



## **HCFC-de alternatiivid külmamajanduses**

**Tallinn 2009**

Käesoleva brošüüri HCFC-de alternatiividest koostas Eesti Keskkonnauuringute Keskus.

**Tänuõnad**

Soovime tänada Eesti Külmaliiitu, kes oli suureks abiks materjali toimetamisel.

## Sisukord

Sisukord .....	3
Eessõna.....	5
1. HCFC-d ja nende kasutusala.....	6
2. Õiguslik raamistik.....	8
3. HCFC-de kasutamine maailmas ja Eestis .....	9
4. Lühülevaade alternatiividest .....	11
HFC-d (fluorosüsivesinikud) .....	11
Süsihappegaas CO <sub>2</sub> .....	12
Propaan.....	12
Ammooniaak.....	13
HC-d (süsivesinikud) .....	13
Madala kliimasoojenemise potentsiaaliga FC-d (fluorosüsivesinikud) .....	14
5. Alternatiivide kirjeldus sektorite kaupa .....	15
5.1 Väike toidujaemüük.....	15
5.2 Suur toidujaemüük.....	16
5.2.1 Suur toidujaemüük (paralleelsed süsteemid) .....	16
5.2.2 Külmhooned ja -kambrid .....	18
5.3 Külmutustransport.....	19
5.4 Tööstuslik külmutus.....	21
5.5 Väikesed kliimaseadmed.....	23
5.5.1 Kaubanduslikud ja kodumajapidamistes kasutatavad eraldiseisvad kliimaseadmed.....	23
5.5.2 Kompaktkliimaseadmed (aknas paiknevad) .....	23
5.6 Suured kliimaseadmed (jahutid) .....	24
6. Alternatiivsed tehnoloogiad .....	26
6.1 Kaudse jahutusega süsteemid.....	26
6.2 Kaskaadsüsteemid.....	27
6.3 Hajus-süsteemid.....	27
7. HCFC-d ja neid sisaldavad seadmed jäätmetena .....	28
8. HCFC-de käitlemise reeglid alates 1. jaanuarist 2010.....	29
9. HCFC-de taasväärtustamise ja sügavpuhastamise võimalused Eestis .....	30
Lisa 1: HCFC-de alternatiivide tabel kasutusala kaupa .....	32
Lisa 2: HCFC-sid sisaldavad segud .....	34
Lisa 3: HFC-d.....	36
Lisa 4: Enamlevinud HFC-de segud .....	37
Lisa 5: Näiteid külmainete globaalse soojenemise potentsiaalidest (GSP) ning osoonikihi kahandamise potentsiaalidest (OKP) .....	38
Lisa 6: Külmutusagensite omaduste võrdlus .....	39
Lisa 7: Õigusaktide nimestik.....	40
Kasutatud kirjandus.....	41

### ***Lühendid***

OKA-d	osoonikihti kahandavad ained
HCFC-d	klorofluorosüsivesinikud
HFC-d	fluorosüsivesinikud
HC-d	süsivesinikud
OKP	osoonikihi kahandamise potentsiaal
KHG	kasvuhoonegaasid
GSP	globaalse soojenemise potentsiaal
TEAP	Montreali protokollide tehniliste ja majanduslike hinnangute paneel <i>Technology and Economic Assessment Panel</i>
IPCC	Valitsustevahelise kliimamuutuste paneel <i>Intergovernmental Panel for Climate Change</i>
LCCP	Elutsükli mõju kliima soojenemisele <i>Life Cycle Climate Performance</i>
TEWI	Summaarne ekvivalentne soojusmõju <i>Total Equivalent Warming Impact</i>
EPA	USA Keskkonnaagentuur <i>Environmental Protection Agency</i>
DEFRA	Suurbritannia Keskkonna- Toidu- ja Maaelu Agentuur (meie mõistes Keskkonnaministeerium) <i>Department for Environment, Food and Rural Affairs</i>

## Eessõna

2010. aasta 1. jaanuaril jõustub terves Euroopa Liidus tehasepuhtusega HCFC-de kasutamise keeld toodete või seadmete tootmises või hooldes, eelkõige uuestitaitmisel või muudes protsessides. Perioodil 1. jaanuar 2010 - 1. jaanuar 2015 võib seadmete hoolduses kasutada ainult taasväärtustatud (ringlussevõetud) või sügavpuhastatud (taastatud) HCFC-sid. 1. jaanuarist 2015 on igasugune HCFC-de lisamine seadmetesse keelatud.

Sellela lõpeb Euroopa Liidu riikides osoonikihti kahandavate ainete ajajärk külmamajanduses. Arengumaades on kasutuse lõpetamise tähtajaks aasta 2020.

HCFC-sid sisaldavate seadmete kohest mahamonteerimist 2015. a alates küll ei nõuta, kuid kuna ükski süsteem pole päris lekkekindel, muutub nende kasutamine peagi võimatuks ning peab mõtlema kas külmutusagensi väljavahetamisele, süsteemi ümberehitamisele või täiesti uute seadmete muretsemisele.

Käesoleva brošüüri eesmärk on anda teadaolevalt esimene eestikeelne ülevaade erinevatest alternatiivsetest agensitest ja tehnoloogiatest külmamajanduses ning varustada Eesti külma- ja kliimasüsteemide ning soojuspumpadega tegelevad spetsialistid ning HCFC-sid sisaldavate süsteemide omanikud täiendava teabega alternatiivide valikul.

Lõpetuseks soovime öelda, et HCFC-22 asendamiseks külmamajanduses ei ole lihtsat lahendust, vaid kõik otsused tuleb langetada oma konkreetsest süsteemist ja seadmest lähtudes.

Keskkonnaministeerium ja riigi osaühing Eesti Keskkonnauuringute Keskus loodavad, et koostatud brošüür annab ettekujutuse maailmaturul olevatest alternatiividest ning oma otsuse tegemine toimub ulatuslikuma informatsiooni alusel.

Lõpetuseks soovime tänada ka Eesti Külmaliiitu, kes aitas käesolevat kogumikku külmatehniliselt toimetada.

Maailm liigub uute külmutusainete ja –tehnoloogiate etappi.

Edu oma valikute tegemisel!

*Keskkonnaministeerium*

## 1. HCFC-d ja nende kasutusala

### HCFC-d

HCFC-d (klorofluorosüsivesinikud) kuuluvad osoonikihti kahandavate ainete hulka, kuid neil on ka märkimisväärne kliima soojenemist põhjustav efekt – 1500 GSP (võrdluseks - CFC 12 GSP on 8100 ja kasvuhoonegaaside alla kuuluva R 404 GSP on 3300, CO<sub>2</sub> GSP on 1) .

Osoonikihti kahandavad ained sisaldavad kas fluori (F), kloori (Cl) või broomi (Br). Need ained on lenduvad ja väga stabiilsed, mis tähendab seda, et nad jõuavad stratosfääri, kus asub ka osoonikiht. Neil ainetel on suur osooniaatomite lõhustamise võime, mida arvestatakse osoonikihti kahandamise potentsiaalis (edaspidi OKP).

HCFC-d töötati välja osoonikihile palju ohtlikumate CFC-de esimeseks asendusaineks ja nende tootmine algas 1980.ndatel aastatel.

Kuigi HCFC-d on osoonikihile tunduvalt ohutumad (OKP 0,02 – 0,11) kui CFC-d (OKP 0,6 – 1,0), “aitavad ka nemad kaasa” osoonikihi kahanemisele ja on seetõttu vaheetapil kasutusel üleminekuainena.

Arenenud riikides hakkab see vaheetapp läbi saama.

### HCFC-de kasutus

HCFC-sid kasutatakse üle laia maailma külmutuses, kliimaseadmetes, vahtudes, vähemal määral ka aerosoolides, lahustitena ja tulekustutusvahendina.

Külmutus ja kliimaseadmed HCFC- 22/123 ja segud	külmutus, soojapumbad, kodu-, kaubandus- ja tööstuskülmikud
Tulekustutus HCFC-22/123/124	paiksed ja portatiivsed tulekustutid
Polüureteenvahud HCFC 141b/142b)	autode polsterdus, madratsid ja kingad
Jäigad polüuretaanvahud HCFC- 141b/142 b	soojusisolatsioon, pakkematerjalid
Lahustid HCFC-123/141b/142b/225	kangapesu, peenmehhaaniline töötus, optika töötlemine
Aerosoolid HCFC-22	ravimid ja muud aerosoolid
Steriliseerimisaine HCFCd 124/142b)	meditsiinitehnika puhastus

HCFC-d püsivad olenevalt keemilisest koostisest atmosfääris 1,4 - 19,5 aastat.

HCFC-de kasutus on kõige suurem külma- ja kliimasektoris. Alltoodud joonisel on toodud kõige levinumad HCFC-d, nende keemilised valemid ja osoonikihi kahandamise potentsiaal.

### **Kõige levinumad HCFC-d, nende keemilised valemid ja osoonikihi kahandamise potentsiaal**

HCFC-22	(CHF <sub>2</sub> Cl)	0.055
HCFC-123	(C <sub>2</sub> HF <sub>3</sub> Cl <sub>2</sub> )	0.02
HCFC-124	(C <sub>2</sub> HF <sub>4</sub> Cl)	0.022
HCFC-142b	(CH <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> Cl)	0.065

Allikas: Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus 2037/2000.

Kõige levinum HCFC külmaaine on **HCFC-22** (R-22). Kliimaseadmetes kasutatakse HCFC-22 peamiselt veejahutites, kodukliimaseadmetes ning soojuspumpades.

Külmutussüsteemides on HCFC levinud toiduainete jaekaubanduses ja külmutustranspordis.

**HCFC-123**, mis on teine suhteliselt levinud HCFC, kasutatakse peamiselt veejahutites, kaubanduslikes kliimaseadmetes ja tööstusprotsesside külmutuses.

Paljud külmutusagensid on erinevate HCFC-de ja muude ainete nagu fluorosüsivesinike (HFC-d) ja propaani segud.

Alljärgnevas tabelis on esitatud külmutus- ja kliimaseadmetes kõige levinumad HCFC-de segud ja nende koostised.

### **Levinud HCFC segud külmutus- ja kliimaseadmetes ning nende koostis**

R-401A	53% HCFC-22	13% HFC-152a,	34% HCFC-124
R-401B	61% HCFC-22	28% HCFC 124,	11% HFC -152 a
R-402A	60% HFC-125	2% propaan,	38% HCFC-22
R-409A	60% HCFC-22	25% HCFC-124,	15% HCFC-142b
R-502	48,8% HCFC-22	51.2% CFC-115	

Allikas: Calm, James M. and Glenn C. Hourahan. "Physical, Safety, and Environmental Data for Refrigerants" in HPAC Engineering, August 1999.

Kuna arenenud riikides toimub HCFC-de tootmise ja kasutamise järkjärguline kasutuselt kõrvaldamine, siis toodetakse uusi külma- ja kliimaseadmed alternatiivsete külmutusagensidega või tööks uute ainetega.

## 2. Õiguslik raamistik

2000.a juunis jõustus Euroopa Parlamendi ja nõukogu osoonikihti kahandavate ainete määrus 2037/2000, mis töötati välja eesmärgiga vähendada osoonikihti kahandavate ainete (OKA-de) heidet atmosfääri vastavalt osoonikihti kahandavate ainete Montreali protokolliga.

Selle määrusega reguleeriti OKA-de (k.a. CFC-de, HCFC-de, haloonide jne) tootmist, importi, eksporti, turustamist, kasutamist, kogumist, taasväärtustamist, sügavpuhastamist ja hävitamist. Eesti suhtes jõustus määrus kohe pärast liitumist Euroopa Liiduga 1. maist 2004.a.

1. jaanuarist 2001 jõustub ülal nimetatud määruse uuesti sõnastatud variant- Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse nr 1005/2009 osoonikihti kahandavate ainete kohta ning 2037/2000 kaotab kehtivuse. HCFC-de tootmise ja kasutamiselt kõrvaldamise tähtajad on mõlemas määrukses samad, kuid uues määrukses täpsustatud HCFC-de kasutamise nõudeid.

Euroopa Liidu HCFC-de kasutuselt kõrvaldamise graafik on esitatud järgnevas tabelites.

