

Antti Laihonen

KYLMÄAINEIDEN KÄYTÖN
KARTOITUS JA VALVONTA
MIKKELISSÄ

Opinnäytetyö
Ympäristötekniikan koulutusohjelma


Huhtikuu 2014




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 28.4.2014	
Tekijä Antti Laihonen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniikan koulutusohjelma	
Nimeke Kylmäaineiden käytön kartoitus ja valvonta Mikkelissä		
Tiivistelmä <p>Erilaisia ilmakehälle haitallisia kylmäaineita on edelleen laajalti käytössä. Kylmäaineet voivat tuhota otsonikerrosta ja ne toimivat kasvihuonekaasuna. Paras vaihtoehto olisi siirtyä käyttämään ympäristölle mahdollisimman haitattomia aineita. Kansainväliset ympäristösopimukset ovat olleet erittäin tehokkaita keinoja kylmäaineiden ympäristöhaittojen vähentämiseksi.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä kartoitetaan Mikkelissä käytössä olevia kylmäaineita sekä kylmälaitteiden huollon tilaa. Kartoituksen taustalla on Valtioneuvoston asetus 452/2009 otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta. Kyseinen asetus määrää mm. laitteiden huoltajien pätevyysvaatimuksista ja laitteiden tarkastuksista.</p> <p>Kylmäaineprojektin aikana kartoitettiin erilaisia ympäristölle haitallisia aineita, jotka toimivat otsonikerrosta heikentävinä aineina ja kasvihuonekaasuna. Toinen osa-alue oli valvoa kylmälaitteiden huollon onnistumista. Projekti suoritettiin kohteisiin tehtävinä tarkastuskäynteinä. Tarkastuskohteet valittiin siten, että ne antaisivat mahdollisimman edustavan kuvan Mikkelistä. Tarkastuskohteet olivat kohdetyypiltään erilaisia ja erikokoisia.</p> <p>Projektin tuloksena saatiin hyvä yleiskuva Mikkelissä käytössä olevista kylmäaineista ja huollon tilasta. Mikkelissä on kylmäaineiden kohdalla siirrytty pääosin ympäristön kannalta parempiin vaihtoehtoihin. Myös huollon tila on Mikkelissä hyvä.</p>		
Asiasanat (avainsanat) Kylmäaine, kylmälaitte, valvonta		
Sivumäärä 56 + 7	Kieli Suomi	URN
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Marjatta Lehesvaara	Opinnäytetyön toimeksiantaja Mikkelin Seudun Ympäristöpalvelut	

DESCRIPTION

		Date of the bachelor's thesis 28.4.2014
Author Antti Laihonen	Degree programme and option Environmental technology	
Name of the bachelor's thesis Surveying and monitoring refrigerants used in Mikkeli		
Abstract <p>Different refrigerants harmful to the atmosphere are still being widely used. The refrigerants can cause ozone depletion and they function as greenhouse gases. The best solution would be to proceed using as environmental-friendly substances as possible. International environmental treaties have been very efficient in reducing environmental harm caused by refrigerants.</p> <p>This thesis surveys refrigerants and maintenance of refrigeration systems in Mikkeli. The background of this survey is government decree 452/2009 on the maintenance of equipment containing ozone depleting substances and certain fluorinated greenhouse gases. The government decree states, for example, the qualification requirements for the maintenance personnel performing maintenance on refrigeration systems and the inspections of the systems.</p> <p>Different substances harmful for the environment which act as ozone depleting substances and greenhouse gases were surveyed during the project in Mikkeli. Another part of the project was to monitor maintenance of the refrigeration systems. The project was carried out as inspections in inspection targets. Different types of inspection targets were chosen so they would represent Mikkeli as a whole. Inspection targets were different by their types and sizes.</p> <p>As a result the project gives a good overview of the refrigerants used in Mikkeli and the status of refrigeration system maintenance. More environmental-friendly refrigerants are being used in Mikkeli. Also the state of maintenance is good.</p>		
Subject headings, (keywords) Refrigerant, refrigeration system, monitoring		
Pages 56 + 7	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Marjatta Lehesvaara	Bachelor's thesis assigned by Mikkelin Seudun Ympäristöpalvelut	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	2
2	KASVIHUONEKAASUJEN JA OTSONIA TUHOAVIEN AINEIDEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET.....	3
2.1	Kasvihuoneilmiö ja ilmastonmuutos	3
2.1.1	Kasvihuonekaasut	4
2.1.2	Kasvihuoneilmiön voimistumisen seuraukset ja ilmastonmuutoksen torjunta.....	8
2.2	Otsonikato.....	10
2.2.1	Otsoni.....	10
2.2.2	Otsonin ja stratosfäärin kemiaa, otsonin muodostuminen ja tuhoutuminen	11
2.2.3	Ihmisen toiminnan aiheuttama otsonin tuhoutuminen.....	14
2.2.4	Otsonikadon seuraukset	16
3	LAINSÄÄDÄNTÖ	18
3.1	Lainsäädännön tausta.....	18
3.2	Montrealin pöytäkirja	19
3.3	Kioton pöytäkirja	20
3.4	Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1005/2009	21
3.5	Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 842/2006	22
3.6	Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 452/2009	22
3.7	Valvovat viranomaiset, valvonta ja tarkastukset	24
4	KYLMÄLAITETEKNIikka.....	25
4.1	Valvonnan piiriin kuuluvat kylmälaitteet	25
4.2	Kylmälaitteiden toimintaperiaate ja laitetyyppit	25
4.2.1	Lämpöpumppu ja jäähdytyslaitteet	28
4.2.2	Ilmastointilaitteet	29
4.2.3	Suuret kylmälaitokset.....	30
5	KYLMÄAINEET.....	30
5.1	Kylmäaineiden historia ja käytön kehitys.....	31
5.2	Kylmäaineilta vaadittavat ominaisuudet.....	33
5.2.1	Turvallisuusryhmittely palavuuden ja myrkyllisyyden perusteella .	33

5.2.2	Termodynaamiset, kemialliset ja fysiologiset ominaisuudet	33
5.2.3	Kylmäaineiden ympäristövaikutuksista, TEWI-indeksi	35
5.2.4	Kylmäaineen käyttäytyminen öljyn ja veden kanssa	36
6	KYLMÄAINEPROJEKTI MIKKELISSÄ	37
6.1	Projektin tausta	37
6.2	Käytännön tarkastuksia edeltävät työt	38
6.3	Käytännön tarkastusten suorittaminen.....	38
7	TULOKSET	40
7.1	Tarkastetut laitteet sekä niiden sisältämät kylmäaineet.....	40
7.2	Kylmäaineiden käytön tarkastelua ainekohtaisesti	41
7.3	Kylmäaineiden tarkastelua laitekohtaisesti.....	43
7.4	Kohteissa havaitut puutteet.....	44
7.5	Muita projektin aikana tehtyjä havaintoja	45
8	TULOSTEN TARKASTELU	46
8.1	Kylmäaineet.....	46
8.2	Huollon tila	49
8.3	Mikkelin ja Espoon tulosten vertailua	51
8.4	Kehitysehdotuksia.....	52
9	YHTEENVETO	53
	LÄHTEET	54

LIITTEET

- 1 Joidenkin kasvihuonekaasujen ominaisuuksia
- 2 Joidenkin kylmäaineiden ODP- ja GWP-luvut
- 3 Mikkelin kylmäaineprojektin saatekirje
- 4 Valvontatarkastuskäynnin lomake - osa 1
- 5 Valvontatarkastuskäynnin lomake - osa 2

Seliteluettelo

Tähän luetteloon on koottu oleellisimpia opinnäytetyössä käytettyjä termejä.

CFC-yhdiste: Täysin halogenoitu kloorifluorihilivety. CFC-yhdisteet ovat hiilivetyjä, jotka sisältävät klooria ja fluoria.

F-kaasut: F-kaasun synonyymejä ovat mm. fluoratut kasvihuonekaasut, fluoriyhdisteet ja F-yhdisteet. F-kaasut ovat voimakkaita kasvihuonekaasuja, jotka sisältävät fluoria.

Freoni: yleisnimitys CFC-yhdisteille

GWP-luku: GWP-luku (Global Warming Potential) on indeksi, joka kuvaa tietyn aineen ilmastoa lämmittävää vaikutusta. Vertailukohtana käytetään hiilidioksidia, joka saa arvon 1.

Halogeenihiilivedyt eli halogenoidut hiilivedyt: CFC-, HCFC- ja HFC-yhdisteitä voidaan kutsua ns. halogeenihiilivedyiksi. Halogeenihiilivedyissä (halocarbons) hiilivetyjen vetyatomit on korvattu halogeenimolekyyleillä.

Haloni: Halonit ovat yhdisteryhmä, jotka sisältävät kloorin ja fluorin lisäksi bromia.

HC-aine: hiilivedyt, mm. isobutaani ja propaani

HCFC-yhdiste: osittain halogenoitu kloorifluorihilivety

HFC-yhdiste: fluorihilivety

Luonnollinen kylmäaine: Luonnolliset kylmäaineet ovat otsonikerrokselle haitattomia aineita ja niiden ilmastoa lämmittävä vaikutus on hyvin pieni. Luonnollisia kylmäaineita ovat mm. hiilidioksidi, ammoniakki sekä erilaiset hiilivedyt.

ODP-luku: ODP-luku (Ozone Depleting Potential) on indeksi, joka kuvaa tietyn aineen otsonikerrosta tuhoavaa vaikutusta. Vertailukohtana käytetään yhdistettä R-11, joka saa arvon 1.

ODS-kaasut: Ozone Depleting Substances, otsonikerrosta tuhoavat kaasut

Otsonikerros: Otsonin pitoisuus on suurimmillaan noin 15-25 kilometrin korkeudessa stratosfäärissä, tätä aluetta kutsutaan otsonikerrokseksi.

Stratosfääri: ilmakehän kerros, joka sijaitsee noin 10 – 50 kilometrin korkeudella maanpinnasta

TEWI-indeksi: Total Equivalent Warming Impact, TEWI-indeksi kuvaa kylmälaitoksen vaikutusta ilmakehän lämpenemiseen laitoksen elinaikana.

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä kartoitetaan Mikkeliissä käytössä olevia kylmäaineita erilaisissa ilmanvaihto- sekä kylmäkohteissa. Erilaisia kartoitettavia kohteita ovat mm. kauppakeskuksissa ja teollisuuslaitoksissa olevat ilmastointi- ja jäähdytyslaitteet. Valvonnan tarkoituksena on kartoittaa aineita, jotka voivat heikentää otsonikerrosta tai voimistaa kasvihuoneilmiötä. Kylmäaineiden kartoituksen lisäksi arvioidaan kylmälaitteiden huollon tilaa. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Mikkelin Seudun Ympäristöpalvelut.

Tässä opinnäytetyössä tarkastettavia kohteita on 31 kpl. Tarkastuskohteet on valittu siten, että ne antaisivat mahdollisimman edustavan kuvan Mikkeliissä käytössä olevista kylmäaineista sekä tarkastettavien laitteiden huollon tilasta. Aikaisemmin vastaava kylmäaineiden käyttöä kartoittava projekti on toteutettu Espoon alueella, jolloin kohteita tarkastettiin 63 kpl.

Otsonikerrosta tuhoavien kaasujen ja kasvihuoneilmiötä voimistavien F-kaasujen käytön viranomaisvalvonta perustuu Euroopan parlamentin ja Neuvoston asetukseen (EY) N:o 1005/2009 otsonikerrosta heikentävistä aineista sekä Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseen (EY) N:o 842/2006 tietyistä fluoratuista kasvihuonekaasuista. Nämä asetukset on otettu Suomen lainsäädännössä huomioon Valtioneuvoston asetuksella 452/2009 otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta.

Asetusten ja asetusten valvonnan tarkoituksena on ehkäistä ilmakehälle haitallisten kaasujen pääsy ilmakehään. Tämä toteutetaan siis valvomalla aineiden käyttöä sekä haitallisia aineita sisältävien laitteiden huoltajien pätevyyttä. Huoltoasetusta valvovien viranomaisten avuksi on olemassa Suomen ympäristökeskuksen valvontaohje. Opinnäytetyössä perehdytään muun muassa kylmäaineisiin, kylmälaitetekniikkaan, alan lainsäädäntöön, kylmäaineiden aiheuttamiin ympäristöongelmiin ja itse käytännön valvontaan, josta suurin osa toteutetaan itse tehtävänä projektina.

2 KASVIHUONEKAASUJEN JA OTSONIA TUHOAVIEN AINEIDEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Kasvihuoneilmiötä voimistavilla kaasuilla (mm. F-kaasuilla) ja otsonikerrosta tuhoavilla kaasuilla (ODS-kaasut, Ozone Depleting Substances) on paljon erilaisia käyttökohteita. ODS-kaasuja käytetään mm. kylmäaineina kylmälaitteissa ja ilmastointilaitteissa, sammutusaineina ja liuottimina. F-kaasujen käyttökohteita ovat mm. kylmäaineet, ponnekaasut ja sammutusaineet. F-kaasujen ja otsonikerrosta tuhoavien aineiden laajasta käytöstä huolimatta niillä on paljon ympäristölle haitallisia vaikutuksia. Eri-laisten aineiden käytöllä voi olla hyvinkin vakavia vaikutuksia ympäristöön ja erityisesti maapallon ilmakehään, suurimpina vaikutuksina otsonikato ja kasvihuoneilmiön voimistuminen. (Finel ym. 2012, 7, 9.)

Yleisesti voidaan todeta, että ilmakehä ja kaikki ilmastoon liittyvät ilmiöt ja tekijät, eritoten kasvihuoneilmiö ja ilmastonmuutos, ovat hyvin monimutkaisia kokonaisuuksia. Ilmakehä ja maapallon pinta muodostavat kokonaisuuden, jossa lähes kaikki vaikuttaa kaikkeen. Tästä johtuen esimerkiksi ilmastonmuutos on erittäin suuri ja monimutkainen kokonaisuus. Kaikkien ilmastollisten tekijöiden vaikutusta toisiinsa ei vielä tunneta täydellisesti. (Karttunen ym. 2008, 5.)

2.1 Kasvihuoneilmiö ja ilmastonmuutos

Kasvihuoneilmiöllä tarkoitetaan ilmiötä, jossa maapallon ilmakehä toimii kasvihuoneen tavoin. Auringosta tuleva lyhytaaltainen säteily (näkyvä valo) tulee maan pinnalle valaisten ja lämmittäen sitä. Maa taas säteilee takaisin avaruuteen pitkäaaltoisempaa infrapuna- eli lämpösäteilyä. Näkyvä valo pääsee melko hyvin ilmakehän lävitse maanpinnalle, mutta lämpösäteilyä ilmakehä pidättää huomattavasti tehokkaammin. Osa ilmakehän kaasuista, mm. vesihöyry absorboi maan pinnalta tulevaa infrapunasäteilyä, osa kaasujen absorboimasta lämmöstä palaa kuitenkin takaisin maanpinnalle. Maan pinnalta poistuva säteily ei siis kokonaan karkaa avaruuteen, vaan osa jää lämmittämään ilmakehää ja maanpintaa. Tällaisesta lämpötilan kohoamisesta käytetään nimitystä kasvihuoneilmiö. (Karttunen ym. 2008, 96 – 97; Lyytimäki & Hakala 2008, 89.)

Kasvihuoneilmiön ansiosta Maan lämpötila on 33 astetta korkeampi kuin ilman sitä. Kasvihuoneilmiö itsessään ei ole maapallolle vahingollista, vaan kyseessä on pikemminkin välttämätön ilmiö. Ilman sitä maapallon lämpötila olisi pysyvästi pakkasen puolella, eikä nykyisenkaltaista elämää olisi päässyt välttämättä kehittymään. Tosin arkikielessä kasvihuoneilmiöllä tarkoitetaan useimmiten ihmisen toiminnan aiheuttamaa vain pientä kasvihuoneilmiön voimistumista. Kasvihuoneilmiö on myös vahvasti linkittynyt ilmastonmuutokseen. (Karttunen ym. 2008, 97 – 98; Lyytimäki & Hakala 2008, 88.)

2.1.1 Kasvihuonekaasut

Kasvihuonekaasuiksi kutsutaan kaikkia sellaisia ilmakehän kaasuja, jotka absorboivat eli imevät itseensä infrapuna- eli lämpösäteilyä. Ilmakehä on infrapuna-alueella hiilidioksidin ja vesihöyryn vuoksi melko läpinäkymätön lukuun ottamatta joitakin tiettyjä aallonpituuskaistoja. Näistä kaistoista laajin sijaitsee 8 – 12 mikrometrin kohdalla. Jos ilmaan joutuu aineita, jotka absorboivat lämpösäteilyä juuri tällä alueella, on niillä entistä suurempi vaikutus kasvihuoneilmiöön. Eri kaasut aiheuttavat alailmakehässä kasvihuoneilmiön seurauksena erisuuruista lämmönnousua; noin 21 °C lämmönnoususta aiheutuu vesihöyrystä, 7 °C hiilidioksidista, 2 °C otsonista ja loput noin 3 °C muista kasvihuonekaasuista. Muita kasvihuonekaasuja ovat muun muassa metaani, dityppioksidi eli typpioksiduuli, otsoni ja CFC-yhdisteet. (Karttunen ym. 2008, 98.)

Kunkin kaasun kykyä vaikuttaa kasvihuoneilmiöön kuvataan sen ominaislämmitys-vaikutuksella GWP (Global Warming Potential). GWP on luku, joka kuvaa tietyn kasvihuonekaasun kykyä lämmittää maapallon ilmakehää verrattuna hiilidioksidiin. Eri kaasut myös pysyvät ilmakehässä eripituisia aikoja, elinikä vaihtelee tunneista kymmeniintuhansiin vuosiin. Taulukossa 1. (liite 1.) on esitelty joidenkin kasvihuonekaasujen keskimääräiset pitoisuudet ilmakehässä, elinikä ja ominaislämmitysvaikutus. (Karttunen ym. 2008, 98.)

Matemaattisten mallinnusten mukaan kasvihuoneilmiö saattaa kylmentää stratosfääriä. Stratosfääriin jäähtymisen seurauksena otsonia tuhoavat reaktiot voimistuvat ja otsonikato pahenee. Toisaalta otsonikato voi jossain määrin heikentää kasvihuoneilmiötä, koska pienemmän otsonimäärän takia otsoni sitoo itseensä entistä vähemmän läm-

pösäteilyä. Otsonin vaikutukset ilmaston lämpenemiseen tunnetaan myös muita kasvihuonekaasuja huonommin. (Karttunen ym. 2008, 99; Lyytimäki & Hakala 2008, 99.)

Vesihöyry

Puolet kaikesta ilmakehän sisältämästä vesihöyrystä (H_2O) on keskimäärin alempana kuin 1,5 kilometrin korkeudessa. Troposfäärin yläosassa ja stratosfäärissä on vain pieni osa ilmakehän vesihöyrystä, esimerkiksi stratosfäärissä on vain alle 1 % vesihöyrystä. Vaikka troposfäärin yläosassa ja stratosfäärissä on vesihöyryä hyvin vähän, on sillä tärkeä merkitys mm. ilmaston ja sen muutosten kannalta, koska vesihöyry vaikuttaa säteilyn kulkuun ja kemiallisiin reaktioihin kyseisissä korkeuksissa. Vesihöyryn määrä vaikuttaa veden hydrologiseen kiertoon, eli veden kiertoon maan ja ilmakehän välillä. Vesihöyryn määrän muutokset vaikuttavat tätä kautta mm. pohjavee-teen, kasvillisuuteen, pilvisyyteen ja sateeseen. Säällä, ilmastolla ja vesihöyrymäärällä on siis suuri vaikutus toisiinsa. Ilmaston lämpeneminen ja ilmakehän vesihöyry ovat vahvasti kytkeytyneet toisiinsa; vesihöyrymäärän lisääntyessä kasvihuoneilmiö voimistuu ja ilmakehä lämpenee. Ilmakehän lämmitessä vettä haihtuu edelleen enemmän ilmaan. Lisäksi lämmennyt ilmakehä voi sisältää entistä enemmän vesihöyryä, mikä kiihdyttää lämpenemistä edelleen. Matemaattisilla ilmastomallinuksilla on arvioitu, että hiilidioksidimäärän kaksinkertaistumisen aiheuttama lämpötilan nousu aiheuttaisi vesihöyrymäärän kasvun, joka edelleen johtaisi 60 % suurempaan lämpenemiseen. (Karttunen ym. 2008, 99 – 100.)

Hiilidioksidi

Hiilidioksidi (CO_2) on vesihöyryn ohella merkittävin ja runsain kasvihuonekaasu. Kasvillisuus sitoo ilmakehän hiilidioksidia yhteyttämisessä ja vapauttaa sitä ilmakehään soluhengityksessä. Lisäksi maaperästä vapautuu hiilidioksidia ilmaan hajottajabakteerien toiminnassa. Hiilen kierto maapallolla on luonnollisesti suurin piirtein tasapainossa ja globaalisti hiilinielujen arvioidaan olevan hieman hiilen lähteitä suurempia. Hiilidioksidin vaihtoa tapahtuu myös merten ja ilmakehän välillä; kylmä merivesi sitoo itseensä hiilidioksidia, kun taas tropiikin lämpimät merivedet vapauttavat hiilidioksidia ilmakehään. Meriin sitoutuu kokonaisuudessaan noin 2 Pg (petagrammaa eli gigatonnia) hiilidioksidia vuodessa. Ihminen on omalla toiminnallaan vaikuttanut hiilen kiertoon erityisesti fossiilisten polttoaineiden poltolla sekä maaperän ja kasvillisuuden muokkauksella. Fossiilisten polttoaineiden poltosta syntyvät vuotuiset

hiilidioksidipäästöt olivat 1990-luvulla hiileksi muutettuina keskimäärin 6,4 Pg ja vuosina 2000 – 2005 jo 7,2 Pg. (Karttunen ym. 2008, 100 – 101.)

