavasta sisäilmasta. Hajuun voidaan tottua ajan myötä, mutta yhdisteiden ärsytysvaste pysyy samana, ja saattaa jopa kasvaa ajan myötä. Ärsytysvasteen kasvaessa, myös ihmisen saamat reaktiot kasvavat. Haju- ja ärsytyskynnyksen välinen suhde ei ole vakio, vaan sen vaihtelee eri yhdisteillä. Joillain yhdisteillä, varsinkin reaktiivisilla (esim. alifaattiset alkoholit, ketonit, alkyylibentseenit), voi hajukynnyksen antama turvallisuusmarginaali ärsytysvastuksen suhteen olla erittäin kapea. Tällöin lähes heti yhdisteen haistettuaan voi olettaa ärsytystä ja kehon reaktioita. Uusien materiaalien päästöt ovat usein lyhytaikaisia ja katoavat kuu-kausien kuluessa, joten huomattavat oireilut ovat epätodennäköisiä. Tosin virheellisten tai poikkeavan vahvojen rakennusmateriaalien päästöt saattavat jatkua tavallista pidempään. Vanhoissa rakenteissa sen sijaan ongelmana voi olla materiaalien hajoamisreaktio, jonka seurauksena asukas saattaa altistua tavallista enemmän kemiallisille yhdisteille. [45, s. 17.]

Ihmiset viettävät nykyään yhä suuremman osan elämästään sisällä, jopa 90%, joten sisäilmanlaadulla on suuri merkitys ihmisten elämänlaatuun. Usein hajuhaittojen syynä ovat karbonyyliyhdisteet, kuten aldehydit, ketonit ja karboksyylihapot. Myös aromaattiset hiilivedyt lasketaan hajuhaittayhdisteisiin. Hajuhaitan aiheuttajana voi olla yksittäinen yhdiste, tai se voi aiheutua usean yhdisteen seoksesta. Sama yhdisteen haju voi olla täysin erilainen erilaisissa konsentraatioissa. Esimerkiksi puhtaan metyyli-isoborneolin hajua kuvataan kamferimaiseksi, mutta laimeana liuksena haju muistuttaa enemmänkin maamaista. [45, s. 21.]

Taulukko 11. Yleisiä hajuhaittayhdisteitä [45.]

Yhdiste/aine	Hajukynnys ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hajun tyypillinen kuvaus
Nonanaali (aldehydi)	13	paha, talimainen
Heksanaali (aldehydi)		ruoho
2,3-butaanidioni (ketoni)	16	kinuski, toffee
Asetoni (ketoni)		makea, terävä, pistävä
Karboksyylihapot (esteri)		paha, pistävä, etikka
Rikkiyhdisteet	< 5	mätä, pilaantunut
1,2-propaanidioli (esteri)		imelä, lakkamainen

Yleisimmin havaituilla yhdisteillä, kuten aldehydeillä, ketoneilla ja estereillä on tunnistettavat hajunkuvaukset ja osalla mitattu hajukynnys, kuten taulukko 11 osoittaa. Aldehydien hajunkuvaukset ovat pääasiassa epämiellyttäviä ja voimakkain haju havaitaan tavallisesti nonanaalilla (paha, talimainen), jonka hajukynnys on ilmassa erittäin alhainen ($13 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mikä johtaa siihen, että yhdisteen haistaa ympäristöstä erittäin herkästi. Ketoneista matalin hajukynnys on 2,3-butaanidionilla ($16 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Epämiellyttävän hajuisiksi yhdisteiksi koetaan myös rikkiyhdisteet, joiden hajua kuvataan usein mädäksi ja pilaantuneeksi. Rikkiä sisältävien yhdisteiden hajukynnysarvot ovat erittäin matalia (alle $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Myös 1,2-propaanidiolia voidaan havaita asuntojen sisäilmassa, ja sen hajua voi kuvailla imeläksi ja lakkamaiseksi [45, s. 32.]

4.1 PAH-yhdisteet

Monet polysykliset aromaattiset hiilivedyt, eli PAH-yhdisteet ovat syövällekin altistavia karsinogeenisiä. Kivihiilipiki, joka sisältää runsaasti PAH-yhdisteitä, on voimakkaan pistävän hajuinen materiaali, joka muistuttaa ratapölkyn hajua. Vahvojenkin hajujen havainnointi vaikeutuu olosuhteiden mukaan, sillä esimerkiksi kuivissa olosuhteissa herkästi haihtuvat yhdisteet voivat poistua, jättäen kivihiilipien olomuodon hauraaksi, ja hajun vaikeammin havaittavaksi. [25.] PAH-yhdisteitä runsaasti sisältävää kivihiilipikeä käytettiin 1890- ja 1950-lukujen välillä kosteuden- ja vedeneristeenä. Myös pihojen kansirakenteissa, muuratuissa välipohjissa sekä uima-altaissa on voitu käyttää kivihiilipikeä. [25.]

4.2 VOC-yhdisteet

VOC-yhdisteitä on satoja ja jopa yksittäinen yhdiste voi olla ihmisen terveydelle haitallinen. Huoneilman VOC-pitoisuuksiin vaikuttavat mm. rakennuksen ikä, materiaalit, ilmanvaihto, lämpötila, kosteus ja puhdistusaineet. Materiaalipäästöjä on paljon juuri valmistuneissa taloissa, sillä uusista pinnoista haihtuu sisäilmaan materiaalien tuotantoaineita, jotka vähenevät ajan myötä. VOC-yhdisteiden yleisimpiä terveyshaittoja ovat silmien ja limakalvojen ärsytysoireet sekä päänsärky. Asumisterveysasetuksen (STM 2015) mukaan yksittäisen VOC-yhdisteen pitoisuus sisäilmassa ei saa ylittää 50 µg/m³, eikä VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuus saa olla suurempi, kuin 400 µg/m³. [17.]

Taulukko 12. Sisäilman orgaaniset yhdisteet [11.]

Lyhenne	Nimi	Merkitys	Kiehumispiste
VVOC	<i>Very Volatile Organic Compounds</i>	Erittäin haihtuvat yhdisteet	0 – 100 °C
VOC	<i>Volatile Organic Compounds</i>	Haihtuvat yhdisteet	50 – 260 °C
SVOC	<i>Semi Volatile Organic Compounds</i>	Puolihaihtuvat yhdisteet	240 – 400 °C
POM	<i>Particulate Organic Matter</i>	Partikkeleihin sidotut yhdisteet	>380 °C

VOC-ongelmat ovat aina tapauskohtaisia, ja on tärkeää selvittää, mikä on VOC-päästön lähde. Kun päästön lähde on tunnistettu, on mahdollista suorittaa tarvittavat toimenpiteet. Ongelma voidaan ratkaista mm. poistamalla haitalliset rakennus- tai sisustusmateriaalit, sekä irtaimisto sisätiloista, välttämällä hajuhaittoja aiheuttavien pesuaineiden käyttöä tai lisäämällä ilmanvaihtoa ja tuulettamalla. [17.] VOC-yhdisteiden suuren määrän takia yksittäisten yhdisteiden hajut voivat erota huomattavastikin toisistaan.

4.3 Mikrobit

Sisäilmassa epäpuhtauksia ja hajuja voivat aiheuttaa mikrobit, joita syntyy kosteissa olosuhteissa. Puu, kipsilevyn pahvi, tapetti tai muut selluloosat tuotteet ovat oivia kasvualustoja monille mikrobeille, mutta usein pelkkä huonepölykin riittää. Mikrobikasvustoa saattaa muodostua jopa betonin tai tiilen pinnoille, jos pinnalle on kertynyt pölyä tai muuta likaa. Ympäristössä vallitseva kosteus ja materiaalien kosteusrasitus voi lyhytaikaisena

olla rakenteille harmitonta, mutta pitkäaikaisena se voi johtaa home- ja lahovaurioihin (kuva 3). Paras tapa välttää rakenteiden homehtuminen on pitää ne kuivana, sillä materiaaleissa on yleensä aina mikrobeja. [24.]



Kuva 3. Rakennuksen väliseinässä olevaa mikrobivauriota.

Mikrobit tarvitsevat kasvaakseen tarpeeksi korkean ilmankosteuden, oikeanlaiset ravinteet, optimilämpötilan, oikean happamuustason sekä riittävästi happea ja valoa. Mikrobikasvustoa voi syntyä, kun ilman suhteellinen kosteus on yli 30%. Suhteellisen ilmankosteuden ollessa 70% mikrobikasvustot ovat hyvin todennäköisiä, mutta olosuhdevaatimukset vaihtelevat eri mikrobeilla. Mikrobin ravinteiksi käyvät tavallisesti huonepöly ja selluloosapohjaiset materiaalit. Mikrobit voivat elää erittäin laajalla lämpötila-alueella, joidenkin mikrobin pärjätessä jopa pienessä pakkasessa. Mikrobikasvustoa voi ilmentyä erittäin happamissa, kuin emäksisissäkin ympäristöissä, esimerkiksi betonipinnoilla. Mikrobeista homeet tarvitsevat kasvaakseen happea, kun taas bakteerit voivat elää ilman. Useimmat mikrobit kasvavat ja tuottavat itiöitä hämärissä tiloissa tai täysin pimeässä. Homeiden itiöntuotantoa valoisuus sen sijaan edistää. [24.]

Kosteusvauriomikrobin tuottamat myrkylliset aineenvaihduntatuotteet, toksiinit ovat pysyviä kemiallisia yhdisteitä, jotka voivat ilmestyä esimerkiksi muovipinnoille. Homeet ja itiöivät bakteerit tuottavat satoja erilaisia toksiineja, jotka kaikki tosin eivät ole ihmisille haitallisia. Toksiinit eivät yleensä haihdu, vaan leijuvat ilmassa hiukkasten mukana ja

saattavat aiheuttaa erilaista vahinkoa ihmiskehölle, kuten haitata elimistön puolustussoluja, vahingoittaa keuhkosoluja tai haitata keuhkojen värekarvoja. [26.] MVOC-yhdisteet, eli mikrobien kaasumaiset aneenvaihduntatuotteet ovat yksi vaihtoehto sieni-itiöiden sekä mikrobeista irtoavien aineiden lisäksi sisäilman oireiden aiheuttajiksi. Nämä aistitaan usein homeen hajuna ja saattavat ärsyttää limakalvoja. [27.]