### HCFC-de tootmise vähendamine ja lõpetamine

1. jaanuar 2001	HCFC-de tootmise vähendamine baasaasta 1997 tasemele
1. jaanuar 2009	HCFC-de tootmise vähendamine 65% võrra 1997.a tasemest
1. jaanuar 2015	HCFC-de tootmise vähendamine 80% võrra 1997.a tasemest
1. jaanuar 2021	HCFC-de tootmise vähendamine 85% võrra 1997.a tasemest
1. jaanuar 2026	HCFC-de tootmise vähendamine 100% võrra 1997.a tasemest

### HCFC-de kasutamise vähendamine ja lõpetamine

1. jaanuar 2001	HCFC-sid sisaldavate uute seadmete kasutamise keeld
1. jaanuar 2004	Kõigi pärast 31. detsembrit 2003 valmistatud HCFC-sid sisaldavate toodete kasutamise keeld
1. jaanuar 2010	Tehasepuhtusega HCFC kasutamise keeld olemasolevate külmutus- ja kliimaseadmete remondis ja hooldusel
1. jaanuar 2015	Taasväärtustatud ja sügavpuhastatud HCFCs kasutamise keeld olemasolevate külmutus- ja kliimaseadmete remondis ja hooldusel

Montreali protokoll artikkel 5 alusel tegutsevates riikides (peamiselt arengumaad), peab HCFC-de kasutamine lõppema aastal 2030.

HCFC-de kasutust reguleerivate õigusaktide nimestik asub lisas nr 7.



### 3. HCFC-de kasutamine maailmas ja Eestis

#### Maailmas

Arenenud riikides moodustavad HCFC-d umbes 60% allesjäänud OKA-dest ja nende osakaal langeb pidevalt. Enamus saavutatud kahanemisest on leidnud aset tänu Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrusele 2037/2000, kus on sätestatud olulised HCFC-de kasutuskeelud.

HCFC-de tootmine ja kasutamine arengumaades (Montreali protokolli art 5 maades) kasvab hoolimata kokkulepitud kasutuselt kõrvaldamise tähtaegadest.

Montreali protokolli Multilateraalse Fondi 2006. aasta aruande hinnangul asub suurem osa art 5 riikide osoonikihti kahandavate ainete "panksid"<sup>1</sup> Lõuna-Aasias, Kagu-Aasias ja Vaikse ookeani regioonis (60%), Lõuna-Ameerikas ja Kariibi mere regioonis (20%), Aafrikas (7%), ülejäänud art 5 riikides (13%).

Saavutamaks edu osoonikihi taastumisel, tuleb HCFC-de häiriva kasvuga tõsiselt tegelda. Selleks tõsteti Montreali protokolli osapoolte otsustega 2007.a Montrealis, Kanadas HCFC-de kasutusaja tähtaega art 5 alusel tegutsevates riikides 10 aastaks ettepoole. Uus tähtaeg on 2030.

#### Eestis

Eestis pole HCFC-de müük Statistikaameti andmeil viimastel aastatel küll kasvanud (kg), kuid on ikkagi märkimisväärselt suur:

Aasta	Müüdud kogus (kg)
2002	27 793
2003	53 748
2004	17 879
2005	33 260
2006	32 515
2007	27 105
2008	21 830

Samas arvestades seda, et uute HCFC seadmete installeerimine on keelatud alates Euroopa Liiduga ühinemisest, näitavad need müüginumbrid leket või siis teatud osas ebaseaduslikku seadmete ehitamist ja varude tekitamist..

HCFC-de "pankade" suurus Eestis on hinnanguliselt 115-120 tonni ringis.

Suurimad teadaolevad HCFC-de süsteemid Eestis sisaldavad kuni 800 kg HCFC-d ning tegemist on toiduainetetööstuse ettevõtetega.

<sup>1</sup> "Pangad" tähendavad olemasolevates seadmetes, vahetudes ja toodetes sisalduvaid ainete kogumahtu, mis pole veel atmosfääri vabanenud, ning samuti keemiliste ainete ladudes sisalduvates ainete kogust

Lekkeid saab suures osas (TEAP<sup>2</sup>-i andmeil ca 50%) vähendada lekkeenetuse ja lekkekontrolliga, mida nõutakse OKA-de puhul 1 kord aastas, uue EL määruse kohaselt, mis jõustub 1. jaanuarist 2010 aga vastavalt ainekogusele 1-kord aastas kuni 1 kord kvartalis.

Kõige levinum külmutusaine on HCFC-22. Külmutusseadmetes kasutatakse seda ainet toidukaubanduses ja transpordi külmutussüsteemides. HCFC-123, teist laialdaselt levinud HCFC, kasutatakse peamiselt kliimasüsteemide tsentrifugaalsetes veejahutites ja tööstusprotsesside jahutuses. Paljud külmaained on erinevate HCFC-de ja muude külmaainete nagu fluorosüsivesinike (HFC) või propaani segud.

Euroopa Parlamendi ja nõukogu osoonikihti kahandavate ainete määrus 2037/2000/EÜ ja selle uuesti sõnastatud variant 1005/2009 keelab tehasepuhtusega HCFC lisamise seadmete hooldamisel ja teenindamisel alates 1. jaanuarist 2010.a ja puhastatud HCFC lisamise 1. jaanuarist 2015.

Seega on meil oodata massilist seadmete ümberehitamist ja –vahetamist. Samuti on eeldada tärkavat nõudlust HCFC puhastamise järele, mida pole seni täheldatud. Puhastamist on võimalik Eestis teha OKA-de riiklikus käitluskeskuses – Suur Sõjamäel, Tallinnas (vt. peatükk 9).

HCFC-de alternatiivideks on HFC-d (Kyoto protokolliga alla kuuluvad kasvuhoonegaasid), ammoniaak, HC-d ja CO<sub>2</sub>, samuti mitmesugused uued tehnoloogiad.

### **Üleminek alternatiividele**

Et saavutada osoonikihile ja kliimale soodsaid muutusi, peavad kõik riigid minema välja igapäevaäri mugavustsoonist, kuid seejuures ei tohi ohvriks tuua turvalisust ja ohutust, mis on f-gaaside esmane eelis.

Alternatiiv peab:

- olema keskkonnasõbralik,
- omama sarnaseid termodünaamilisi ja muid omadusi, et ei tuleks muuta külmutussüsteeme;
- suutma süsteemis koos töötada mineraalsete õlidega, et mitte tekitada probleeme kaubanduskeskuste külmseadmete töös.

Samuti tuleb silmas pidada, et kliimamuutuste minimeerimisel tuleb jälgida kindlasti energia kasutamise efektiivsust, mis ei tohi langeda muutuste sisseviimisega.

Lisaks eelnevale on kuluefektiivse ülemineku jaoks üliolulised ka toodete elutsüklikulud, (sh esmasead ja opereerimiskulud). Ja loomulikult mängib rolli ka külmaagentide haldamise praktikate parendamine. Samuti tuleb analüüsida põhjalikult ka teisi keskkonnamõjusid lisaks osoonile ja kliimamuutusele, nt õhukvaliteet, jäätmete ladustamine jm ((Ivar Soone. Kanadas Montrealis 04.–05. aprillil 2008 toimunud osoonikihti kahandavate ainete kasutuselt eemaldamise rahvusvahelise tehnilise kohtumise kokkuvõte)

---

<sup>2</sup> *Montreali protokolliga tehniliste ja majanduslike hinnangute panel Technology and Economic Assessment Panel e TEAP*

## 4. Lühiülevaade alternatiividest

Peatükk 4 põhineb Suurbritannia Keskkonna-, Toidu- ja Maaelu Agentuuri (DEFRA) juhendmaterjalil “*Guidance on Minimising Greenhouse Gas Emissions from Refrigeration, Air-conditioning and Heat Pump Systems. DEFRA, Information Sheet RAC 7 – Alternatives*”  
<http://www.defra.gov.uk/environment/quality/air/fgas/documents/fgassupport-rac7.pdf>

### HFC-d (fluorosüsivesinikud)

(nt. R 404,a 407c, 134a)

HFC-sid on erinevate külmutusrakenduste puhul kasutatud 1990ndate aastate keskpaigast osoonikihti kahandavate CFC-de ja HCFC-de asendusainetena.

Olemas on ka erinevad HFC-de segud koos HC-dega (näiteks R422D.)

HFC-del on palju väga häid omadusi. HFC-de termodünaamilised omadused on väga laias ulatuses, mis teeb konkreetseteks vajadusteks sobiva külmaine leidmise lihtsaks. Nende gaasidega on võimalik nii väga madala kui ka kõrge temperatuuri saavutamine.

HFC-d pole ei plahvatusohtlikud ega mürgised, seega võib neid kasutada inimeste poolt hõivatud ruumides väljaõppimata inimeste poolt, ilma et keegi viga saaks.

Osad HFC segud sobivad HCFC süsteemide (nt R-22) asendajaks ilma, et süsteeme oleks vaja ümber ehitada. Kui olemasolevad HCFC-de seadmeid on vaja alternatiivse külmaainega edasi kasutada, siis on HFC segud tihti ainukene praktiline võimalus.

HFC-d oleksid tihti sobilikud, kuid neil on märkimisväärne globaalse soojenemise potentsiaal 1300 – 3300 GSP.

Samuti on nende kasutamisel õiguslikud piirangud ja tuleb täita mitmeid reegleid (sertifitseeritud töötajad ja ettevõtjad, ainete tarded ainult sertifitseeritud töötajatele, hoolderaamat, aruanded, ainete käitlemine kehtestatud reegleid) järgides.

Need argumendid tekitavad ajendi veel järgnevate alternatiivide otsimiseks.

HFC-sid tuleks vältida väikestes hermeetiliselt suletud süsteemides, kus HC-d (pentaan, isobutaan) on oma sobivust juba tõestanud. Väikeste süsteemide puhul sobib ka CO<sub>2</sub>.

Väga suurte süsteemide, nagu suured õhukonditsioneerimise veejahutid ja suured tööstuslikud külmutussüsteemid, puhul saab kasutada ammoniaaki, HC-sid või CO<sub>2</sub>.

Uute autode kliimaseadmetes lõpeb HFC-de kasutamine pärast 2011.a

## Süsihappegaas CO<sub>2</sub>

(R744)

Mehhaanilise külmutuse algaastatel oli CO<sub>2</sub> väga levinud külmutusagens. Seda kasutati näiteks külmutuslaevadel ning teada peeti ohutumaks kui teised variandid näiteks ammoniaak. 1950ndate aastate alguseks oli CO<sub>2</sub> suures osas asendatud alternatiividega, eriti CFC-dega.

Viimase 10 aasta jooksul on huvi CO<sub>2</sub> kasutamise vastu külmutuses oluliselt tõusnud. CO<sub>2</sub> näitab väga head kulude alandamise potentsiaali. Ta ei kahanda osoonikihti ning on madala kliimat soojendamise potentsiaaliga. Samuti ei ole see gaas ei toksiline ega kergestisüttiv. Euroopas kasutab transkriitilist CO<sub>2</sub> tsüklit enam kui 100 supermarketit. Seejuures on soojas kliimas R744 efektiivsus kõrgem kui HFC-del, kahanedes seejärel.

CO<sub>2</sub> tugevused on:

1. ülemaailmne lihtne kättesaadavus;
2. kõrge soojusmahtuvus ja soojusvahetuspotentsiaal;
3. soojuspumba olemasolu ka külmade keskkondade tarvis;
4. taaskasutuse ja süsteemist eemaldamise vajaduse puudumine;
5. keskkonnasõbralikkus (OKP=0, GSP=1);
6. mittesüttiv ja mittetoksiline.

Peamine probleem CO<sub>2</sub> kasutuselevõtul on töösurve. Tavalistes suvetingimustes on HFC ja ammoniaagiga töötavate seadmete töösurve 15 bar(g) ringis. Sarnastes tingimustes töötavatel CO<sub>2</sub> seadmetel peab surve olema ligi 10 korda suurem - 120 bar(g).

Samuti on CO<sub>2</sub> süsteemi surverõhk suvel CO<sub>2</sub> kriitilisest rõhust kõrgem. Tsükkel toimib "transkriitilisena" ning soojus utiliseeritakse gaasijahutis, mitte kondensaatoris. Kuigi see pole ületamatu probleem, on see enamusele külmatehnikutele tundmatu maa.

CO<sub>2</sub>-l on mitmeid iseloomulikke jooni, mis teevad ta külmutuses atraktiivseks. Näiteks on külmutustorustike/kontuuri diameeter palju väiksem kui HFC-de ja ammoniaagi puhul ning kompressorid on väiksemad. CO<sub>2</sub>-l on eriti head jääksoojuse kasutamise omadused, mis võimaldab toota kuni 90°C vett.