Ihmisen vapauttama hiilidioksidi on päästetty ilmaan melko lyhyessä ajassa, joten hiilen luonnolliset varastot eivät kykene ottamaan kaikkea vastaan tarpeeksi nopeasti. Tästä johtuen ilmakehään kasaantuu hiilidioksidia. Ennen teollistumisen aikaa hiilidioksidin pitoisuus ilmakehässä oli noin 280 ppm (parts per million = miljoonasosa) ja vuonna 2007 jo 382 ppm. Nykyinen hiilidioksidipitoisuus on noussut vuodesta 1750 yli 30 %. Ihmisen toiminnan aiheuttamalla hiilidioksidin määrän kasvulla on suuri merkitys ilmaston muutoksen kannalta. Hiilidioksidi on yksi suurimpia tekijöitä, jotka vaikuttavat maan ja ilmakehän säteilytaseeseen eli maapallolle saapuvan tai maapallolta poistuvan säteilyenergian määrään. (Karttunen ym. 2008, 98, 102, 183 – 185.)

Typhen ja rikkin oksidit

Ilmakehässä on eniten typpeä ja happea. Keskenään ne muodostavat typpioksidia (NO), typpidioksidia (NO₂) ja dityppioksidia (N₂O). Dityppioksidin pitoisuus ilmakehässä on kasvanut 16 % vuodesta 1750, pitoisuuden tällä hetkellä ollessa 310 ppb (parts per billion = miljardisosa). Dityppioksidi pysyy ilmakehässä pitkään, yli sata vuotta. Dityppioksidin ominaislämmitysvaikutus (GWP) on hiilidioksidiin verrattuna 296-kertainen. Toistaiseksi dityppioksidi ei aiheuta suurta kasvihuoneilmiön voimistumista, koska sen pitoisuus ilmakehässä on vain tuhannesosa hiilidioksidin pitoisuudesta; dityppioksidin osuus ihmisen aiheuttamasta ilmakehän lämpenemisestä on noin kymmenesosa. Dityppioksidin lähteistä noin 40 % on ihmisen tuottamia. Typpioksidin ja typpidioksidin vaikutukset ilmenevät happosateina. Rikkidioksidi aiheuttaa 2/3 sadeden happamuudesta. (Karttunen ym. 2008, 98, 103 – 104; Lyytimäki & Hakala 2008, 97.)

Metaani

Metaani (CH₄) on yksinkertaisin hiilivety. Se on ominaislämmitysvaikutukseltaan 23-kertainen hiilidioksidiin verrattuna ja elinikä ilmakehässä kymmenisen vuotta. Metaania muodostuu paljon orgaanisen aineksen hajotessa. Hieman yli puolet metaanipäästöistä on ihmisen aiheuttamia. Metaania pääsee ihmisen toiminnan seurauksena ilmaan monista eri lähteistä, tärkeimpinä maatalous ja fossiilisten polttoaineiden käyttö. Me-

taanipäästöjen kasvu seuraa myös maapallon väestönkasvua. Ilmakehän metaanipitoisuus oli ennen teollistumista noin 715 ppb. Vuonna 1990 pitoisuus oli 1732 ppb. Vuonna 2005 pitoisuus oli noussut vain hieman pitoisuuden ollessa 1774 ppb. Metaanipitoisuuden kasvu on siis lähes pysähtynyt viime aikoina. (Karttunen ym. 2008, 98, 104 – 105.)

Fluoratut kasvihuonekaasut eli fluoriyhdisteet

Fluoratuista kasvihuonekaasuista käytetään useita erilaisia nimityksiä. Näitä ovat mm. fluoriyhdisteet, F-yhdisteet ja F-kaasut. F-kaasut ovat kasvihuonekaasuja, jotka sisältävät fluoria. F-kaasut ovat voimakkaita kasvihuonekaasuja ja osa niistä on erittäin pitkäikäisiä. F-kaasujen ryhmään kuuluvat HFC-yhdisteet (fluorihilivedyt), PFC-yhdisteet (perfluorihilivedyt) ja rikkiheksafluoridi (SF₆). Esimerkiksi rikkiheksafluoridi on ominaislämmitysvaikutukseltaan 22 200 kertaa hiilidioksidia voimakkaampaa ja sen elinikä ilmakehässä on jopa 3200 vuotta. Rikkiheksafluoridin ominaislämmitysvaikutus on suurin, mikä millekään kasvihuonekaasulle on raportoitu. PFC-kaasuihin kuuluva CF₄ taas pysyy ilmakehässä jopa yli 50 000 vuotta. F-kaasujen pitoisuudet ilmakehässä ovat kuitenkin noin miljoona kertaa pienempiä kuin hiilidioksidin. (Karttunen ym. 2008, 98, 105; Suomen ympäristökeskus 2013d; Tilastokeskus 2014.)

Ilmakehän fluoratut kasvihuonekaasut ovat täysin ihmistoiminnasta peräisin olevia, niillä ei ole luonnollisia päästölähteitä. Kaasujen päästöt ovat melko vähäisiä, mutta kuten edellisestä kappaleesta kävi ilmi, on niiden ilmastoa lämmittävä vaikutus suuri. Fluorattuja kasvihuonekaasuja käytetään pääasiassa otsonikerrosta heikentävien aineiden korvaajina mm. kylmä- ja ilmastointilaitteissa sekä lämpöpumpuissa. Suomessa muita päästölähteitä ovat lisäksi solumuovituotteet, aerosolit, sähkönjakelulaitteet ja muut pienemmät päästölähteet. Suomen F-kaasujen päästöt olivat vuonna 2011 1,1 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalenttia kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen ollessa noin 66,8 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalenttia. Hiilidioksidiekvivalentilla tarkoitetaan tietyn kasvihuonekaasun kasvihuoneilmiötä voimistavaa vaikutusta muunnettuna vastaamaan hiilidioksidin ilmastovaikutusta. F-kaasujen osuus kokonaispäästöistä oli siis vain noin 1,6 prosenttia, mutta on huomioitava, että F-kaasujen päästöt ovat nousseet pidemmällä aikavälillä voimakkaasti päästötason nykyään ollessa moninkertainen vuoden 1995 tasoon verrattuna. F-kaasupäästöjen kasvun taustalla

on niiden käytön kasvu 1990-luvun lopulla, kun F-kaasuilla alettiin korvata otsonikerrosta heikentäviä aineita. Päästöjä on lisäksi kasvattanut kylmä- ja ilmastointilaitteiden määrän kasvu. (Suomen ympäristökeskus 2013d; Tilastokeskus 2014.)

2.1.2 Kasvihuoneilmiön voimistumisen seuraukset ja ilmastonmuutoksen torjunta

Kasvihuoneilmiön voimistumisen eli ilmakehän ja maanpinnan lämpötilan kohoamisen suurin seuraus on globaali ilmastonmuutos. Tieteellisestä näkökulmasta katsottuna ilmastonmuutoksella tarkoitetaan mitä tahansa ilmaston muuttumista tietyssä ajassa, joka voi olla seurausta luonnollisista tekijöistä tai ihmisen toiminnasta. Tätä tieteellistä näkökulmaa käyttää hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). YK:n ilmastosopimuksissa ilmastonmuutos on määritelty johtuvaksi suorasti tai epäsuorasti ihmisen toiminnasta. Tällä hetkellä meillä oleva ilmastonmuutos on todennäköisesti ihmisen aiheuttama. (Karttunen ym. 2008, 174 – 175; Lyytimäki & Hakala 2008, 87.)

Ilmasto muuttuu jatkuvasti, mutta maapallon lämpötila muuttuu nykyään nopeammin kuin se muuttuisi luonnollisesti. Ilmaston lämpeneminen viimeisen sadan vuoden aikana on kiistaton tosiasia. Lämpötilan mittausjakso ulottuu vuoteen 1861 asti, sitä kaukaisemman ilmaston ominaisuuksia voidaan tutkia mm. tutkimalla jäätiköitä ja jään sisältämiä kaasuja. Kansainvälisen ilmastonmuutospaneelin mukaan ilmasto lämpeni maailmanlaajuisesti noin 0,7 astetta vuosien 1906 – 2005 välillä. Lisäksi mittausjakson viimeisten 50 vuoden aikana lämpeneminen oli noin kaksi kertaa nopeampaa kuin viime vuosisadan alkupuolella. Nykyään ilmasto muuttaa eniten hiilidioksidipitoisuuden kasvu. On myös huomioitava, että ilmasto reagoi kasvihuonekaasujen pitoisuuksien kasvuun viiveellä; maapallon lämpötila kohoaa vielä pitkään kasvihuonekaasujen pitoisuuksien vakauduttua. Viive johtuu pääosin merien kyvystä sitoa lämpöenergiaa. (Karttunen ym. 2008, 175; Lyytimäki & Hakala 2008, 87, 101.)

Ilmastonmuutoksella on tai mahdollisesti tulee olemaan vakavia globaaleja vaikutuksia. Muun muassa kaikki maa-alueet lämpenevät; eniten lämpenevät pohjoiset maa-alueet talvella. Lämpötilan kohoamisella on edelleen omat vaikutuksensa. Paikoitellen sateisuus lisääntyy, paikoitellen taas haihtuvuus lisääntyy. Sateen väheneminen voi johtaa tietyillä alueilla aavikoitumiseen, erityisesti ennestään kuivilla alueilla. Aavi-

koitumisen riskiä kasvattavat edelleen laiduntaminen, maanviljely ja metsien hakkuut. Maapallon vuosittaisen keskilämpötilan nousu tulevaisuudessa riippuu käytettävästä matemaattisesta mallista, eikä täysin varmaa ennustetta voida tehdä. Kuitenkin keskilämpötilan arvioidaan nousevan 1,1 – 6,4 astetta tällä vuosisadalla. Myös Suomessa keskilämpötila tulee nousemaan, tämä näkyy mm. lisääntyneinä ja voimakkaampina sateina, lumen määrän vähenemisellä ja hellepäivien määrän kasvulla. (Lyytimäki & Hakala 2008, 101 – 102.)

Ilmastonmuutoksen seurauksena kasvi- ja eläinlajien elinympäristöt voivat kutistua tai kokonaan hävitä, jolloin myös lajien levittäytyminen vaikeutuu. Yleisesti ottaen ilmastonmuutos voimistaa luonnon monimuotoisuuden köyhtymistä, koska jopa kokonaiset elinympäristöt, kuten pohjoismaiden tundra, voivat hävitä kokonaan. Toisaalta nykyisin etelämmässä elävät lajit kykenevät leviämään pohjoisemmaksi. (Lyytimäki & Hakala 2008, 102.)

Ilmastonmuutos vaikuttaa myös meriin. Seurauksena voi olla merenpinnan nousu lämpölaajenemisen ja jäätiköiden sulamisen seurauksena. Meren pinta nousee suuremmalla viiveellä kuin maapallon lämpötila, koska syvällä oleva vesi lämpenee hitaasti. Ilmastonmuutos voi aiheuttaa myös voimakkaita muutoksia merivirroissa. Esimerkiksi muutokset Golfvirrassa vaikuttaisivat oleellisesti Suomen ilmastoon. Muutokset veden lämpötilassa, ravinteisuudessa, sekä suola- ja hiilipitoisuuksissa vaikuttaisivat myös merien eliöstöön. Lämpeneminen pienentäisi manner- ja vuoristojäätiköitä, Pohjoisnavalta jäätikkö voisi kadota kesäisin kokonaan. (Lyytimäki & Hakala 2008, 103 – 104.)

Ilmaston muuttumisella olisi oma vaikutuksensa maa- ja metsätalouteen. Kuivilla ja kuumilla alueilla viljelyolot saattavat heikentyä, kun taas pohjoisessa maatalouden tuottavuus voi jopa parantua. Tosin lämpötilan nousu voi parantaa tuholaisten viihtyvyyttä ja täten lisätä myös tuholaisvaurioita. (Lyytimäki & Hakala 2008, 105 – 106.)

Ilmastonmuutosta voidaan yrittää myös ehkäistä. Tosin tähän asti ilmastonmuutoksen torjunta on ollut tehotonta ja torjuntatoimiin on ryhdytty hitaasti, vaikka uhat on tiedostettu. On myös arvioitu, että ilmakehän hiilidioksidipitoisuus kaksinkertaistuu ennen tämän vuosisadan loppua, ellei tarvittaviin ilmastonsuojelullisiin toimiin ryhdytä.

Tähän asti menestyksekkäin ilmastonmuutosta torjuva kansainvälinen sopimus on ollut Kioton pöytäkirja. (Lyytimäki & Hakala 2008, 102, 107.)

2.2 Otsonikato

Maapallolla on suojanaan Auringon haitallista säteilyä vastaan otsonikerros. Otsoniin liittyy kaksi erilaista ympäristöongelmaa, joista voi seurata haittaa terveydelle ja ympäristölle. Otsonin määrä voi vähentyä stratosfäärissä tai otsonin pitoisuus voi kasvaa paikallisesti troposfäärin alaosassa eli ilmakehän alimmassa kerroksessa. Alailmakehän otsoni vaurioittaa elollista luontoa ja materiaaleja, koska otsoni on voimakas hapetin. Lisäksi troposfäärin otsonin merkitys ultraviolettisäteilyltä suojaavana tekijänä on mitätön. Molemmissa tapauksissa muutokset otsonin pitoisuudessa ovat seurausta ihmisen toiminnasta. Myös otsonikadon voidaan sanoa olevan ihmisen aiheuttama ilmaston muutos. Tässä luvussa 2.2 perehdytään stratosfäärin otsoniin ja otsonikadon aiheuttamiin seurauksiin. (Karttunen ym. 2008, 87, 94, 174; Laukkanen 2005, 10 - 11; Lyytimäki & Hakala 2008, 113.)

2.2.1 Otsoni

Otsoni (O_3) on kolmesta happiatomista koostuva molekyyli. Auringon säteily kykenee hajottamaan happimolekyyliä O_2 vapaiksi happiatomeiksi O, joista syntyy edelleen otsonia O_3 . Otsonia syntyy eniten stratosfäärissä, ilmakehän kerroksessa, joka sijaitsee noin 10 – 50 kilometrin korkeudella maanpinnasta. Otsonin pitoisuus on suurimmillaan noin 15-25 kilometrin korkeudessa, tätä aluetta kutsutaan otsonikerrokseksi. Otsonin pitoisuus ilmakehässä on enimmillään muutama miljoonasosa (ppm = parts per million, 10^{-6}). Stratosfäärissä otsoni absorboi tehokkaasti ultraviolettisäteilyä ja poistaa ihmiselle haitallisen osan UV-säteilystä lähes kokonaan. Otsonikerros onkin siis mahdollistanut nykyisenkaltaisen elämän kehittymisen. (Karttunen ym. 2008, 87, 90; Lyytimäki & Hakala 2008, 113.)

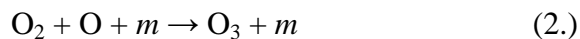
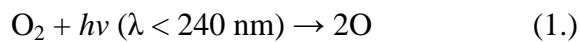
Otsonia syntyy eniten tropiikin stratosfäärissä voimakkaan UV-säteilyn seurauksena ja vähiten napa-alueiden yllä. Päiväntasaajan alueelta otsonia päätyy ilmassojen mukana myös napa-alueille. Esimerkiksi siis Suomen yllä ei ole merkittävää otsonintuotantoa, vaan meitä suojaava otsoni kulkeutuu meille tropiikin alueelta stratosfäärin kiertoliikkeen mukana. Otsonin määrä vaihtelee vuodenajan ja leveysasteen mukaan,

mutta myös Auringon aktiivisuus vaikuttaa pidemmällä aikavälillä otsonin määrään. Otsonin kokonaismäärä ilmakehässä ilmoitetaan useimmiten Dobsonin yksikköinä (DU = Dobson unit). Otsonin määrä on tavallisesti 250 – 470 DU. Korkeimmat arvot mitataan keväisin napaseutujen lähetyillä, trooppisilla alueilla otsonin määrä on aina lähellä alarajaa. Ultraviolettisäteilyn määrää taasen kuvataan UV-indeksillä. Indeksillä 0 – 2 säteilyn voimakkuus on heikkoa, 3 – 5 kohtalaista, 6 – 7 voimakasta, 8 – 10 hyvin voimakasta ja yli 10 äärimmäisen voimakasta. (Karttunen ym. 2008, 87 – 90; Lyytimäki & Hakala 2008, 113)

2.2.2 Otsonin ja stratosfäärin kemiaa, otsonin muodostuminen ja tuhoutuminen

Otsonin muodostuminen

Jotta otsonia voi muodostua, tarvitaan vapaita happiatomeja. Riittävän korkeaenergiset fotonit kykenevät pilkkomaan happimolekyyliin (O_2). Happimolekyylin hajotessa syntyy kaksi happiatomia (O), jotka voivat edelleen reagoida happimolekyylien kanssa ja muodostaa otsonia (O_3). (Karttunen ym. 2008, 87.) Edellä mainittu reaktio on esitetty seuraavissa reaktioyhtälöissä (reaktioyhtälöt 1. ja 2.):

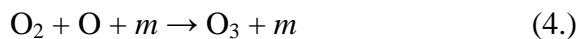


, missä m on mikä tahansa ilmassa oleva reagoimaton eli inerti molekyylä, joka vastaanottaa ylimääräisen energian, λ (lambda) on säteilyn aallonpituus ja $h\nu$ kuvaa fotonin energiaa (h on Planckin vakio ja ν värähtelytaajuus). (Karttunen ym. 2008, 87; Pukkila 2004, 19.)

Happimolekyylit eivät absorboi kovin hyvin noin 200 nanometriä pitkäaaltoisempaa UV-säteilyä. Sen sijaan otsoni absorboi tätä pitkäaaltoista UV-säteilyä ja voimakaimmillaan otsonin absorptio on 250 nanometrin kohdalla. Otsonia muodostuu eniten alueilla, joissa Aurinko paistaa korkealta ja UV-säteily on voimakasta, eli toisin sanoen päiväntasaajan lähetyillä. (Karttunen ym. 2008, 87.)

Otsonin hajoaminen

Otsonimolekyyli voi myös hajota ultraviolettisäteilyn vaikutuksesta. Tämä ei kuitenkaan johda otsonin täydelliseen häviämiseen, koska reaktiossa syntyvä happiatomi voi reagoida happimolekyylin kanssa ja täten tuottaa uuden otsonimolekyylin. Tässä prosessissa UV-säteily muuttuu lämmöksi. (Karttunen ym. 2008, 87.) Edellä mainittu reaktio on esitetty seuraavissa reaktioyhtälöissä (reaktioyhtälöt 3. ja 4.):



Syntyvä happiatomi voi myös reagoida otsonimolekyylin kanssa, jolloin muodostuu kaksi happimolekyyliä. Tämä reaktio johtaa kahden otsonimolekyylin tuhoutumiseen. Tämä tapahtuma on kuitenkin epätodennäköinen, koska ilmakehässä on paljon enemmän happimolekyyliä kuin otsonia. (Karttunen ym. 2008, 87 – 88.) Edellä mainittu reaktio on esitetty seuraavissa reaktioyhtälöissä (reaktioyhtälöt 5. ja 6.):



Lisäksi monet yhdisteet voivat tuhota otsonia katalyyttisesti, eli otsonia tuhoavat aineet eivät itse kulu reaktiossa. Tällaisia yhdisteitä ovat mm. typen (NO, NO₂), vedyn (OH, HO₂) ja halogeenien (ClO, BrO) oksidit. (Karttunen ym. 2008, 90.) Katalyyttisiä reaktioita on esitetty seuraavissa reaktioyhtälöissä (reaktioyhtälöt 7, 8. ja 9.):



, missä X = Cl, Br, NO tai OH.

Stratosfäärin kemiaa, otsoniin liittyvät ilmiöt stratosfäärissä

Otsonia tuhoavat aineet, kuten esimerkiksi CFC-yhdisteet, ovat troposfäärissä stabiileja, mutta stratosfääriin joutuessaan ne hajoavat pääosin ultraviolettisäteilyn vaikutuksesta, jolloin vapautuu klooria. Kloori muodostaa yhdisteitä, mm. suolahappoa (HCl) ja kloorinitraattia (ClONO₂), jotka eivät kuitenkaan reagoi otsonin kanssa. Näitä yhdisteitä kutsutaan kloorin varastoyhdisteiksi. (Karttunen ym. 2008, 91.)

Napa-alueiden talven aikaan napojen yläpuolisessa stratosfäärissä muodostuu tuulijärjestelmä, jota kutsutaan polaaripyörteeksi eli napapyörteeksi. Polaaripyörre eristää tehokkaasti polaari-ilmamassan muusta ilmamassasta. Yöllä polaari-ilmamassassa tapahtuu voimakasta jäähtymistä, ja jos lämpötila laskee alemmaksi kuin noin -78°C, muodostuu polaaristratosfääripilviä eli helmiäispilviä. (Karttunen ym. 2008, 91; Lyytimäki & Hakala 2008, 116.)