4.4 Toimenpiderajat

Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista sisältää raja-arvot sekä pitkäaikaiselle, että lyhytaikaiselle altistumiselle. Annetut raja-arvot ovat arvoja, jotka on otettava huomioon työympäristön suunnittelussa tai sisäilmanlaadun arvioinnissa. Kun sisäilmassa olevien yhdisteiden HTP-arvot pysyvät rajojen alapuolella, ei altistumisesta tulisi haittaa tai vaaraa. HTP-arvo ei kuitenkaan poista mahdollisuutta oirehtimisista esimerkiksi yhdisteiden syöpää aiheuttavien ominaisuuksien takia. [28.]

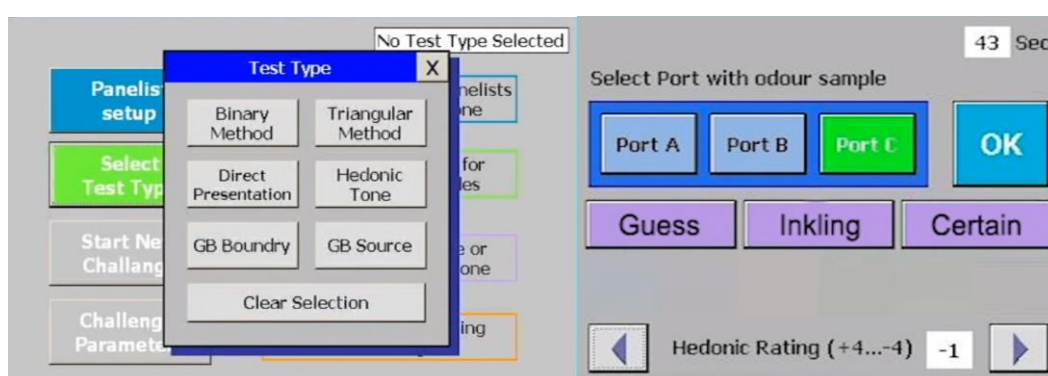
HTP-arvot on annettu työpaikan sisäilmalle, olettaen ihmisten hengittävän tavalliseen tahtiin ja työskennellen kahdeksan tuntia vuorokaudessa. Pidempiä työpäiviä tehdessä tai raskaan työn vaikutuksesta voimakkaammin hengittäminen saattavat altistaa suuremmille määrille haitallisia aineita, vaikkei sisäilman epäpuhtauden pitoisuus ylittäisikään HTP-arvoa. HTP-arvo ottaa myös huomioon muutoin, kuin hengityksen välityksellä altistumisen, kuten ihon läpi imeytyvät yhdisteet, kuten fenoli ja useat liuotainaineet. [28.]

HTP-arvot annetaan yleensä pitoisuuksien kahdeksan tunnin aikapainotettuina keskiarvoina. Kahdeksan tunnin HTP8h-arvo saa ylittyä lyhyinä ajanjaksoina, kunhan keskiarvo pysyy rajan alapuolella.

5 Hajujen havainnointi

5.1 Dynaaminen olfaktometri

Dynaamisella olfaktometrillä voidaan määrittellä hajuja ja niiden voimakkuuksia valitun paneelin avulla. Dynaaminen olfaktometri mahdollistaa erilaisten täydentävien tekniikoiden käyttämisen, kuten hajukonsentraation, hajukynnyksen, voimakkuuden sekä hajun hedonisen asteikon määrittämisen. Hajuisia kaasuja voidaan myös vertailla hajuttomiin kaasuihin, ja asiantuntijapaneelien koulutus ja arviointi tapahtuvat automatisoidusti. [29.]



Kuva 4. a) SC300:n testimetodivalikko. b) Triangular Forced Choice -metodi käynnissä. [47.]

Yleisin ja tunnetuin olfaktometrian standardi on SFS-EN 13725 (*European Normalization Standard*), mutta eri valmistajien dynaamiset olfaktometrit on ohjelmoitu käyttämään myös muiden standardien mukaisia testimetojeja. Yhdysvaltain ASTM E679 (*American Society of Testing and Materials*), Australian ja Uuden Seelannin AS/NZ 4323.3, sekä Saksan VDI 3882 (*Verein Deutscher Ingenieure*) sisältävät myös dynaamisten olfaktometrien käyttämiä testimetojeja. [29.] [30.] [31.] [32.] [33.]

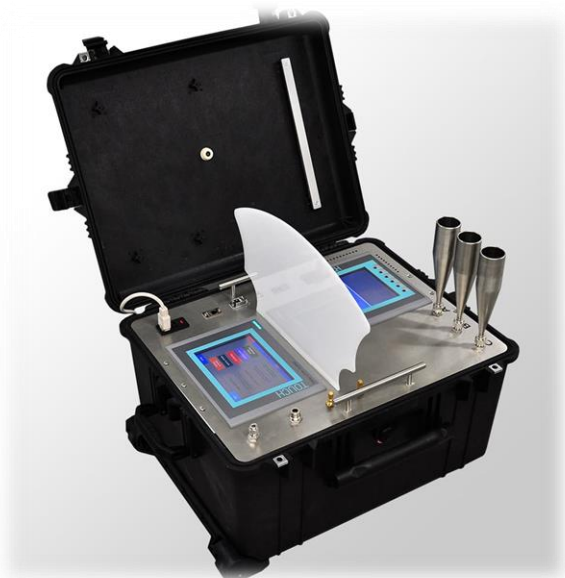
Kyllä/Ei-metodi (Yes/No) on SFS-EN 13725-standardin mukainen metodi, jossa hajun arvioijaa pyydetään arvioimaan tietystä ”putkesta” esitettyä kaasua ja ilmoittamaan havaitseeko hän hajun. Arvioija on tietoinen siitä, että joissakin tapauksissa voidaan esittää pelkkää neutraalia kaasua. Toinen ”putki”, jossa esitetään aina neutraalia kaasua, voidaan asettaa arvioijan saataville vertailun vuoksi. [29.]

Pakotettu valinta -metodia (Forced Choice) ilmenee sekä SFS-EN 13725, sekä ASTM E679 -standardeissa, ja testissä arvioijalle esitetään kaksi tai useampi ”putki”, joista toisessa esitetään ärsyke ja toisessa neutraali kaasu. Ärsykkeen sijainti peräkkäisissä esityksissä jakautuu satunnaisesti kahteen tai useampaan ”putkeen”. Arvioijaa pyydetään ilmoittamaan, mikä ”putkista” oli se, jossa ärsykettä ilmeni. Jos arvioija epäilee, pyydetään häntä ilmoittamaan oikea ”putki” sattumanvaraisesti. Arvioija kertoo putken ilmoitettuaan, oliko hänen valintansa varma tieto, aavistus vai puhdas arvaus. Tällöin kyseessä on *kolmiosainen pakotettu valinta* -metodi (Triangular Forced Choice, kuva 2 b). Jos vastausvaihtoehdoiksi annetaan vain tieto tai arvaus, on kyseessä *kaksiosainen pakotettu valinta* -metodi (Binary Forced Choice). [29.] [34.]

Yleisimpien metodien, *Kyllä/Ei* sekä *pakotettu valinta* -metodien lisäksi dynaamisilla olfaktometreillä voidaan tutkia hajujen voimakkuutta ja hedonista sävyä (eli miellyttävyyttä) standardin VDI 3882 mukaan. [34.]

5.1.1 Olfaktometrit

Scentroid Technologyn SC300 (kuva 5) on kannettava olfaktometri, joka mahdollistaa standardien mukaisen hajutarkastelun laboratorioden ulkopuolella. Laitteeseen on ohjelmoitu mahdollisuudet eri testityyppien toteuttamiseen (kuva 4a), kuten *pakotettu valinta* -moodi, jossa testihenkilölle esitetään hajuista kaasua, sekä neutraalia kaasua, joista tämän on tunnistettava hajuinen kaasu, ja ilmaistava onko kyseessä tieto, aavistus vai puhdas arvaus (kuva 4b). [29.] [35.]



Kuva 5. Dynaaminen olfaktometri SC300 [48.]

Scentroidin SS400 mahdollistaa laboratorion ulkopuolisen olfaktometrian kuudelle henkilölle samanaikaisesti. Laite asetetaan esimerkiksi pöydän keskelle, jolloin yhdenaikainen testaaminen on mahdollista (kuva 6). Toisin kuin SC300:lla, SS400:lla ei ole mahdollista toteuttaa jokaista standardin SFS-EN 13725 mukaista testityyppiä, vaan laitteella voidaan testata *kyllä/ei*-metodilla, *binäärisellä* metodilla ja *hedonisen sävyn* sekä *intensiivisyyden* metodilla. *Pakotettu valinta* -metodi ei ole laitteella suoritettavissa. [36.]



Kuva 6. Dynaaminen olfaktometri SS400 [48.]

Scentroid SK5 on n-butanolin *herkkyyspakkaus*, jonka avulla voidaan mahdollistaa oikean ja tarkan määrän n-butanolia dynaamisella olfaktometrillä tai kenttäolfaktometrillä suoritettuihin testeihin. Laitte sekoittaa n-butanolin puhtaan ilman kanssa oikean vahvuiseksi ja on vaihtoehtona valmiiksi sekoitetuille, paineistetuille sylintereille, jotka vaativat varovaisen kuljetuksen, erityisen luvan sekä ravistuksen ennen käyttöä. Pakkaus voi tuottaa n-butanolia 4 – 40 ppm konsentraatiovälillä. [47.]

TO-Evolution on Olfasensen valmistama dynaaminen olfaktometri joka tukee viittä standardin mukaista testityyppiä (kuva 7). [34.]



Kuva 7. TO-Evolution. [49.]

AC'SCENT Olfaktometri on Pohjois-Amerikan yleisin olfaktometri, joka hyödyntää sekä Euroopan, Pohjois-Amerikan, että Kiinan standardien mukaisia testimetodeja. Laitteen testimetodeja ovat mm. *pakotettu valinta* -metodi, *Kyllä/Ei* -metodi sekä *suora esitys*.