CO<sub>2</sub> süsteemide puuduseks on esialgu veel komponentide kõrge hind ning vajaliku väljaõppe ja kogemustega külmatehnikute vähesus. Kui aga need süsteemid levima hakkavad, siis on ette näha ka hinna langust.

## Propaan

(R290)

Propaanil on HCFC-22-ga sarnased termodünaamilised omadused. Selle agensi eeliseks on tema kättesaadavus, odavus, head omadused (termodünaamiliselt parim alternatiiv HCFC-22-le, eriti soojades maades), madal GSP (3) ja puuduv OKP (0). Ainus R290 suurem puudus on tema tuleohtlikkus, mistõttu tuleb süsteemi elektriosad modifitseerida, ümber paigutada või isoleerida. Suuremates süsteemides tuleb vahetada ka komponente, vähendada nende mahtu või jagada süsteem osadeks, milledest ükski ei mahuta üle 150 grammi propaani.

## **Ammooniaak**

(NH<sub>3</sub>)

Ammooniaak on tööstuslikus külmutuses olnud laialt levinud enam kui 100 aastat. Tema termodünaamilised omadused sobivad kõige paremini jahutuseks ja külmutuseks temperatuuril kuni -40°C. Peamised kasutusala on toiduainetetööstus ja külmuhood. Samuti on ammooniaak kasutusel väga väikestes absorptsioonkülmikutes, mida kasutatakse hotellitubades ja laevadel.

Ammooniaagil on nullmõju nii osoonile kui ka kliima soojenemisele. Ammooniaak on väga odav, samas kui teised alternatiivid on kordi kallimad (nt: R-134A või R-507). Ammooniaagi kasuks räägib ka see, et tema leket on võimalik kergesti tuvastada – piisab juba alla 10 ppm kontsentratsioonist, kui seda saab juba tuvastada. Samuti lahustub ta hästi vees ning on õhust kergem. Kui ammooniaak lendub, moodustab ta pilve. Aga tegelik ammooniaagi väärtus peitub ammooniaagi efektiivsuses – R-404A on 13% vähem efektiivne kui ammooniaak!

Ammooniaagi puudus ja probleem seisneb selles, et ammooniaaki ei saa kasutada koos vase ja teiste kollaste metallidega ning torude materjalina tuleb kasutada terast või alumiiniumi, mis vähendab soojusvahetust. Samuti vajab ammooniaak erilisi hermeetilisi mootoreid. Lisaks räägitakse ammooniaagi kahjulikkusest – lühiajalise viibimise kontsentratsioon on maksimaalselt 30-50 ppm, kuid hea külg on selles, et inimene tunneb seda juba 5 ppm juures.

Ammooniaagi ohtlikkus seisneb aga tema kergestisüttivuses – juba kontsentratsioonil 16-25% on ta avatud tulekollete puhul õhus ohtlik. Nendel põhjustel on ammooniaagi kasutamine tugevalt reguleeritud, mis teeb tema kasutamise keeruliseks.

Naturaalsete külmaagentide viga on selles, et neil on kõrge riskipotentsiaal. Looduslikud külmaagendid nõuavad kõrgtehnoloogiat ning tehnoloogilise personali väga head väljaõpet. Samas juba täna opereerivad paljud tööstused vaid looduslike külmaagentidega.

## **HC-d (süsivesinikud)**

Isobutaan

Pentaan

Süsivesinikke on kasutatud naftakeemia sektoris külmaainetena pikkade aastate jooksul. 1990ndate aastate lõpust on HC-de kasutus märkimisväärselt kasvanud. Enamus Euroopas toodetud külmikutes töötavad nüüd HC külmaainetega (isobutaan) ning nende isolatsioonivaht on toodetud pentaaniga. Euroopas on enam kui 100 miljonit sellist kodukülmikut.

Peamine takistus HC-de laiemal kasutamisel on nende tuleohtlikkus. See muudab nende kasutamise keeruliseks sellistel juhtumitel, kus leke võiks ohutusrisiki tekitada. Ohutusreeglid lubavad vähem kui 150 g HC-sid kasutada igal pool.

Sellest piirist allapoole langevates kodukülmikutes ja väikestes kaubanduslikes süsteemides nagu müüginasinad ja jaemüügi külmletid, on need gaasid laialt kasutusel.

Suuremates süsteemides saab HC-sid kasutada piiratud kasutuseladel - spetsiaalses masinaruumis või üldse eemal. Sellistes süsteemides peab kasutama ka teist külmutusagensi (nagu jahutatud vesi või glükool), et külmutus toimuks soovitud kohas. Ruum, kus seade paikneb, peab olema varustatud ohutusseadmetega (nt automaatne ventilatsioon), et võimalik leke hajuks. HC-d ei ole väga sobilikud “split” süsteemide puhul, kus paiknev väike kogus HC-sid (nt. kliimaseadmed), kuna lekkeriskiga on keeruline toime tulla.

Enamus väikeseid HC süsteeme kasutavad külmutusagensina isobutaani. Suuremates süsteemides on aga propaan. Väga madalate temperatuuride tarvis kasutatakse samuti selliseid HC-sid nagu metaan, etaan, etüleen ja propüleen.

## **Madala kliimasoojenemise potentsiaaliga FC-d (fluorosüsinikud)**

Kõik külmamajanduses laialtlevinud HFC-d on väga kõrge kliima soojendamise potentsiaaliga 1,300 - 3,300 vahel (võrdluseks CO<sub>2</sub>-l on GSP 1).

Tootjad on juba mitmeid aastaid proovinud välja arendada märksa madalama GSP-ga külmutusagensi kui HFC-d, kuid millel oleksid teised sobivad omadused nagu puuduv tuleohtlikkus ja toksilisus.

2008.a alguses alustasid DuPont ja Honeywell HFO 1234yf väljatöötamisega. Hiljem alustas ka Ineos Fluor madala GSP-ga fluorosüsiniku AC4 väljaarendamisega.

Neil uutel külmutusainetel on HFC 134a-ga sarnased omadused, kuid väga madal GSP (vähem kui 10).

Need ained on suunatud eeskätt autotööstusele, kuid kui nad osutuvad edukaks, siis saab neid tulevikus ka külmamajanduses kasutada.

Mõlemad ained on kergelt tuleohtlikud, kuid see tase on piisav nende sobilikkuseks autode kliimasüsteemides. Toksilisus on samuti olematu.

Need ained ei ole veel kaubanduses kättesaadavad. Samas võivad nad tulevikus muutuda usaldusväärseteks alternatiivideks.

**HCFC-22 asendamiseks ei ole lihtsat lahendust, mis sobiks kõigile süsteemidele, vaid kõik erinevad alternatiivid nõuavad süsteemide teatud kohandusi.**

## 5. Alternatiivide kirjeldus sektorite kaupa

Peatükk 5 põhineb Euroopa Komisjoni poolt tellitud tööil “*Review and Availability of HCFCs and Feasible Alternatives in the EU-27 Beyond 2010*” (ICF International 2008)

### 5.1 Väike toidujaemüük

Olemasolevad alternatiivid väikestes jaemüügipoodides sisaldavad HFC-sid, eriti R-134a (madal- ja keskmise temperatuuriga kasutused) ja R-404A (madalat temperatuuri nõudvate rakenduste jaoks).

Hiljuti on turule ilmunud ka muud HFC-d, mida saab kasutada nt jäämasinate ja eraldiseisvate külmalettide –kastide ja –kappide puhul. Ühe gaasitootja sõnul on R-422A sobilik *drop-in*<sup>3</sup> asendusainena madala temperatuurilistel rakendustel, samas kui R-417A ja R-422D on head keskmist temperatuuri nõudvatel kasutuseladel. Mõnedel juhtudel sobivad R-422A ja R-422D nii keskmise kui madala temperatuuriga kasutuseladel (DuPont, 2006a).

Mõnedel kasutuseladel on ka looduslikud külmaained nagu süsivesinikud (HC-d), ammoniaak ja CO<sub>2</sub> võimalikud. Näiteks on välja töötatud karastusjookide CO<sub>2</sub> põhised müügiautomaadid ja neid kasutatakse terves Euroopas. Paljud joogifirmad ja jäätisetootjad on hindamas ka ammoniaagi, CO<sub>2</sub>, ja süsivesinike kasutamise võimalusi (nt. HC-600a, HC-290 ja HC-1 põhinevad segud)(CIAA/ECSLA/EuroCommerce 2005, IPCC/TEAP 2005).

Siiski pole looduslikel külmaainetel töötavaid seadmeid kõikideks väikesteks kasutusteks veel kuigi hästi välja arendatud.

Looduslike külmaainete kasutamist raskendavad/piiravad mitmed asjaolud nagu ohutusnõuded inimestega hõivatud aladel ja maksumus (IPCC/TEAP 2005, Reisch 2005).

Kättesaadavad ammoniaagi ja süsivesinikega töötavad väikesed seadmed on kallimad kui HFC-seadmed, kusjuures ammoniaagiga töötavad seadmed maksavad 2–3 korda rohkem kui sarnased HFC seadmed. Sarnaselt maksavad ka propanil töötavad seadmed 5–10% rohkem (CIAA/ECSLA/EuroCommerce 2005, Goetzler and Dieckmann 2001).

---

<sup>3</sup> Olemasoleva külmutusagensi vahetamine ilma seadme või süsteemi ümberehitusteta

### **Kokkuvõte alternatiividest väikese toidujaemüügi sektoris**

Väikese toidujaemüügi tarbeks on alternatiivid olemas, kuigi mõnede väikeste rakenduste puhul on sobilikud ainult HFC-d. Veelgi enam, paljusid HFC külmaaineid saab kasutada drop-in lahendusena paljude keskmise ja madala temperatuuriga rakenduste puhul.

Kuigi HFC-d on praegu kõige atraktiivsemad alternatiivid, põhjustab nende kasutamine kasvuhoonegaaside emissioone. Nende kasutus on pikaajalises perspektiivis küsimärgi all, kuna tulevikus võivad EL õigusaktid nende kasutust veelgi piirata.

Looduslikud külmaained nagu süsivesinikud (HC-d) ja CO<sub>2</sub>, on teatud rakendustes “rohelisemad”, kuigi siin mängib rolli maksumus ja ohutus.

Aja jooksul, koos tehnika arenguga ning uute looduslikel külmaainete töötavate süsteemide kommertsialiseerimisega ning ohutusriskide maandamisega, on tõenäoline, et looduslike külmaainete tehniline ja majanduslik sobivus kasvab.

## **5.2 Suur toidujaemüük**

### **5.2.1 Suur toidujaemüük (paralleelsed süsteemid)**

Suurtes toidujaemüügi-ettevõtetes saab kasutada selliseid alternatiive nagu HFC-d: R-134a, R-404A, R-407C, ja R-507A, mida saab kasutada tavalise otseaurustumisega toiduainete külmutuses. R-404A and R-507A on kõige levinumad madala ja keskmise temperatuuri nõudvates süsteemides. R-404A and R-507A on madalatel temperatuuridel efektiivsemad kui R-22, kuid vähemefektiivsemad keskmise temperatuuriga rakendustel (IPCC/TEAP 2005, UNEP 2001).

Lisaks saab tervet rida uusi HFC külmaaineid nagu R-417A, R-422A, ja R-422D kasutada *drop-in* asendusainetena R-22 otseaurustumisseadmetes (madala ja keskmise temperatuuri jaoks) (DuPont 2006a).

Saksa REWE Grupp on edukalt ümber ehitanud oma esimese külmaseadme R-422D (koostisosad: R-125, R-134a, R-600a) peale ja kavatses järgmise 3 aasta jooksul ümber seadistada veel palju süsteeme, et R-22 aastaks 2010 oma supermarketites täiesti välja vahetada (DuPont Press Club 2006).

Ühe gaasitootja sõnul ei nõua R-422D praktiliselt mingit äritegevuse katkestamist ümberehitamise protsessi jooksul, tal on 30% väiksem GSP kui R-404A ja R-507 ning energiaefektiivsus on sarnane või suurem kui R-22-l nagu nähtub ka joonisel 9 (DuPont 2006b).

Erinevate tööstusettevõtete poolt väidetu põhjal võib öelda, et R-404A, R-407C, R-407D, R-417A, R-422A ja R-507A on võimalik kasutada olemasolevate R-22 otseaurustamis-süsteemide ümberehitamiseks, kuid mõnedel juhtudel on ümberehitamise kulud väga suured. (DuPont 2005, Gartland 2005, Spletzer and Rolotti, 2004).