Otsonia hajottavat reaktiot toimivat erityisen voimakkaasti, kun napapyörre on kylmimmillään. Polaaristratosfääripilvet koostuvat pisaroista tai jääkiteistä, jotka edelleen koostuvat rikkihaposta, typpihaposta ja vedestä. Kloori ja bromi hajottavat otsonia erityisen tehokkaasti juuri jääkiteiden pinnalla. Polaaristratosfääripilvet kehittyvät halkaisijaltaan noin 0,1 µm:n kokoisista pisaroista, jotka koostuvat rikkihaposta ja vedestä. Näitä pisaroita kutsutaan tausta-aerosoleiksi. Aerosolien määrä stratosfäärissä voi kasvaa merkittävästi mm. tulivuorenpurkausten seurauksena, jolloin otsonikato voimistuu ja voi näkyä selvästi globaalissa otsonin määrässä. (Karttunen ym. 2008, 91 – 92; Lyytimäki & Hakala 2008, 116 – 117.)

Polaarialueiden otsonikadon selittämisessä tehtiin läpimurto, kun ymmärrettiin polaaristratosfääripilvissä tapahtuvien pintareaktioiden suuri merkitys. Pilvihiukkasten pinnalla tapahtuu erittäin nopeita katalyyttisiä reaktioita, joissa ihmisen toiminnasta peräisin olevat kloori- ja bromiyhdisteet muuttuvat reaktiivisempaan muotoon. Pintareaktioissa mm. kloorin varastoyhdisteet muuttuvat edelleen valoherkiksi yhdisteiksi (mm. Cl₂ ja ClONO₂). Keväällä auringonvalo hajottaa näitä yhdisteitä, jolloin muodostuu aktiivista klooria (Cl ja ClO), joka kykenee tuhoamaan otsonia erittäin tehokkaasti. Polaaristratosfääripilvet voivat vaikuttaa otsonikatoon myös toisella tapaa: pilvien hiukkasten pudotessa alaspäin hiukkasten sisältämä typpihappo poistuu ilmakehästä. Tämä typen poistuminen pitkittää keväällä otsonikatoa, koska kloori palautuu hi-

taammin takaisin varastoyhdisteisiin. Otsonikatosykli katkeavat kuitenkin luonnollisesti. (Ilmatieteen laitos 2005, 6; Karttunen ym. 2008, 92.)

Otsonikato on siis voimakkainta napa-alueilla, erityisesti Etelämantereella, jossa lämpötilaa laskee niin alas, että vapaata klooria voi muodostua. Etelämantereen yläpuolinen napapyörre on hyvin pysyvä ja napapyörteen sisältämä ilmamassa on hyvin eristynyttä, joten se myös pysyy kylmänä. Kylmässä ilmamassassa otsonia hajottavat reaktiot toimivat tehokkaasti. Pohjoisella pallonpuoliskolla vastaava napapyörre ei ole yhtä pysyvä eivätkä lämpötilat ole yhtä äärimmäisiä, joten otsonikato jää pohjoisessa vähäisemmäksi. Toisaalta kasvihuoneilmiön voimistuessa stratosfääri jäähtyy, koska alemmat ilmamassat pidättävät lämpöä itsessään. Tämä aiheuttaa entistä matalampia lämpötiloja napapyörteissä ja polaaristratosfääripilvien synty on entistä todennäköisempää. (Karttunen ym. 2008, 92, Lyytimäki & Hakala 2008, 116 – 117.)

2.2.3 Ihmisen toiminnan aiheuttama otsonin tuhoutuminen

Jo 1970-luvun alussa joidenkin tutkijoiden toimesta esitettiin väitteitä eräiden kemikaalien stratosfäärin otsonia tuhoavasta vaikutuksesta. Halogenoitujen hiilivetyjen vapauttaman kloorin uhka aavistettiin jo tuolloin, mutta ongelman rajuudesta ei ollut vielä tietoa. Ongelmaan herättiin kunnolla vasta paljon myöhemmin, kun vuonna 1985 Etelämantereen yllä havaittiin otsonikerroksen huomattavaa ohenemista – otsoniaukko. Merkittävää ihmisen toiminnasta johtuvien klooripäästöjen aiheuttamaa otsonikerroksen ohenemista on siis esiintynyt jo 1980-luvulta lähtien, selvimmin tämä on näkynyt napa-alueilla. (Karttunen ym. 2008, 88, 91; Lyytimäki & Hakala 2008, 113.)

Vuonna 1985 havaittu Etelämantereen otsoniaukko tuli yllätyksenä, koska klooriyhdisteiden oli ajateltu vaikuttavan otsonikerrokseen oletettua pidemmällä aikavälillä ja lähempänä päiväntasaajaa eli Antarktista aurinkoisemmilla alueilla. Otsoniaukon havaitsemisen jälkeen otsonin tuhoutuminen voimistui vielä lisää. Etelämantereen yllä on esiintynyt erittäin voimakkaita otsonikatoja 1990-luvun alusta lähtien. Etelämantereen otsoniaukon alueella noin 2/3 kokonaisotsonista tuhoutuu ja paikoitellen tietyllä korkeudella otsoni tuhoutuu kokonaan. Pohjoisella pallonpuoliskolla vastaavaa tuhoutumista ei tapahdu, mutta pohjoisessakin kokonaisotsonista voi tuhoutua noin 1/3 ja tietyllä korkeudella otsonista tuhoutuu jopa 70 %. (Karttunen ym. 2008, 91.)

Halogeeniyhdisteiden pitoisuudet lähtivät voimakkaaseen nousuun 1970-luvulla, ja ovat siitä lähtien olleet huomattavasti luonnollista tasoa korkeammalla. Tähän syynä on ollut ihmisen synteettisesti tuottamien halogenoitujen hiilivetyjen (mm. freonien eli CFC-yhdisteiden) joutuminen ilmakehään. Halogenoiduista hiilivedyistä vapautuu edelleen klooria, joka kykenee hävittämään otsonia. Vaikka klooria ja mm. myös bromia vapautuu luonnollisistakin lähteistä, on ihminen ja ihmisen toiminta ollut päätekijänä otsonikerroksen tuhoutumisessa. Selvennyksen vuoksi kerrottakoon, että halogeenit ovat jaksollisen järjestelmän alkuaineita, joihin kuuluvat fluori, kloori, bromi, jodi ja astatiini. Halogeeniyhdisteet ovat siis yhdisteitä, joissa on halogeenin lisäksi jotain muutakin ainetta. (Karttunen ym. 2008, 90 – 91; Los Alamos National Laboratory 2014.)

Vaikka ihmisen toiminta ei olisi koskaan vaikuttanutkaan otsonikerrokseen, monet luonnollisesti ilmakehään päätyvät yhdisteet kykenevät silti hävittämään otsonia katalyyttisesti eli kulumatta itse reaktiossa. Edellä mainittujen kloorin ja bromin lisäksi tällaisia ovat esimerkiksi typen oksidit (NO , NO_2) ja vedyn oksidit (OH , HO_2). Pääasiallinen typen oksidien lähde stratosfäärissä on dityppioksidi (N_2O), jota syntyy mm. maanperän mikrobitoiminnassa. Vedyn oksidit ovat pääosin peräisin vedestä, jota päätyy stratosfääriin kulkeutumalla suoraan troposfääristä tai metaanin hapettumisen kautta. Klooria pääsee luonnollisesti ilmakehään mm. tulivuorenpurkauksista ja bromia valtameristä tulevan metyylibromidin muodossa. (Karttunen ym. 2008, 90 – 91.)

CFC-yhdisteet eli kloorifluoratut hiilivedyt ja halonit

Etelämantereen otsoniaukon havaitsemisen jälkeen voitiin osoittaa, että otsonin voimakas tuhoutuminen johtui CFC-yhdisteistä vapautuneesta kloorista. Kloorin käytön rajoittamiseksi ja otsonikerroksen suojelemiseksi tehtiinkin CFC-yhdisteiden käyttöä rajoittanut Montrealin pöytäkirja. CFC-yhdisteet ovat hiilivetyjä, jotka sisältävät klooria ja fluoria. CFC-yhdisteet ovat täysin halogenoituja, eli niissä kaikki hiilivetyjen vetysidokset on korvattu halogeeneihin kuuluvilla fluorilla ja kloorilla. CFC-yhdisteet ovat käytännössä kokonaan synteettisiä eli ihmisen kehittämiä ja valmistamia, mutta ainakin CFC-11-yhdistettä (CCl_3F , kylmäainemerkintänä R-11) on todettu pääsevän ilmaan tulivuorenpurkauksissa. CFC-yhdisteitä on käytetty mm. kylmä- ja ilmastointilaitteissa sekä sumutteiden ponnekaasuna. Käytetyimpiä CFC-yhdisteitä ovat olleet CFC-11 ja CFC-12 (CCl_2F_2 , kylmäainemerkintänä R-12). Vaikka CFC-yhdisteiden

valmistaminen ja käyttö on vähentynyt voimakkaasti, yhdisteitä vapautuu edelleen ilmakehään erilaisista laitteista ja materiaaleista. (Finel ym. 2012, 33; Karttunen ym. 2008, 92; Lyytimäki & Hakala 2008, 117, 119.)

Toinen tärkeä yhdisteryhmä ovat halonit, jotka sisältävät kloorin ja fluorin lisäksi bromia. Bromi tuhoaa otsonia noin 60 kertaa tehokkaammin kuin kloori. Haloneja on käytetty erityisesti palonsammuttimissa. Metyylibromidi (CH_3Br), jota käytetään mm. tuholaiistorjunnassa, on myös merkittävä bromin lähde ja otsonia tuhoava aine. Halonien tuotanto on lopetettu teollisuusmaissa vuonna 1996, mutta aiemmin tuotettua halonia pääsee edelleen ilmaan. Muita otsonia tuhoavia yhdisteitä ovat mm. trikloorietaani ja hiilitetrakloridi. Molempien yhdisteiden käyttö on jo lopetettu teollisuusmaissa. (Karttunen ym. 2008, 92 – 93; Lyytimäki & Hakala 2008, 119 - 120.)

CFC-yhdisteiden korvaajiksi on kehitetty HCFC- ja HFC-yhdisteitä. HCFC-yhdisteissä osa fluorista on korvattu vedyllä, joten osa yhdisteestä tuhoutuu ja troposfäärissä ja stratosfääriin päätyy yhdistettä vähemmän. HCFC-yhdisteet tuhoavat siis otsonia vähemmän kuin CFC-yhdisteet. Tällä hetkellä CFC- ja HCFC-kaasut on korvattu pääosin HFC-yhdisteillä. HFC-yhdisteet koostuvat pelkästään vedystä, fluorista ja hiilestä eivätkä sisällä klooria ollenkaan. HFC-yhdisteet eivät vaikuta otsoniin, mutta ne ovat erittäin voimakkaita kasvihuonekaasuja. Edelleen HFC-yhdisteitä pyritään korvaamaan ns. luonnollisilla kylmäaineilla tai HFO-yhdisteillä, jotka ovat otsonikerroksen ja ilmakehän kannalta parempi vaihtoehto. (Finel ym. 2012, 7-8; Karttunen ym. 2008, 93.)

2.2.4 Otsonikadon seuraukset

Maapallon pinnalle päätyvän ultraviolettisäteilyn voimakkuus riippuu siitä, kuinka paljon Auringon eli säteilyn lähteen ja maanpinnan välissä on säteilyä heikentävää ainetta. Maapallolla ensimmäinen UV-säteilyä vaimentava tekijä on otsonikerros. Mitä ohuempi tämä kerros on, sitä enemmän ultraviolettisäteilyä pääsee maanpinnalle asti. Muita säteilyn määrään vaikuttavia tekijöitä ovat mm. Auringon korkeus taivaalla, säteilyä vastaan ottavan kohteen korkeus merenpinnasta ja pilvisuus. Tosin ohuen pilvikerroksen vaimentava vaikutus on vähäinen. Stratosfäärin otsonin merkitys UV-säteilyltä suojaavana tekijänä on ihmisille ja eliöille elintärkeää, ja otsonin vähenemisellä voi olla vakaviakin seurauksia. (Karttunen ym. 2008, 89, 94.)

Ultraviolettisäteily voidaan jakaa aallonpituuden perusteella kolmeen eri luokkaan: UV-A-, UV-B- ja UV-C-säteilyyn. UV-A:lla on pisin aallonpituus, noin 315-400 nanometriä (lyhenne nm = 10^{-9} m), UV-B:n aallonpituus on noin 280-315 nm ja UV-C:n alle 280 nm. Aallonpituus vaikuttaa säteilyn haitallisuuteen. UV-C on lyhyen aallonpituutensa vuoksi haitallisinta, mutta se imeytyy lähes kokonaan ilmakehään, vaikka otsonin määrä pienenesi paljonkin. Pitkäaaltoisin UV-A on ihmiselle ja eliöille lähes vaaratonta. UV-B:n voidaan sanoa olevan eliöille merkityksellisin, koska otsonikato lisää juuri tämän säteilyn määrää. (Lyytimäki & Hakala 2008, 121.)

Eliöiden herkkyys UV-säteilylle muuttuu hyvin voimakkaasti aallonpituuksilla, jotka osuvat UV-B-kaistan kohdalle. Lisäksi maanpinnalle osuvan säteilyn määrä kasvaa noin 10 000-kertaiseksi, kun siirrytään 290 nanometristä 320 nanometriin. Säteilyn määrän voimakas kasvu johtuu ilmakehän läpinäkyvyyden muutoksesta 300 nanometrin kohdalla. Kyseessä on siis juuri UV-B-kaista. (Karttunen ym. 2008, 88.)

DNA:han absorboituvan säteilyn määrä kasvaa aallonpituuden lyhentyessä. UV-B-kaistan lyhytaaltoisin säteily absorboituu eliöiden DNA:han ja vaikuttaa perintötekijöihin lähes 10 000 kertaa voimakkaammin kuin pitkäaaltoisempi UV-A-säteily. Liian suurina annoksina UV-säteily aiheuttaa ihmisissä mm. ihon palamista sekä lisää riskiä sairastua ihosyöpään. Ihosyövän riski on todettu myös kotieläimissä. Säteily lisää myös harmaakaihin riskiä, voi aiheuttaa silmän verkkokalvon rappeutumista ja alentaa yleistä vastustuskykyä. UV-B-säteily vaikuttaa ihmisten lisäksi myös muihin eliöihin. Joissakin tutkimuksissa on todettu joidenkin kasvien kasvun vähenemistä sekä haittoja kasvien lisääntymisessä ja elämänvaiheiden ajoituksessa. Lisääntynyt UV-B-säteily voi myös vähentää joidenkin viljelykasvien satoa. Sienet ja bakteerit ovat säteilylle kasveja herkempiä. (Karttunen ym. 2008, 88 - 89; Lyytimäki & Hakala 2008, 121 - 122.)

UV-B-säteilyllä on vaikutusta myös vesiekosysteemeihin. Esimerkiksi merten plankton kärsii UV-B-säteilystä. Erityisesti vaarassa ovat pinnan lähellä elävät lajit, mutta syvällä eläviin lajeihin säteily ei vaikuta. Säteilyn määrän kasvu vaikuttaa myös veden ravintoketjuun; pintavesien planktonin väheneminen vaikuttaa välillisesti planktonia ravintona käyttäviin eliöihin ja niistä jatkuvaan ravintoketjuun. Mahdollisia seurauksia ovat muun muassa kalavarojen hupeneminen ja merten hiilinielujen heikkeneminen. Todennäköisintä on, että säteilyn lisääntymisellä olisi oleellisin vaikutus lajien

keskinäisiin suhteisiin ja kokonaisiin ekosysteemeihin, ei niinkään yksittäisiin lajeihin. (Karttunen ym. 2008, 89; Lyytimäki & Hakala 2008, 122.)

3 LAINSÄÄDÄNTÖ

Otsonikerrosta heikentävien aineiden ja fluorattujen kasvihuonekaasujen käsittelystä säädetään Suomessa *Valtioneuvoston asetuksella 452/2009 otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta ja Ympäristönsuojelulaissa 86/2000*. Kaikissa Euroopan Unionin maissa on voimassa EU-asetukset *Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1005/2009 otsonikerrosta heikentävistä aineista* ja *Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 842/2006 tietyistä fluoratuista kasvihuonekaasuista*. EU-asetusten toimivaltainen viranomainen on Suomen ympäristökeskus. (Suomen ympäristökeskus 2013c.)

3.1 Lainsäädännön tausta

Lainsäädännön taustana on otsonikato ja kasvihuoneilmiö. Lakisäädösten ja erilaisten sopimusten tavoitteena on, ettei kasvihuonekaasuja ja otsonikerrosta tuhoavia aineita pääse vuotamaan ilmakehään. Maapalloa haitalliselta UV-säteilyltä suojaavan otsonikerroksen suojelemiseksi on solmittu kansainvälinen sopimus – *Montrealin pöytäkirja*. F-kaasut eivät vaikuta otsonikerrokseen, mutta ne ovat voimakkaita kasvihuonekaasuja. F-kaasujen käytön rajoittamiseksi on solmittu *Kioton pöytäkirja*. (Finel ym. 2012, 7 - 8.)

Ilmakehän suojelemiseen tähtäviä asetuksia on laadittu myös Euroopan Unionissa ja Suomessa. Otsonikerrosta tuhoavien kaasujen ja kasvihuoneilmiötä voimistavien F-kaasujen käytön viranomaisvalvonta perustuu *Euroopan parlamentin ja Neuvoston asetukseen (EY) N:o 1005/2009 otsonikerrosta heikentävistä aineista* (otsoniasetus) sekä *Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseen (EY) N:o 842/2006 tietyistä fluoratuista kasvihuonekaasuista* (F-kaasuasetus). Nämä EU:n alueella pätevät asetukset on otettu Suomen lainsäädännössä huomioon *Valtioneuvoston asetuksella 452/2009 otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta* (huoltoasetus). (Finel ym. 2012, 3.)

Ympäristönsuojelulaisissa 86/2000 on edelleen määritelty lainsäädännön toteutumista valvovat viranomaiset. Valvovia viranomaisia ovat 22 §:n mukaan ELY-keskukset, kuntien ympäristönsuojelu- sekä terveydensuojeluviranomaiset, kulutustavaroiden ja kuluttajapalveluiden valvontaviranomaiset ja elintarvikevalvontaviranomaiset. Huoltoasetusta valvoville viranomaisille on julkaistu Suomen ympäristökeskuksen toimesta valvontaohje. Edelleen aiheeseen liittyy *Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012*, jota ei kuitenkaan tässä erikseen käsitellä. Kyseinen asetus määrittelee kylmäaineina käytettävät CFC-, HCFC- ja HFC-yhdisteet vaarallisiksi jätteiksi eli vanhalta nimeltään ns. ongelmajätteiksi. (Valtioneuvoston asetus 179/2012; Ympäristönsuojelulaki 86/2000.)

3.2 Montrealin pöytäkirja

Vuonna 1985 raportoitiin Etelämantereen yllä havaitusta otsoniaukosta, eli otsonikerroksen merkittävästä ohenemisesta. Näin voimakas otsonikato tuli tutkijoille yllätyksenä. Etelämantereen yläpuolisen otsoniaukon havaitsemisen jälkeen kyettiin osoittamaan, että otsonikato johtui CFC-yhdisteistä vapautuneesta kloorista. CFC-yhdisteiden käytön rajoittamiseksi ja otsonikerroksen ohenemisen pysäyttämiseksi tarvittiin kansainvälisiä toimia. Vuonna 1985 solmittiin kansainvälinen Wienin sopimus, jota seurasi vuonna 1987 allekirjoitettu Montrealin pöytäkirja. Montrealin pöytäkirja tuli voimaan 1.1.1989 ja siihen oli vuoteen 2006 mennessä sitoutunut 191 valtiota. Voidaan siis puhua aidosti kansainvälisestä sopimuksesta. Pöytäkirjaan on tehty sen voimaantulon jälkeen myös joitakin muutoksia, tarkoituksena nopeuttaa otsonikerrokselle haitallisten yhdisteiden käytöstä luopumista. (Karttunen ym. 2008, 91 - 93; Montrealin pöytäkirja otsonikerrosta heikentävistä aineista 66/1988.)

Montrealin pöytäkirja on tehty siis otsonikerroksen suojelemiseksi. Pöytäkirja on ollut varsin onnistunut sopimus ja otsonikerrokselle haitallisten aineiden valmistusta ja käyttöä on vähennetty voimakkaasti; otsonikerrosta tuhoavien aineiden käyttö on tähän mennessä vähentynyt 98 %. Sopimuksessa on mm. määrätty valvontatoimista haitallisten aineiden käytön rajoittamiseksi. Kehitysmaille on asetettu erityisasema; kehitysmaiden rajoitteet aineiden käytölle eivät ole yhtä tiukkoja kuin teollisuusmaiden. (Finel ym. 2012, 7; Karttunen ym. 2008, 93; Montrealin pöytäkirja otsonikerrosta heikentävistä aineista 66/1988.)