Taulukko 13. Dynaamisten olfaktometriä ominaisuudet

Olfaktometri	Ominaisuudet	+/-
Dynaamiset olfaktometrit		
Scentroid SC300	neljä testimetodia n-butanolitesti hedonisuustesti paino alle 20 kg,	+ kevyt + monta testimetodia + sisältää n-butanolitestin - vain yksi panelistipaikka
Scentroid SS400	kolme testimetodia kuusi panelistipaikka paino 30 kg + 5 kg ilmasäiliö	+ monta panelistipaikkaa + melko kevyt - vähemmän testimetodeja
TO-Evolution	kuusi testimetodia hedonisuustesti kaksi, neljä tai kuusi panelistipaikka nopea analysointi paino 28,7 / 43,1 / 57,5 kg	+ monta testimetodia + eri kokoja ja versioita - melko painava
AC'SCENT	viisi testimetodia yksi panelistipaikka paino 160 kg	+ monta testimetodia - vain yksi panelistipaikka - painava

5.2 Kenttäolfaktometri

Kenttäolfaktometri on kannettava versio dynaamisesta olfaktometristä, jolla voidaan mitata ilman hajujen vahvuuksia paikan päällä eri kohteissa. Kenttäolfaktometrit mittaavat ympäröivää ilmaa päästämällä sitä laitteen läpi pieniä määriä kerrallaan, ja suodattamalla lopun ilman. Kenttäolfaktometriä suodatus- ja mittausmenetelmät vaihtelevat valmistajien mukaan. Mittaustuloksena saadaan D/T arvo, eli laimennussuhde hajukynnyksen kohdalla.

5.2.1 Scentometer

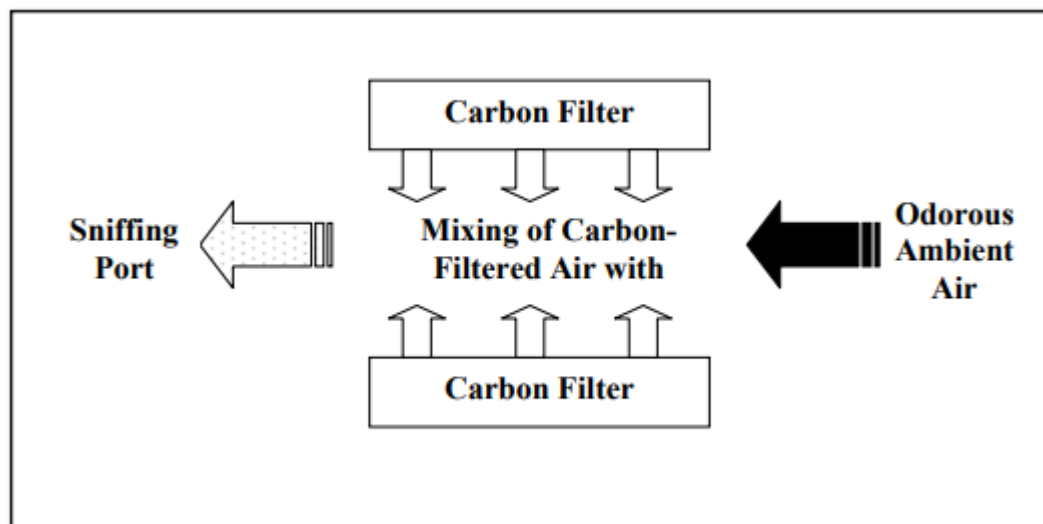
Vuosina 1958, 1959 ja 1960 Yhdysvaltain julkinen terveystoimi rahoitti kehitystyön kentällä tehtäviin hajumittauksiin, minkä seurauksena Barnebey-Chaney Company (ny-

kyään Barnebey Sutcliffe Corporation) kehitti ensimmäisen kenttäolfaktometrin, jota kutsuttiin nimellä Scentometer, eli suoraan käännettynä ”Tuoksumetri”. Laite on läpinäkyvä, muovinen laatikko, kokoa 15,25 cm x 12,7 cm x 6,2 cm). [46, s. 3.]



Kuva 8. The Scentometer -kenttäolfaktometri [50.]

Scentometer-laitteessa on kaksi senttimetrin kokoista aukkoa laatikon ylä- ja alapuolilla, joiden läpi suodatettu ilma kulkee. Ilma suodatuu hiilisuodattimien läpi. Laitteen käyttäjä haistelee kahden ”lasisieraimen” läpi (kuva 6 sininen nuoli) ja ulkoilman haju virtaa laitteeseen takasivulla olevien, eri kokoisten aukkojen kautta. Laitteen toiminta kuvattuna lohkokaaaviona kuvassa 9. [46, s. 3.]



Kuva 9. Lohkokaavio Scentometer-laitteen toiminnasta. [50.]

Scentometerissä on kuusi reikää, joiden koko vaihtelee 1,27 senttimetrin ja 0,08 senttimetrin välillä taulukko 14 mukaan. Samassa taulukossa näkee ympäröivän ja suodatetun ilman suhteen, joiden mukaan voidaan laskea D/T-arvo.

Taulukko 14. Scentometer-olfaktometrin D/T-arvon suhde reikien kokoon. [46, s. 3.]

D/T-arvo	Suodatetun ilman määrä	Ympäröivän ilman määrä	Reikien koko (cm, halkaisija)
2	2	1	1,27 (1/2 in)
7	2	0,285	0,635 (1/4 in)
15	2	0,1333	0,476 (3/16 in)
31	2	0,0645	0,318 (1/8 in)
170	2	0,0118	0,159 (1/16 in)
350	2	0,0057	0,079 (1/32 in)

5.2.2 Nasal Ranger

Nasal Ranger on amerikkalaisen yrityksen St. Croix Sensoryn kehittämä kenttäolfaktometri (kuva 10). Megafonia ulkomuodoltaan muistuttavan laitteen periaate perustuu Barney-Chaney Companyn ”Tuoksumetriin”. Nasal Ranger käyttää irrotettavia hiilisuodattimia, jotka suodattavat ympäröivän ilman, ja pyöritettävä hajunvahvuudensäädin. Laitteen suuaukkoon hengitetään nenän kautta tasaisesti. Laitteessa oleva näyttö ilmaisee liian kovan tai hiljaisen hengitysnopeuden. Nasal Rangerin hajuvahvuudensäätimessä on 12 positiota, jota säätämällä saadaan enemmän ympäröivää ilmaa laitteen läpi siiraimiin. Säätimessä sijaitsevat reiät ovat pieniä, alle kahden sentin aukkoja, joista ympäröivää ilmaa päästetään. Mittaaminen suoritetaan pienimmästä reiästä suurimpaan, kunnes ympäröivän ilman hajut haistetaan. Säätimen 12 positiosta joka toinen on reiällinen ja joka toinen tyhjä, jotta mitatessa tulee haisteltua jatkuvasti suodatettua ilmaa vertailun vuoksi.



Kuva 10. Nasal Ranger ja sen kuljetuslaukku.

Nasal Rangerin pakkaus sisältää kenttäolfaktometrin lisäksi irrotettavan suuttimen tiivisteineen, ohjekirjan, vaihtosuodattimia sekä kaulanauhan.

Taulukko 15. Nasal Rangerin säätimen D/T-arvoasteikko. [37.]

Pos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
D/T	-	60	-	30	-	15	-	7	-	4	-	2

D/T-arvoille on annettu myös sanalliset kuvaukset selvennykseksi. Pienimmän arvon 2 saanut hajua on usein huomattava, arvon 7 saanut on usein vastenmielinen, arvon 15 saanut häiritsevä, sekä arvon 30 saanut kuvottava. [37.]

5.2.3 Scentroid SM100

Scentroidin valmistama SM100 käyttää eri menetelmää, kuin Nasal Ranger ja Scentometer, sillä SM100 ei käytä suodattimia ympäröivän ilman puhdistamiseen, vaan puhdas ilma saadaan laitteeseen kiinnitettävästä paineilmasäiliöstä. Painesäiliöstä tuleva ilma tuottaa jatkuvan ilmavirran, joten omaa hengitystahtia ei tarvitse tarkkailla, toisin kuin Nasal Rangerissa ja Scentometrissä. Scentroid on myös kehittänyt laitteesta uudemman SM100i:n, jossa testi suoritetaan tabletin tai älypuhelimien avulla, Scentroidin omalla so-

velluksella. Käyttäjä aloittaa hajutestin, ja jos hän ei haista mitään kyseisellä laimennussuhteella, painamalla ei, pienentää järjestelmä laimennussuhdetta automaattisesti, vahvistaen hajua. Testi loppuu, kun käyttäjä haistaa laimennetun hajun.



Kuva 11. Scentroid SM100 käytössä, ja SM100i -älypuhelinsovellus. [48.]

Scentroid SM100 -settiin kuuluu maski, paineilmatankki, kuljetuslaukku, SM100 ja kalibrointilomake. SM100i -settiin kuuluu mm. maski, rappu, tuulimittari, kaksi paineilmatankkia ja vedenpitävä kuljetuslaukku.



Kuva 12. Scentroid SM100 (vasen) ja SM100i (oikea) kuljetuslaukkujen sisältö. [48.]

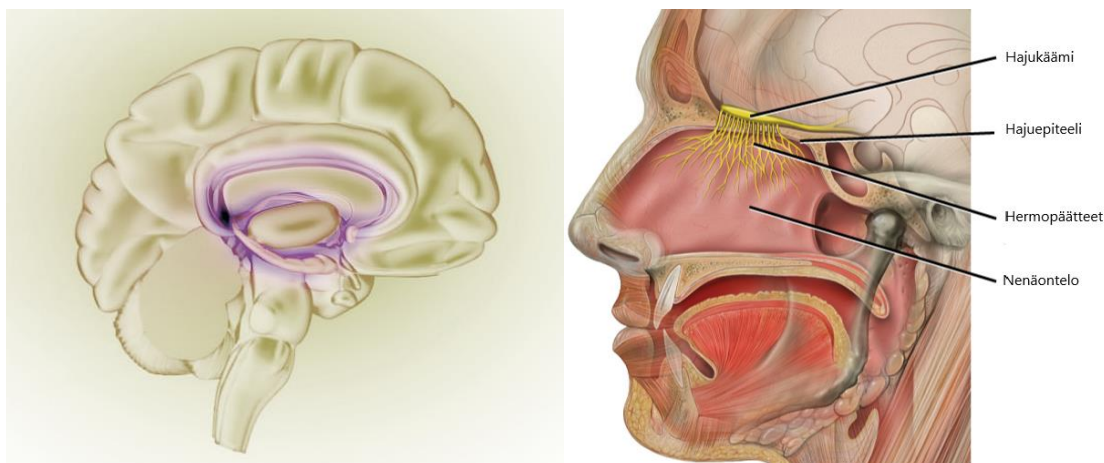
Taulukko 16. Dynaamisten ja kenttäolfaktometriä ominaisuudet