Mitmete tööstuseksperptide põhjal võib öelda, et R-22 seadmete ümbermodifitseerimine



R-407c/R-417a või R-404a/R- 507A võib olla suurusjärgus €15,000 - €75,000 (233 400 – 1 167 000 EEK), sõltuvalt poe suuruselt (Honeywell Genetron Refrigerants 2004, Hill Phoenix 2005a, Hussman 2005).

CO<sub>2</sub> on uutes otseaurustumissüsteemides samuti võimalik. Euroopas katsetatakse mitmeid CO<sub>2</sub>-ga töötavaid süsteeme, nii madala kui keskmise temperatuuri nõudvatel kasutuseladel.

CO<sub>2</sub> otseaurustumissüsteemid maksavad umbes 10%-20% rohkem kui R-404 otseaurustumisega süsteemid (IPCC/TEAP 2005).

Kättesaadavad on ka teatud alternatiivtehnoloogiad, mis vähendaksid külmaainete emissioone (vt peatükk 6, mis kirjeldab alternatiivseid tehnoloogiad).

Näiteks hajus-süsteemides on külmaaine kogus 75% väiksem kui tsentraalsetel otseaurustumissüsteemidel ning leke võib väheneda hinnanguliselt 5%-7% võrra (külmaainet sisaldavate torude lühema pikkuse ja väiksema liitmike arvu tõttu).

Siiski tarvitavad hajus-süsteemid kuni 10% rohkem energiat kui tavapärasel tsentraalsel otseaurustumissüsteemid, mis viib elektri tootmisest tuleneva kõrgema kaudse KHG emissioonini. Mõned hajussüsteemid aga ei tarbi rohkem energiat. Vaatamata nende seadmete käiguhoidmiseks mõnikord vajalikule kõrgemale energiatarbele, toob see tehnoloogia kaasa märkimisväärse seadme elutsüklist tuleneva mõju vähenemise kliima soojenemisele, võrrelduna R-22-l töötavate tsentraalsete otseaurustumis-süsteemidega (IPCC/TEAP 2005).

Lisaks on olemas ka kaudse jahutusega süsteemid, milles saab kasutada HFC-sid või looduslikke külmaaineid (nt CO<sub>2</sub>, ammoniaak või süsivesinikud). Kõik need on elujõulised alternatiivid. Kaudse jahutusega süsteemides saab vähendada ka külmaaine kogust 75% - 85% võrra (võrreldes tavapäraste otseaurustumis-süsteemidega) ning tuua aastane leke umbes 5%-ni (samas kui otseaurustumis-süsteemidel on see kõrgem).

Seega, kui HFC-sid kasutatakse kaudse jahutusega seadmetes primaarse külma-ainena, saab kasvuhoonegaaside emissioone otseaurustumissüsteemidega võrreldes vähendada.

Kui primaarse külmaainena kasutatakse looduslikke külma-aineid, saab otsesid KHG emissioone täielikult vältida. Siiski võivad need süsteemid tarbida kuni 15% enam energiat kui otseaurustumisega süsteemid, mille tulemuseks on suuremad kaudsed KHG emissioonid (IPCC/TEAP 2005).

Mis puudutab hinda, siis viivad täiendavad isolatsiooninõuded suurenenud installeerimiskuludeni, samas kui toksiliste või tuleohtlike primaarkülmaainete puhul lisandub ohutusseadmete kasutamise vajadus (nt. sensorid külmaaine kõrgele kontsentratsioonile kindlaksmääramiseks hõivatud ruumis ning meetmed lekke kõrvaldamiseks), mis võib suurendada investeerimis- ja aastakulusid (Horton and Groll 2001).

IPCC/TEAP 2005.a aruande kohaselt on supermarketite kaudse jahutusega süsteemide ühekordsed kulud järgmiste primaarkülmaainete kasutamisel tavapäraste tsentraalsete otseaurustussüsteemide suhtes järgnevad:

- Ammoniaak: 20% - 30% kallim
- HC: 20% - 30% kallim ja
- HFC: 10% - 25% kallim

Kaskaadsüsteemides saab kasutada:

- HFC/CO<sub>2</sub>,
- ammoniaak/CO<sub>2</sub> või HC/CO<sub>2</sub>, kus CO<sub>2</sub> kasutatakse madalatemperatuurise faasi puhul

HFC/CO<sub>2</sub> kaskaadsüsteemiga saab otsesid kasvuhoonegaaside heiteid vähendada 50% - 90% võrra ja need süsteemid maksavad umbes sama palju kui R-404-ga otseaurustumissüsteemid.

HC-290/CO<sub>2</sub> süsteemil on hinnanguliselt sama energiatarve kui tüüpilisel HFC-ga otseaurustumissüsteemil. Kirjanduses pole piisavalt informatsiooni, et kirjeldada kaskaadsüsteemide KHG emissioonide vähendamise potentsiaali ning energiakasutust (IPCC/TEAP 2005).

Suurte toiduainete jaemügisüsteemide osas on hindamisel veel mitmeid muid tehnoloogiaid (nt Stirlingi tsükkel<sup>4</sup> and termoakustiline külmutus) ja võib olla on need ühel päeval kasutusel ka laias ulatuses (IPCC/TEAP 2005).

#### **Kokkuvõte alternatiividest toiduainete jaekaubandusettevõtete suurtes paralleelsetes süsteemides**

Suurte supermarketite süsteemide puhul on HCFC-de sobivad alternatiivid HFC-d ja looduslikud külmaained.

Kuna HFC külmaained põhjustavad KHG emissioone ja Euroopa Liidus õigusaktid piiravad nende ainete kasutamist, on looduslikud külmaained sellel kasutuselal perspektiivsemad.

Praegu võivad need süsteemid veel olla veel kallimad, kuid tehnoloogia arenedes nende turuosa tõuseb ja hind tõenäoliselt langeb.

### **5.2.2 Külmhooned ja -kambrid**

Külhhoonetes ja -kambrites on peamised alternatiivid ammoniaak ja erinevad HFC-d. Ammoniaak on juba praegu osades liikmesriikides peamine külhhoonetes kasutatav külmaaine, ulatudes 80%-ni süsteemidest.

Rääkides HFC-dest, siis kõige levinumad tüübid on R-404A, R-407C ja R-507A. Arvatakse, et R-410A turuosa tõuseb, kuna selle külmaainega töötavad kompressorid on väiksemad kui teiste külmaainete puhul vajalik on. Teada on ka mõned R-134a-ga töötavad külmhooned, kuid 134a kasutus sel alal on siiski väga väike (IPCC/TEAP 2005).

<sup>4</sup> Stirlingi tsükkel on termodünaamiline tsükkel, mille üheks osaks on Stirlingi mootor. Tsükkel on pööratav.

R-22 keskmise ja madala temperatuuriga toiduainete hoidmisel on teada R-417A, R-422A ja R-422D sobivus nii uute seadmete puhul kui vanade ümberseadistamisel. (DuPont 2006).

Külmhoonetes on R-410A vähem efektiivsem kui R-404A ja R-507A, kuid  $-40^{\circ}\text{C}$  kraadist külma nõudvatel kasutuseladel on see aine sama efektiivne kui ammoniaak.

Kasutuseladel, mis nõuavad temperatuure vahemikus  $-40^{\circ}\text{C}$  kuni  $-51,6^{\circ}\text{C}$ , on R-410A vähemefektiivsem kui ammoniaak. (IPCC/TEAP 2005). Lisaks saab piiratud määral kasutada  $\text{CO}_2$  ja HC otseaurustus- ja kaudse jahutusega süsteeme, kuigi nende otstarbekust pole laialdaselt tõestatud.

$\text{CO}_2$  saab kasutada madalat temperatuuri nõudvatel kasutuseladel, eriti kaskaadsüsteemides, mille sekundaarsüsteemis on kasutusel ammoniaak. Need süsteemid on alles turule jõudmas.

$\text{CO}_2$  süsteemide turuosa külmhoonetes, eriti suurte süsteemide puhul, kasvab pidevalt. Väiksemate süsteemide puhul jääb  $\text{CO}_2$  kasutus ilmselt piiratuks (CIAA/ECSLA/EuroCommerce 2005, IPCC/TEAP 2005).

Tööstusettevõtelt saadud informatsiooni põhjal võib üldistada, et investeerimiskulud ammoniaagi / $\text{CO}_2$  süsteemidesse on umbes 60% kõrgemad kui HCFC süsteemidel, samas kui nende ülalpidamiskulud on ca 25% kõrgemad (ECSLA 2005).

Mis puudutab HC-sid, siis on nendega seotud ohud takistanud turu hõivamist. Siiski arvatakse, et nende gaaside turuosa edaspidi tõuseb, kuna paljud tootjad on juba välja arendanud mitmeid HC tooteid selleks kasutuselaks (CIAA/ECSLA/EuroCommerce 2005, IPCC/TEAP 2005).

#### **Kokkuvõte alternatiividest külmhoonete ja –kambrite puhul**

Külmhoonetes ja -ladudes on elujõulised alternatiivid ammoniaak ja HFC-d, kusjuures R-410A on HFC-dest kõige efektiivsem ning isegi veel efektiivsem kui R-22. Teada on, et mitmeid erinevaid HFC-sid saab samuti kasutada *drop-in*<sup>5</sup> asendusainetena madala- ja keskmise temperatuuriga toiduainete külmladustamise alal.  $\text{CO}_2$  ja HC-d on samuti võimalikud teatud rakendustes, kuid nende kasutamine on olnud siiani piiratud.

### **5.3 Külmutustransport**

Külmutustranspordi sektoris on sobilikud alternatiivid HFC-d (R-134a, R-404A, R-407C, R-410A, R-507A), samuti looduslikud külmaained (IPCC/TEAP 2005). Erinevate alternatiivide valik sõltub kasutuselast ning seda on allpool kirjeldatud.

Kaupade raudtee-, auto- või meretranspordil kasutatavates külmutuskonteinerites saab HCFC-sid asendada R-134a, R-404A ja R-407C-ga.

<sup>5</sup> Otsekohe kasutusele võtmine ilma seadme või süsteemi ümberehitamise vajaduseta

Ajalooliselt oli nende süsteemide leke ca 20% ümber, kuid uued süsteemid on lekkekindlamad. Teine võimalik alternatiiv on CO<sub>2</sub> kompressorisüsteem, kuigi see tehnoloogia on alles väljatöötamisel (IPCC/TEAP 2005).

Külmutuskonteinerites ja kalalaevades (kus toimub kergestirikneva kauba säilitamine), on HCFC-de alternatiivid R-134a, R-404A, R-407C, R-410A, R-507A, ammoniaak ja CO<sub>2</sub>/ammoniaagi kaskaadsüsteemid. HC-d on samuti sobilik variant gaasitankeritel, mis on ehitatud vastavalt plahvatuskindlus-standarditele.

Üldiselt on HCFC-de ja HFC-de sobivaimateks alternatiiviks siiski ammoniaak, mille kasutamine toob aga kaasa väikese kulude suurenemise (IPCC/TEAP 2005). Lisaks on potentsiaalne asendusaine ka R-407D, mida saab kasutada kauba hoiuruumides laevadel (Landon 2000).

Kaubikutele, veoautode või treilerite külmutusseadmetes on R-134a kõige sobilikum alternatiiv.

Sellistel juhtudel, kui on vaja nii külmutust kui üldist jahutust on kasutusel R-404A ja R-410A.

Teised võimalikud alternatiivid on HC-d, vedel CO<sub>2</sub>, ja eutektplaadid. HC/CO<sub>2</sub> kompressorisüsteemid, mida on katsetatud ja juba ka kaubastatud, on samuti uued "tegijad" turul (IPCC/TEAP 2005).

Süsihappegaasi (CO<sub>2</sub>) abil saab temperatuuri langetada neli korda kiiremini kui tavapärase sise põlemismootoril töötava jahutusseadme abil. CO<sub>2</sub> eeliseks on ka selle süsteemi toimimist iseloomustav müra puudumine (AGA kliendileht, suvi 2009).

Poolhaagiste ja jäiga kerega veoautode puhul on andmeid ka R-404A/R-134a segu kasutamisest. Selline ümber-ehitamine maksab 20% enam kui HCFC süsteemide puhul ja tarbib 5% vähem energiat kui HCFC-d.

Kaubikutes on R-404A/R-134a umbes 30% kallim kui HCFC süsteemid ja kulutab umbes sama palju energiat kui HCFC süsteemid (Transfrigoroute International 2005).

Külmutusvagunites on Euroopas peamiselt kasutuses R-134a. Samuti on sobivad R-404A ja R-410A külmutusagensid.