Teollisuusmaissa freoni- ja haloniyhdisteiden käyttö on käytännössä jo loppunut. HCFC-yhdisteiden käyttö pitäisi teollisuusmaissa loppua vuoteen 2020 mennessä, mutta kyseisten yhdisteiden tuotanto on kasvanut voimakkaasti viime vuosina. HCFC-yhdisteiden käyttö ja käytön rajoittaminen tulee siis olemaan suuri haaste. Myös metyylibromidin käytön vähennys on ollut ongelmallista. Muita ongelmia tulevaisuudessa on haitallisten aineiden laitton kauppa ja sovittujen aikataulujen noudattaminen. Pöytäkirjan lopullisena tavoitteena on otsonikerrosta heikentävistä aineista kokonaan luopuminen. (Karttunen ym. 2008, 93; Montrealin pöytäkirja otsonikerrosta heikentävistä aineista 66/1988.)

3.3 Kioton pöytäkirja

Kioton pöytäkirja täydentää Yhdistyneiden kansakuntien ilmastonmuutosta koskevaa puitesopimusta, eli ns. ilmastoyhteisösovitusta. Puitesopimus tehtiin New Yorkissa 9.5.1992. Sopimus on lisännyt tietoutta ilmastonmuutoksesta, sen aiheuttamista ongelmista ja sen torjunnasta. Puitesopimuksessa ei kuitenkaan aseteta maakohtaisia velvoitteita kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. (Europa.eu 2011.)

Puitesopimusta seurasi Kioton pöytäkirja, joka hyväksyttiin 11.12.1997. Kioton pöytäkirjassa teollisuusmaat sitoutuvat erilaisiin toimenpiteisiin kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Pöytäkirja koskee seuraavien kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämistä: hiilidioksidi, metaani, dityppioksidi, HFC-yhdisteet, PFC-yhdisteet ja rikkiheksafluoridi. (Europa.eu 2011.)

Pöytäkirjan mukaan teollisuusmaiden kokonaispäästöjen tuli vähentyä ainakin 5 prosenttia vuoden 1990 määrään verrattuna ensimmäisenä velvoitekaudena 2008 – 2012. Euroopan Unioni sekä täten myös Suomi ratifioi eli vahvisti Kioton pöytäkirjan vuonna 2002. Suomen tavoitteena ensimmäisellä velvoitekaudella oli pitää päästöt vuoden 1990 tasolla pöytäkirjan laskentasääntöjen puitteissa ja tässä onnistuttiin. Parhailaan on käynnissä Kioton pöytäkirjan toinen velvoitekausi vuosille 2013 - 2020. Toisella velvoitekaudella mm. EU:n tavoitteena on vähentää päästöjä vuoden 1990 tasoon verrattuna 20 %. (Europa.eu 2011; Ympäristöministeriö 2013b.)

Pöytäkirjassa on lisäksi esitetty erilaisia toimenpiteitä, joilla tavoitteet päästövähennysten osalta on tarkoitus saavuttaa. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi kansalli-

set toimintaohjelmat sekä yhteistyö muiden sopimusosapuolien kanssa. Vaikka sopimuksessa määritellyt päästövähennykset toteutuisivatkin, ne eivät riitä estämään ilmastonmuutoksen etenemistä. Ilmastopolitiikkaa ja ilmastonsuojelua pitää siis tehostaa edelleen. (Europa.eu 2011; Lyytimäki & Hakala 2008, 108.)

3.4 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1005/2009

Tämä *asetus otsonikerrosta heikentävistä aineista*, eli ns. ”otsoniasetus” astui EU:ssa voimaan 1.1.2010. Uusi asetus 1005/2009 korvasi vanhan asetuksen (EY) N:o 2037/2000. Otsoniasetus on tehty otsonikerroksen suojelemista varten. Otsoniasetuksessa säädetyt rajoitukset on tehty Montrealin pöytäkirjan mukaisesti; asetus sisältää osittain jopa Montrealin pöytäkirjaa tiukempia vaatimuksia aikataululle otsonikerrosta tuhoavien aineiden käytöstä luopumiselle. Aineiden käytöstä luopuminen on suunniteltu tehtävän asteittaisesti. (Finel ym. 2012, 10; Suomen ympäristökeskus 2013a.)

Asetus siis koskee aineita, jotka heikentävät otsonikerrosta. Asetuksessa on annettu rajoitteita mm. kylmä- ja ilmastointilaitteiden sisältämille CFC- ja HCFC-yhdisteille, metyylibromidille, haloneille sekä useille muille aineille. Erilaisille aineille on annettu erityyppisiä vaatimuksia. Esimerkiksi CFC-yhdisteitä ei saa valmistaa kylmäaineiksi, eikä CFC-yhdisteitä sisältäviä laitteita saa valmistaa tai maahantuoda. 1.1.2015 alkaen mitään HCFC-yhdisteitä ei saa enää käyttää kylmälaitteiden huollossa, mutta toistaiseksi kyseisiä yhdisteitä voi vielä olla käytössä tarkasti määrättyjen säännösten puitteissa. Lisäksi otsoniasetuksessa on hyvin tarkasti määritelty erityyppisten yhdisteiden käyttökohteista ja käytöstä rajoittamisesta. Rajoitteita on annettu mm. sammutuslaitteille ja aineiden laboratorio- ja analyysikäytölle. (Finel ym. 2012, 10; Suomen ympäristökeskus 2013a; Suomen ympäristökeskus 2013b.)

3.5 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 842/2006

Tämä *asetus tietyistä fluoratuista kasvihuonekaasuista*, eli ns. ”F-kaasuasetus” tuli voimaan 4.7.2007. Asetusta ollaan tällä hetkellä uusimassa ja uuden asetuksen on määrä astua voimaan vuonna 2015. F-kaasuasetuksen tavoite on rajoittaa ja vähentää ilmakehään päätyvien Kioton pöytäkirjan piiriin kuuluvien fluorattujen kasvihuonekaasujen määrää ja täten hillitä kasvihuoneilmiötä ja ilmastonmuutosta. F-kaasuasetuksessa on annettu rajoitteita fluorattujen kasvihuonekaasujen päästöistä Kioton Pöytäkirjan mukaisesti. F-kaasuasetuksessa on annettu määräyksiä mm. fluorattujen kasvihuonekaasujen käytöstä ja hävittämisestä, vuotojen ehkäisemisestä sekä kyseisiä kaasuja sisältävien laitteiden merkinnöistä, kyseisiä kaasuja sisältävien laitteiden käytön valvonnasta ja laitteiden kanssa tekemisissä olevien henkilöiden pätevyysvaatimuksista. (EY N:o 842/2006; Finel ym. 2012, 10; Ympäristöministeriö 2013a.)

3.6 Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 452/2009

Tässä asetuksessa on otettu huomioon Euroopan parlamentin otsoniasetus ja F-kaasuasetus. Tästä Valtioneuvoston asetuksesta 452/2009 käytetään yleisesti nimeä ”huoltoasetus”. Huoltoasetus koskee otsonikerrosta heikentäviä aineita ja tiettyjä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältäviä laitteita asentavia, huoltavia ja kunnossapitäviä henkilöitä ja toiminnanharjoittajia. Asetuksessa huollolla tarkoitetaan laitteiden tarkastusta, asennusta, kunnossapitoa ja huoltoa; asetus siis koskee myös laitteita tarkastavia henkilöitä. Asetus koskee useiden erilaisten laitteiden huoltoa, näitä ovat: jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteet, sammutuslaitteistot, ajoneuvojen ilmastointilaitteet ja suurjännitekytkinlaitteet, jotka sisältävät otsonikerrosta heikentäviä aineita tai fluorattuja kasvihuonekaasuja sekä fluorattuihin kasvihuonekaasuihin pohjautuvia liuottimia sisältävät laitteet. Lisäksi asetuksen pätevyysvaatimukset koskevat henkilöitä, jotka käsittelevät haitallisia aineita tai vastaavat niiden jätehuollosta. Laitteiden kanssa edellä mainituilla tavoilla tekemisissä olevien henkilöiden ja yritysten on rekisteröidyttävä Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) pätevyysrekisteriin. Epäpätevä henkilö tai taho ei saa harjoittaa toimintaa. Pätevyysvaatimuksien noudattamisella varmistetaan laitteen asianmukainen toiminta. (Finel ym. 2012, 10; Suomen ympäristökeskus 2013c.)

Laitteiden huoltajien pätevyysvaatimukset

Laitteiden huoltajien pätevyysvaatimuksista on määrätty huoltoasetuksen 2 – 8 §:ssä. Asetuksessa on annettu pätevyysvaatimuksia asetuksen piiriin kuuluvien laitteiden huoltajille. Pätevyysvaatimukset riippuvat laitteen tyypistä. Laitteita asentavan, kunnossapitävän ja huoltavan sekä kylmäaineita käsittelevän henkilön on suoritettava asetuksessa määritellyt opinnot. Henkilön pätevyys on todennettava Tukesille. (Finel ym. 2012, 11; Valtioneuvoston asetus 452/2009.)

Laitteiden huoltajien ilmoitusvelvollisuus

Ilmoitusvelvollisuudesta on säädetty huoltoasetuksen 10 ja 11 §:ssä. Ilmoitusvelvollisuudella tarkoitetaan ilmoitusta, jonka huoltoasetuksen mukaisia toimia tekevän henkilön (10 §) sekä toiminnanharjoittajan (11 §) on tehtävä Tukesille. Ilmoituksen perusteella todetaan henkilön tai toiminnanharjoittajan pätevyys. Tukes ylläpitää rekistereitä pätevistä henkilöistä ja toiminnanharjoittajista. Molemmat rekisterit ovat julkisesti nähtävillä internetissä. (Finel ym. 2012, 11; Valtioneuvoston asetus 452/2009.)

Laitteiden tarkastukset

Huoltoasetuksen 12 § koskee jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteiden sekä sammutuslaitteistojen tarkastuksia. Asetus määrää, että laitteiden haltijan tai omistajan on huolehdittava tiettyä ainetta sisältävien laitteiden säännöllisistä tarkastuksista. Tarkastusväli riippuu laitteen koosta. Jos kylmäaineen määrä on vähintään kolme kiloa, tarkastusväli on 12 kk, määrän ollessa vähintään 30 kiloa tarkastusväli on kuusi kuukautta ja määrän ollessa vähintään 300 kiloa tarkastusväli on kolme kuukautta. Jos laitteessa on vuodonilmaisujärjestelmä, ovat tarkastusvälit vähintään kolme ja 30 kiloa kylmäainetta sisältävillä laitteilla 12 kuukautta ja aineen määrän ollessa vähintään 300 kiloa tarkastusväli on kuusi kuukautta. Vähintään 300 kiloa ainetta sisältävissä laitteissa on oltava vuodonilmaisujärjestelmä, järjestelmä on tarkistettava kerran vuodessa. Hermeettisesti suljettuja eli ilmatiiviisti suljettuja alle kuusi kiloa ainetta sisältäviä laitteita ei tarvitse tarkastaa, jos laitteen on merkitty olevan hermeettisesti suljettu. Huoltoasetus ei koske luonnollisia kylmäaineita, eli luonnollista kylmäainetta sisältävää laitetta ei tarvitse tarkastaa. (Finel ym. 2012, 11, 36; Valtioneuvoston asetus 452/2009.)

Laitteen haltijan tai omistajan velvollisuuksiin kuuluu huolehtia, että laite tarkastetaan asetuksen mukaisin määrävälein. Haltijan tai omistajan on myös varmistettava, että tarkastuksen suorittava henkilö tai toiminnanharjoittaja on pätevä tehtäväänsä; pätevyys käy ilmi Tukesin myöntämästä todistuksesta. Lisäksi laitteen haltijan tai omistajan on pidettävä huolto- ja tarkastuspäiväkirjaa, josta käy ilmi laitteen sisältämän aineen tyyppi ja määrä, lisätyn aineen ja talteen otetun aineen määrä, viimeisin huoltopäivämäärä, tehty toimenpide, tarkastuksen suorittaneen henkilön nimi ja huoltajan allekirjoitus. Huolto- ja tarkastuspäiväkirja on pyydettäessä näytettävä valvontaviranomaiselle. Laitteen yhteydessä tulee olla ilmoitus (esimerkiksi tarra) siitä, milloin laite on viimeksi tarkastettu. (Finel ym. 2012, 12; Valtioneuvoston asetus 452/2009.)

3.7 Valvovat viranomaiset, valvonta ja tarkastukset

Huoltoasetuksen 13 § mukaan huoltoasetuksen vaatimusten noudattamista valvovista viranomaisista säädetään ympäristönsuojelulain 86/2000 22 §:ssä. Huoltoasetuksen toteutumista valvovia viranomaisia ovat ELY-keskukset, kuntien ympäristön- ja terveysuojeluviranomaiset, kulutustavaroiden ja kuluttajapalveluiden valvontaviranomaiset ja joissain tapauksissa elintarvikevalvontaviranomaiset. Jos valvonnassa käy ilmi, että huoltoasetuksessa määrättyjä pätevyysvaatimuksia on laiminlyöty, on asiasta ilmoitettava eteenpäin ELY-keskukselle. Lisäksi tuli valvoo laitteiden ja aineiden tuontia ja vientiä. (Finel ym. 2012, 12; Valtioneuvoston asetus 452/2009; Ympäristönsuojelulaki 86/2000.)

Huoltoasetuksen toteutumista valvoville viranomaisille on julkaistu Suomen ympäristökeskuksen toimesta ”Valvontaohje otsonikerrosta heikentäviä aineita tai fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huoltoa valvoville viranomaisille”. Ohjeessa on tietoa lainsäädännöstä, kylmäaineista ja -laitteista sekä käytännön ohjeita tarkastuskäyntejä varten. Lisäksi valvontaohje sisältää tarkastuslomakkeet tarkastuksia varten. Valvontaohje on julkaistu vuonna 2012. (Finel ym. 2012, 3.)

4 KYLMÄLAITETEKNIikka

Tässä osiossa käydään läpi erilaisten kylmälaitteiden toimintaperiaatteet pääpiirteittäin. Hieman tarkemmin on paneuduttu lämpöpumpun ja jäähdytyslaitteiden, ilmastointilaitteiden sekä suurten kylmälaitosten toimintaan. Tarkemmin esimerkiksi kylmälaitteiden yksittäisten osien toimintaan ei perehdytä.

4.1 Valvonnan piiriin kuuluvat kylmälaitteet

Valtioneuvoston asetuksen 452/2009 eli huoltoasetuksen 1 §:ssä on määritelty valvonnan piiriin kuuluvat kylmälaitteet. Valvottaviin laitteisiin kuuluu jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteet sekä sammutuslaitteistot, jotka sisältävät vähintään kolme kiloa F-kaasua tai otsonikerrosta tuhoavaa ainetta. Tavalliset kotitalouksien kylmälaitteet eivät kuulu valvonnan piiriin, koska kylmäaineen määrä harvoin ylittää vaadittua kolmen kilon rajaa. Myöskään ns. luonnollisia kylmäaineita sisältävät laitteet eivät kuulu valvonnan piiriin. Tavallisia valvottavia laitteita ovat mm. elintarviketeollisuuden ja kauppojen kylmälaitteet, jäähdytyslaitteet (esim. ravintoloiden ja muiden kylmähuoneiden sekä jäähallien), suurten rakennusten ilmastointilaitteet ja lämpöpumput sekä serveri- ja tietokonehuoneiden jäähdytyslaitteet. (Finel ym. 2012, 16.)

4.2 Kylmälaitteiden toimintaperiaate ja laitetypit

Toimintaperiaatteeltaan jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteet ovat samankaltaisia. Laitteeseen kuuluu neljä pääkomponenttia: höyrystin, kompressori, lauhtutin ja paisuntaventtiili. Nämä osat yhdistyvät toisiinsa putkilla, joissa kylmäaine kiertää. Putkien ja osien muodostamaa kokonaisuutta kutsutaan kylmäpiiriksi. Kylmäpiiri voi sijaita kokonaan yhden kylmälaitteen sisällä, tai laitteen osat voivat sijaita eri paikoissa, jolloin kylmäpiiri kiertää jopa useita kymmeniä metrejä. Jos osat sijaitsevat eri paikoissa, on tarkastuksen kohteena yleensä kompressori. Kylmälaitteissa käytettävät kylmäaineet ovat tavallisesti kaasuja, jotka höyrystyvät hyvin matalissa lämpötiloissa. (Finel ym. 2012, 16.)

Seuraavissa kuvissa on esitelty joitakin kylmälaitteiden pääkomponentteja. Kuvassa 1. on höyrystin. Kuvassa 2. on erään ammattikeittiön kylmähuoneessa olevia kompresso-reita. Kuvassa 3. on erään tarkastuskohteen katolla sijaitseva lauhdutin.



KUVA 1. Höyrystin.



KUVA 2. Kompressoreita.



KUVA 3. Lauhdutin.

4.2.1 Lämpöpumppu ja jäähdytyslaitteet

Lämpöpumpun tehtävänä on tuottaa lämpöä. Toimintaperiaate on seuraava. Lämpöpumppu kerää ilmasta, maasta tai vedestä lämpöä. Lämpöpumpun höyrystimessä kerätty lämpö höyrystää kylmäpiirissä kiertävän kylmäaineen. Höyrystynyt kylmäaine johdetaan kompressoriin, jossa kaasun painetta nostetaan ja samalla kaasun lämpötila nousee. Lämmin kaasu johdetaan lauhduttimeen, jossa se muuttuu takaisin nestemäiseksi luovuttaen samalla lämpöä. Lämpöä voidaan hyödyntää esimerkiksi rakennuksen lämmitysjärjestelmässä. Seuraavaksi neste johdetaan paisuntaventtiiliin, jossa sen painetta alennetaan ja nesteen lämpötila laskee. Lopuksi kylmä neste palaa takaisin höyrystimeen ja kierto alkaa alusta. Kuvassa 4. on kaksi ilmalämpöpumppua. (Aittomäki 1996, 344; Finel ym. 2012, 16.)

Jäähdytyslaitteiden toimintaperiaate on sama kuin lämpöpumppujen, mutta poikkeuksena on se, että niiden tarkoitus on jäähdyttää. Jotta jäähdyttävä vaikutus saadaan aikaan, on kuuma ilma puhallettava ulos. Esimerkiksi ravintoloiden pienet kylmähuoneet toimivat siten, että kylmähuoneessa sijaitsee kylmälaitteen höyrystin, joka jäähdyttää ilmaa. Muut laitteen osat eli kompressori ja lauhdutin on sijoitettu kylmähuoneen ulkopuolelle, usein rakennuksen ulkoseinälle. (Finel ym. 2012, 17.)



KUVA 4. Ilmalämpöpumppuja.

4.2.2 Ilmastointilaitteet

Ilmastoinnin jäähdytys voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla: suoralla tai välillisellä jäähdytyksellä. Suorassa jäähdytyksessä höyrystin jäähdyttää välittömästi ilmavirtaa. Höyrystin voi olla sijoitettuna joko keskitettyyn tuloilmakojeeseen tai erilliseen puhallinyksikköön. Suoraa jäähdytystä käytetään tavallisesti, kun kohteessa on maksimissaan neljä jäähdytettävää tilaa ja ne sijaitsevat lähellä toisiaan tai vettä ei voida käyttää esim. turvallisuussyistä johtuen. Välillisessä jäähdytyksessä jäähdytetään lämpöä siirtävää nestettä tai liuosta, usein vettä, joka kiertää jäähdytyspatterissa. Välillistä jäähdytystä käytetään, kun jäähdytettäviä kohteita on useita. Välillistä jäähdytystä käytetään usein suurissa laitoksissa ja ilmastoinnin jäähdytys onkin tavallisesti toteutettu vesikierrolla. (Aittomäki 1996, 330, 334 – 335, 340; Finel ym. 2012, 19.)

Rakennusten ilmastointiin, serveri- ja tietokonehuoneiden jäähdytykseen sekä vastaaviin voidaan käyttää esimerkiksi puhallinkonvektoreita, kaappi- ja vakioilmastointikoneita, split-koneistoja, jäähdytyspalkkeja tai tuloilman jäähdytystä. Puhallinkonvektorit ovat puhaltimella varustettuja jäähdytyspattereita, jotka käyttävät välillistä jäähdytystä. Puhallinkonvektori voidaan sijoittaa lattialle, seinälle tai kattoon. Hajautetuissa koneistoissa eli ns. split-koneistoissa on yksi tai useampi höyrystin tai yksi tai useampi kompressori sekä lauhdutin sijoitettuna eri yksiköihin. Hajautettu koneisto käyttää suoraa jäähdytystä. Suurissa rakennuksissa jäähdytykseen käytetään usein tuloilmakojeita, joihin höyrystin sijoitetaan. Tuloilmakojeissa höyrystin on jaettava useampaan osaan. Tuloilmakojeet käyttävät suoraa jäähdytystä. (Aittomäki 1996, 330, 338; Finel ym. 2012, 19.)

Kaappikoneet käyttävät joko suoraa tai välillistä jäähdytystä. Suorassa jäähdytyksessä kaappikone sijoitetaan suoraan jäähdytettävään sisätilaan, kun taas välillisessä jäähdytyksessä hyödynnetään vesipatteria. Kaappikoneita käytetään, kun jäähdytystarve on suuri, esimerkiksi ATK-, sähkö- ja teletiloissa. Kaappikoneet voidaan varustaa myös kosteuden säädöllä, jolloin puhutaan vakioilmastointikoneista. Vakioilmastointikoneet ovat usein vesikiertoisia. Kattojäähdytys ns. jäähdytyspalkkeilla on välillisen jäähdytyksen järjestelmä. (Aittomäki 1996, 333 - 334; Finel ym. 2012, 19.)