Olfaktometri	Ominaisuudet	+/-
Kenttäolfaktometrit		
Nasal Ranger	12-asteinen D/T-asteikko paino 0,91 kg hiilisuodatin	+ Kevyt + Helppokäyttöinen - Vaatii tasaisen voimakaan hengityksen - Pienempi D/T-asteikko
Scentroid SM100	15-asteinen muunneltava D/T-asteikko paino 3,63 kg Nenän ja suun peittävä maski Neutraalin ilman tankki	+ Melko kevyt + Suurempi D/T-asteikko
Scentroid SM100i	Älypuhelinsovellus Päivitetty SM100	+ Melko kevyt + Suurempi D/T-asteikko - Bluetooth-yhteys

5.3 Hajukuvaus

Hajuaisti on jokaisella ihmisellä erilainen, mikä vaikeuttaa eri hajujen kuvaamista. Hajujen tunnistamisessa on vahvassa roolissa ihmisen muisti, sillä aistimukset yhdistetään aikaisempiin hajuihin ja muistoihin. Esimerkiksi terva ja kesäniitty saattavat tuoda mieleen lapsuuden kesät, kun taas toiselle tuore kala ja meren tuoksu saavat lapsuusmuistot heräämään. Hajumuistot voivat tuottaa ihmisissä sekä fyysisiä, että henkisiäkin reaktioita. Eri yhdisteiden hajut saattavat saada kehon omat hormonit liikkeelle ja tuottaa hyvää mieltä tai rauhoitusta. [38.] [39.]

Kun haju hengitetään sisään, ensimmäisenä se koskettaa nenässä sijaitsevan hajuepiteelin, jossa on noin 20 miljoonaa hermoa (kuva 13b). Molekyylin kemiallinen informaatio muunnetaan sähköiseksi signaaliksi, joka siirtyy hajukäämiä pitkin aivojen limbiseen järjestelmään (kuva 13a), jossa tapahtuu varsinainen tuoksun tunneaistimus. [38.]



Kuva 13. a) Ihmisaivot, jossa violetilla korostettuna limbinen järjestelmä b) Ihmisen hajujärjestelmä [51.] [52.]

Koska molekyylien informaatio kulkee samoihin aivon osiin, joissa muistia käsitellään, voi hajuinformaatio aktivoida muistia palauttamaan menneitä asioita. Ihminen voi kokea tietyn hajun miellyttävänä, kun taas toinen vastenmielisenä, mikä voi johtua rakenteellisten syiden sijaan kulttuurillisista. Hajut ovat kulttuurisidonnaisia, ja ympäristö missä kasvaa altistaa lapsesta saakka tietyille aromeille, jotka jälkeenkäinkin voi yhdistää kotiin,

perheeseen tai lapsuuteen. Kulttuuri ja opitut tavat ohjaavat hajujen muistamista ja luokittelemista. Esimerkiksi eurooppalainen tai pohjoisamerikkalainen henkilö ei todennäköisesti osaa tunnistaa tai kuvailla eksoottisia kasveja ja hedelmiä niin hyvin, kuin kaakoisaasialainen. [38.]

Hyvän hajuaistin omaavallekin ihmiselle hajujen tunnistaminen ja toisistaan erottaminen on haastavaa. On erittäin yleistä, että törmää tuttuun hajuun, muttei saa sitä sanoin kuvailtua. Harjoittelemalla ihminen pystyy tunnistamaan jopa tuhansia hajuja, mutta ongelmaksi nousee se, ettei hajuilla ole varsinaisesti omia nimiä, vaan yleisesti käytetään joko hajunlähteen kemiallisen yhdisteen tai objektin nimeä. Hajujen erottelu yhdisteistä on myös lähes mahdotonta ihmisille. [38.]

Hajuja jaotellaan monin eri tavoin. Yksi helpoimmista ja yleisimmistä jaotteluista on se, että onko haju miellyttävä vai epämiellyttävä. Yhdisteitä haistaessa esiin nousee, miltä haju tuntuu esimerkiksi nenäkalvoissa, kitalaessa tai kielessä ja tuntuuko haju kuivalta vai märältä. [38.]

Hajujen kuvaaminen voi olla hyvin epämääräistä, sillä ihmiset käyttävät itselleen tuttuja termejä ja näin eri tavoin kuvailtua hajua tai sen lähdettä on vaikea paikantaa tai tunnistaa. Yhtenäinen termistö avaisi mahdollisuuksia mahdollisten vauriolähteiden paikantamiseen.

5.4 Hajukynnys

Hajunkuvauskyvyn tapaan, myös hajukynnys on jokaisella ainutlaatuinen. Hajukynnyksellä tarkoitetaan, kuinka laimeita hajuja kukin pystyy haistamaan. Hajukynnys vaihtelee ihmisillä suurestikin, ja siihen pystyy vaikuttaa elämäntavoillaan. Hajuaistin voimakkuuteen vaikuttaa esimerkiksi tupakointi tai muu epäterveille yhdisteille jatkuva altistuminen. Pitkäaikainen tupakointi tai muu vastaava toiminta, kuten nuuskan käyttö, ei kuitenkaan poissulje keskivertoa, tai hyvää hajuaistia. Herkkähajuaistiset herkistyvät mahdollisesti hiukkasille ja ilman epäpuhtauksille helpommin ja oirehtivat enemmän. Tavallisia oireita ovat esimerkiksi migreenit ja flunssat. [40.]

Tuoksuherkkyyttä esiintyy noin 10–40 % aikuisväestöstä, mutta useimmiten se esiintyy lievänä, eikä aiheuta merkittävää haittaa. Haittaavaa tuoksuherkkyyttä ilmenee vain alle prosentille väestöstä. Herkistynyt henkilö aistii hajuja yhtä hyvin, kuin terve ihminen, mutta elimistö reagoi eri tavalla. [40][41] Vaikka hajuvedet ja vahvat deodorantit ovat yleisimpiä tuoksuherkkyydestä oirehtiville voimakkaita oireita tuottavia tekijöitä, eroaa tuoksuherkkyys hajusteallergiasta, jossa ihossa ilmenee kosmetiikan kosketusallergiaa. [42.]

Hajuaistin vahvuus voidaan mitata, ja mittaus voidaan suorittaa dynaamisella olfaktometrillä tai ns. hajutussitestillä, jotka ovat säädelyjä testimenetelmiä. Hajuaistia voi myös kehittää. Hajuaistin jatkuva aktivointi ympäristö nuuhkimalla ylläpitää aivolohkojen verkostoja ja myönteisiä mielikuvia ja muistoja. Nikotiinituotteiden välttäminen on paras tapa estää hajuaistin heikentymistä, sillä nikotiini tuhoaa hajureseptoreita ja mm. nuuska vaikuttaa maku- ja hajuaistimusten yhdistelmiin. Vedenjuonti auttaa nenän limakalvojen kosteana pitämiseen, mikä edistää tuoksumolekyylien kiinnittymistä hajureseptoreihin. Siitepölyä, pölyä ja bakteereita voi poistaa nenästä suolahuuhtelulla, joka myös ylläpitää limakalvojen kuntoa. [43.]

6 Käytännön mittaukset

6.1 Lähtötiedot

Käytännön tutkimukset suoritettiin Nasal Rangerin kenttäolfaktometriä käyttäen (kuva 14). Kenttäolfaktometrin käyttöä oli tarkoitus testata tutkimuskohteissa eri hajunlähteitä, sekä -vahvuuksia hyödyntäen. Testaamisen jouhevuuden edistämiseksi kenttäolfaktometriä testattiin vain yhden henkilön toimesta, mutta mahdollisiin jatkotutkimuksiin olisi myös hyvä saada eri hajukykyisiä tutkijoita.



Kuva 14. Opinnäytetyön tutkimuksissa käytetty Nasal Rangerin kenttäolfaktometri.

Laitteen testaaminen suoritettiin lyhyissä sessioissa, jossa laitteen 12-osaista D/T-arvon säädintä käännettiin rauhallisia hengenvetoja samalla ottaen. Tilaan saavuttua Nasal Rangerin läpi hengitettiin tasaiseen 16-20 litran tuntivauhdilla ensin täysin suodattimien läpi. Ensimmäinen säätimen käänntö avaa pienimmän, halkaisijaltaan alle millimetrin suuruisen reiän, joka päästää suodattamatonta ympäröivää ilmaa laitteen läpi aistittavaksi. Pienimmän reiän D/T-arvo on 60, eli hengitettävästä ilmasta suodatettua ilmaa oli 60-kertainen määrä ympäröivään ilmaan verrattuna. Jos D/T-arvo on liian pieni tunnistettavaksi, kääntää säädintä taas yksi askel vastapäivään, jossa reikää ei ole. Normaalin hengityssyklin jälkeen säädintä voidaan taas kääntää, jolloin reikä on suurempi, ja D/T-arvo 30. Säätimen kääntämistä voidaan jatkaa, kunnes ympäröivässä ilmassa olevat hajut aistitaan. Säätimen loput arvot ovat 15, 7, 4 sekä 2. Laitteen säätimen viimeisellä askeleella reiän halkaisija on n. kahden millimetrin luokkaa ja suodatettua ilmaa on enää vain kaksinkertainen määrä ympäröivään ilmaan verrattuna. Laitteen käyttö on yksinkertaista ja nopeaa, ja tämä on positiivista, sillä hajuisissa tiloissa joutuu ”nuuhkimaan” lyhyemmän aikaa.

Kenttäolfaktometrillä saadut tulokset, sekä hajujen kuvaukset voidaan merkitä kuvan 15 mukaiseen kaavioon. Kaavioon täytetään myös mittauksen ajankohta, kohteen sijainti, mahdollisen datan saamattomuus ja lisäkommentit. Kuten kenttäolfaktometriä, kaavakettakin on aiemmin käytetty lähinnä ulkokohteisiin, kuten jätelaitoksiin. Ulko-oloissa mitattaessa tärkeiksi tekijöiksi ilmenevät kaaviossa olevat sääolosuhteet, tuulen suunta ja

6.2 Kohde 1, Sairaala

6.2.1 Tutkimusmenetelmät ja havainnot

Tutkimukset aloitettiin 11.9.2019 havainnoimalla tutkittavan tilan muovimaton hajua kenttäolfaktometrillä. Muovimaton haju oli lieventynyt aiemmasta käyntikerrasta, eikä olfaktometrillä saatu selviä tuloksia. Muovimaton hajua oli kuvailtu ”navettamaiseksi” ja ”ponin hajuiseksi”. Haju oli huomattavin tilan käsienpesupisteen kohdalla, huoneen nurkassa. Leikkihuoneen lattia oli pesty, mikä oli mahdollisena syynä hajun lieventymiseen. Tarkoituksena oli tutkia huone uudestaan kenttäolfaktometrillä, jos haju vahvistuisi.