Muud potentsiaalselt võimalikud alternatiivid on: tahke CO<sub>2</sub>, HC/CO<sub>2</sub> kompressorisüsteemid ja paiksete HC või ammoniaagi kombinatsioon vedela CO<sub>2</sub>-ga, püdel jää või eutektplaadid. Tahke CO<sub>2</sub>-ga süsteemid ei ole väga energiaefektiivsed ning nende insenerlahendusi tuleb muuta, et need muutuksid ohutuks alternatiiviks (IPCC/TEAP 2005).

#### **Kokkuvõte alternatiividest külmutustranspordis**

Külmutustranspordis on HCFC-dele sobivad alternatiivid olemas. HCFC-de peamised asendusained kõikides külmutustranspordi sektorites on HFC-d, eriti R-134a ja R-404A, kuigi need alternatiivid viivad kasvuhoonegaaside lekkeni, mis ei ole pikaajalises tulevikus kuigi jätkusuutlik alternatiiv

Kuigi looduslikud külmaained on sobilikud mõnes kasutusvaldkonnas nagu külmutustranspordivahendid, kalalaevad ja külmutusvagunid, on siiski vaja ulatuslikku uurimis- ja arendustööd, et suurendada nende külmainete turuosad nendel kasutuseladel (nt autotranspordi külmutusseadmed, poolhaagised, jäiga kerega veoautod ja kaubikud).

Külmutusvagunite jaoks on olemas terve rida potentsiaalselt sobilikke alternatiive, mis võiksid täiendavate investeeringute puhul muutuda olulisteks “tegitajateks” (nt, tahke CO<sub>2</sub>, HC/CO<sub>2</sub> kompressioonisüsteemid ning paiksete HC või ammoniaagi kombinatsioon vedela CO<sub>2</sub>-ga, püdel jää, või eutektplaadid).

## 5.4 Tööstuslik külmutus

Tööstusprotsesside külmamajanduses sobilikud alternatiivid on ammoniaak ja mitmed erinevad HFC-d — k.a. R-32, R-134a, R-404A, R-410A, R-417A, R-422A, R-422D ja R-507A. R-417A, R-422A ja R-422D, mida on võimalik kasutada *drop-in* asendusainetena madala ja keskmise temperatuuri vajavates toiduainetööstuse rakendustes (DuPont 2006a).

Tööstuslike protsesside puhul on peamiseks alternatiiviks ammoniaak, mis on eriliselt levinud kemikaalide niiskuskontrollis, tööstusprotsesside kliimaseadmetes, ehituskülmutuses, jäähallides ning tuuletunnelites. Ammoniaagisüsteemid on tööstusprotsesside sektoris odavamad ja moodustavad osade Euroopa riikide vastava sektori turust kuni 80% (IPCC/TEAP 2005).

Siiski pole ammoniaaki teatud protsesside puhul alati tehniliselt võimalik kasutada (nt. kondiitritoodete valmistamine) ning tema kasutus on inimestega hõivatud ruumides piiratud (CIAA/ESCLA/EuroCommerce 2005).

Teiste HFC valikute seas on R-134a (kasutatakse tuuletunnelites) optimaalne suurte süsteemide puhul, kus nõutakse kõrgemaid temperatuure, samas kui R-32 sobib paremini madala temperatuuri rakenduste puhul. R-410A on sobilik külmuivatuses ja ehituskülmutuses, kuid sel juhul peavad seadmed olema spetsiaalselt selle gaasi jaoks projekteeritud/ehitatud. R-404A and R-507A on peamised alternatiivid temperatuuridel -50°C kuni -30°C.

R-404A on laialdaselt kasutusel gaaside separeerimisel, kemikaalide niiskuskontrollil, tööstusprotsessides kasutusel oleval kliimaseadmetes, ehituskülmutuses, jäähallides ning tuuletunnelites.

R-507A kasutatakse põhiliselt gaaside separeerimisel, ainete tahkestamisel, kemikaalide niiskuskontrollil, ehituskülmutuses ja tuuletunnelites (IPCC/TEAP 2005).

Teised looduslikud külmaained (CO<sub>2</sub> and HC-d) on samuti võimalikud. CO<sub>2</sub> saab kasutada järgmisel kasutuseladel: külmuivatus (e sublimatsioonkuivatus), gaaside separeerimine, ainete tahkestamine, kemikaalide niiskuskontroll ja jäähallid.

CO<sub>2</sub>-e kasutatakse üha suuremas ulatuses kaskaadsüsteemide madala-temperatuuriga faasi puhul (IPCC/TEAP 2005). Kuigi CO<sub>2</sub> on odavam kui teised külma-ained, siis kui süsteemi

suurust tõstetakse, siis on CO<sub>2</sub>-ga töötavate süsteemide puhul energiatarve kõrgem kui R-22 puhul (CIAA/ECSLA/EuroCommerce 2005, IPCC/TEAP 2005).

HC-sid (R-290 and R-1270) saab kasutada igas temperatuurivahemikus kuni aurustumistemperatuurini kuni -170°C. (IPCC/TEAP 2005) Ka R-236fa, R-245fa ja R-365mfc on potentsiaalselt võimalikud, kuid nende puhul on vajalik veel täiendav uurimis- ja arendustöö kõrgemat temperatuuri nõudvate rakenduste puhul. Siiski nõuavad nende külmaainete füüsilised omadused kõrgeid kondenseerumis-temperatuure ja seetõttu pole tõenäoline, et need gaasid hakkaksid turul suurt rolli mängima (IPCC/TEAP 2005).

Alljärgnevalt on esitatud tööstusprotsessides kasutusel oleva alternatiivsete külmaainete suhteline energiatarve.

R-22	sarnane
R-404A	veidi suurem
R-507A	veidi suurem
R-410A	
Ammoniaak	sarnane
R-422D R-22 (keskmise temp)	sarnane
R-22 (madal temp)	kuni 14% efektiivsem
R-22	suurem
CO <sub>2</sub> R-410A	suurem
Ammoniaak	sarnane
R-290 (propaan) HFC-d	sarnane
R-1270 HFC-d	sarnane

*Informatsioon põhineb IPCC/TEAP-i (2005) ja Du Pont-i (2006) andmel.*

### **Kokkuvõte alternatiividest tööstusprotsessides kasutatavate seadmete puhul**

Tööstusprotsessides kasutatavate seadmete puhul eksisteerib alternatiivide paljusus: ammoniaak, HFC-d (nt R-32, R-134a, R-404A, R-410A, R-417A, R-422A, R-422D, R-507A), CO<sub>2</sub> ja HC-d.

Üldiselt on need alternatiivid energiatarbe osas võrreldavad HCFC-dega. Veelgi enam, mitmed HFC-d sobivad ka seadmete ümberehitamiseks.

Kokkuvõttes võib öelda, et sellel kasutuselal eeldatakse HCFC-de kasutuse sujuvat lõpetamist, kuna alternatiivide valik on lai.

## 5.5 Väikesed kliimaseadmed

### 5.5.1 Kaubanduslikud ja kodumajapidamistes kasutatavad eraldiseisvad kliimaseadmed

Praegusel ajal on ainukesed üksikute kliimaseadmete külmaagensi alternatiiviks HFC-d, eeskätt R-407C ja R-410A (IPCC/TEAP 2005, Calm and Domanski 2004).

Väidetavalt töötab R-410A efektiivsemalt kui R-407C (Carrier 2006). Vastavalt ühe gaasitootja andmetele saab ka R-417A ja R-422D kasutada nii uutes kui olemasolevates üksikutes kliimaseadmetes (Du Pont 2006).

CO<sub>2</sub> ja HC-d (nt propaan) võivad samuti olla kasutuskõlblikud, kuid ohutuse tõstmiseks on siiski vaja veel ulatuslikku uurimis- ja arendustegevust (CIAA/ECSLA/EuroCommerce2005, IPCC/TEAP 2005).

Eeldatakse, et CO<sub>2</sub> agregaaditud kliimaseadmete maksumus saab olema oluliselt suurem kui tavapärase süsteemide puhul (kuni 30% kallimad kui R-22 süsteemid), kuna on vaja sisse viia muudatused vajaliku ohutustaseme tagamiseks (ADL 2002, IPCC/TEAP 2005, Sand et al. 1997).

Põhinedes teoreetilistele arvutustele, võib CO<sub>2</sub> kasutus üksikutes kliimaseadmetes põhjustada väikest LCCP<sup>6</sup> langust võrreldes R-407C ja R-410A (IPCC/TEAP 2005).

HC süsteemide puhul kehtib aga piirang, et enam kui 0,15 kg külmainet sisaldavaid süsteeme ei tohi kasutada (CIAA/ECSLA/EuroCommerce 2005).

#### **Kokkuvõte alternatiividest kaubanduslike ja kodumajapidamiste agregeeritud kliimaseadmete puhul**

Sellel kasutuslalal on HCFC-de alternatiiviks HFC-d, kuigi nende pikaajaline jätkusuutlikus kasvuhuonegaasidena on küsimärgi all.

Täiendava uurimis- ja arendustöö tulemusena, kui õnnestub vähendada ohutusriske, võivad ka sellised kliimasõbralikud asendusained nagu propaan ja ammoniaak muutuda võimalikuks.

### 5.5.2 Kompaktkliimaseadmed (aknas paiknevad)

Kompaktkliimaseadmete puhul on töökõlblikud alternatiivid HFC-d (R-134a, R-404A, R-407C, R-410A, R-417A, R-422D, R-507A) ja propaan.

R-407C ja R-410A on peamised R-22 asendajad (IPCC/TEAP 2005). Calm and Domanski (2004) on samuti välja toonud R-404A R-22 alternatiiviks aknal paiknevate kliimaseadmete

<sup>6</sup> Elutsükli mõju kliima soojenemisele (*Life Cycle Climate Performance e LCCP*)

puhuks ja muud andmed kinnitavad ka R-407A sobivust, kuigi need alternatiivid pole Euroopa turul levinud. Sarnaselt on ka R-417A ja R-422D tehniliselt võimalikud R-22-ga töötavate aknal paiknevate kliimaseadmete ümberehitamiseks (DuPont 2006a). Siiski on tõenäoline, et ümberehitamise hind on kallim kui uue seadme ostmise (Hundy and Pham 2001).

Ka propaan on R-22 potentsiaalne alternatiiv, kuigi selle aine kasutusega on seotud ohutusriskid (Hickman 2004).

#### **Kokkuvõte alternatiividest kompaktkliimaseadmete puhul**

Praegu on kompaktkliimaseadmete puhul HCFC-de peamised alternatiivid R-407C and R-410A. Alternatiivide hulka kuuluvad ka R-134a, R-404A, R-417A, R-422D, R-507A ja propaan.

Kõige paljulubavamatel alternatiividel nagu R-407C ja R-410A on R-22-ga sarnane energiatarve, mis muudab need kaks gaasitüüpi atraktiivseteks alternatiivideks.

Samas on tähtis märkida, et kuigi HFC-d on praegu peamised alternatiivid, on ette näha looduslike külmaaineid sisaldavate seadmete arendust, kuna Euroopa Liidu F-gaaside alased õigusaktid piiravad F-gaaside kasutamist.

Täiendava uurimis- ja arendustöö tulemusena, kui õnnestub vähendada ohutusriske, võivad ka sellised kliimasõbralikud asendusained nagu propaan ja ammoniaak muutuda selles rakenduses kasutuskõlblikeks.

## **5.6 Suured kliimaseadmed (jahutid)**

Suurte kliimaseadmete puhul on alternatiivideks HFC-d (R-134a, R-407C, R-410A) ning mõningatel juhtudel ka HC-d ja ammoniaak.

Spetsiifilised alternatiivid varieeruvad kasutusvaldkondade kaupa ja on kirjeldatud allpool.

Ajalooliselt on tsentrifugaaljahutid kasutanud R-22 ja R-123. Võimsustega 350 – 14 000 kW tsentrifugaaljahutid kasutavad praegu R-22 peamise alternatiivina R-134a.

Teine alternatiiv, mille kasutamisevõimalusi tsentrifugaaljahutite puhul uuritakse, on R-245fa. Selle aine kasutamiseks on vaja siiski kompressorid ümber ehitada ning ühelgi tootjal pole plaani neid tootma hakata (IPCC/TEAP 2005). Lisaks kasutatakse HC külmaained naftatööstuse tsentrifugaaljahutites. Samas, kuna need jahutid on suuremõtmelised, siis takistab tuleoht HC-sid teistes rakendustes kasutamast.