4.2.3 Suuret kylmälaitokset

Suurissa kylmälaitoksissa, kuten esimerkiksi suurten myymälöiden kylmälaitoksissa, kompressorit ovat usein erillään lauhduttimista. Myymälöiden kylmälaitokset on yleensä jaettu vähintään kahteen useasta kompressorista koostuvaan kompressorikoneikkoon. Näistä toinen on tarkoitettu kylmä- ja toinen pakastekalusteille. (Finel ym. 2012, 17.)

5 KYLMÄAINEET

Kylmäaineilla tarkoitetaan aineita, jotka kiertävät kylmäkoneistossa. Historian aikana on ollut käytössä paljon erilaisia kylmäaineita. Kylmäaineet voidaan jakaa ominaisuuksiensa tai toisin sanottuna haitallisuutensa mukaan neljään eri ryhmään: CFC-yhdisteisiin eli täysin halogenoituihin kloorifluorihilivetyihin, HCFC-yhdisteisiin eli osittain halogenoituihin kloorifluorihilivetyihin, HFC-yhdisteisiin eli fluorihilivetyihin ja ns. luonnollisiin kylmäaineisiin. Näistä etenkin CFC-yhdisteet ovat olleet ympäristölle erittäin haitallisia. Omiksi ryhmikseen voidaan myös erottaa rikkiheksafluoridi ja halonit. (Aittomäki 1996, 97; Finel ym. 2012, 28, 33; Suomen Kylmäliikkeiden Liitto ry 2002, 237.)

Kylmäaineille on annettu tiettyä ainetta vastaava R-koodi, sekä aineille on määritelty ODP- ja GWP-luvut. R-koodi on numerokoodi, joka kertoo, mistä aineesta on kyse. R:n perässä olevasta numerokoodista voidaan päätellä kylmäaineen koostumus, eli käytännössä sen sisältämien hiili-, vety- ja fluoriatomien määrä. Klooriatomeja ei merkitä. Jos yhdisteen koostumus pysyy muuttumattomana, mutta atomien sijainti vaihtelee, voidaan tällaiset yhdisteet erottaa toisistaan merkitsemällä numerokoodin loppuun kirjain. Esimerkiksi R-404A on HFC-yhdiste ja R-11 (CCl₃F) CFC-yhdiste. R tulee englannin kielen sanasta refrigerant (kylmäaine); R yhdistettynä numerokoodiin on kansainvälinen symboli kylmäaineille. R:n tilalla voidaan käyttää myös CFC-, HCFC- ja HFC-lyhenteitä, esimerkiksi R-22 on sama kuin HCFC-22. (Aittomäki 1996, 106; Finel ym. 2012, 24, 33.)

ODP-luku (Ozone Depleting Potential) on indeksi, joka kuvaa tietyn aineen otsonikerrosta tuhoavaa vaikutusta. ODP-luvun vertailukohtana käytetään yhdistettä R-11, joka

saa arvon 1. GWP-luku (Global Warming Potential) on indeksi, joka kuvaa tietyn aineen ilmastoa lämmittävää vaikutusta. GWP-luvun vertailukohtana käytetään hiilidioksidia, joka saa arvon 1. Taulukossa 2. (liite 2.) on esitelty joidenkin kylmäaineiden ODP- ja GWP-lukuja. Vertailemalla GWP-arvoja taulukon 1. ja 2. välillä voidaan huomata, että lähteestä riippuen GWP-arvot voivat olla hieman erilaiset, tässä tapauksessa CFC-11 (R-11) ja CFC-12 (R-12) omaavat hieman erilaiset arvot. (Finel ym. 2012, 33.)

CFC-yhdisteitä (Chloro-Fluoro-Carbon), HCFC-yhdisteitä (Hydro-Chloro-Fluoro-Carbon) ja HFC-yhdisteitä (Hydro-Fluoro-Carbon) voidaan kutsua ns. halogeenihiilivedyiksi. Halogeenihiilivedyissä (halocarbons) hiilivetyjen vetyatomit on korvattu halogeenimolekyyleillä. Halogeenihiilivetyjä on käytetty kylmäaineina niiden hyvien ominaisuuksiensa vuoksi. Hiilen ja vedyn välinen sidos on heikompi kuin hiilen ja kloorin tai hiilen ja fluorin. Yhdisteet, jotka sisältävät vetyä, eli HCFC- ja HFC-yhdisteet, ovat siis epästabiilimpia kuin täysin halogenoidut CFC-yhdisteet. Ensimmäinen kylmäainekäyttöön otettu halogeenihiilivety oli R-12, joka löydettiin jo 1930-luvulla. Pian otettiin käyttöön myös R-11 ja R-22. Yhdisteet olivat kylmäainekäytössä erinomaisia, mutta 1970-luvulla niillä todettiin olevan vaikutusta mm. ihmisen keskushermostoon. Pahin haitta oli kuitenkin niiden aiheuttama otsonikato. (Aittomäki 1996, 106 – 107.)

5.1 Kylmäaineiden historia ja käytön kehitys

Ensimmäisiä kylmälaitteissa kokeiltuja kylmäaineita olivat eetteri ja erilaiset hiilivedyt, kuten etaani ja myrkylliset etyylikloridi (C_2H_5Cl) ja metyylikloridi (CH_3Cl). Kuitenkin pitkän aikaa tärkeimpiä kylmäaineita olivat ammoniakki (NH_3), hiilidioksidi ja rikkidioksidi (SO_2). Ensimmäiset synteettiset halogeenihiilivedyt CCl_2F_2 (lyhenne R-12) ja $CHClF_2$ (R-22) löydettiin 1930-luvulla. Näistä R-12 luetaan CFC-yhdisteeksi ja R-22 HCFC-yhdisteeksi. Halogeenihiilivedyt otettiin nopeasti laajaan käyttöön niiden erinomaisten ominaisuuksien ansiosta. Kuitenkin 1990-luvulla näistä yhdisteistä alettiin luopua yhdisteiden sisältämän kloorin aiheuttaman voimakkaan otsonikadon vuoksi. CFC-yhdisteiden valmistus- ja maahantuontikielto on ollut Euroopassa voimassa vuoden 1995 alusta lähtien, lisäksi aineiden käyttö huollossa on ollut kielletty 1.1.2001 lähtien. (Aittomäki 1996, 97, 109; Suomen Kylmäliikkeiden Liitto ry 2008a, 1.)

CFC-yhdisteiden käytön kiellon jälkeen yleisimmiksi kylmäaineiksi nousivat HCFC-yhdisteet, esimerkiksi edellä mainittu R-22. R-22:ta käytetään edelleen paljon kylmälaitteissa. HCFC-yhdisteet ovat hyvin voimakkaita kasvihuonekaasuja ja ne kykenevät tuhoamaan otsonikerrosta, tosin onneksi paljon vähemmän kuin CFC-yhdisteet. Otsoniasetus asettaa rajoitteita HCFC-kaasuille; uusien aineiden käyttö on ollut kiellettyä vuodesta 2010, mutta vuoden 2014 loppuun saakka vanhojen HCFC-laitteiden huollossa on sallittua käyttää kierrätettyjä tai regeneroituja eli puhdistettuja HCFC-yhdisteitä. Käytön edellytyksenä on kuitenkin kaasun jäljitettävyyys. HCFC-yhdisteet kielletään laitteiden huollossa kokonaan 1.1.2015 lähtien. Kiellon myötä huoltoon tarvitsevat laitteet on uusittava ennen vuotta 2015 tai niissä käytettävä kylmäaine on vaihdettava sallittuun aineeseen. (Finel ym. 2012, 28; Suomen Kylmäliikkeiden Liitto ry 2002, 237.)

HCFC-yhdisteistä siirrytään usein HFC-yhdisteisiin, mutta suositeltavampaa olisi siirtyä suoraan ns. luonnollisiin kylmäaineisiin. HFC-yhdisteet ovat otsonikerrokselle haitattomia, mutta niillä on melko suuri ilmastoa lämmittävä vaikutus, esimerkiksi aineen R-404A GWP-luku on 3922. HFC-kaasujen tuotannon ja käytön rajoituksista käydään parhaillaan neuvotteluja ja on mahdollista, että yhdisteisiin kohdistuu enemmän rajoitteita, kun EU:n F-kaasuasetus uusitaan. Luonnolliset kylmäaineet ovat otsonikerrokselle haitattomia, lisäksi niiden ilmastoa lämmittävä vaikutus on hyvin pieni. Luonnollisia kylmäaineita ovat mm. hiilidioksidi (lyhenne R-744), ammoniakki (R-717) sekä erilaiset hiilivedyt (HC-aineet), kuten isobutaani (R-600a) ja propaani (R-290). Isobutaania käytetään paljon mm. kotitalouksien kylmälaitteissa. (Finel ym. 2012, 28, 33; Suomen Kylmäliikkeiden Liitto ry 2002, 237; Suomen Kylmäliikkeiden liitto ry 2008b, 2.)

Vaikka esimerkiksi ammoniakkia kutsutaan "luonnolliseksi" kylmäaineeksi, on otettava huomioon, että kyseinen aine ei ole vaaratonta. Ammoniakki on myrkyllinen ja voimakkaasti ihoa syövyttävä sekä silmiä vaurioittava aine. Vaarallisuudesta huolimatta vakavia vahinkoja on sattunut vähän. Ammoniakista on kokemuksia kylmäainekäytössä jo yli sadan vuoden ajalta. (Aittomäki 1996, 103; Työterveyslaitos 2013.)

5.2 Kylmäaineilta vaadittavat ominaisuudet

Kylmäaineilta vaaditaan erilaisia ominaisuuksia. Vaadittavat ominaisuudet voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan: termodynaamisiin ominaisuuksiin, kemiallisiin ominaisuuksiin ja fysiologisiin ominaisuuksiin. Lisäksi kylmäaineet on ryhmitelty turvallisuusluokkiin niiden palavuuden ja myrkyllisyyden perusteella. Kylmäaineille on olemassa myös vaatimuksia ympäristövaikutuksista, käyttäytymisestä öljyn ja veden kanssa ja kylmäaineiden vaikutuksista eri materiaaleihin. (Aittomäki 1996, 97 – 101, 120.)

5.2.1 Turvallisuusryhmittely palavuuden ja myrkyllisyyden perusteella

Kylmäaineiden palavuusluokkia on kolme: luokat 1, 2 ja 3. Luokkaan 1. kuuluvat aineet ovat ilmassa palamattomia, luokkaan 2. kuuluvien aineiden alempi syttymisraja ilmassa on vähintään 3,5 tilavuusprosenttia ja luokkaan 3. kuuluvien aineiden alempi syttymisraja ilmassa on alle 3,5 tilavuusprosenttia. Palavien kaasujen ja höyryjen alempi ja ylempi syttymisraja on se pitoisuus, jonka ala- tai yläpuolella kyseinen kaasu- tai höyryilmaseos ei enää syty. Kun seoksen pitoisuus on alemman syttymisrajan alapuolella, se on liian lauha palaakseen. Kun seoksen pitoisuus on syttymisrajan yläpuolella, se on liian rikasta palaakseen. Syttymisrajat on ilmoitettu palavan aineen määränä ilmassa tilavuusprosentteina (til.-%) 20 °C lämpötilassa ja normaalipaineen alaisena. Myrkyllisyysluokkia on kaksi: A ja B. Luokkaan A kuuluu kylmäaineet, joiden sallittu pitoisuus työpaikan ilmassa on yli 400 ppm. Luokkaan B kuuluu aineet, joiden sallittu pitoisuus työpaikan ilmassa on alle 400 ppm. (Aittomäki 1996, 97; Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 1999, 5.)

5.2.2 Termodynaamiset, kemialliset ja fysiologiset ominaisuudet

Termodynaamiset ominaisuudet

Kylmäaineen termodynaamisiin ominaisuuksiin voidaan lukea aineen moolimassa, höyrystymislämpö, ominaislämpö, höyrönpaine, viskositeetti ja lämmönjohtavuus. Höyrystymislämpö tarkoittaa sitä energiamäärää, joka tarvitaan aineen muuttamiseksi höyryksi. Aineen ominaislämpö kuvaa sitä energiamäärää, joka tarvitaan, jotta aine saadaan yhden asteen lämpimämmäksi. Viskositeetti eli aineen ”tahmeus” on käsite,

joka kuvaa virtaavan aineen sisäistä kitkaa. Nämä ominaisuudet määräävät, kuinka kylmäaine käyttäytyy kiertäessään kylmälaitteen sisällä. Kylmäaineella olisi hyvä olla suuri höyrystymislämpö, jolloin kompressorin ja putkistot saadaan pienikokoisiksi. Pieni viskositeetti vähentää painehäviöitä kompressorin venttiileissä ja putkissa. Kylmäaineen hyvä lämmönjohtavuus yhdistettynä pieneen viskositeettiin siirtää tehokkaasti lämpöä. Yksi aine ei kykene täyttämään kaikkia vaadittuja ominaisuuksia, vaan aine on valittava käyttöolosuhteiden mukaan. (Aittomäki 1996, 98 - 99; Karttunen ym. 2008, 38, 40, 42.)

Kylmäaineen tärkeä ominaisuus on myös kriittinen piste. Kun paine tai lämpötila ylittää kriittisen pisteen, aineen nestemäistä tai kaasumaista olomuotoa ei voi enää erottaa toisistaan. Kriittisen pisteen lämpötilan tulisi olla riittävän korkea. Jos kylmäkoneessa päädytään liian lähelle kriittistä pistettä, häviöt lisääntyvät ja kylmäntuotto huononee. Kriittisen lämpötilan lisäksi ominaislämpö on kylmäaineen tärkeä ominaisuus. Mitä pienempi ominaislämpö on, sitä enemmän ainehöyry tulistuu eli kuumenee puristuksessa, mikä taas lisää häviöitä ja nostaa kompressorin lämpötiloja. (Aittomäki 1996, 16, 98 – 99; Karttunen ym. 2008, 42.)

Kemialliset ominaisuudet

Kylmäaineelta vaadittavia kemiallisia ominaisuuksia ovat hyvä stabiilius, epäaktiivisuus muiden käytettyjen materiaalien kanssa ja palamattomuus. Aineen tulisi olla stabiili eli vakaa noin 200 °C lämpötilaan saakka kylmälaitteessa käytettävien materiaalien kanssa. Erityisesti öljyllä ja metalleilla sekä vedellä voi olla vaikutusta stabiilisuu-teen. Kylmäaineen olisi myös oltava mahdollisimman epäaktiivinen eli reagoimaton muiden materiaalien sekä kosteuden, ilman ja öljyn kanssa. Kaikki kylmäaineet kuitenkin vaikuttavat joihinkin materiaaleihin, mahdollisia ongelmia ovat kylmäaineen, öljyn, veden ja rakennemateriaalien yhdessä aiheuttamat reaktiot, korroosio ja tiivisteiden sekä eristeiden turpoaminen. Tiivisteet ja eristeet sekä kylmälaitteen rakenne- materiaalit on siis valittava kylmäaineen mukaan. Palamattomuus on myös tärkeä ominaisuus erityisesti suurissa koneistoissa. (Aittomäki 1996, 99.)

Fysiologiset vaatimukset

Kylmäaineen fysiologisia vaatimuksia ovat aineen myrkyttömyys, vähäinen ärsyttävyyden hengityselimille ja limakalvoille, haitattomuus jäähdytettävälle tavaralle ja mahdollisuus havaita vuodot helposti. Myrkyttömyys on ehdoton vaatimus, jos kylmäkoneen toimintaa ei valvota. Myrkyllisten kylmäaineiden käyttö on mahdollista, jos kylmäkoneistoa valvotaan ja koneiston varoitusjärjestelmä on ehdottoman varma. Muun muassa luonnollinen kylmäaine ammoniakki on myrkyllinen ja se tunkeutuu helposti elintarvikkeisiin, erityisesti hedelmiin. (Aittomäki 1996, 99, 103, 122.)

5.2.3 Kylmäaineiden ympäristövaikutuksista, TEWI-indeksi

Kylmäaineen ympäristövaikutukset on otettava huomioon, erityisesti aineen haitattomuus ilmakehälle on tärkeä vaatimus. Juuri tämän vaatimuksen takia monista kylmäaineista on jouduttu luopumaan. Nykyään aineilta vaaditaan otsonihaitattomuutta sekä ilmastoa lämmittävän vaikutuksen vähäisyyttä. Otsonihaitattomuus edellyttää, ettei aine sisällä klooria tai bromia. Ilmastoa lämmittävän vaikutuksen vähäisyys vaatii aineelta pientä lämpösäteilyn absorptiota tietyllä aallonpituusalueella. Otsonikerrosta tuhoava ja ilmastoa lämmittävä vaikutus on ilmoitettu ODP- ja GWP- indekseinä. (Aittomäki 1996, 100.)

GWP-indeksi ei anna täysin oikeaa kuvaa ilmastoa lämmittävästä vaikutuksesta ja sen tilalla voidaan käyttää tarvittaessa TEWI-indeksiä (Total Equivalent Warming Impact). TEWI-indeksi kuvaa kylmälaitoksen vaikutusta ilmakehän lämpenemiseen laitoksen elinaikana. TEWI-indeksi ilmoittaa kasvihuonehaitan kilogrammoina hiilidioksidia sadan vuoden aikana. Tosin TEWI-indeksikään ei välttämättä anna oikeaa kuvaa laitoksen aiheuttamasta kasvihuonehaitasta, koska indeksiin sotketaan mukaan useita epäselviä ja erilaisia asioita, kuten laitoksen kuluttaman energian tuotannon jakautuminen eri energiantuotantomuotojen kesken. Jos suuri osa laitoksen kuluttamasta energiasta tuotetaan fossiilisilla polttoaineilla, aiheuttaa itse energian tuotanto suuremman ilmastoa lämmittävän vaikutuksen kuin itse kylmäaine. (Aittomäki 1996, 100; Suomen Kylmäliikkeiden Liitto ry 2002, 237.)

5.2.4 Kylmäaineen käyttäytyminen öljyn ja veden kanssa

Öljyä käytetään kylmälaitteissa erityisesti kompressoreissa. Kompressoreissa öljyn tehtävänä on mm. laakereiden ja muiden liikkuvien osien voitelu sekä kompressorien liikkuvien osien aiheuttaman melun vähentäminen. Kompressoreissa voiteluöljy ja kylmäaine ovat kosketuksissa toisiinsa, joten osa öljystä lähtee mukaan kylmäainekiertoon. Öljyn mukanaolo kylmäaineen kierrossa on haittatekijä, ja öljyn pääseminen kiertoon pyritään estämään varustamalla kompressorit öljynerottimella. Joissain tapauksissa öljynerottimia ei tosin tarvita. Vaikka kylmälaitteessa olisi tehokaskin öljynerotussysteemi, öljyä pääsee mukaan kylmäaineen kiertoon aina pieniä määriä. Yleisesti ottaen öljy on haitta kylmäaineen kierrossa kylmälaitteessa; öljy voi esimerkiksi huonontaa lämmönsiirtoa, tosin pienillä öljypitoisuuksilla ei ole oleellista vaikutusta kylmäaineen ominaisuuksiin. Parasta olisi, jos kylmäaine ja öljy liukenevat keskenään täydellisesti tai ei ollenkaan. Jälkimmäinen tapaus vaatii tehokasta öljyn erotusta. Pahin tilanne on, jos kylmäaine ja öljy liukenevat keskenään osittain, tällöin öljyrikas faasi saattaa erottua öljyköyhästä faasista. Liian suuri öljypitoisuus voi aiheuttaa ongelmia esim. venttiileissä. (Aittomäki 1996, 100, 251 - 252.)

Vettä ei saisi joutua kylmäainekiertoon. Kuitenkin veden joutumista kylmäkoneistoon on vaikea kokonaan välttää, koska sitä päätyy koneistoon öljyn mukana tai adsorption seurauksena, eli pintoihin kiinnittymisenä. Veden vaikutukset riippuvat mm. kylmäaineen ja veden keskinäisestä liukoisuudesta ja aineiden mahdollisista keskinäisistä reaktioista. Mitä huonommin vesi liukenee kylmäaineeseen, sitä pahemmin se voi vaikuttaa kylmäkoneistoon. Vesi voi aiheuttaa mm. korroosiota (esim. pintojen ruostumista) ja voimistaa kylmäaineen ja öljyn välisiä reaktioita. Vesi voi myös jäätyä kylmälaitteen paisuntaventtiileissä. Eri kylmäaineet reagoivat veden kanssa hyvinkin eri tavoin. Veden mahdollisimman tarkkaan poistamiseen on käytettävä koneistoon liitettävää kuivainta. (Aittomäki 1996, 101.)

6 KYLMÄAINeprojektI MIKKELISSÄ

Mikkelin kylmäaineprojektin avulla kartoitettiin Mikkelissä käytössä olevia kylmäaineita sekä kylmälaitteiden huollon tilaa. ProjektI toteutettiin erilaisiin kohteisiin tehtävinä tarkastuskäynteinä. Tarkastettaviin laitteisiin kuuluivat jäähditys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteet, jotka sisälsivät huoltoasetuksen mukaisesti kylmäainetta vähintään kolme kiloa.