Kohteeseen palattiin 14.10.2019, työntekijöiden ilmoitettua hajun vahvistuneen. Mittaus kenttäolfaktometrillä suoritettiin samalla asteikolla, kuin aikaisemminkin. Tälläkään kerralla ei olfaktometrillä saatu selviä tuloksia. Navettamainen haju oli pysynyt tilassa, mutta toisin kuin aiemmalla käyntikerralla, ei haju ollut vahvempi käsienpesupisteen kohdalla.

6.2.2 Johtopäätökset

Kahdella kohdekäynnillä ei kenttäolfaktometrillä saatu kunnollisia tuloksia.

6.3 Kohde 2, Urheiluhalli

6.3.1 Tilojen tutkimusmenetelmät ja havainnot

Tutkimukset suoritettiin 21.4.2020 havainnoimalla 16 tilan hajua kenttäolfaktometrillä. Ensimmäinen tila oli betonilattiainen kahden auton mahdollinen autotalli, jossa oli vahva tupakanhaju. Vahvasta tupakanhajusta huolimatta kenttäolfaktometrin läpi ei löydetty selvää pistettä, jossa haju olisi ollut aistittavissa.

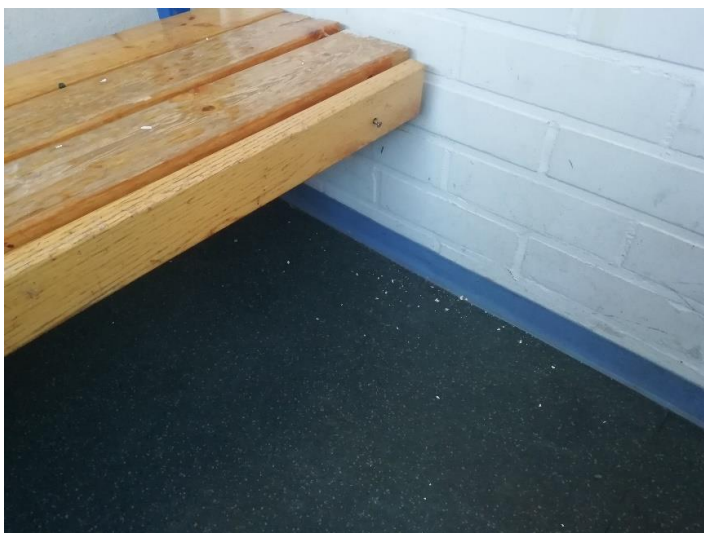
Toinen tila oli tilan 1 kaltainen kahden auton talli, jossa edellisestä poiketen ei haissut tupakansavu, vaan vahvasti bensiini ja öljy. Kenttäolfaktometrin läpi tulos oli epäselvä, mutta jotain hajunmuutosta oli aistittavissa olfaktometrin pienimmillä asetuksilla. Autotallien hajujen voimakkuuksien takia tilat, olisivat todennäköisesti olleet ei hyväksytyjä pitkän ajan oleiluun, mutta kenttäolfaktometrillä tulokset olivat 2 ja 7 välillä.

Kohteen kolmas tila oli hallin aula, jossa oli vihreä muovimatto. Tilan haju oli tunkkainen ja siivouksessa käytettyjen kemikaalien hajut olivat myös aistittavissa. Tilan hajua voi kuvailla lämpimäksi ja hieman pistäväksi. Kenttäolfaktometrin tulos jäi epäselväksi.



Kuva 16. Tila 3:n muovimattopäällysteinen lattia.

Tila neljä oli keskisuuri pukuhuone, jonka lattia oli kumipäällysteinen. Tila oli tunkkainen ja kenttäolfaktometrillä epävarma tulos saatiin D/T-arvolla 4 ja varma arvolla 2. Haistelu suoritettiin lähellä lattianrajaa kuvan 13 kohdilla.



Kuva 17. Tilan 4 kumimattopäällysteinen lattia ja puinen penkki.

Tila 5 oli peseytymistila, jossa oli kuvailtu olevan ammoniakkin hajua. Kenttäolfaktometrillä haistelu suoritettiin lattiakaivojen ja lavuaarin läheisyydessä, joista ammoniakkin haju oli peräisin. Ammoniakin terävä haju oli melko selvästi tunnistettavissa D/T-arvolla 7 ja selvästi arvolla 4.



Kuva 18. Tilan 5 lattiakaivot.

Kuudes tila oli tila 4:n kaltainen suurehko pukuhuone kumimattoineen. Tilan haju oli samankaltainen, kuin edellisessä pukuhuoneessa; tunkkainen, kuminen sekä hieman hienomainen. Kenttäolfaktometrillä mitattuna tilan hajut olivat tunnistettavissa selkeästi pienimmällä D/T-arvolla.

Tila 7 oli edellisen tilan viereinen, 1 m x 1,5 m:n kokoinen WC. Tilan hajut olivat aistittavissa kenttäolfaktometrin läpi 4 ja 7:n arvoilla. WC-tilassa vahvimmat hajut olivat viemäri ja urea. Tilan pieni koko saattoi mahdollistaa hajujen helpomman aistimisen laitteen läpi.

Tila 8 kahdeksan oli kapea häkkivarasto, jonka betonilattian päällä oli kuminen matto. Tilassa oli huomattava, muttei kovin vahva haju, jota oli vaikea kuvailla. Kenttäolfaktometrin pienimmällä D/T-arvolla oli aistittavissa pieni, mutta ei selvä hajuero.



Kuva 19. Tilan 8 betonilattia ja päälle asetettu kumimatto.

Tila 9 oli pukuhuone, jossa oli aiempiin verrattuna erilainen, karkeampi lattiapinta. Tilan haju oli vahva ja tunkkainen. Tilan haistelu suoritettiin lattianrajassa, jossa saatiin D/T-arvoiksi epävarma 7 ja selvä 4. Tilan keskiosissa oli myös roikkumassa ja mahdollisesti kuivumassa harmaa matto, josta lähti läheltä haistaessa vahva, kirpeä jopa mädän oloinen haju. Kenttäolfaktometrillä läheltä mattoa mitattaessa tulokseksi tuli selvä 4, ja mahdollisesti korkeampikin. Matossa ei ollut tummumia, eikä vaurioita.

Tila 10 oli tilan 7 kaltainen, pieni WC, jossa oli lattiapintana kuminen matto. Tilassa oli samankaltainen viemärin ja urean haju, kuin aikaisemmassakin WC:ssä. D/T-arvolla 7, oli huomattava sävyero, mutta haju ei ollut tunnistettavissa.

Tilassa 11 ei ollut vahvaa tai häiritsevää hajua. Tila oli pieni keittiö/taukotila, jossa oli linoleumilattia. Kenttäolfaktometrillä hajuja mitatessa tarkastettiin myös lavuaarin alapuolinen kaappitila, mutta vasta pienimmällä D/T-arvolla tuntui mieto hajuerro. Laitteella haisteltaessa on huomattava ero terävien ja pehmeiden hajujen tunnistettavuudessa.



Kuva 20. Tila 11 linoleumilattia ja lattialista.

Tila 12 oli pieni siivouskoppi, jonka hyllyillä oli WC-, ja talouspapereita sekä pesu- että desinfiointiaineita. Tilassa oli huomattava tunkkainen haju ja laitteella mitattaessa D/T-arvolla 7, oli hajueron pieni ja arvoilla 2 ja 4 selkeämpi.

Tila 13 oli pieni pesutupa, jossa oli kaksi pesukonetta käynnissä. Tilassa vallitsi tunkkaisen vaatteiden haju, mutta laitteen läpi tilan hajuja oli vaikea tunnistaa. Kenttäolfaktometrillä mitattaessa hajueron pystyi havainnoimaan vasta pienimmällä arvolla.

Tila 14 oli autotalli, jossa oli maalattu betonilattia. Tilan haju oli epämiellyttävä ja parhaiten erottuivat polttoaine ja öljy. Kenttäolfaktometrillä ei saatu selkeää tulosta.

Tila 15 oli suuri halli, jossa oli betonilattia, jonka päälle oli asetettu kumimattoa. Tilassa oli tunkkainen ja kumimainen haju. Laitteella haistelu suoritettiin lähellä lattianrajaa, muttei tuottanut selviä tuloksia.

Tila 16 oli urheiluhallin kupeessa sijaitseva asunto, jossa oli lähiaikoina uusittu pinnat. Tilan haju oli selkeästi erotettavissa jo D/T-arvolla 7, ja lievästi jo ennen sitä. Tilan hajua pystyi kuvailemaan puumaiseksi ja teräväksi. Haju ei ollut hirven paha, mutta hajun voi-

makkuus oli häiritsevää, ja teki tilassa olon epämieluisaksi. Terävä haju vallitsi koko asunnossa, muttei WC-tiloissa, joten kyseinen haju on todennäköisesti laminaattilattiasta tai sen asennuksesta lähtöisin.

6.3.2 Johtopäätökset

Suuremmalla tilamäärällä pysyttiin vetämään johtopäätöksiä kenttäolfaktometrin käytöstä sisätiloissa. Harjaantumattoman tutkijan mukaan suurimmissa osissa tiloista oli tunnistettavissa hajuja laitteen läpi, joten suuremman otannan ja hajuja paremmin tunnistettavien henkilöiden avulla monia hajuja olisi saattanut tunnistaa jo suuremmilla D/T-arvoilla. 16 tilaa kattava urheiluhalli oli hyvä kohde kenttäolfaktometrin testauksiin, sillä tiloissa oli selvästi havaittavia, mutta paikoin erilaisia hajuja. Kuva 22 on ote kohteen mittausten seurantakaavakkeesta, josta käy ilmi, että vahvimmatkin hajut olivat aistittavissa vasta D/T-arvolla 7, vaikkakin esimerkiksi tilojen 6 ja 16 hajut olivat erittäin vahvoja ja varmemmin mitattuna olisivat mahdollisesti olleet tunnistettavissa suuremallakin laimennussuhteella.