R-123 alternatiivid on R-134a ja R-245fa. Võrrelduna R-123-ga on R-134a vähemefektiivsem ning sellel on ainel on samuti suurem summaarne ekvivalentne soojusmõju<sup>7</sup> (*Total Equivalent Warming Impact e TEWT*) Kuigi R-245fa tarbib sama palju energiat kui R-123, on tema maksumus tootmisprotsessid iseärasuste tõttu kõrgem (Calm, 2004).

Mahtjahutite (nt. kruvi- ja kolbjahutite) puhul kasutatakse HCFC alternatiividena peamiselt HFC-sid, kuigi teatud juhtudel on ka ammoniaak ja HC-d võimalikud.

Kruvikompressoriga jahutites on kõige levinum külmaained R-134a, kuigi R-410A on samuti turul täiesti olemas.

R-134a, R- 410A ja R-407C kasutatakse peamiselt spiraaljahutites ja R-407C on kõige levinum kolbjahutite puhul. R-134a kasutatakse vähemal määral (IPCC/TEAP 2005, Calm and Domanski 2004). Lisaks on ammoniaaki võimalik kasutada kruvi- ja kolbjahutite puhul, kuigi need moodustavad turust väikese osa. See on tingitud ohutusriskidest, mis panevad piirangud külmaaine kogusele ning jahuti asukohale. Kuigi nende maksumus on 10% - 20% kõrgem kui samaväärsetel HCFC või HFC süsteemidel, müüakse igal aastal Euroopas väike arv HC kolbjahuteid.

Ohutuseeskirjad piiravad jahutis kasutatavat HC kogust. See sõltub kasutusala ja nõuab kaitseabinõude rakendamist, kaasa arvatud õige paigutus ja/või jahutit ümbritsev kaitsekest, väikest külmaaine kogust sisaldavad süsteemid, töökindlad ventilatsioonisüsteemid ja gaasidetektoritega alarmisüsteemid. Ohu vähendamiseks võivad HC-del töötavad jahutid paikneda ka õues (IPCC/TEAP 2005).

#### **Kokkuvõte alternatiividest suurtes kliimaseadmetes**

Praegusel hetkel on jahutite puhul R-22 ja R-123 peamised alternatiivid HFC-d (peamiselt R-134a). Siiski, kuna R-123 tsentrifugaaljahutite on madal globaalse soojenemise potentsiaal ja kõrge efektiivsus, on R-134a mudelitel suurem mõju kliimale kui OKA-dega toimivatel suurtel kliimaseadmetel.

Kui tulevased EL määrused piiravad HFC-de kasutamist veelgi, siis on vajalikud täiendavad investeeringud looduslike külmaaineid kasutavate tehnilise ja majandusliku võimalikkuse hindamiseks. Praegu on looduslike asendusainetega (HC-d ja ammoniaak) jätkuvalt seotud riskid, kuid nende ainete kasutus kasvab aeglaselt.

Uurimis- ja arendustöö edenedes oodatakse ohutusriskide vähenemist, kuna jahutite insenerlahendused paranevad.

<sup>7</sup> See meetod hindab ainult ainete kasutusest ja kõrvaldamisest pärinevaid kaudseid emissioone

## 6. Alternatiivsed tehnoloogiad

*Peatükk 6 põhineb Euroopa Komisjoni poolt tellitud tööel "Review and Availability of HFCs and Feasible Alternatives in the EU-27 Beyond 2010" (ICF International 2008)*

Käesolevas peatükis käsitletakse peamiselt selliseid tehnoloogiaid nagu kaudse jahutusega süsteemid, kaskaadsüsteemid ja hajus-süsteemid.

Neid tehnoloogiaid kasutatakse suurtes supermarketite süsteemides, külmkambrites, tööstusprotsesside külmutuses ja külmutustranspordis.

### 6.1 Kaudse jahutusega süsteemid

Kaudse jahutusega süsteem koosneb primaarsest külmutusagensist ja sekundaarsest külmakandjast. Jahutatud külmakandja kogub vitriinidest/külmlettidest soojust kokku ning annab selle edasi primaarsele külmutusagensile.

Primaarne külmutusagens läbib soojusvaheti ja jahutab sekundaarse külmakandja (EPA 2004).

Kaudse jahutusega süsteemidel on primaarsel külmutusagensil väiksem külmaring, mille tulemusel on seal paiknev külmaine kogus väikesem. See omakorda vähendab lekkeohtu.

Neis süsteemides kasutatakse primaarse külmaainena paljusid erinevaid agense nagu HFCd (nt R-404A, R-410A, R-507A), ammoniaak või süsivesinikud. 2001.a kasutati 50-s Euroopa supermarketis kaudse jahutusega süsteemis ammoniaaki (UNEP 2001). Euroopasse on paigaldatud ka mitmed HC-dega töötavad kaudse jahutusega süsteemid (IPCC/TEAP 2005).

#### Võimalikud kasutusala

Kaudse jahutusega süsteeme kasutatakse toiduainete jaemüügis, külmhoonetes, suurtes kliimasüsteemides ja tööstusprotsesside külmutuses.

#### Ohutusega seotud riskid

Ammoniaagi CO<sub>2</sub> ja HC kasutusega seotud ohutusriskid. Siiski on kaudse jahutusega süsteemid projekteeritud nii, et ohud oleksid maandatud, vähendades süsteemis olevat külmutusagensi kogust ja piirates külmasaine paiknemist ainult süsteemi väikese osaga.

Ohutust saab samuti tagada, kui ammoniaak isoleeritakse üldkasutatavatest aladest.

## 6.2 Kaskaadsüsteemid

Kaskaadsüsteemis kasutatakse kahte jadaühenduses olevat külmutussüsteemi, et saavutada temperatuuri  $-85^{\circ}\text{C}$  ringis.

Need süsteemid kasutavad kahte erinevat külmaainet, mõlemas "astmes" erinevat, et säästlikult saavutada vajalikud kõrged kompressiooni suhtarvud, mida läheb vaja õige aurustumis- ja kondenseerimistemperatuuri saavutamiseks.

Kõrgemal "astmel" olevat kondensaatorit jahutatakse tavaliselt ventilaatoriga ja madalama astme kondensaatorit jahutatakse kõrgema astme aurustiga (Environmental Stress Systems, Inc. 2005).

Kaskaadsüsteemid on välja arendatud järgmistele agensitele HFC/CO<sub>2</sub>, ammoniaak/CO<sub>2</sub> ja HC/CO<sub>2</sub> (IPCC/TEAP 2005). Nende kasutamine suurtes supermarketites, külmladudes, tööstusprotsesside külmutuses ja külmutustranspordis on algamas.

### Ohutusriskid

Ammoniaagi CO<sub>2</sub> ja HC kasutusega seotud ohutusriskid. Siiski on kaskaadsüsteemide puhul potentsiaalset ohtu vähendatud süsteemi suurust vähendades.

### Õiguslikud takistused

Iseenesest ei ole kaskaadsüsteemide kasutamisel õiguslikke takistusi. Samas on HFC-de kasutamisel mitmeid õiguslikud tõkkeid (pädevad- sertifitseeritud töötajad, hoolderaamat, lekkekontroll, aruanded jne)

## 6.3 Hajus-süsteemid

Hajus-süsteemid koosnevad kas mitmetest väikestest katusel paiknevates seadmetest, mis on ühendatud külmatarbijatega (vitriinid, külmletid, külmkambrite aurustid ja teised jahutid) või külmatarbija juures paiknevatest agregaatidest seega võib torustik olla lühem kui tavalisel tsentraalsel otseaurustumissüsteemil (Powell 2003; Baxter and Walker 2003).

## 7. HCFC-d ja neid sisaldavad seadmed jäätmetena

### Balloonid

Osoonikihti kahandavaid aineid sisaldavaid balloone tuleb käsitleda pakendina ning sellest tulenevalt rakenduvad Eestis pakendiseaduse ja pakendiaktsiisi seadusega kehtestatud nõuded - turule toodud pakendi kogumise ja taaskasutuse peavad korraldama kauba pakendajad või pakendatud kauba sisse vedajad ning kandma vastavad kulud. Müüja peab tarbijalt pakendid tasuta tagasi võtma, kuid sõlmides leping taaskasutus-organisatsiooniga, võib selle kohustuse üle anda. Sellisel juhul korraldab taaskasutus-organisatsioon nende pakendite kogumise, käitlemise ja taaskasutuse.

### Seadmed

Kõik osoonikihti kahandavaid aineid sisaldavad seadmed (nt külmaseadmed) klassifitseeritakse ohtlike jäätmetena. Erandeid ei tehta.

Selleks, et neid seadmeid, mis on jäätmeteks muutunud, vedada, tuleb täita kõiki ohtlike jäätmete veo nõudeid (sh piiriülesel veol tuleb taotleda riikidevaheline jäätmeveoluba).

Tööstuslikele külmseadmetele rakendatakse samuti osaliselt tootjavastutust, st et mitte kõikidele tööstuslikele külmseadmetele ei rakendata tootjavastutust, vaid tuleb vaadata selle suurus jm näitajaid (ehk tuleb teha otsuseid juhtum juhtumi haaval).

Väiksematele külmaseadmetele, mida kasutatakse kauplustes, hotellides, restoranides jm sarnastes kohtades, laieneb tootjavastutus, muudele tuleb vaadata eraldi.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et tootja on kohustatud tagasi võtma ja käitlema oma kuludega:

- (a) neid külmseadmeid, mis turule lastud pärast 13.05.2005 sõltumata sellest, kas ettevõtja kavatses selle seadme asendada või mitte ning
- (b) neid külmseadmeid 1:1 baasil, kui ettevõtte tahab oma vana külmseadme välja vahetada uue vastu (siis kohustatud vana vastu võtma tasuta).

Kui ettevõtja soovib lihtsalt vana külmseadme välja visata, kuid uut asemele ei osta, siis peab see ettevõtja ise maksma käitlemisega seotud kulud, st kehtivad üldised ohtlike jäätmete käitlemise nõuded (külmaseadmed on ohtlikud jäätmed).

Seade tuleb loomulikult üle anda ainult sellele jäätmekäitlejale, kellel on selliste seadmete käitlemise õigus (jäätmeluba + ohtlike jäätmete käitluslitsents).

Vt. lisaks: <http://www.envir.ee/108277> (tootjavastutus)  
[http://www.taaratark.ee/\(pakendid\)](http://www.taaratark.ee/(pakendid))  
<http://www.envir.ee/996> (ohtlikud jäätmed)  
<http://www.envir.ee/967899> (riikidevaheline jäätmevedu)

## 8. HCFC-de käitlemise reeglid alates 1. jaanuarist 2010

1. jaanuarist 2010 hakkab kehtima Euroopa Parlamendi ja nõukogu osoonikihti kahandavate ainete määruse 2037/2000/EÜ uuesti sõnastatud variant 1007/2009/EÜ. Seal kehtestatud reeglid on lühidalt kokku võttes järgmised:

- Taastatud HCFC-sid võib turule viia ja kasutada olemasolevate külmutus- ja kliimaseadmete hooldamiseks ja remontimiseks kuni 31. detsembrini 2014 tingimusel, et mahuti sildil on teade, et tegemist on taastatud ainega, ning märgitud on teave partiinumbri ning taastamisega tegeleva asutuse nime ja aadressi kohta.
- Kuni 31. detsembrini 2014 tohib taas ringlusse võetud HCFC-sid kasutada olemasolevate külmutus- ja kliima- ja soojuspumbaseadmete hooldamiseks ja remontimiseks tingimusel, et need on seadmetest kokku kogutud üksnes ettevõtja poolt, kes viis hoolduse ja remondi käigus läbi kokkukogumise või kelle jaoks hoolduse ja remondi käigus läbi viidi.

Erandina tohib HCFC-sid turule viia uuesti pakendamiseks ja Euroopa Liidust eksportimiseks. Iga ettevõtja, kes viib läbi HCFC-de uuesti pakendamist ja sellele järgnevat eksportimist, registreerib end Euroopa Komisjoni juures, teatades kontrollitavad ained, nende hinnangulise aastas kasutatava koguse ja kõnealuste ainete tarnijad, ning andmete muutumise korral ajakohastab seda teavet.

- Kui taastatud või ringlussevõetud HCFC-sid kasutatakse hooldamiseks ja remontimiseks, siis varustatakse vastavad külmutus- ja kliima- ja soojuspumbaseadmed sildiga, millele märgitakse aine tüüp ja kogus kõnealuses seadmes ning millel on määruse (EÜ) nr 1272/2008 I lisas osoonikihile ohtlike ainete ja segude jaoks sätestatud märgistuselemendid.
- Ettevõtjad, kes kasutavad külmutus- kliima- ja soojapumbaseadmeid, mis sisaldavad 3 kg või rohkem vedelikku, registreerivad hoolderaamatus kokku kogutud ja lisatud aine koguse ja laadi ning hooldus- ja remonditöid osutanud äriühingu või tehniku andmed.