6.1 Projektin tausta

Kylmäaineprojektin käytännön valvonnan taustana on laissa säädetty viranomaisvalvonta. Viranomaisvalvonnan avulla pyritään ehkäisemään otsonikerrosta tuhoavien kaasujen ja fluorattujen kasvihuonekaasujen pääsy ilmakehään. Valvonta perustuu Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseen (EY) N:o 1005/2009 (otsoniasetus) sekä asetukseen (EY) N:o 842/2006 (F-kaasuasetus). Nämä asetukset on edelleen huomioitu Suomen lainsäädännössä Valtioneuvoston asetuksella 452/2009 (huoltoasetus). Huoltoasetuksen valvonnan tueksi ja helpottamiseksi on laadittu Suomen ympäristökeskuksen toimesta ”Valvontaohje otsonikerrosta heikentäviä aineita tai fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huoltoa valvoville viranomaisille”.

Henkilökohtaisesti projektin taustana oli tarve opinnäytetyölle. Olin ollut töissä terveystarkastajaharjoittelijana Mikkelin Seudun Ympäristöpalveluissa kesinä 2012 ja 2013. Opiskeluiden loppuvaiheessa oli tarvetta opinnäytetyölle ja päätin kysyä Ympäristöpalveluista sopivaa aihetta. Ympäristötarkastaja Marita Savo ehdotti työksi kylmäaineiden käytön kartoitusta ja valvontaa Mikkelissä, jonka sitten otin hoitaakseni. Aikaisemmin kylmäaineiden käytön kartoitusta ja valvontaa on toteutettu Espoon alueella Tomi Levomäen toimesta, josta myös hän teki opinnäytetyön. Omassa työssäni vertailen Mikkelin ja Espoon tuloksia.

6.2 Käytännön tarkastuksia edeltävät työt

Ennen tarkastusten suorittamista oli tehtäviä joitain valmistelevia töitä. Näihin kuuluivat saatekirjeen kirjoittaminen ja sen kohteisiin lähettäminen sekä tarkastuskohteiden valinta. Projektin alussa sovittiin, että ennen tarkastusten suorittamista tarkastettaviin kohteisiin lähetetään saatekirje, jossa tiedotetaan tulevista tarkastuskäynneistä. Saatekirje lähetettiin jokaiseen kohteeseen erikseen. Saatekirjeestä ilmeni muun muassa valvonnan perusta, valvova viranomainen ja tarkastuksen eteneminen. Saatekirjeet lähetettiin postilla yhteensä 37:ään kohteeseen 10.3.2014. Saatekirje on tämän työn liitteessä 3.

Ennen tarkastusten suorittamista sovittiin, että projektin aikana tarkastettaisiin noin 30 kohdetta. Tarkastuskohteiksi valittiin erityyppisiä kohteita, jotta ne antaisivat mahdollisimman kattavan kuvan kylmälaitteissa käytössä olevista kylmäaineista sekä laitteiden huollon tilasta. Tarkastuskohteisiin kuului seuraavanlaisia kohteita:

- kauppoja
- kauppakeskuksia
- toimisto- ja opiskelurakennuksia
- teollisuuslaitos
- ammattikeittiö
- elintarviketeollisuuden kohde
- jäähalli
- sairaala ja terveystieteiden rakennuksia
- hotelli
- kylmä- ja pakkasvarasto
- leipomo

6.3 Käytännön tarkastusten suorittaminen

Tarkastukset suoritettiin aikavälillä 12.3. - 20.3.2014 käyttäen apuna Suomen ympäristökeskuksen julkaiseman valvontaohjeen mukana olevia valvontatarkastuskäynnin lomakkeita. Valvontaohjeen tarkastuslomakkeet ovat tämän opinnäytetyön liitteenä; liitteessä 4. on tarkastuslomakkeen osa 1. ja liitteessä 5. osa 2. Valvontaohjeen yhteydessä on siis kaksi erilaista lomaketta: Valtioneuvoston asetuksen 452/2009 valvonta-

tarkastuskäynnin lomakkeet osa 1. sekä osa 2. Osa 1. on itse tarkastuskäynnillä käytettävä lomake, jonka mukaan kohteen kylmälaitteet tarkastetaan. Osa 2. täytetään vain siinä tapauksessa, jos kohteessa havaitaan puutteita. Jos puutteita havaitaan, on ne eriteltävä lomakkeeseen sekä annettava toiminnanharjoittajalle toimintaohjeet sekä määräpäivä puutteiden korjaamiseksi. Määräpäivän jälkeen kohteeseen tehdään uusintatarkastus. Opinnäytetyön toimeksiantajan kanssa sovittiin, että uusintatarkastukset eivät sisälly tähän opinnäytetyöhön, vaan ne jäävät Mikkelin Seudun Ympäristöpalveluiden vastuulle.

Ennen tarkastuskäyntien suorittamista tarkastuksista piti sopia kohteiden kylmälaitteista vastaavan henkilön kanssa. Tarkastuksia ei voitu suorittaa "pistotarkastuksina", koska kylmähuoneet, joissa kylmälaitteet usein sijaitsivat, oli pääosin lukittu. Tarkastukset sujuivat myös paremmin, kun mukana oli niistä valmiiksi jotain tietävä henkilö. Tarkastuskäyntien sopiminen osoittautui projektin hankalimmaksi osaksi. Tarkastuskäynneistä sovittiin puhelimitse, ja puheluita joutui tekemään useita, jotta tietyn kohteen kylmälaitteista vastaava henkilö tavoitettiin ja tarkastuksen ajankohdasta päästiin sopimaan.

Kun tarkastuksia päästiin lopulta suorittamaan, kävi ilmi, että yhden kohteen kylmälaitteista vastaava henkilö vastasikin usein monista muista kohteista. Tämä helpotti tarkastusten suorittamista oleellisesti; yksittäisistä tarkastuskäynneistä ei tarvinnut sopia aina eri henkilön kanssa, vaan saman henkilön kanssa voitiin tarkastaa kerralla useita kohteita. Tämän ansiosta tarkastukset saatiin suoritettua varsin lyhyellä aikavälillä. Jokaisen kylmälaitteen osalta tarkastettiin ja kirjattiin ylös seuraavat asiat:

- valvottavan laitteen tyyppi
- kylmäaineen laatu ja määrä
- kylmälaitteen tarkastusväli
- vuodonilmaisujärjestelmä
- huoltotarra
- huoltopäiväkirja
- huoltoyritys
- laitteen huoltanut henkilö
- onko laitteen huoltaneella henkilöllä Tukesin pätevyys
- viimeisimmän huollon päivämäärä

7 TULOKSET

Projektin päätteeksi tarkastettuja kohteita oli yhteensä 31 kpl. Tarkastettujen kohteiden joukossa oli monipuolisesti erilaisia kohteita. Tarkastetuista kohteista löytyi ilmanvaihtolaitteita, lämpöpumppulaitteita sekä kylmiöiden ja pakastimien jäähdytyslaitteita. Lisäksi tarkastettujen laitteiden joukossa oli useille eri huoltoyrityksille kuuluvia laitteita. Näin ollen voitaisiin sanoa, että saadut tulokset edustavat Mikkelin kylmäainetilannetta sekä laitteiden huollon tilannetta kohtuullisen hyvin. Kaikki tarkastetut laitteet sisälsivät huoltoasetuksen vaatimuksen mukaisesti kylmäainetta vähintään kolme kiloa.

7.1 Tarkastetut laitteet sekä niiden sisältämät kylmäaineet

Projektin aikana tarkastettiin yhteensä 88 kylmälaitetta. Tarkastetuissa kohteissa oli käytössä pääosin HFC- ja jonkin verran HCFC-yhdisteitä. Erilaisia kylmäainelaatuja havaittiin 7 kpl. Ainoastaan kahdessa kohteessa oli käytössä luonnollinen kylmäaine ammoniakki. Erääseen kohteeseen oltiin parhaillaan vaihtamassa R-404A:n tilalle hiilidioksidi, joka on myös luonnollinen kylmäaine. CFC-yhdisteitä ei ollut käytössä yhdessäkään kohteessa. Tarkastettujen kohteiden kylmälaitteiden huollosta vastasi yhteensä yhdeksän eri kylmähuoltoyritystä.

Tarkastetut laitteet sisälsivät kylmäaineita kaiken kaikkiaan noin 5224 kiloa. **Tähän määrään ei ole laskettu mukaan luonnollisia kylmäaineita;** luonnollisia kylmäaineita eli tässä tapauksessa ammoniakkia oli kahdessa kohteessa käytössä yhteensä 6280 kiloa. Kohdetta, johon oltiin vaihtamassa hiilidioksidia, ei ole myöskään otettu laskennassa huomioon. On myös huomioitava, että kolmessa erillisessä kylmälaitteessa ei ollut merkintää kylmäaineen määrästä. Tällä ei tosin kylmäaineiden kokonaisuudessaan kannalta ole oleellista merkitystä. Käytössä olleet kylmäaineet sekä niiden yhteenlasketut määrät on merkitty taulukkoon 3.

TAULUKKO 3. Tarkastuksilla havaitut kylmäaineet sekä niiden yhteismäärät

Kylmäaine	Määrä (kg)
R-404A	3302
R-134A	860
R-22	449
R-407C	441
R-410A	172
R-717 (ammoniakki)	6280

Tarkastuksilla havaitut kylmäaineet ovat pääosin HFC-yhdisteitä, pois lukien R-22, joka luetaan HCFC-yhdisteisiin sekä luonnolliset kylmäaineet ammoniakki ja hiilidioksidi. Näin ollen tarkastetut laitteet sisälsivät HFC-yhdisteitä noin 4775 kiloa ja HCFC-yhdisteitä eli tässä tapauksessa ainoastaan R-22:ta noin 449 kiloa.

7.2 Kylmäaineiden käytön tarkastelua ainekohtaisesti**R-404A**

Ylivoimaisesti eniten on käytössä R404A -kylmäainetta, jonka osuus kaikista kylmäaineista on lähes 2/3. Kyseistä kylmäainetta löytyi peräti 31:sta eri kylmälaitteesta. Näistä kylmälaitteista merkittävä osa oli suuria kylmälaitteita, jotka sisälsivät kylmäainetta jopa satoja kiloja. Yhteen laitteeseen ei ollut merkitty aineen määrää. Huoltoasetuksessa annettuun 300 kilon rajaan pääsivät tai tämän rajan ylittivät kolme kylmälaitetta; kaksi näistä laitteista oli kauppojen kylmiöitä ja pakastimia varten kylmää tuottavia laitteita, kolmatta käytettiin suuremman kylmätilan jäähdyttämiseen. R-404A -ainetta käytettiin useimmissa tapauksissa juurikin kaupan kylmiöiden ja pakastimien jäähdyttämiseen kylmäaineen määrän vaihdellessa kymmenistä satoihin kiloihin. Lisäksi erään ammattikeittiön kaikki kahdeksan laitetta käyttivät tätä ainetta kylmähuoneiden ja jäähdytyskaappien viilentämiseen. Eräässä teollisuuslaitoksessa ainetta käytettiin keittiön pakastevaraston jäähdytykseen sekä ilmastoinnin jäähdytyksessä. R-404A:n kohdalla kyseessä on siis pääosin varsin isot laitteistot. Pienin laite sisälsi R-404A:ta kymmenen kiloa. Tämä aine oli ainoa, jonka kohdalla huoltoasetuksessa määritelty 300 kilon raja ylittyi.

R-134A

R-134A -ainetta löytyi tarkastetuista laitteista 860 kiloa, joka tekee tästä kilomäärän perusteella toiseksi käytetyimmän aineen. Myös R-134A:ta käytettiin pääosin isoissa laitteissa, joissa aineen määrä oli suurimmillaan hieman yli 200 kiloa. Aine oli käytössä kymmenessä tarkastetussa laitteessa. Kylmäainetta käytettiin pääosin ilmastoinnin jäähdytykseen käytettävissä vedenjäähdytyskoneissa, jäähdytettäviä tiloja olivat suuret tilat, kuten toimistotilat ja sairaalan sekä erään kauppakeskuksen tilat. Tosin erään teollisuuslaitoksen keittiön kylmävarastojen jäähdytyksessä käytettiin R-134A:ta, kyseessä oli vain kolme kiloa kyseistä ainetta sisältänyt laite.

R-22

R-22:ta ja R-407C:ta löydettiin laitteista suunnilleen saman verran - molempia hieman alle 450 kiloa. R-22 -ainetta oli kymmenessä laitteessa. Näistä laitteista erään tarkastetun teollisuuslaitoksen osuus oli peräti kuusi laitetta. Kaiken kaikkiaan laitteet sisälsivät ainetta tavallisesti kymmeniä kiloja pienimmän laitteen sisältäessä ainetta kolme kiloa ja suurimman 185 kiloa. Kuudessa laitteessa kymmenestä R-22:ta käytettiin ilmastoinnin jäähdytyksessä, jäähdytyskohteina suuret tilat, kuten kauppakeskus, terveysasema ja opiskelutilat. Muita käyttökohteita olivat teollisuuslaitoksen painokoneiden vedenjäähdytys. Yhdessä tapauksessa kolmesta, joissa kylmälaiteesta ei löytynyt merkintää kylmäaineen määrästä, kyseessä oli juurikin R-22. Tällä on siis vaikutusta tarkastuksilla havaitun R-22 -aineen yhteismäärään. Vaikka määrä olisi ollut selvillä, tämä ei vaikuttaisi kylmäaineiden kokonaiskuvaan (ks. taulukko 3.).

R-407C

R-407C -ainetta oli käytössä 19 laitteessa. Ainetta käytettiin lähes kokonaan "keskikokoisissa" laitteissa, joissa ainetta oli muutamia kymmeniä kiloja. Kaikissa tapauksissa kylmäainetta käytettiin ilmastoinnin jäähdytykseen käytettävissä vedenjäähdytyskoneissa. Käyttökohteita olivat suuret rakennukset, kuten toimisto- ja opiskelutilat, kauppakeskuksen tilat, sairaala ja kirjasto.

R-410A

R-410A:ta löytyi yhteensä kuudestatoista laitteesta, jotka sisälsivät kylmäainetta kaiken kaikkiaan noin 172 kiloa. Ainetta sisältäneet laitteet olivat pienehköjä kylmälaitteita, aineen määrän vaihdellessa kolmen ja 19 kilon välillä. R-410A:ta käytettiin kaikissa paitsi yhdessä laitteessa ilmastoinnin jäähdytyksessä. Jäähdytettäviä kohteita olivat suuret kohteet, kuten terveystakeskusrakennukset, toimisto- ja opiskelurakennukset sekä kauppakeskukset, mutta ainetta käytettiin myös pienempiin tiloihin. Yhden laitteen tarkoituksena oli jäähdyttää pienen kaupan kylmiötä. Mainittavan arvoista on, että kaikki projektin aikana tarkastetut ilmalämpöpumput (4 kpl) sisälsivät R-410A:ta; kolme näistä ilmalämpöpumpuista oli tarkoitettu ilmanvaihdon jäähdytykseen ja yksi edellä mainittuun kaupan kylmiöön.

R-717 ja R-744

Ammoniakki (R-717) oli toinen projektin aikana havaituista luonnollisista kylmäaineista. Ammoniakkia käytettiin kahdessa kohteessa - jäähallissa ja suuressa elintarviketeollisuuden kohteessa. Ammoniakin yhteismäärä oli yhteensä 6280 kiloa, josta jäähallin osuus oli vain 80 kiloa. Hiilidioksidia (R-744) oltiin projektin aikana vaihtamassa erääseen kauppaan R-404A:n tilalle. Jäähdytyskohteena olivat kaupan kylmiöt.

7.3 Kylmäaineiden tarkastelua laitekohtaisesti

Vaikka edellä kylmäaineita on käsitelty pääasiallisena lähtökohtana aineiden kokonaismäärät, voi vertailua tehdä myös kylmälaitteiden määrien perusteella. Eli perustana tällaisessa vertailussa on se, kuinka monessa yksittäisessä kylmälaitteessa kutakin ainetta havaittiin. Taulukossa 3. kylmäaineet on järjestetty aineiden määrien perusteella. Seuraavassa taulukossa 4. kylmäaineet on järjestetty sen perusteella, kuinka monessa yksittäisessä kylmälaitteessa tiettyä ainetta havaittiin. Lisäksi taulukkoon 4. on merkitty myös se, kuinka monessa kohteessa tietty aine havaittiin. Taulukoita 3. ja 4. vertailemalla huomataan, että edelleen eniten käytetty aine on R-404A. Muiden aineiden keskinäinen järjestys muuttuu (pois lukien R-717). Järjestyksen muuttumista selittää mm. se, että esim. R-134A:n kohdalla laitteet olivat ainemääriltään suurehkoja, mutta itse laitteita ei ollut montaa kappaletta. R-407C:n tapauksessa laitteet olivat pienehköjä, mutta niitä oli useita kappaleita.

TAULUKKO 4. Tarkastuksilla havaitut kylmäaineet laitekohtaisesti

Kylmäaine	Ainetta sisältäneiden laitteiden määrä (kpl)	Kohteiden määrä (kpl)
R-404A	31	13
R-407C	19	12
R-410A	16	9
R-134A	10	7
R-22	10	5
R-717 (ammoniakki)	-	2

7.4 Kohteissa havaitut puutteet

Puutteita havaittiin yhteensä kahdeksassa kohteessa. Tämä on noin 25 prosenttia eli neljäsosa kaikista tarkastetuista kohteista. Yksittäisiä puutteita havaittiin 19 kpl. Kaikki havaitut puutteet on eritelty taulukkoon 5. Taulukossa on esitetty puute, sekä kohteiden määrä, joissa kyseinen puute havaittiin.

TAULUKKO 5. Tarkastuskohteissa havaitut puutteet

Havaittu puute	Kohteiden määrä (kpl)
Huoltotarra puuttuu	6
Huoltopäiväkirja puuttuu	5
Huoltoyritys ei tiedossa	3
Viimeisin huolto ei tiedossa	2
Merkintä kylmäaineen määrästä puuttuu	2 (kolme laitetta)
Laitteen huoltanut henkilö ei selvillä	1

Suurin määrä yksittäisessä kohteessa havaittuja puutteita oli neljä; tämä määrä havaittiin kahdessa eri kohteessa. Kummassakin tapauksessa kyseessä oli ilmanvaihdon jäähdytyksessä käytettävä vedenjäähdytyskone. Kohteissa havaittiin samat puutteet, kummassakaan tapauksessa laitetta huoltava yritys ei ollut tiedossa. Muut havaitut puutteet olivat huoltopäiväkirjan ja huoltotarran puuttuminen eikä viimeisin huolto ollut tiedossa.

Kylmäaineen määrää ei ollut merkitty kahdessa kohteessa. Tarkemmin sanottuna määrää ei ollut merkitty kolmeen laitteeseen. Yksi näistä laitteista sisälsi R-22:ta.

7.5 Muita projektin aikana tehtyjä havaintoja

Kylmäaineprojektiin suhtauduttiin erittäin hyvin. Osa kylmälaitteista vastaavista henkilöistä esitteli mielellään laitteistoja sekä niiden toimintaperiaatteita. Tarkastusten kautta pääsi oppimaan paljon uutta kylmälaitetekniikasta ammattilaisten opastamana. Osalla henkilöistä oli vuosien kokemus kylmälaitteiden kanssa työskentelystä, joten heiltä sai arvokasta kokemuspohjaista tietoa kylmäalan nykytilanteesta sekä tulevaisuudesta.

Eräs henkilö totesi, että on hyvä, että kylmälaitteiden valvontaa suoritetaan. Samainen henkilö painotti erityisesti kylmälaitteiden huollon valvontaa. Hän korosti myös kylmälaitteen huoltopäiväkirjan merkitystä. Hänen mukaansa huoltopäiväkirjassa olevat merkinnät kertovat paljon historiasta; jos jossakin laitteessa on esimerkiksi ollut paljon ainevuotoja ja kylmäainetta on jouduttu jatkuvasti lisäämään, ei kyseinen laite toimi parhaalla mahdollisella tavalla. Huoltopäiväkirjan merkinnöillä on siis tärkeä merkitys etenkin laitetta huoltaville henkilöille. Jos laitteen huoltovastuu siirtyy henkilöltä/yritykseltä toiselle, tulisi myös huoltopäiväkirjan siirtyä eteenpäin, jotta laitteen historia on tiedossa.

Eräs henkilö otti kantaa Suomen ympäristökeskuksen valvontaohjeen sivulla 34 olevaan valvontatarkastuskäynnin muistilistaan, jonka mukaan huoltotarran tulisi löytyä laitteiden kompressoreista. Käytännössä huoltotarraa ei löytynyt laitteiden kompressoreista, vaan se oli usein kiinni itse laitteessa. Jokaiselle kompressorille ei myöskään ollut omia huoltotarroja, vaan useammalle kompressorille oli käytetty yhtä yhteistä huoltotarraa.

Projektin loppuvaiheessa pari henkilöä tiedustelivat huollon onnistumisesta Mikkelissä. Tässä vaiheessa oli jo selvillä, että Mikkelissä huolto pelaa pääosin hyvin. He yllättyivät kuullessaan, että huolto pelaa hyvin. Lisäksi eräs henkilö totesi, että erästä kylmälaitetta oli aikaisemmin huollettu todella huonosti, mutta nykyään huolto on asianmukaista.