NRO	AIKA	SIJAINTI	60	30	15	7	4	2	<2	N/A	KUVAUS
1	9:00	Autotalli 1								x	Tupakka
2	9:05	Autotalli 2						x			Öljy, polttoaine
3	9:15	Aula								x	Tunkkainen, lämmin, pistävä
4	9:25	Pukuhuone 1					(x)	x			Tunkkainen
5	9:35	Suihkutila				(x)	x				Ammoniakki, vahva
6	9:45	Pukuhuone 2						x			Tunkkainen, kumi, hiki
7	9:50	WC 1					(x)	x			Urea, viemäri
8	10:00	Häkkivarasto						(x)	x		Mieto, huomattava
9	10:10	Pukuhuone 3				(x)	x				Tunkkainen
10	10:15	WC 2				(x)	x				Urea, viemäri
11	10:20	Keittiö/taukotila						(x)	x		Pehmeä, mieto
12	10:30	Siivouskomero				(x)	x				Tunkkainen
13	10:35	Pesutupa						(x)	x		Tunkkaiset vaatteet
14	10:40	Autotalli 3					(x)	x			Öljy, polttoaine
15	10:50	Suuri halli								x	Tunkkainen, kumi
16	11:00	Asunto				x					Puumainen, terävä, häiritsevää

Kuva 21. Kohteen 2 mittausten seurantakaavake. Suluisa epävarma havainto.

Tilojen hajuja tutkiessa oli tärkeää käydä hengittämässä ulkoilmaa tasaisin ja riittävän tiuhoin väliajoin, jotta hajuaisti pysyy tarkkana, eivätkä tilojen hajuhaitat aiheuttaisi terveyshaittoja. Kohteen ensimmäisissä tiloissa oli havaittavissa käyttäjän harjaantumattomuutta ja epävarmuutta hajujen tunnistettavuuden suhteen. Tiloja uudelleen mitattaessa

olisi mahdollista, että tulokset voisivat muuttua, sillä hajujen mittaukset ovat herkkiä tilan pienille muutoksille ja tuulahduksille. Tulosten oikeellisuuteen vaikutti myös testaajan hajukynnys, hajuihin tottuneisuus sekä tunnistamisen varmuus.

6.4 Kohde 3, Lentokenttä

6.4.1 Tilojen tutkimusmenetelmät ja havainnot

Tutkimukset suoritettiin 27.4.2020 havainnoimalla 16 tilan hajua kenttäolfaktometrillä. Ensimmäinen tila oli suuri halli, jossa säilytettiin lentokoneita. Tilassa oli erittäin vahva kerosiinin haju, ja tilan suuresta koosta huolimatta haju oli selvästi aistittavissa ympäri tilan. Kenttäolfaktometrillä oli havaittavissa pistävää hajua jo ylimmillä, 30 ja 15 D/T-arvoilla. Tilassa säilytettiin myös siivoustarvikkeita ja puhdistuskemikaaleja, mutta tilan muut hajut peittyivät vahvan kerosiinin hajun alle.

Toinen tila oli n. 5 m x 3 m toimistotila, jossa oli siisti tummapintainen lattiamateriaali ja työpöytä. Tilassa oli pehmeä, huomattava, muttei häiritsevä haju, jota ei pystynyt kenttäolfaktometrin läpi tunnistamaan.



Kuva 22. Tilan 2 lattiapinta ja jalkalistat.

Kolmas tila oli edellisen toimiston kaltainen tila, jossa oli samanlaiset pintamateriaalit. Tilassa oli tilaan 2 verrattuna pistävämpi ja epämiellyttävämpi. Tilassa oli irrotettu kattopaneeli, joten eristetyt putkistot olivat näkyvissä, kuvan 22 mukaisesti. Kenttäolfaktometrillä ei saatu tilasta selviä tuloksia.



Kuva 23. Tilan 3 avonainen kohta välikatosta.

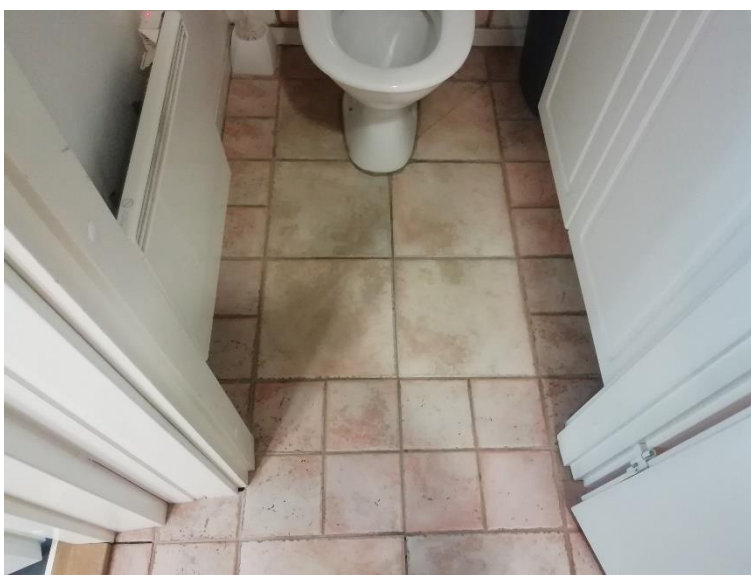
Tila 4 oli edellisten kaltainen työhuone, jossa oli täysin erilainen haju. Haju muistutti jogurttimaista, ja oli aistittavissa vahvasti heti oven avauduttua. Tila oli roskaämpäriä lukuun ottamatta tyhjä, eikä selviä tahroja tai vaurioita ollut nähtävissä. Tilan 3 tapaan, oli tilan kattopaneeli irrotettu muiden tutkimusten aikana. Kenttäolfaktometrillä tilan erikoinen haju oli havaittavissa jo D/T-arvolla 15.

Tila 5 oli n. 3 m x 3 m kokoinen työhuone, jossa oli lievän tunkkainen haju. Haju oli huomattava, mutta ei häiritsevä, paitsi mahdollisesti pitkäaikaisina ajanjaksoina. Kenttäolfaktometrillä mitattuna tilan haju oli havaittavissa D/T-arvolla 4.

Kuudennen tilan ovi oli aukinainen, mutta tilassa vallitsi silti hieman pistävä ja kemikaalinen haju. Tila oli myös työhuoneen mukaisesti sisustettu työpöytineen ja hyllyineen. Tilan pistävä haju oli aistittavissa myös kenttäolfaktometrin läpi arvolla 4. Tilan erikoista hajua ei pystynyt paikantamaan.

Tila 7 oli tyhjä toimistotila, jonka keskellä oli n. 1,5 m korkuinen huonekasvi. Huoneen haju oli hieman pistävä ja kenttäolfaktometrin läpi ei saatu selviä tuloksia. Pieni hajuero oli huomattavissa D/T-arvolla 2 ja kahdella pienimmällä arvolla nuuhkiminen aiheutti pientä kihelmöintiä. Tiloissa 2 – 7, oli kaikissa samanlainen musta lattiapinta.

Tila 8 oli pieni yleinen WC, jossa oli laattalattia. WC oli siisti, eikä havaittavissa ollut epämiellyttävää urean hajua, vaan helpoiten oli aistittavissa puhdistuskemikaalien haju. Kenttäolfaktometrin läpi, oli tilan hajut aistittavissa pienimmällä, 2:n D/T-arvolla.



Kuva 24. Tila 8. WC:n laattapinta.

Tila 9 oli pieni toimistotila, jossa oli aistittavissa mieto, ei tunnistettava haju. Kenttäolfaktometrillä ei saatu selviä tuloksia.

Kymmenes tila oli saunatila, jossa oli kaksi suihkua, löylytila sekä pukeutumistila. Heti oven avauduttua oli aistittavissa vahva kahvimainen haju. Kenttäolfaktometrin läpi tilan erikoinen haju oli aistittavissa laitteen korkeimmissa D/T-arvoissa. Varmasti haju oli erotettavissa arvon 15 kohdalla, mutta lievästi tunnistettavissa jo arvolla 30. Tilassa ollessa kahvimaiseen hajuun sekoittui myös jokin vaikeammin tunnistettava haju. Tilan haju saattoi olla kahvin ja kuivuneen viemärin hajun yhdistelmä.

Tilassa 11 oli vaalea laminaattilattia ja huomattava, mutta mieto haju. Haju oli epäselvä ja sen kuvaileminen oli vaikeaa. Tilan kattopaneelissa oli reikä ja valumatahra, mutta kohdassa ei ollut aistittavissa poikkeavaa tai vahvempaa hajua, kun tilan muissa osissa.



Kuva 25. Tilan 11 kattopaneelissa oli reikä.

Tila 12 oli pieni ja kapea toimistotila. Tilan lämpötila oli matalampi, kuin sinne johtavalla käytävällä, eikä kenttäolfaktometrillä saatu selkeitä tuloksia.

Kolmannentoista tilan haju oli muista poikkeava ja pehmeä, jopa voimainen. Tilassa oli toimistotarvikkeita, kuten työpöytiä ja tuoleja, mutta tilan tyhjyydestä saattoi päätellä tilaa käytettävän lähinnä läpikulkuun. Tila sijaitsi toisessa kerroksessa, ja lämpötila oli muita korkeampi. Tilassa oli valkoinen muovimatto ja tilan rasvamainen haju ei ollut kovin paha, mutta vahvuutensa vuoksi häiritsevä. Kenttäolfaktometrillä ei tilasta saatu selviä tuloksia.



Kuva 26. Tila 13.

Tila 14 oli pieni pukutila tilan 13 vieressä. Tilassa oli paha ja pistävä haju. Kenttäolfaktometrillä haju oli aistittavissa D/T-arvon 7 kohdalla selkeästi. Tilan pistävä haju ei ollut todennäköisesti tilasta itsestään, vaan peräisin oven takana olevasta lentokonehallista, jossa vallitsi vahva kerosiinin haju. Hallissa kerosiinin pistävä haju oli aistittavissa laitteen läpi 30:n ja 15:n D/T-arvon kohdilla ja vaikka tilojen välillä oli ovi, haju oli silti vahvasti aistittavissa.