Ettevõtjad, kes kasutavad taastatud või ringlusse võetud HCFC-sid remondi- ja hooldustöödeks, peavad registrit neile HCFC-sid tarninud ettevõtjate kohta ning ringlusse võetud HCFC-de päritolu kohta.

Määruse tekst:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:286:0001:0030:ET:PDF>

Täiendav informatsioon dokumendist “HCFC-de kasutamise kord külmutus- ja kliimaseadmete ning soojuspumpade puhul”

<http://www.klab.ee/Osoonibyroo/hcfc-de%20reeglid-2.pdf>

## 9. HCFC-de taasväärtustamise ja sügavpuhastamise võimalused Eestis

Eesti Vabariik on loonud ÜRO ja KIK<sup>8</sup>-i abiga võimalused osoonikihti kahandavate ainete käitlemiseks.

Loodud on OKA-de riiklik käitluskeskus aadressiga Suur Sõjamäe 34, Tallinn, mille tegevust korraldab riigi osaühing Eesti Keskkonnauuringute Keskus (Kontaktisik Inari Truumaa tel 6112931, 5177167, inari.truumaa@klab.ee)



<sup>8</sup> Keskkonnainvesteeringute Keskus

## Käitluskeskuse võimalused

- Külmasüsteemi mahamonteerimine koos eelneva tühjendamise ja külmaaine ladustamisega.
- Külmaainete ja muude osoonikihti kahandavate ainete tüübi määramine ja keemilise koostise kontroll.
- R-22 taasväärtustamine<sup>9</sup>.
- R-22 sügavpuhastus<sup>10</sup>
- Ainete vedu spetsiaaltranspordivahendiga (olemas vastav litsents)
- Kasutuskõlbmatute haloonide ja külmaainete utiliseerimise korraldamine Euroopa põletustehastes
- Puhastatud OKA-de laborianalüüs ja sertifitseerimine.

---

<sup>9</sup> Taasväärtustamise all mõistetakse kokkukogutud külmaaine puhastamist mehhaanilistest lisanditest, niiskusest, kõrgeenenud happesisaldusest jne.

<sup>10</sup> Kontrollitava aine ümbertöötamine ja parandamine selliste menetluste kaudu, nagu filtreerimine, kuivatamine, destilleerimine ja keemiline töötlemine, et ennistada aine omadused kehtestatud efektiivsusnormini; see nõuab sageli töötlemist, mis ei toimu mitte kohapeal, vaid keskrajalises

## Lisa 1: HCFC-de alternatiivide tabel kasutusalaade kaupa

Alternatiiv	Väike toidujaemük	Suur toidujaemük		Külmustransport	Tööstuslikud külmustus-seadmed	Väikesed konditsioneerid		Suured konditsioneerid (jahutid)
	Eraldiseisvad seadmed	Suured supermarketite süsteemid	Külmkambrid ja -laod			Üksik-konditsioneerid (kodu- ja kaubanduslikud)	Aknal paiknevad konditsioneerid	
Alternatiivsed külmaained								
R-32					✓			
R-134a	✓	✓	L	✓	✓		✓	✓
R-236fa					P			
R-245fa					P			P
R-365mfc					P			
R-404A	✓	✓R	✓	✓	✓		✓	
R-407C		✓R	✓	✓		✓	✓	✓
R-407D		R		RL				
R-410A			M	✓L	✓	✓	✓	✓
R-417A	✓R	✓R	✓R		✓R	✓R	✓R	
R-422A	✓R	✓R	✓R		✓R			
R-422D	✓R	✓R	✓R		✓R	✓R	✓R	
R-507A		✓R		✓L				
Propaan R-290	✓L			✓L				✓L
Isobutaan R-600a	✓L			✓L				✓L
Propüleen R-1270				✓L				✓L
Ammoniaak R 717	✓L			✓L				✓L
CO <sub>2</sub>	✓L	P	ML	P	✓	P		P



Alternatiivsed tehnoloogiad								
Kaudse jahutusega süsteemid		✓	✓ <sub>L</sub>					
Kaskaadsüsteemid		M	M	M	M			
Hajus- süsteemid		✓						

✓ = Võimalik uutes seadmetes

M = Uus turule siseneja (suuremad kulud, vähemalt alguses)

P = Võimalik kasutus tulevikus

L = Piiratud kasutus (uutes seadmetes või ümberehitatud seadmetes nagu märgitud)

R = Ümberehitamine HCFC-delt on võimalik või potentsiaalselt võimalik

Märkus: Tühjad lahtrid tähistavad tegeliku või potentsiaalse kasutusvõimaluse puudumist uutes või olemasolevates süsteemides.

Allikas: "Review and Availability of HCFCs and Feasible Alternatives in the EU-27 Beyond 2010" (ICF International 2008)

## Lisa 2: HCFC-sid sisaldavad segud

### ZEOTROOPSED SEGUD

Jr. nr	Külmaaine segu number Kaubanimi	Koostis							
		Koostisosa 1		Koostisosa 2		Koostisosa 3		Koostisosa 4	
1	R401A(MP 39)	HCFC 22	53%	HFC152 a**	13%	HCFC124	34%		
2	R 401 B (MP 66)	HCFC 22	61%	HFC152 a**	11%	HCFC124	28%		
3	R 401 C (MP 52)	HCFC 22	33%	HFC152 a**	15%	HCFC124	52%		
4	R 402 A (HP 80)	HFC125*	60%	HC290**	2%	HCFC 22	38%		
5	R 402 B (HP 81)	HFC125*	38%	HC290**	2%	HCFC 22	60%		
6	R 403 A (69S)	HC290 **	5%	HCFC 22	75%	FC218**	20%		
7	R 403 B (69L)	HC290 **	5%	HCFC 22	56%	FC218**	39%		
8	R 405 A (G 20115)	HCFC 22	45%	HFC152 a**	7%	HCFC142b	6%	C318**	43%
9	R 406 A (GHG-12)	HCFC 22	55%	HC600a*	4%	HCFC142b	41%		
10	R 408 A (FX10)	HFC125**	7%	HFC142a**	46%	HCFC 22	47%		
11	R 409 A (FX56)	HCFC 22	60%	HCFC124	25%	HCFC142b	15%		
12	R 409 B (FX 57)	HCFC 22	65%	HCFC124	25%	HCFC142b	10%		
13	R 411 A (G2018A)	HC1270**	2%	HCFC 22	88%	HFC152 a**	11%		
14	R 411 B (G2018B)	HC1270**	3%	HCFC 22	94%	HFC152 a**	3%		
15	R 412 A (TP5R)	HCFC 22	70%	FC218**	5%	HCFC142b	25%		
16	R 414B (Hotshot)	HCFC 22	50%	HCFC124	39%	HCFC142b	9,5%	HC600a**	1,5%

Allikas: ÜRO materjalid

**ASEOTROOPSED SEGUD**

Jr. nr	Külmaaine segu number Kaubanimi	Koostis			
		Koostisosa 1		Koostisosa 2	
1	R500	CFC12	74%	HFC152a**	26%
2	R501	HCFC22	75%	CFC12	25%
3	R502	HCFC22	49%	CFC115	51%
4	R503	HFC23**	40%	CFC13	60%
5	R504	HFC32**	48%	CFC115	52%
6	R505	CFC12	78%	HCFC31	22%
7	R 506	HCFC31	55%	CFC114	45%
8	R 509 (TP5R2)	HCFC22	46%	FC218**	56%

### Lisa 3: HFC-d

Nimi	Keemiline valem	Globaalse soojenemise potentsiaal (GSP)
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	12000
HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	550
HFC-41	CH <sub>3</sub> F	97
HFC-43-10mee	C <sub>5</sub> H <sub>2</sub> F <sub>10</sub>	1500
HFC-125	C <sub>2</sub> HF <sub>5</sub>	3400
HFC-134	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	1100
HFC-134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	1300
HFC-152a	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub>	120
HFC-143	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	330
HFC-143a	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	4300
HFC-227ea	C <sub>3</sub> HF <sub>7</sub>	3500
HFC-236cb	CH <sub>2</sub> FCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1300
HFC-236ea	CHF <sub>2</sub> CHFCF <sub>3</sub>	1200
HFC-236fa	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9400
HFC-245ca	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>5</sub>	640
HFC-245fa	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	950
HFC-365mfc	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	890

Allikas: Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus 842/2006/EÜ lisa 1

#### Lisa 4: Enamlevinud HFC-de segud

<b>R-404A</b> HFC-143A 52% HFC-125 44% HFC-134A 4%	<b>R-407C</b> HFC-32 23% HFC-125 25% HFC-134A 52%	<b>R-410A</b> HFC-125 50% HFC-32 50%
<b>R 413</b> R-600a 3 % R-218 9 % R-134a 88 %	<b>R-417A</b> HFC-134A 46% HFC-125 50% C4 H10 (butaan) 3,5%	<b>R-507</b> HFC-143A 50% HFC-125 50%

**Lisa 5: Näiteid külmainete globaalse soojenemise potentsiaalidest (GSP) ning osoonikihi kahandamise potentsiaalidest (OKP)**

<b>Külmaaine</b>	<b>GSP</b>	<b>OKP</b>	<b>Kommentaariid</b>
<b>Osoonikihti kahandavad ained</b>			
CFC 12	8100	1	EL-s keelatud alates 2000
HCFC 22	1500	0.05	Kasutamise lõpetamine EL-s 2010-2015*
<b>Kliima soojenemist põhjustavad F-gaasid</b>			
HFC 134a	1300	0	Erinevad HFC-d on kasutusel olnud alates 1990ndate aastate keskelt osoonikihti kahandavate ainete CFC-de ja HCFC-de alternatiividena paljudes külmamajanduse sektorites
HFC 404A	3300	0	
HFC 410A	1725	0	
<b>Muud agensid</b>			
Süsivesinikud	3	0	Laialdaselt kasutusel väikestes süsteemides, väga plahvatusohtlikud
Fluorosüsiniidud (FC-d )	~10	0	Uued külmutusagensid; väga madal GSP. Pole veel kaubandusest kättesaadavad
CO <sub>2</sub>	1	0	Töötab väga kõrge sururõhuga
Ammoniaak	0	0	Kasutusel tööstuslikus külmutuses; mürgine ja plahvatusohtlik

\* Vaata Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus 1005/2009 16. septembrist 2009

## Lisa 6: Külmutusagensite omaduste võrdlus

Aine	HFC-d	HC-d	Ammoniaak	CO <sub>2</sub>	Madala GSP-ga FC-d
GSP	xx	✓	✓✓	✓✓	✓
Toksilisus	✓✓	✓✓	xx	✓	✓✓
Plahvatusohtlikkus	✓✓	xx	x	✓✓	?x
Efektiivsus	✓	✓	✓	✓	✓
Materjalid	✓	✓	x	✓	✓
Rõhk	✓	✓	✓	xx <sup>7</sup>	✓
Hind	✓	✓✓	✓✓	✓✓	?
Kättesaadavus	✓✓	✓	✓	✓	xx
Tuntus	✓✓	✓	✓	x	x

xx - väga halb, x - halb, ✓ - hea, ✓✓ - väga hea

Allikas: <http://www.defra.gov.uk/environment/quality/air/fgas/documents/fgassupport-rac7.pdf>

## Lisa 7: Õigusaktide nimestik

Põhiline õigusakt, mis osoonikiht kahandavate ainete (OKA-de) kasutamist reguleerib, on Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus 2037/2000/EÜ.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:05:32000R2037:ET:PDF>

1.jaanuarist 2010. jõustub selle uuesti sõnastatud variant 1005/2009/EÜ

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:286:0001:0030:ET:PDF>

2037/2000 lõpetab oma kehtivuse alates 1. jaanuarist 2010.