8 TULOSTEN TARKASTELU

Tässä luvussa perehdytään kylmäaineprojektista saatuihin tuloksiin. Tarkastelu tehdään erikseen kylmäaineiden sekä huollon osalta. Lisäksi tässä luvussa vertaillaan Mikkelin ja Espoon kylmäaineprojektien tuloksia.

8.1 Kylmäaineet

Yhdessäkään tarkastetussa kohteessa ei ollut käytössä ympäristölle erittäin haitallisia CFC-yhdisteitä, joka on todella positiivinen asia. Myöskään HCFC-yhdisteitä, joita voidaan pitää CFC-yhdisteiden jälkeen seuraavaksi haitallisimpana kylmäaineryhmänä, ei ollut käytössä suuria määriä. HCFC-yhdisteitä oli vain noin kymmenesosa kaikista havaituista kylmäaineista. Tämän projektin kohdeotannan perusteella näyttäisi siis siltä, että Mikkelissä on käytössä pääasiassa HFC-yhdisteitä. Joissakin kohteissa oli myös käytössä luonnollisia kylmäaineita, sekä eräissä kohteissa oltiin parhaillaan korvaamassa HFC-yhdiste luonnollisella kylmäaineella. Toisaalta, jos projektin aikana olisi tarkastettu huomattavasti suurempi määrä kohteita, olisi erilaisia ainelaatuja mahdollisesti löytynyt enemmänkin.

Kylmäainekohtaisesti voidaan myös tehdä johtopäätöksiä. Luvussa 7. esiteltiin saatuja tuloksia ainemäärien sekä laite- ja kohdetyyppien perusteella. Tässä asiaa käsitellään kilomäärien pohjalta, joka on ympäristönsuojelun kannalta oleellisempaa. Eniten käytetty kylmäaine oli R-404A, jota käytettiin paljon suurissa laitteissa. Ainoat projektin aikana tarkastetut laitteet, joiden määrä ylitti huoltoasetuksessa määritellyn 300 kilon rajan, olivat juurikin R-404A:ta sisältäneitä laitteita. Huoltoasetuksessa määritellyt kilorajat määräävät laitteen tarkastustiheyden, joka kaikista isoimmilla laitteilla on lyhimmillään kolme kuukautta. R-404A:n kohdalla voidaan tehdä selkeä johtopäätös, että sitä käytetään pääasiassa kylmiöiden ja pakastimien jäähdyttämiseen.

Kylmäaineita R-134A, R-22, R-407C ja R-410A käytettiin tavallisesti ilmastoinnin jäähdytyksessä. R-407C:ta ja R-410A:ta käytettiin käytännössä kokonaan ilmastoinnin jäähdytyksessä, ainoana poikkeuksena yksi kaupan kylmiön jäähdyttämiseen käytetty ilmalämpöpumppu, jossa oli käytössä R-410A. R-134A:n kohdalla löytyi vain kaksi tapausta, joissa sitä käytettiin muuhun kuin ilmastoinnin jäähdytykseen. Suurimman poikkeuksen teki R-22, jota ilmastoinnin jäähdytyksen lisäksi käytettiin paljon teolli-

suuslaitoksen koneiden jäähdyttämiseen. R-22 oli ainoa tarkastuksilla havaittu HCFC-yhdiste. R-22:n määrä oli kaikista havaituista aineista kolmanneksi suurin, vaikka sen käyttö kielletään pian. R-407C:ta ja R-410A:ta sisältäneet laitteet olivat ainemääriltään varsin pieniä, vaikka jäähdytettävät tilat saattoivat olla suuriakin. Toisaalta monissa suurissa kohteissa oli käytössä useita pienempiä laitteita.

Ammoniakin kohdalla ei voida tehdä aivan yhtä selkeitä johtopäätöksiä. Ammoniakia oli kahdessa kohteessa, jäähallissa ja suuressa elintarviketeollisuuden kohteessa. Elintarviketeollisuuden kohteessa ainetta oli jopa 6200 kiloa. Toista luonnollista kylmäainetta hiilidioksidia oltiin projektin aikana vaihtamassa eräässä kaupassa HFC-yhdisteen tilalle, jäähdytyskohteena kaupan kylmiöt.

Luvussa 7. taulukoissa 3. ja 4. esitettiin kylmäaineita niiden kilomäärien sekä laitemäärien perusteella. Ympäristönsuojelun kannalta oleellisempaa on kuitenkin kylmäaineen kokonaismäärä. Aineen kilomäärästä riippuu, kuinka paljon sitä voi vuototapauksessa päätyä ilmakehään. Voidaan myös pohtia, onko järkevämpää sijoittaa paljon ainetta yhteen laitteeseen, vai sijoittaa sama määrä ainetta useampaan laitteeseen. Jos aine on jaettu usean laitteen kesken, on epätodennäköistä, että kaikki laitteet vuotavat tai rikkoutuvat samaan aikaan. Useaan pieneen yksikköön sijoittaminen voi olla hyvä vaihtoehto myös itse kohteen toiminnan kannalta. Jos kyseessä on esimerkiksi ravintolan kylmälaitteet, voi olla toimintavarmuuden kannalta parempi vaihtoehto, jos käytössä on useita pieniä yksiköitä. Jos ravintolan kylmiöiden jäähdytys taas riippuu yhdestä suuresta jäähdytysyksiköstä, sen rikkoutuminen vaikuttaisi kaikkiin kylmiöihin. Yhden pienen yksikön rikkoutumisella ei välttämättä olisi niin suuria seurauksia. Tosin tällaiseen asiaan tarkempi kannanotto vaatisi syvempää tietämystä kylmätekniikasta.

Vaikka projektin aikana havaitut aineet voidaan tarkastuksissa havaittujen määrien perusteella asettaa suuruusjärjestykseen, ei tämä välttämättä vastaa täysin todellisuutta. Projektin aikana tarkastettiin todennäköisesti pienehkö osa kaikista Mikkelin kolmen kilon lakisääteisen rajan ylittävistä laitteista. Jos kohteita ja laitteita olisi tarkastettu huomattavasti suurempi määrä - parhaimmassa tapauksessa kaikki Mikkelin huoltoasetuksen piiriin kuuluvat laitteet - tulos voisi olla hyvinkin erilainen. Tulokseen siis vaikuttavat erityisesti erityyppisten kohteiden määrät suhteessa toisiinsa. Tarkastamalla kymmenen kauppa ja yksi teollisuuslaitos tai yksi kauppa ja kymme-

nen teollisuuslaitosta tulokset ovat varmasti täysin erilaiset eivätkä anna minkäänlaista yleiskuvaa todellisesta tilanteesta. Mikkelin kylmäaineprojektissa tarkastettiin juurikin monipuolisesti erilaisia kohteita ja tätä kautta saatiin mahdollisimman edustava kuva käytössä olevista kylmäaineista sekä huollon tilanteesta.

Näyttää siis siltä, että Mikkeliissä on laajalti käytössä HCFC-yhdisteitä vähemmän haitallisia HFC-yhdisteitä. Kaikista havaituista aineista (pois lukien ammoniakki) HFC-yhdisteiden osuus on noin 91 %. HCFC-yhdisteet kielletään laitteiden huollossa kokonaan 1.1.2015 lähtien. Kiellon myötä huoltoon tarvitsevat laitteet on uusittava ennen vuotta 2015 tai niissä käytettävä kylmäaine on vaihdettava sallittuun aineeseen. HCFC-yhdisteistä siirrytään usein otsonikerrokselle haitattomiin HFC-yhdisteisiin, mutta ympäristön kannalta paras vaihtoehto olisi siirtyä suoraan luonnollisiin kylmäaineisiin, joiden voisi sanoa olevan kylmäaineista vähiten ympäristölle haitallisia. Mikkeliissä kahdessa tarkastetussa kohteessa olikin käytössä ammoniakki ja eräässä kaupassa oltiin vaihtamassa HFC-yhdiste hiilidioksidiin. HFC-kaasujen tuotantoon ja käyttöön saattaa kohdistua enemmän rajoitteita, kun EU:n F-kaasuasetus uusitaan. Tulevaisuuden trendinä voi siis todennäköisesti olla luonnollisten kylmäaineiden mahdollisimman laaja käyttöönotto. Tämä tietysti vaatii tulevaisuudessa myös uusia kylmäteknisiä ratkaisuja, sillä vanhat laitteet eivät välttämättä ole yhteensopivia uusien aineiden kanssa. Luonnollisista kylmäaineista esimerkiksi ammoniakin kohdalla on otettava huomioon, että kyseinen aine on hyvinkin myrkyllistä.

Kioton ja Montrealin pöytäkirjoja voidaan jopa Mikkelin kylmäaineprojektin perusteella pitää erittäin onnistuneina ympäristönsuojelusopimuksina. Montrealin pöytäkirja tehtiin otsonikerroksen suojelemiseksi ja sen avulla otsonikerrokselle haitallisten aineiden valmistusta ja käyttöä on vähennetty erittäin paljon. Sopimuksen avulla CFC-yhdisteiden ja halonien käyttö on teollisuusmaissa käytännössä saatu loppumaan. HCFC-yhdisteiden käyttö pitäisi teollisuusmaissa loppua vuoteen 2020 mennessä, joka tosin voi olla ongelmallista. EU:n säätämät otsoniasetus ja F-kaasuasetus pohjautuvat juurikin Montrealin ja Kioton pöytäkirjoihin. Otsoniasetus on tehty otsonikerroksen suojelemista varten ja asetuksessa säädetyt rajoitukset on tehty Montrealin pöytäkirjan mukaisesti. F-kaasuasetuksessa taas on annettu rajoitteita fluorattujen kasvihuonekaasujen päästöistä Kioton Pöytäkirjan mukaisesti. Suomen lainsäädäntö huomioi nämä EU-asetukset kansallisella huoltoasetuksella. Kylmäaineprojektissa valvottiinkin huoltoasetuksen toteutumista Mikkeliissä. Lainsäädännön huomattavan

kiristymisen voidaan ainakin kylmäaineiden kohdalla todeta olevan ympäristön kannalta toimiva ratkaisu.

8.2 Huollon tila

Projektin aikana tarkastettiin 31 kohdetta, joista kahdeksassa havaittiin puutteita. Yksittäisiä puutteita löytyi kaiken kaikkiaan 19 kappaletta. Erilaisia "puutetyyppejä" esiintyi kuutta eri kappaletta. Tarkastuksilla havaitut puutteet eivät ole erityisen vakavia puutteita, huollon kokonaiskuva Mikkelissä on siis hyvä.

Toisaalta pienikin puute voi aiheuttaa tarkastuksen ja huollon tilan arvioimisen kannalta ongelmia. Huoltotarran ja huoltopäiväkirjan puuttuminen aiheuttaa sen, että tarkastaja ei voi tietää, onko kylmälaite huollettu ajallaan ja onko huoltaja ollut Tukesin pätevoittämä. Vakavimmat puutteet ehkä ovat juurikin kylmälaitteen huoltamatta jättäminen sekä laitteen huollon tai tarkastuksen suorittaminen epäpätevän henkilön toimesta. Huollon tilaa ja henkilön pätevyyttä ei siis voida todeta, jos huoltotarra ja -päiväkirja puuttuvat. Tarvittava tieto kuitenkin saadaan usein, jos toinen näistä on olemassa.

Ehkä vakavin Mikkelin kylmäaineprojektin aikana havaittu puute oli huoltopäiväkirjan puuttuminen, joka puuttui viidestä kohteesta. Huoltopäiväkirjalla on suuri merkitys arvioitaessa kylmälaitteen toimintaa pitkällä aikavälillä. Se antaa erittäin tärkeää tietoa laitteen historiasta ja sen toiminnasta. Näin totesi myös eräs huoltomies. Esimerkiksi huoltopäiväkirjaan merkittävien ainelisäyksien perusteella nähdään, kuinka paljon laite vuotaa kaasua ilmakehään. Jos laitteen huoltovastuu siirtyy huoltoyritykseltä toiselle, tulisi myös huoltopäiväkirjan siirtyä eteenpäin. Muuten uusi huoltaja ei tiedä laitteen historiasta juuri mitään.

Kolmen laitteen kohdalla ei ollut merkintää kylmäaineen määrästä. Yksi näistä laitteista sisälsi R-22:ta. Puute on periaatteessa pieni, mutta erityisesti R-22:n kohdalla asiaan tulisi kiinnittää paremmin huomiota laitetta huoltavan henkilön toimesta. R-22 on HCFC-yhdiste, joiden käyttö kielletään laitteiden huollossa kokonaan vuoden 2014 jälkeen. Koska kyseessä on pian kiellettävä yhdiste, antaisi asian kunnollinen hoitaminen paremman kuvan huoltoyrityksestä.

Muita havaittuja puutteita olivat huoltoyrityksen tietojen puuttuminen, viimeisimmän huoltotiedon puuttuminen ja yhdessä tapauksessa laitteen huoltanut henkilö ei ollut selvillä. Jos huoltohenkilö ei ole selvillä, ei voida tietää, onko huoltaja ollut Tukesin ylläpitämän rekisterin mukaan pätevä suorittamaan huollon tai tarkastuksen. Kaiken kaikkiaan huollon kokonaiskuvan voidaan todeta tarkastusten perusteella olevan hyvä.

Eräs huoltohenkilö totesi projektin aikana, että hänen mielestään kylmälaitteiden valvonta on tärkeää painottaen erityisesti huollon valvontaa. Pari henkilöä jopa yllättyi kuullessaan kylmälaitteiden hyvästä huollon tilasta Mikkelistä. Eräs henkilö myös totesi, että erästä laitetta oli aikaisemmin huollettu todella huonosti, mutta nykyään huolto on asianmukaista. Tarkastettujen kohteiden kylmälaitteiden huollosta vastasi yhteensä yhdeksän eri kylmähuoltoyritystä. Yrityskohtaisesti ei voida tehdä kunnollisia johtopäätöksiä, koska osalle yrityksistä kuului vain muutamien laitteiden huolto, kun taas yksi yritys hoiti todella suurta osaa kohteista.

Yksi tekijä, mikä on todennäköisesti vaikuttanut laitteiden huoltoon ja huollon laadun paranemiseen, on lainsäädännön kiristyminen. Kansainvälisillä sopimuksilla, kuten Montrealin ja Kioton pöytäkirjoilla sekä EU-asetuksilla ja Suomen kansallisella huoltoasetuksella on varmasti ollut positiivinen vaikutus huollon ja täten myös ympäristönsuojelun näkökulmasta. Erityisesti voisi painottaa, että asianmukainen ja lainmukainen huolto on ympäristön kannalta iso asia. Jos käytössä olisi edelleen otsonikerrokselle erittäin haitallisia CFC-yhdisteitä, huollolla olisi vieläkin suurempi merkitys. Siirtymällä pikkuhiljaa ympäristöystävällisempiin kylmäaineisiin samalla huoltoa valvoen päästään parhaaseen mahdolliseen ratkaisuun. Suomen huoltoasetuksessa on varsin tarkkaan määrätty kylmälaitteiden huoltoon liittyvistä seikoista. Lisäksi Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukesin ylläpitämässä rekisterissä on listattu kaikki Suomen henkilöt, joilla on pätevyys tehdä laitteiden huoltoja. Jos viranomaiset valvovat huoltoa kunnolla, ei rekisteristä puuttuvan henkilön ole helppo suorittaa huoltoja, koska pätevyys on helppo todeta. Rekisteri on vieläpä julkinen.

8.3 Mikkelin ja Espoon tulosten vertailua

Espoon alueella toteutettiin vastaava kylmäaineita ja kylmälaitteiden huollon tilaa kartoittava projekti vuonna 2012. Tuolloin kohteita tarkastettiin 63 kpl. Tuloksia vertailtaessa on otettava huomioon, että Mikkeli ja Espoo ovat hyvin erikokoisia ja erityyppisiä kaupunkeja.

Mikkelin ja Espoon tulokset eivät huollon ja havaittujen puutteiden määrän osalta ole välttämättä keskenään täysin vertailukelpoisia. Yksi erityisesti havaittujen puutteiden määrään vaikuttava tekijä on kylmäainetarkastukset tehnyt tarkastaja. Eri tarkastajat suhtautuvat todennäköisesti hieman eri tavoin tarkastuksilla havaittuihin puutteisiin. Toinen tarkastaja saattaa kirjata ylös kaikista pienimmätkin puutteet, vaikka asia selviäisi jo tarkastuskäynnillä, kun taas toinen tarkastaja saattaa pyrkiä selvittämään asiat tarkastuskohteessa ja sopia asian suullisesti. Kylmäaineiden laadut ja määrät ovat kuitenkin täysin vertailukelpoisia.

Espoossa havaittiin huomattavasti enemmän eri kylmäainelaatuja, yhteensä 18 eri laatua, Mikkeliissä vastaava luku oli 7. Mielenkiintoista on, että havaittujen ainemäärien perusteella kylmäaineet voidaan järjestellä täsmälleen samaan järjestykseen Mikkelin ja Espoon välillä. Eniten käytettyjen kylmäaineiden järjestys on siis sama kuin taulukossa 3. on esitetty, pois lukien ammoniakki. Ylivoimaisesti yleisimpänä kylmäaineenä Espoossakin on R-404A. Kuten Mikkeliissä, myös Espoossa oli selvästi eniten käytössä HFC-kylmäaineita. Espoossa löydettiin myös CFC-yhdisteitä, tosin vain 123 kiloa. CFC-yhdisteitä oli tutkimuskeskuksissa ja laboratorioissa, joita ei Mikkeliissä tarkastettu. Kylmäainetilanne Mikkeliissä ja Espoossa on siis varsin samankaltainen.

Espoossa erilaisia puutteita laitteiden huollossa havaittiin 34 kohteessa eli yli 50 prosentissa kohteista. Mikkeliissä puutteita oli vain noin joka neljännessä kohteessa. Molemmissa kaupungeissa huoltotarran puuttuminen oli yleisin puute ja huoltopäiväkirjan puuttuminen toiseksi yleisin puute. Muiden puutteiden pohjalta samansuuntaisia johtopäätöksiä ei voi tehdä. Espoossa oli jopa tapauksia, joissa huollon tekijä ei ole Tukesin rekisterissä. Espoossa myös kylmäaineen määrän puuttuminen oli yleinen puute, joka Mikkeliissä havaittiin vain kahdessa kohteessa, Espoossa 18 kohteessa. Espoossa kylmäaineen laatuakaan ei ollut merkitty kahdeksassa kohteessa, kun taas Mikkeliissä kylmäaineen laatu oli merkitty kaikissa kohteissa.

Mikkelin ja Espoon välillä voidaan tehdä johtopäätös, että molemmissa kaupungeissa käytetään samoja kylmäaineita ja samoissa suhteissa. Huollon tila vaikuttaa Espoossa huomattavasti huonommalta kuin Mikkelissä. Tosin tässä on huomioitava myös tarkastajan rooli.

8.4 Kehitysehdotuksia

Vaikka tämä kylmäaineprojekti antoi varsin hyvän kuvan kylmäaineista ja huollon tilanteesta Mikkelissä, voisi projektia edelleen kehittää. Ainoa tapa saada Mikkelin tilanteesta vielä kattavampi kuva olisi tarkastaa suurempi määrä kohteita ja valita kohteet vielä monipuolisemmin. Parhaassa tapauksessa tarkastettaisiin kaikki Mikkelin kylmälaitteet, jotka ylittävät vaaditun kolmen kilon kylmäainerajan. Käytännössä kaikkien laitteiden tarkastaminen olisi hyvin vaikeaa ja aikaa vievää. Voisi olla myös järkevää toteuttaa vastaava projekti Mikkelin Seudun Ympäristöpalveluiden koko toimialueella pelkän Mikkelin sijaan.

Valtakunnallisen tilanteen kartoittamiseksi vastaavia projekteja voitaisiin toteuttaa koko Suomen alueella eri kaupungeissa ja ympäristötoimissa. Tällöin eri kaupunkeja vertailemalla saataisiin varsin kattavaa tietoa koko suomen kylmäainetilanteesta sekä huollon tilanteesta. Tosin ensin pitäisi saada yhteenvedot käytössä olevista kylmäaineista ja huollon tilanteesta eri kaupungeista ympäri Suomea, jonka jälkeen kaupunkeja vertailtaisiin keskenään ja saataisiin yleiskuva koko Suomen tilanteesta.

9 YHTEENVETO

Mikkelin kylmäaineprojektin avulla saatiin tärkeää tietoa käytössä olevista kylmäaineista ja kylmälaitteiden huollon tilasta. Kartoituksen avulla saatiin selville, että Mikkelissä on pääasiassa käytössä HFC-yhdisteitä, jotka ovat HCFC-yhdisteitä haitattomampia. Huollon tilasta jäi positiivinen vaikutelma ja tarkastuksiin suhtautuminen oli hyvin ystävällistä. Jopa tämän projektin perusteella voidaan todeta, että kylmälalalla lainsäädännön kiristyminen ja kansainväliset sopimukset ovat olleet ympäristön kannalta erittäin toimivia ratkaisuja.