Tila 15 oli huonekalujen perusteella opetustila, jossa oli aistittavissa miesto haju. Haju ei ollut aistittavissa kenttäolfaktometrin läpi, eikä aiheuttanut ärsytystä. Tila oli lähes tyhjä, siisti ja lattiapintana oli vaalea laminaatti.

Tila 16 oli lämmönjakohuone, jossa oli omaperäinen haju. Tilassa oli pinnoittamaton betonilattia, joka oli pölyinen ja sotkuinen. Tilassa oli irtonaisia rakennusmateriaaleja sekä pakkausjätettä. Tilan haju oli vahva, mutta sitä oli vaikea kuvailla. Vahvasta hajusta huolimatta, kenttäolfaktometrillä ei saatu selviä tuloksia.



Kuva 27. Lämmönjakohuoneen likainen ja pölyinen betonilattia.

6.4.2 Johtopäätökset

Kohteen tiloissa oli hyvin erilaisia hajuja, vaikka moni vaikutti ulkoisesti samankaltaisilta pintojen ja huonekalujen puolesta. Kuten kohteessa 2, tiloissa olevista hajuista helpoiten oli tunnistettavissa pistävät hajut. Pehmeämmistä hajuista vain tila 4:n erikoinen, jogurttimainen haju oli selvästi tunnistettavissa kenttäolfaktometrillä. Lentokonehallin kerosiinin haju oli kohteessa hallitsevin haju, sillä se saattoi levitä viereisiin tiloihin aiheuttaen näihin hajuhaittoja. Kohteessa kenttäolfaktometrin käyttö sujui rutiininomaisesti, mutta kuten aiemmassakin kohteessa, tarkemman hajuaistin tai suuremman kokemuksen omaava tutkija olisi saattanut havaita hajuja suuremmillakin laimennusasteilla. Kyseinen rakennus oli hyvä tutkimuskohde, sillä rakennus kattoi tavallisia suuren lentokonehallin lisäksi työhuoneita ja toimistotiloja, joissa hyvä sisäilmanlaatu on tärkeää siellä vietettyjen suurien aikamäärien takia. Kuva 29 on ote kohteen mittausten seuranta-kaavakkeesta, josta käy ilmi, että kohteen vahvimmat hajut olivat aistittavissa jo pienissäkin määrissä, suurilla laimennusasteilla.

NRO	AIKA	SIJAINTI	60	30	15	7	4	2	<2	N/A	KUVAUS
1	9:30	Lentokonehalli		(x)	x						Kerosiini, pistävä, vahva
2	9:35	Toimisto 1								x	Pehmeä, huomattava, ei häiritsevä
3	9:40	Toimisto 2								x	Pistävä, epämiellyttävä
4	9:45	Toimisto 3			x						Jogurtti
5	9:50	Toimisto 4					x				Lievän tunkkainen
6	9:55	Toimisto 5					x				Pistävä, kemikaalinen
7	10:00	Toimisto 6					(x)	x			Hieman pistävä, kihelmöivä
8	10:05	WC						x			Kemikaalimainen
9	10:10	Toimisto 7								x	Mieto
10	10:15	Sauna		(x)	x						Kahvimainen, jokin muu (viemäri)
11	10:25	Toimisto 8								x	Epäselvä, mieto
12	10:35	Toimisto 9								x	Epäselvä, mieto
13	10:45	Aula								x	Voimainen, rasva, ei paha, häiritsevä
14	10:50	Pukuhuone				x					Paha, terävä, hallin kerosiini?
15	10:55	Opetustila								x	Mieto, ei häiritsevä
16	11:25	Pannuhuone								x	Selkeä, epämiellyttävä, rakennusmateriaalit?

Kuva 28. Kohteen 3 mittausten seurantaavake. Suluisa epävarma havainto

Kuten kohteessa 2, tilojen hajuja tutkiessa ulkoilman säännöllinen hengittäminen oli tärkeää, jotta hajuaisti pysyy tarkkana, eikä tilojen hajuhaitat aiheuttaisi terveyshaittoja. Tiloja uudelleen mitattaessa olisi mahdollista, että tulokset voisivat muuttua, mutta tilojen uudelleenmittaamista ei toteutettu tilojen epämiellyttävyyden, ja terveyshaittojen välttämisen takia. Tulosten oikeellisuuteen vaikutti myös testaajan hajukynnys, hajuihin tottuneisuus sekä tunnistamisen varmuus.

7 Tulokset ja niiden tulkinta

Kohteissa tehtyjen mittausten perusteella voidaan todeta, että sisäilmassa olevat hajut ovat kenttäolfaktometrillä aistittavissa, jos ne ovat kyllin vahvoja. Tyypillisistä sisäilman hajuhaitoista varsinkin viemärin hajut, kemikaalit sekä rakennusmateriaalien ominaishajut ovat aistittavissa laitteen läpi. Mittausten tulokset kenttäolfaktometrin toimivuudesta sisätiloissa eivät olleet tarkkoja, vaan lähinnä suuntaa-antavia. Mittaamalla yhden henkilön ja tämän hajuaistin avulla, voidaan saada vain hyvin rajallinen tulos laitteen kapasiteetista. Mittaajan aistimiskyvyllä on suuri vaikutus laitteen hyödyllisyyteen, sillä kokenut tutkija voi osata yhdistää hajuja tiettyihin materiaaleihin, vaurioihin tai reaktioihin, joihin toinen ei kykene. Kohteiden tilat tarjosivat hyviä, toisistaan eroavia olosuhteita ja erilaisia ja vahvuisia hajuja, jotka olivat hyödyksi kenttäolfaktometrin toimivuuden määrittämiseen.

8 Päätelmät ja kehitysehdotukset

Kenttäolfaktometrin käyttö oli ohjeiden mukaisesti suoritettuna varsin yksinkertaista, mutta tiettyjen yksityiskohtien, kuten oikean hengitysvoimakkuuden ja säätelyrytmin löytäminen vaati muutaman mittauksen. Aluksi pelkästään nenän kautta hengittäminen tuntui raskaalta, eikä happea meinannut saada riittävästi. Kun laitteen mielestä riittävä hengitystahti löytyi ja sen tasaisena pitäminen onnistui, myös hapensaanti helpottui. Suodattimien läpi hengittäminen ei myöskään tuottanut ongelmia, kun mittauksessa pääsi vauhtiin. Varsinkin mietoja hajuja sisältävissä tiloissa, säätimen reikien läpi kulkevan il-mavirran aiheuttama ääni sai mitatessa sellaisen tuntuman, että haistaisi jotain, vaikkei haistaisikaan. Sisäilman hajut ovat mittausten perusteella tarpeeksi vahvoja, jotta kenttäolfaktometrin avulla niitä voitaisiin tarkastella. Haastaviksi hajuiksi ilmenivät pehmeät ja epäselvät hajut, jotka olivat paljaalla nenällä aistittavissa. Helpoiten laitteen läpi oli tunnistettavissa pistävät, sekä myös ympäröivästä ilmasta helposti erottavat hajut.

Kenttäolfaktometri on kevyt ja helppokäyttöinen laite, jonka käyttöä voisi nopeasti opastaa aiheesta kiinnostuneille tutkijoille. Ennen kuin laitteella voidaan alkaa suorittaa tarkempia mittauksia, on hyvä saada useampi tutkija testaamaan laitetta, jotta voidaan todeta vaihtelevatko tulokset ja voidaanko laitteella saada hyödyllistä informaatiota kunto-tutkimusten edistämiseksi. Kenttäolfaktometrin käyttöön osallistuvien panelisteiksi kutsuttavien henkilöiden hajuaisti on ensin mitattava standardin SFS-EN 13725 mukaisella n-butanolitestillä, johon suuri osa Ramboll Finlandin tutkijoista ja asiantuntijoista on jo osallistunut. Alkuvuodesta 2018 suoritettu hajuaistitesti olisi tosin syytä suorittaa uudelleen, jotta tulokset olisivat luotettavampia.

Lähteet

- 1 https://fi.ramboll.com/ramboll_finland_oy (luettu 17.4.2020)
- 2 Asumisterveysasetuksen soveltamisohje osa 1 (§ 1-10), Valvira
- 3 Asumisterveysasetuksen soveltamisohje osa 3 (§ 14-19), Valvira
- 4 RT 07-11299 Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunniteluohjeet ja tuotevaatimukset
- 5 Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuksien (TVOC) tavoitetasot teollisten työympäristöjen yleisilmassa – Työterveyslaitos. 17.4.2012
- 6 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 24.4.2015
- 7 M1 Emission Classification of Building Materials: Protocol for Chemical and Sensory Testing of Building Materials Version 15.11.2017
- 8 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009> (luettu 17.4.2020)
- 9 <https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/13-ss-poistoilma-luokat> (luettu 17.4.2020)
- 10 https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys/hiukka-set_ja_kuidut (luettu 17.4.2020)
- 11 https://www.ebm-guidelines.com/dtk/shk/avaa?p_artikkeli=t100208 (luettu 17.4.2020)
- 12 <http://www.ttl.fi/ova/hiilmono.html> (luettu 17.4.2020)
- 13 <http://www.ttl.fi/ova/hiilidioksidi.html> (luettu 17.4.2020)
- 14 <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/kasvihuonekaasujen-pitoisuudet> (luettu 17.4.2020)
- 15 <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Muut-sisailmatutkimukset/Kemialliset-tutkimukset> (luettu 17.4.2020)
- 16 <https://www.ttl.fi/kemikaalit-ja-tyo/formaldehydi/> (luettu 17.4.2020)

- 17 <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/kaasumaiset-epapuh-taudet> (luettu 17.4.2020)
- 18 <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Kemialliset-epapuh-taudet> (luettu 17.4.2020)
- 19 <https://stumppi.fi/tutkittua-tietoa/tupakansavun-ja-nikotiinin-sisallot/mita-tupakan-savu-sisaltaa/> (luettu 17.4.2020)
- 20 <https://www.hel.fi/helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/asuminen/terveellinen/haju/> (luettu 17.4.2020)
- 21 <https://www.heili.fi/uutiset/item/3107-tupakanhaju-ei-lahde-jynssaamalla> (luettu 17.4.2020)
- 22 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20160549#Lidp446018032> (luettu 17.4.2020)
- 23 <https://www.ttl.fi/service-document/ympariston-tupakansavun-mittaaminen-3m-passiivikeraimella/> (luettu 17.4.2020)
- 24 <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Mikrobikasvun-edellytykset%20> (luettu 17.4.2020)
- 25 <https://www.ositum.fi/PAH> (luettu 17.4.2020)
- 26 https://www.tiede.fi/artikkeli/jutut/artikkelit/homeista_viis_ongelmatalossa_sairastuttaa_toksiini (luettu 17.4.2020)
- 27 https://www.tiede.fi/artikkeli/jutut/artikkelit/hometalossa_riehuvat_mikrobijengit (luettu 17.4.2020)
- 28 HTP-arvot 2018 Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriö, Helsinki
- 29 SFS-EN 13725 2003 Air Quality – Determination of odour concentration by dynamic olfactometry. Helsinki
- 30 <https://www.olfasense.com/odour-measurement-equipment/instruments/to-evolution-olfactometer/> (luettu 17.4.2020)

- 31 ATSM E679-19 2019. Standard Practice for Determination of Odor and Taste Thresholds by a Forced-Choice Ascending Concentration Series Methods of Limits. Pennsylvania, U.S.A.
- 32 AS/NZ 4323.3:2001 Stationary source emissions Part 3: Determination of odour concentration by dynamic olfactometry
- 33 VDI 3882 Part 1. 1992. Determination of Odour Intensity. Düsseldorf, Saksa
- 34 <https://www.olfasense.com/odour-measurement-equipment/instruments/to-evolution-olfactometer/> (luettu 17.4.2020)
- 35 <https://scentroid.com/products/olfactometers/sc300-portable-olfactometer/> (luettu 17.4.2020)
- 36 <https://scentroid.com/products/olfactometers/ss400-portable-6-station-olfactometer/> (luettu 17.4.2020)
- 37 Nasal Ranger Field Olfactometer Operation Manual Version 6.2: St. Croix Sensory 2008
- 38 Tuominen, Jari 2012. Tuoksujen ihmeellinen maailma. Kureeri, Helsinki
- 39 <https://www.hengitysliitto.fi/fi/terveys-hyvinvointi/tuoksut-ja-tuoksuttomuus/hajuaisti-ja-tuoksujen-tarkoitus/tuoksumuistot-ja> (luettu 17.4.2020)
- 40 <https://www.hengitysliitto.fi/fi/terveys-hyvinvointi/tuoksut-ja-tuoksuttomuus/tuoksuille-herkistymisen-ja-tuoksuherkkyys> (luettu 17.4.2020)
- 41 https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00531 (luettu 17.4.2020)
- 42 <https://www.allergia.fi/allergia/muita-allergian-aiheuttajia/tuoksuyliherkkyys/> (luettu 17.4.2020)
- 43 <https://www.hengitysliitto.fi/fi/terveys-hyvinvointi/tuoksut-ja-tuoksuttomuus/hajuaisti-ja-tuoksujen-tarkoitus/nain-kehitat> (luettu 17.4.2020)
- 44 <https://scentroid.com/products/olfactometers/n-butanol-sensitivity-kit/> (luettu 17.4.2020)
- 45 Villberg, Kirsi & Saarela, Kristina & Tirkkonen, Tiina 2004. Sisäilman laadun hallinta. VTT, Espoo.

- 46 McGinley, Michael A. & McGinley, Charles M. 2003. Comparison of Field Olfactometers in a Controlled Chamber using Hydrogen Sulfide as the Test Odorant. St. Croix Sensory, Inc.

Kuvalähteet

- 47 https://www.youtube.com/watch?time_continue=93&v=inss94F3x-A&feature=emb_logo
- 48 <https://www.centroid.com>
- 49 https://www.youtube.com/watch?time_continue=123&v=Gn7F2E4kyQ8&feature=emb_logo
- 50 <https://www.fivesenses.com>
- 51 <https://www.flickr.com>
- 52 <https://www.wikimedia.org>
- 53 <https://polynhallinta.consair.fi/>

Sisäilman kaasumaiset epäpuhtaudet							
epäpuhtaus	piirteet	havainnointi	terveyshaitat	normaali pitoisuus	toimenpideraja	mikä aiheuttaa?	ratkaisut
Ammoniakki	Pistävä, mätä haju	Läikät lattia- tai seinätasoisissa Lattiaparketin tummumat	Limakalvon ärsytysoireet	0,1-10 ppb 0,071-7,1 µg/m ³	40 µg/m ³	Kostuneet tasoitteet Kotieläinten eritteet, ihmiset	Ilmanvaihdon lisääminen tasoitekerroksen poisto
Formaldehydi	Pistävä, väritön	Nestekromatografia Kromatrooppihappomenetelmä	Silmien ärsytys Ylähengitysteiden ärsytys		50 µg/m ³ per vuosi 100 µg/m ³ per 30 minµ 0,37 mg/m ³ per 8h (0,3 ppm) 0,74 mg/m ³ per 15min (0,6 ppm)	Lastulevyjen liima-aine Tupakointi Maalit, pinnoitteet Korkea sisäilman kosteus ja lämpötila	Tuuletus ja ilmanvaihdon tehostus Rakenteiden purku Erikoismaalit Huonekalujen hävitys
Hilidioksidi			Tunnekuisuus Väsymys Päänsärky Keskittymisvaikeudet	800 ppm 1438,8 mg/m ³	2100 mg/m ³ (1150 ppm) suurempi kuin ulkoilma	Riittämätön ilmanvaihto Ihmisen aineenvaihdunta	Ilmanvaihdon lisääminen
Hilimonoksidi (häkä)	Hajuton, väritön		Häkämyrkytysoireet: päänsärky, pahoinvointi, hengenhädätys Hengenvaarallinen	125 ppb (2019) 143,06 µg/m ³	7 µg/m ³	Hiilen epätäydellinen palaminen Pakokaasut, tulisiijat, kaasuliedet, tupakointi	Tullisijojen oikeinkäyttö Pakokaasujen ulosohjautuminen
Radon-säteily	Hajuton, mauton, väritön Radioaktiivinen		Keuhkosyöpä		300 becquereliä/m ³ (vanhat asunnot) 200 becquereliä/m ³ (uudet asunnot)	Porakalovesi, maaperä Talon rakenteen raot	Radontuuletus Radonputkisto Alapohjarakenteiden tiivistys Ryömintätilan tuuletuksen parannus Ilmanvaihdon lisääminen
Tupakansavu			Keuhkosyöpä Ärsyttää silmiä, kurkkua, hengitysteitä		0,05 µg/m ³ (nikotiinipitoisuus)	Käyttäjät	Savuttomuus
Viemärin haju	Rikkiyhdiste, mätä	Haju tulee usein kulvuneesta lattiakaivosta tai vesilukosta	Silmien ärsytys Limakalvon ärsytysoireet Päänsärky			Liikaiset ja kuivat lattiakaivot tai vesilukot Huonosti toimivat viemärit, tukokset	Lattiakaivojen/vesilukkojen puhdistus ja veden laskeminen
VOC-yhdisteet			Silmien ärsytysoireet Limakalvojen ärsytys Päänsärky		400 µg/m ³ (kokonaispitoisuus) 50 µg/m ³ (yksittäisen yhdisteen)	Rakennuksen ikä, puhdistusaineet VOC-yhdisteitä sisältävät materiaalit Hajusteet, ilmanvaihto, teollisuus Liikenne, lämpötila, kosteus Mikrobikasvustot	Oikea ilmanvaihto
Styreeni	Pistävä haju		Silmien ärsytys Hengitysteiden ärsytys Allergiset reaktiot Hermoston toimintahäiriö Kromosomimuutokset		40 µg/m ³ 20 ppm		
2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaalidioli di-isobutyaatti (TXIB)					10 µg/m ³		
2-etyyli-1-heksanoli (2EH)					10 µg/m ³		
Naftaleeni					10 µg/m ³ , ei saa esiintyä hajua		
A-pineeni, limoneeni						Ilmanraikastimet, puhdistusaineet, puu	
Texanolit (trimethylpentadiol-(1,3)-isobutyrate)						lateksimaalit	
D5 (decamethylcyclopentasiloxane)						hygieniatuotteet esim. deodorantit	
4-PC (4-phenylcyclohexene)	Voimakas jo pienillä pitoisuuksilla, ärsyttävä					Sivutuote styreenin ja 1,3-butadieenin reaktiossa (lateksi), muovimatot	
2-metyylipropaaninapon 1-(1,1-dimetyylietyyli)- 2-metyyli-1,3-propaanidyyliesteri						PVC-muovit	
Bentseeni						Lyijytön bensini, tupakointi, pakokaasut	
Alifaattiset hillivedyt						Dieselautojen emissiot	
Aromaattiset hillivedyt						Liikennepäästöt (bentseeni, tolueni, etyylibentseeni, alkylibentseeni, trimetyylibentseeni)	
Amiinit						Tupakansavu	

epäpuhtaus	piirteet	havainnointi	terveyshaitat	normaali pitoisuus	toimenpideraja	mikä aiheuttaa?	ratkaisut
Yksinkertaiset aromaattiset yhdisteet						Tupakansavu	
Alifaattiset ja aromaattiset hiilivedyt						Lämmitysöljy	
Klooratut ja alifaattiset hiilivedyt						Liimat	
Mono- ja diklooribentseeni						Polyuretaani- ja polystyreenivaaho	
Limoneeni ja pineeni						Detergentit (=pinta-aktiiviset aineet), kiillotusaineet	
P-diklooribentseeni						Deodorantit, yms. hajusteet, koimyrkypallot	
Asetoni						Kosmetiikkatuotteet	
Alkoholit (etanoli, isopropanoli)						Puhdistusaineet	
PAH-yhdisteet							
Antraseeni							
Asenaftteeni							
Asenaftyleeni							
Bentso(a)antraseeni							
Bentso(a)pyreeni							
Bentso(b)fluoranteeni							
Fenantreeni							
Fluoranteeni							
Fluoreeni							
Kryseeni							
Naftaleeni							
Pyreeni							

Lähteet:

<https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/kaasumaiset-epapuhautaudet>

<https://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus/>

<https://ilmatieteenlaitos.fi/kasvihuonekaasujen-pitoisuudet>

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Ongelmien-tutkiminen/Muut-sisailmatutkimukset/Kemialliset-tutkimukset>

<https://www.ttl.fi/kemikaalit-ja-tyo/formaldehydi/>