Euroopa õigusaktidele lisanduvad Eesti Vabariigi seadused ja määrused:

- Välisõhu kaitse seadus

<https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=13119359>

- Vabariigi Valitsuse 12. novembri 2004. a määrus nr 329 “Osoonikihti kahandavate ainetega seotud toimingutele esitatavad nõuded ning seadmes sisalduvate osoonikihti kahandavate ainete või fluoreeritud kasvuhoonegaaside kogusest aruandmise kord ja aruande vormid”

<http://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=12911246> ja

keskkonnaministri määrused:

- Keskkonnaministri 11. märtsi 2005. a määrus nr 16 “Osoonikihti kahandavaid aineid ja fluoreeritud kasvuhoonegaase sisaldavate seadmete installeerimisega, käitamisega ja lammutamisega ning lekkekонтроlliga tegeleva isiku pädevusnõuded”

<https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=866069>

- Keskkonnaministri 16. novembri 2005. a määrus nr 69 “Osoonikihti kahandavaid aineid või fluoreeritud kasvuhoonegaase sisaldava seadme hoolderaamatu vorm ja pidamise kord”

<https://www.riigiteataja.ee/ert/act.jsp?id=961335>

HCFC-de jäätmekäitlus on reguleeritud Pakendiseadusega, Pakendiaktsiisi seadusega, Jäätmeseadusega ning sellest tulenevate alamastme õigusaktidega.



## Kasutatud kirjandus

Review and Availability of HCFCs and Feasible Alternatives in the EU-27 Beyond 2010 (ICF International 2008)

Supply and Demand of Recycled Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) in Existing Refrigeration and Air Conditioning Equipment Beyond 2009 (ICF International 2008)

Arthur D. Little (ADL). 2002. "Global Comparative Analysis of HFC and Alternative Technologies for Refrigeration, Air Conditioning, Foam, Solvent, Aerosol Propellant, and Fire Protection Applications." Final Report to the Alliance for Responsible Atmospheric Policy, 21 March 2002 Accessible at: <http://www.arap.org/adlittle/6.html>

Bateman, David J. 1999. "Refrigerant and Air-Conditioning with Reduced Environmental Impact." Paper presented at the Earth Technologies Forum Conference on Climate Change and Ozone Protection, Washington, DC. 27-29 September.

Baxter, Van D. and David H. Walker. 2003. "Analysis of advanced low-charge refrigeration for supermarkets." *ASHRAE Transactions*. 1 January.

Calm, James M. and Glenn C. Hourahan. 2001. "Refrigerant Data Summary" in *Engineered Systems* 18(11): 74-88. November.

Calm, James M. and Piotr A. Domanski. 2004. "R-22 Replacement Status." *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) Journal*. August.

Calm, James M. 2004. "Refrigerant Options for Centrifugal Chillers." Proceedings of the 2004 International Workshop on Ozone Depleting Substance Substitute Technologies, Beijing, PRC. September

Clodic, Denis, Lionel Palandre, and Bechir Dardour. 1999. "Refrigerant Emissions Calculation Method." Presented at The Earth Technologies Forum: The Conference on Climate Change and Ozone Protection, 27-29 September, 1999. Accessible at: <http://www.earthscape.org/r1/etf01/cld01.html>

Corcoran, William M., Mark W. Spatz, Ian R. Shankland and Tim Vink. 1999. "HFC Emission Reduction Options for Air Conditioning and Heat Pump Systems." Accessible at: <http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc/docs/IPCC-TEAP99/files/m99a3-4.pdf>

DuPont. 2006a. "DuPont™ ISCEON→ '9' Series Refrigerants: Product Review for the ICF's EC Study." Provided by Mark A. Smith, Global Marketing Manager, Stationary Refrigeration, Dupont, Geneva, Switzerland. 18 August 2006.

DuPont. 2006b. "DuPont™ ISCEON® MO29." Accessed on 7 August 2006. Available at [http://www.refrigerants.dupont.com/Suva/en\\_US/products/isceon29.html](http://www.refrigerants.dupont.com/Suva/en_US/products/isceon29.html).

DuPont. 2005. "Retrofit Guidelines for DuPont™ ISCEON® 9 Series Refrigerants: DuPont™ ISCEON® MO59 (R-417A) and DuPont™ ISCEON® MO79 (R-422A)." Available at [http://refrigerants.dupont.com/Suva/en\\_US/pdf/k10921.pdf](http://refrigerants.dupont.com/Suva/en_US/pdf/k10921.pdf)

DuPont™ Press Club. 2006. “Timely conversion of R-22 refrigeration systems: REWE Group successfully completes pilot project – considerable savings potential” 9 June. Available at <<http://uk.news.dupont.com/site/contenu.asp?idtri=675&idcontenu=55961>>.

Environment Canada. 1998. “Alternative Technology Options in the Commercial and Automotive Sectors.”

Environmental Stress Systems, Inc. 2005. “Cascade Condensing Units.” Available at <[http://www.essproducts.com/cascade\\_condensing\\_units.htm](http://www.essproducts.com/cascade_condensing_units.htm)>.

European Cold Storage Logistics Association (ECSLA). 2005. HCFC Alternatives Survey Response.

European Partnership for Energy and the Environment (EPEE). 2002. “HFC Taxes Included in 2003 Norwegian Budget.” *EPEE News*. 3(8): 2. Available at <http://www.ari.org/ga/intl/ep0208.pdf>.

European Partnership for Energy and the Environment (EPEE). 2003. “HFC Taxes Included in 2003 Norwegian Budget.” *EPEE News*. 4(1). Available at <<http://www.ari.org/ga/intl/ep0301.pdf>>.

Fleming, John. 2003. “Carbon Dioxide as the Working Fluid in Heating and/or Cooling Systems.” *Bulletin of the IIR* 2003(4).

Gartland, Ted. 2005. Honeywell Genetron Refrigerants. “Replacing R-22 in Refrigeration.” Presented at the 2005 Food Marketing Institute Energy & Technical Services Conference, Montreal, Quebec. 18-21 September.

Goetzler, William and John Dieckmann. 2001. “Assessment of the Commercial Implications of ASHRAE A3 Flammable Refrigerants in Air Conditioning and Refrigeration Systems (Final Report, June 2000 – August 2001).” Prepared by Arthur D. Little for the Air-Conditioning and Refrigeration Technology Institute. 12 April.

Hickman, Kenneth E. 2004. York International Corporation. “Assessment of Comparative Testing of HFC and Hydrocarbon Refrigerants.” The GREEN Program. York, Pennsylvania U.S.A. Hill Phoenix. 2005.

Horton, W. Travis, and Eckhard Groll, PhD. 2001. “Analysis of a Medium-Temperature Secondary Loop Refrigerating System.” 2001 ASHRAE Transactions: Symposia vol 107 pt 2.  
Hundy, GF and HM Pham. 2001. Copeland Corporation. “Effect of Refrigerant Choice on Efficiency in Air Conditioning.” Presented at the Annual Conference of the Institute of Refrigeration, London, England. 1 November.

ICF Consulting. 2005. Revised Draft Analysis of U.S. Commercial Supermarket Refrigeration Systems. Prepared for the U.S. Environmental Protection Agency’s Stratospheric Protection Division. 30 November.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)/ Technology & Economic Assessment Panel (TEAP). 2005. Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System: Issues Related to Hydrofluorocarbons And Perfluorocarbons.

Intergovernmental Panel on Climate Change and the Technology & Economic Assessment Panel of the United Nations Environment Programme Ozone Secretariat. Available at <<http://www.ipcc.ch/activity/sroc/index.htm>>.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. "IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001."

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2000. "IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories (2000)."

Kruse, Horst. 2000. "Refrigerant Use in Europe." *ASHRAE Journal*. September.

Kruse, H. 1996. The State of the Art of Hydrocarbon Technology in Household Refrigeration. Proceedings of the International Conference on Ozone Protection Technologies. pp. 179-188. The Alliance for Responsible Atmospheric Policy. October.

Landon, Felicity. "Special Report - Ship Chandlery: Refrigerants are taking a higher priority." *Lloyds List*, p. 8. 25 February 2000

de Larminat, Paul. 2000. "Expanding the Use of Ammonia." *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) Journal*. March.

Meurer, Christoph and Dr. Alberto Nicoletti. 2005. Solvay Fluor GmbH. "Advances in Supermarket Refrigeration Leak Reduction." Presented at the European Conference on Technological Innovations in Air Conditioning and Refrigeration Industry, Milan, Italy. 18 June. Available at [http://www.solvay-fluor.com/docroot/fluor/static\\_files/attachments/c\\_23\\_e.pdf](http://www.solvay-fluor.com/docroot/fluor/static_files/attachments/c_23_e.pdf).

Minor, Barbara H. 2004. "R-410A and R-407C Design and Performance - A Literature Review." *Earth Technologies Forum*, April 13-15, 2004.

Paul, J. 1996. A Fresh Look at Hydrocarbon Refrigeration: Experience and Outlook. Proceedings of the International Conference on Ozone Protection Technologies. pp. 252-259. The Alliance for Responsible Atmospheric Policy. October.

Pearson, AB. Undated. Star Refrigeration Ltd. "Natural Refrigerants for Industrial Refrigeration."

Powell, Peter. 2003. "Searching for a substitute for R-124." *Air Conditioning, Heating & Refrigeration News*, 218(5): 15. 3 February.

Reisch, Marc. 2005. "Hot Times Ahead for Refrigerants." *Chemical and Engineering News*. 3 October.

Rubenstein, Reva, David Didion, and Jeff Dozier. 2004. "Report on the Treatment by LEED of the Environmental Impact of HVAC Refrigerants." Prepared for the U.S. Green Buildings Council Technical and Scientific Advisory Committee. Accessible at: [https://www.usgbc.org/Docs/LEED\\_tsac/HCFCTG\\_draft\\_final\\_report\\_7-19-04.pdf](https://www.usgbc.org/Docs/LEED_tsac/HCFCTG_draft_final_report_7-19-04.pdf)

Sand, James R., et al. 1997. *Energy and Global Warming Impacts of HFC Refrigerants and Emerging Technologies*. U.S. Department of Energy, Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study (AFEAS).

Southern California Edison and Foster-Miller, Inc. 2004. "Investigation of Secondary Loop Supermarket Refrigeration Systems." Report prepared for California Energy Commission, Public Interest Energy Research Program. March.

Soffientini, Cesare (Honeywell Fluorine Products Italia), Zyhowski, Gary (Honeywell Specialty Chemicals), and Mark Spatz (Honeywell Specialty Chemicals). Undated. "HFC-245fa: An Overview of Properties and Applications."

Spatz, Mark (Honeywell). 2003. "R-245fa: A Refrigerant Option for Centrifugal Chillers." Earth Technology Forum, Washington, DC. April.

Spletzer, Stephen and Gus Rolotti. 2004. "Performance Study of R-22 Refrigeration Retrofits."

Paper Presented at the 15<sup>th</sup> Annual Earth Technology Forum, Washington, DC. 13-15 April. Thompson, Mike (Trane) and Jim Wolf (American Standard). 2004. "TSAC-HCFC/Refrigerants Stakeholders Meeting." 17 Feb. Available at [https://www.usgbc.org/Docs/LEED\\_tsac/Trane\\_LEEDtsac\\_2-17-04.pdf](https://www.usgbc.org/Docs/LEED_tsac/Trane_LEEDtsac_2-17-04.pdf).

Transfrigoroute International. 2005. HCFC Alternatives Survey Response. United Nations Environment Programme (UNEP). 2003. Report of the Technical and Economic Assessment Panel, HCFC Task Force Report. May. ISBN 92-807-2336-7.

United Nations Environment Programme (UNEP). 2001. Protecting the Ozone Layer. Vol. 1, Refrigerants.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2004. "Analysis of Costs to Abate International Ozone-Depleting Substance Substitute Emissions." EPA Office of Air and Radiation (6205J), EPA 430-R-04-006. June. Available at [http://yosemite.epa.gov/oar/globalwarming.nsf/UniqueKeyLookup/RAMR62ASAF/\\$File/IMACAll%20Chapters%206-24-04.pdf](http://yosemite.epa.gov/oar/globalwarming.nsf/UniqueKeyLookup/RAMR62ASAF/$File/IMACAll%20Chapters%206-24-04.pdf).

Guidance on Minimising Greenhouse Gas Emissions from Refrigeration, Air-conditioning and Heat Pump Systems. DEFRA, Information Sheet RAC 7 – Alternatives <http://www.defra.gov.uk/environment/air-atmos/fgas/documents/fgassupport-rac7.pdf>

AGA kliendileht, suvi 2009

Ivar Soone. Kanadas Montrealis 04.–05. aprillil 2008 toimunud osoonikihti kahandavate ainete kasutuselt eemaldamise rahvusvahelise tehnilise kohtumise kokkuvõte)

<http://www.klab.ee/Osoonibyroo/2008-04-05--06%20-%20Montreali%20protokoll%20tehnilise%20kohtumise%20memo.pdf>