Tällä hetkellä ja tulevaisuudessa trendinä näyttäisi kylmäaineissa ja kylmälaitteiden huollossa olevan kiristynvä lainsäädäntö ja tämän kautta entistä ympäristöystävällisempiin ratkaisuihin pyrkiminen. Ympäristöystävällisyyttä voidaan toteuttaa haitattomampiin kylmäaineisiin - kuten luonnollisiin kylmäaineisiin - siirtymällä. Lainsäädäntöä kiristämällä kyetään valvomaan entistä tarkemmin laitteiden huoltoa ja tätä kautta minimoimaan ympäristölle ja ilmakehälle aiheutuva haitta. Kiristämällä lainsäädäntöä vähän kerrallaan voidaan kylmäaineissa siirtyä pikkuhiljaa ympäristöystävällisiin vaihtoehtoihin kuitenkin vaikeuttamatta kylmäalan yrittäjien ja toimijoiden toimintaa liikaa. Erinomaisia esimerkkejä onnistuneista kansainvälisistä ympäristösopimuksista ovat Kioton ja Montrealin pöytäkirjat.

Vaikka lainsäädännön kiristymisellä on tähän asti ollut erittäin positiivisia vaikutuksia, liian nopea kiristyminen tulevaisuudessa aiheuttaisi todennäköisesti vain paljon ongelmia eikä tämä olisi kenenkään kannalta järkevää. Vaikka ympäristöasioita onneksi painotetaan nykyään aina vaan enemmän ja enemmän, on kuitenkin kylmäalan ollessa kyseessä otettava huomioon myös kylmätekniikka ja sen aiheuttamat esteet. Uudet kylmäaineet eivät välttämättä sovi yhteen vanhan kylmälaitteen tai sen osien kanssa. Itse kylmätekniikkaakin on siis tulevaisuudessa kehitettävä jatkuvasti. Tekniikan kehittämiseen tietysti vaikuttaa ympäristönsuojelun lisäksi kylmälalalla liikkuva raha sekä yleinen halukkuus. Lainsäädäntöä olisi järkevintä kehittää yhdessä lainsäätäjien, ympäristöasiantuntijoiden sekä kylmäalan toimijoiden kanssa. Jonkinlaisia kompromisseja varmasti joudutaan tekemään ja on varmaan jo tehtykin. Isojen rahojen ollessa kyseessä ympäristöystävällisyys ei ole ainut ratkaiseva tekijä vaan myös eri tahojen intressit vaikuttavat asiaan.

LÄHTEET

Aittomäki, Antero 1996. Kylmäteknikka. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 842/2006 tietyistä fluoratuista kasvihuonekaasuista. WWW-dokumentti. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006R0842:FI:HTML>. Ei päivitystietoja. Luettu 15.1.2014.

Euroopan unioni. Kioton pöytäkirja ilmastonmuutoksesta. WWW-dokumentti. http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/128060_fi.htm. Päivitetty 4.4.2011. Luettu 20.1.2014.

Finel, Nufar, Ottelin, Juudit, Reinikainen, Tapio. Valvontaohje otsonikerrosta heikentäviä aineita tai fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huoltoa valvoville viranomaisille. Suomen ympäristökeskus 2012.

Ilmatieteen laitos 2005. Ilmastokatsaus tammikuu 2005. PDF-dokumentti: http://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=d96c5b10-95b6-42cd-a021-84da10a2d981&groupId=30106. Ei päivitystietoja. Luettu 28.1.2014.

Karttunen, Hannu, Koistinen, Jarmo, Manner, Olli, Saltikoff, Elena 2008. Ilmakehä, sää ja ilmasto. Tähtitieteellinen yhdistys Ursa. Ursan julkaisuja 107. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Laukkanen, Timo 2005. Ilmansuojelun perusteet. Oppikirja ilman pilaantumisesta ja sen ehkäisemisestä. Mikkeli: Savilahden Kirjapaino Ky.

Los Alamos National Laboratory. Periodic Table of Elements. WWW-dokumentti. <http://periodic.lanl.gov/index.shtml>. Ei päivitystietoja. Luettu 21.2.2014.

Lyytimäki, Jari, Hakala, Harri 2008. Ympäristön tila ja suojele Suomessa. Gaudeamus Helsinki University Press.

Montrealin pöytäkirja otsonikerrosta heikentävistä aineista 66/1988. WWW-dokumentti. http://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1988/19880066/19880066_2#id2182596. Ei päivitystietoja. Luettu 17.1.2014.

Pukkila, Olavi. Säteilyturvakeskus. Säteily- ja ydinturvallisuus 3. Karisto Oy:n kirjapaino, Hämeenlinna 2004. PDF-dokumentti. http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja3/_files/12222632510021001/default/kirja3_1.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 27.1.2014.

Suomen Kylmäliikkeiden Liitto ry 2002. Käytännön kylmäteknikkaa. PDF-dokumentti. <http://www.skll.fi/yhdistys/www/att.php?type=2&id=12>. Ei päivitystietoja. Luettu 5.2.2014.

Suomen Kylmäliikkeiden Liitto ry 2008a. Yleistä kylmäaineista ja niiden rajoituksista. PDF-dokumentti. <http://www.skll.fi/www/att.php?type=2&id=195>. Ei päivitystietoja. Luettu 7.2.2014.

Suomen Kylmäliikkeiden liitto ry 2008b. Luonnolliset kylmäaineet – uusi askel ilmakehänsuojelussa kylmälalalla. PDF-dokumentti.
<http://www.skll.fi/www/att.php?type=2&id=193>. Ei päivitystietoja. Luettu 10.2.2014.

Suomen ympäristökeskus 2013a. Otsonikerrosta heikentäviä aineita koskevat rajoitukset. WWW-dokumentti. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Otsonikerroksen_suojelu/Otsonikerrosta_heikentavia_aineita_koskevat_rajoitukset. Päivitetty 11.9.2013. Luettu 15.1.2014

Suomen ympäristökeskus 2013b. HCFC-yhdisteet, ohjeita kiinteistön omistajalle. WWW-dokumentti. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Otsonikerroksen_suojelu/Otsonikerrosta_heikentavia_aineita_koskevat_rajoitukset/HCFCyhdisteet_ohjeita_kiinteistojen_omistajille. Päivitetty 18.12.2013. Luettu 15.1.2014.

Suomen ympäristökeskus 2013c. Pätevyysvaatimukset otsonikerrosta heikentäviä aineita ja fluorihilivetyjä käsittelevälle henkilöstölle. WWW-dokumentti. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_ja_luvat/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Patevyysvaatimukset_otsonikerrosta_heikentavia_aineita_ja_fluorihilivetyja_kasittelevalle_henkilostolle. Päivitetty 23.12.2013. Luettu 16.1.2014.

Suomen ympäristökeskus 2013d. Fluoratut kasvihuonekaasut. WWW-dokumentti. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Kasvihuonekaasupaastojen_raportointi_ja_seuranta/Kasvihuonekaasupaastojen_seuranta_Suomessa/Fluoratut_kasvihuonekaasut. Päivitetty 18.12.2013. Luettu 12.2.2014.

Tilastokeskus. Sanasto. WWW-dokumentti. http://tilastokeskus.fi/tup/khkinv/khkaasut_sanasto.html. Ei päivitystietoja. Luettu 5.2.2014.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 1999. Luettelo yleisimmistä palavista nesteistä. TUKES-julkaisu. PDF-dokumentti. http://www.tukes.fi/tiedostot/julkaisut/7_99.pdf. Ei päivitystietoja. Luettu 5.2.2014.

Työterveyslaitos. OVA-ohje: Ammoniakki. WWW-dokumentti. <http://www.ttl.fi/ova/ammoni.html>. Päivitetty 28.8.2013. Luettu 13.4.2014.

Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120179>. Ei päivitystietoja. Luettu 4.2.2014.

Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 452/2009. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090452#Pid2161724>. Ei päivitystietoja. Luettu 16.1.2014.

Ympäristöministeriö 2013a. F-kaasujen sääntelystä tänään sopu EU:ssa. WWW-dokumentti. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Fkaasujen_saantelysta_tanaan_sopu_EUssa%2827800%29. Päivitetty 18.12.2013. Luettu 15.1.2014.

Ympäristöministeriö 2013b. Kioton pöytäkirja. WWW-dokumentti.

<http://www.ymp.fi/fi->

[FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Kansainvaliset_ilma](http://www.ymp.fi/fi-)
[stoneuvottelut/Kioton_poytakirja](http://www.ymp.fi/fi-). Päivitetty 25.6.2013. Luettu 20.1.2014.

Ympäristönsuojelulaki 86/2000. WWW-dokumentti.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000086#L3P22>. Ei päivitystietoja. Luettu 14.1.2014.

Joidenkin kasvihuonekaasujen ominaisuuksia

TAULUKKO 1. Joidenkin kasvihuonekaasujen keskimääräiset pitoisuudet ilmakehässä, elinikä ja ominaislämmitysvaikutus (Karttunen ym. 2008, 98).

Yhdiste	Kemiallinen kaava	Pitoisuus	Elinikä vuosina	GWP
vesihöyry	H ₂ O	0,2 %	0,03	
hiilidioksidi	CO ₂	377 ppm	5 – 200	1
metaani	CH ₄	1790 ppb	12	23
dityppioksidi	N ₂ O	319 ppb	114	296
troposfäärin otsoni	O ₃	34 ppb	0,001	
CFC-11	CCl ₃ F	253 ppt	45	4 600
CFC-12	CCl ₂ F ₂	544 ppt	10	10 600
PFC	C ₂ F ₆	3 ppt	10 000	11 900
HFC-23	CHF ₃	14 ppt	260	12 000
rikkiheksafluoridi	SF ₆	5,2 ppt	3 200	22 200

Joidenkin kylmäaineiden ODP- ja GWP-luvut

TAULUKKO 2. Joidenkin kylmäaineiden ODP- ja GWP-luvut (Finel ym. 2012, 33).

Aine	R-koodi	ODP	GWP
CFC-yhdisteitä			
	R-11 (CCl ₃ F)	1	4 750
	R-12 (CCl ₂ F ₂)	1	10 900
	R-500	0,738	8 077
	R-502	0,250	4 657
	R-503	0,599	14 560
HCFC-yhdisteitä			
	R-22 (CHClF ₂)	0,05	1 810
	R-401A	0,03	1 183
	R-401B	0,04	1 288
	R-402A	0,02	2 600
	R-402B	0,03	2 416
	R-403A	0,04	3 124
	R-403B	0,03	4 458
	R-408A	0,02	3 152
	R-409A	0,05	1 584
	R-409B	0,05	1 560
HFC-yhdisteitä			
	R-134A (C ₂ H ₂ F ₄)	0	1 430
	R-404A	0	3 922
	R-407A	0	2 107
	R-407B	0	2 804
	R-407C	0	1 774
	R-410A	0	2 087
	R-410B	0	2 229
	R-507	0	3 985
Rikkiheksafluoridi	SF ₆		22 800
Halonit			
	Haloni-1301 (CBrF ₃)		
	Haloni-1211 (CBrClF ₂)		

Joidenkin kylmäaineiden ODP- ja GWP-luvut

	Haloni-2402 (CBrF ₂ CBrF ₂)		
Luonnollisia kylmäaineita			
Butaani	R-600		
Isobutaani	R-600A		
Propaani	R-290		
Propeeni	R-1270		
Ammoniakki	R-717		
Hiilidioksidi	R-744		1

Mikkelin kylmäaineprojektin saatekirje

MIKKELIN KAUPUNKI
Ympäristönsuojelu



27.3.2014

KYLMÄAINEIDEN KÄYTÖN KARTOITUS JA VALVONTA MIKKELISSÄ

Mikkelin Seudun Ympäristöpalveluiden edustaja tarkastaa kevään 2014 aikana Mikkelissä sijaitsevia kiinteistöjä ja yrityksiä, joissa käytetään otsonikatoa aiheuttavia ja kasvihuoneilmiötä voimistavia kylmäaineita.

Valtioneuvoston asetus 452/2009 otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta sisältää mm. pätevyysvaatimuksia laitteiden huoltajille ja asentajille sekä velvoitteita laitteiden omistajille tai haltijoille. Laitteille on tehtävä säännöllisesti vuototarkastuksia ja pidettävä huoltopäiväkirjaa. Lakisäädösten tarkoituksena on taata, ettei otsonikerrosta tuhoavia aineita tai voimakkaita kasvihuonekaasuja pääse vuotamaan ilmakehään. Pätevyysvaatimukset ennaltaehkäisevät laitteiden väärän käsittelyn aiheuttamia vuotoja ja laitteiden säännölliset tarkastukset laitteiden rikkoutumisesta, vanhenemisesta ja muista syistä johtuvia vuotoja. Kylmäainevajaus lisää myös laitteiston kulumista ja energiankulutusta.

Tarkastuksella käydään läpi laitteen sisältämä kylmäaine ja sen määrä (huoltotarrasta ja huoltopäiväkirjasta). Valvottavista laitteista tulisi löytyä tiedot laitteen sisältämän kylmäaineen laadusta ja määrästä. Lisäksi laitteen kyljessä tulisi olla huoltotarra, mistä näkyy, milloin laite on viimeksi tarkastettu.

Tarkastuksella esitetään seuraavat kysymykset:

- Minkälaisia jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteita teillä on?
- Näyttäisittekö laitteiden kompressorit?
- Milloin laite on viimeksi tarkastettu? Kuka suoritti tarkastuksen?
- Näyttäisittekö laitteen huoltopäiväkirjan?

Tarkastusaika tullaan sopimaan jokaisen kohteen kanssa erikseen. Tarkastus kestää kohteesta riippuen noin 0,5 – 1 h. Olisi hyvä, että laitteiden huoltopäiväkirjat ja laitteesta vastaavan huoltajan tiedot olisivat valmiina jo ennen tarkastuskäyntiä.

Lisätietoja asiasta antaa:

Mikkelin seudun ympäristöpalvelut

AMK-insinööriopiskelija Antti Laihonen, p. 044 794 5578

ympäristötarkastaja Marita Savo, p. 044 794 4702

Valvontatarkastuskäynnin lomake – osa 1

Valtioneuvoston asetuksen 452/2009 valvontatarkastuskäynnin lomake – osa 1

Otsonikerrosta heikentäviä aineita tai F-kaasuja sisältävien kiinteästi asennettujen jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteiden sekä sammutuslaitteistojen huollon valvonta

Tarkastajan ja valvontayksikön yhteystiedot

Tarkastuspäivämäärä: __/__/____

Tarkastaja:	Valvontayksikkö:
Sähköposti:	Sähköposti:
Puhelinnumero:	Puhelinnumero:

Tarkastuskohde

Yritys / organisaatio:	
Yhteyshenkilö:	Katuosoite:
Puhelinnumero ja sähköposti:	Postinumero ja postitoimipaikka:

Valvottava laite		Kylmäaine		Määrä (kg)	Huoltoyritys		Tukesin ² rekisterissä	
							On	Ei
Huoltotarra		Huoltopäiväkirja täytetty		Tarkastusväli (kk) ¹	Vuodonilmaisujärj.		Muuta huomioitavaa	
On	Ei	On	Ei		On	Ei		

Valvottava laite		Kylmäaine		Määrä (kg)	Huoltoyritys		Tukesin ² rekisterissä	
							On	Ei
Huoltotarra		Huoltopäiväkirja täytetty		Tarkastusväli (kk) ¹	Vuodonilmaisujärj.		Muuta huomioitavaa	
On	Ei	On	Ei		On	Ei		

Valvottava laite		Kylmäaine		Määrä (kg)	Huoltoyritys		Tukesin ² rekisterissä	
							On	Ei
Huoltotarra		Huoltopäiväkirja täytetty		Tarkastusväli (kk) ¹	Vuodonilmaisujärj.		Muuta huomioitavaa	
On	Ei	On	Ei		On	Ei		

Valvontatarkastuskäynnin lomake – osa 1

Valtioneuvoston asetuksen 452/2009 valvontatarkastuskäynnin lomake

Valvottava laite				Kylmäaine	Määrä (kg)	Huoltoyritys	Tukesin ² rekisterissä	
							On	Ei
Huoltotarra		Huoltopäiväkirja täytetty		Tarkastusväli (kk) ¹	Vuodonilmaisujärj.		Muuta huomioitavaa	
On	Ei	On	Ei		On	Ei		

Valvottava laite				Kylmäaine	Määrä (kg)	Huoltoyritys	Tukesin ² rekisterissä	
							On	Ei
Huoltotarra		Huoltopäiväkirja täytetty		Tarkastusväli (kk) ¹	Vuodonilmaisujärj.		Muuta huomioitavaa	
On	Ei	On	Ei		On	Ei		

Valvottava laite				Kylmäaine	Määrä (kg)	Huoltoyritys	Tukesin ² rekisterissä	
							On	Ei
Huoltotarra		Huoltopäiväkirja täytetty		Tarkastusväli (kk) ¹	Vuodonilmaisujärj.		Muuta huomioitavaa	
On	Ei	On	Ei		On	Ei		

Kiinteistöt	Kyllä	Ei
Ilmastointijärjestelmän kylmälaitteiden lakisääteinen (489/2007) energiatehokkuustarkastus tehty (väh. 12 kW laitteet, tarkastus 5 vuoden välein)		
Lisätietoja:		

 Tarkastuksessa ei havaittu puutteita.

 Tarkastuksessa havaittu puutteita. Täytettävä valvontatarkastuskäynnin lomake osa 2.

Kopio lomakkeesta toimitettu tarkastuskohteen yhdyshenkilölle pvm: _____.____._____

¹Valtioneuvoston asetuksen 452/2009 mukaiset tarkastusvälit

Kylmäaineen määrä	Tarkastusväli	Tarkastusväli, jos käytössä on vuodonilmaisujärjestelmä
≥ 3 kg (hermeettinen > 6 kg)	12 kk	12 kk
≥ 30 kg	6 kk	12 kk
≥ 300 kg	3 kk	6 kk

 Laitteiden täyttömäärien rajat ovat kylmäpiirikohtaisia. VNA. 452/2009 ei koske luonnollisia kylmäaineita (esim. CO₂, ammoniaki, hiilivedyt)

²Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) kylmäalan rekisterit

<http://www.tukes.fi/fi/Rekisterit/kylmalaitteet-rekisterit/>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, PL 66 (Opastinsilta 12 B), 00521 HELSINKI. Puh. vaihde: 010 6052 000 www.tukes.fi

Valvontatarkastuskäynnin lomake – osa 2

Valtioneuvoston asetuksen 452/2009 valvontatarkastuskäynnin lomake – osa 2

Otsonikerrosta heikentäviä aineita tai F-kaasuja sisältävien kiinteästi asennettujen jäädytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteiden sekä sammutuslaitteistojen huollon valvonta

Valvontatarkastuskäynnillä havaitut puutteet ja toimintaohje toiminnanharjoittajalle

1. Laitetta ei ole tarkastettu

Laitte tarkistutettava pätevällä henkilöllä määräpäivään _____.mennessä

Laitteen haltijan tai omistajan on huolehdittava siitä, että laite tarkastetaan asetuksen mukaisin määrävälein. Tarkastuksen tai huollon suorittavalla henkilöllä tai toiminnanharjoittajalla on oltava Tukesin myöntämä todistus pätevyydestä. Laitteen yhteydessä tulee olla ilmoitus (esim. tarra) siitä, milloin laite on viimeksi tarkastettu.

2. Tarkastuksen tai huollon suorittaja ollut epäpätevä

Laitte tarkistutettava pätevällä henkilöllä määräpäivään _____.mennessä

Laitteen haltijan tai omistajan on huolehdittava siitä, että laite tarkastetaan asetuksen mukaisin määrävälein. Tarkastuksen tai huollon suorittavalla henkilöllä tai toiminnanharjoittajalla on oltava Tukesin myöntämä todistus pätevyydestä. Laitteen yhteydessä tulee olla ilmoitus (esim. tarra) siitä, milloin laite on viimeksi tarkastettu.

3. Merkintä kylmäaineen laadusta ja määrästä puuttuu

Laitteeseen tai sen lähetyville merkittävä laitteen sisältämän kylmäaineen määrä ja laatu _____.mennessä.

4. Huoltopäiväkirja puuttuu tai on puutteellinen

Huoltopäiväkirja saatettava kuntoon määräpäivään _____.mennessä.

Huoltopäiväkirjasta on käytävä ilmi laitteen sisältämän aineen määrä ja tyyppi, lisätyn aineen määrä, talteen otetun aineen määrä, viimeisin huoltopäivämäärä, tehty toimenpide, tarkastuksen suorittaneen toiminnanharjoittajan nimi ja huoltajan allekirjoitus. Huoltopäiväkirja on pyydettäessä näytettävä valvontaviranomaiselle.

5. Muu puute, mikä? _____

Toimintaohje: _____

_____ Määräpäivä: _____

(jatka tarvittaessa lomakkeen kääntöpuolelle)

Ilmoitettu otsoni- ja F-kaasusetusten toimivaltaiselle viranomaiselle (pvm. _____.), että

huoltoyritys tai laitetta huoltava henkilö: _____ ei löydy Tukesin rekisteristä.

Lomakkeesta toimitettu kopio:

Tarkastuskohteen yhteyshenkilölle

Kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle: _____ / ELY-keskukselle: _____

Tarkastajan allekirjoitus _____

Päivämäärä: _____.mennessä

Valvonta perustuu Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseen (EY) N:o 1005/2009 otsonikerrosta heikentävistä aineista (otsoniasetus), asetukseen (EY) N:o 842/2006 tietyistä fluoratuista kasvihuonekaasuista (F-kaasusetus) sekä Valtioneuvoston asetukseen 452/2009 otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta