

**Abimaterjal fluoritud kasvuhoonegaase
sisaldavate statsionaarsete külma-
kliimaseadmete ning soojuspumpadega
töötavate inimeste kutseeksami
ettevalmistamiseks**

TALLINN 2012

Eessõna

Käesolev dokument on mõeldud abimaterjalina kursustel, kus käsitletakse fluoritud gaase ehk F-gaase sisaldavate külma- ja kliimaseadmete ning soojuspumpade ja neis sisalduvate gaaside mõju keskkonnale.

Kliimamuutustest ja nende tagajärgedest maailmas räägitakse viimasel ajal üha enam. Kliimamuutus on üks suuremaid ohte, mis meie planeeti ähvardab. Kui Maa temperatuur tõuseb rohkem kui 2 °C üle tööstusajastu eelse taseme, muutub kliimamuutus tõenäoliselt pöördumatuks ja sellel võivad olla ulatuslikud pikaajalised tagajärjed.

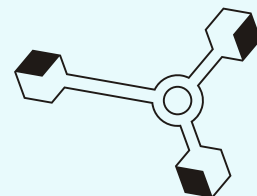
Seega on oluline, et neid gaase käitlevad töötajad omaksid head ettekujutust oma tegevuse tagajärgedest keskkonnale, orienteeruksid oma tööga seotud õigusaktides ning omaksid teoreetilisi ja praktilisi oskusi nende gaaside käitlemiseks, et vähendada nende gaaside juhuslikku heidet keskkonda ja mõju kliimale.

Abimaterjali eesmärgiks on pakkuda õpetajale või iseõppijale täiendavat informatsiooni kutseeksamiks ettevalmistamiseks vastavalt Euroopa Komisjoni määrusele (EÜ) 303/2008, millega kehtestatakse vastavalt Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrusele (EÜ) nr 842/2006 miinimumnõuded ja tingimused teatavate fluoritud kasvuhoonegaase sisaldavate statsionaarsete jahutus- ja kliimaseadmete ning soojuspumpadega tegelevate äriühingute ja töötajate sertifitseerimise vastastikusele tunnustamisele.

Abimaterjalis käsitletakse kliimamuutuste tausta ja Kyoto protokollis alased põhiteadmisi, globaalse soojenemise potentsiaali (GWP) mõistet, fluoritud kasvuhoonegaaside üldiseid kasutusalasid, nende gaaside kasutamise trende ja ulatust nii maailmas kui Eestis, fluoritud kasvuhoonegaaside ja muude gaaside kasutamist külmaainena ning nende heite mõju kliimale. Samuti kirjeldatakse lühidalt võimalikke alternatiivseid külmaaineid.

Euroopa Parlamendi määruse (EÜ) 842/2006 teatavate fluoritud kasvuhoonegaaside kohta ja selle rakendusmääruste sisu tutvustamiseks on Euroopa Komisjon välja töötanud eraldi juhendmaterjalid, mis on kättesaadavad Eesti Keskkonnauuringute Keskuse F-gaaside veebist. Samas paiknevad ka kõik vajalikud õigusaktid ning mitmed teised teemaga seonduvad dokumendid.

Keskkonnaministeerium
Eesti Keskkonnauuringute Keskus



Sisukord

EESSÕNA.....	2
1. KASVUHOONEGAASIDE MÕJU KESKKONNALE	4
1.1 Kliimamuutustest ja nende tagajärgedest	4
1.1.1 Mis on kasvuhoooneefekt?	5
1.1.2 Millist mõju avaldab kliima soojenemine meie keskkonnale?	7
1.1.3 Millist mõju avaldab kliima soojenemine meie tervisele?	8
1.1.4 Kliimamuutuste plussid ja miinused.....	8
2. RAHVUSVAHELISED JÕUPINGUTUSED KASVUHOONEGAASIDE HEITKOGUSTE OHJELDAMISEKS.....	9
2.1 Kliimakonventsioon.....	9
2.2 Kyoto protokoll.....	10
3. FLUORITUD KASVUHOONEGAASID.....	12
3.1 Mis on fluoritud kasvuhooonegaasid?	12
3.2 Fluoritud kasvuhooonegaaside nimekiri.....	14
3.3 Fluoritud kasvuhooonegaaside keemilis-füüsikaline iseloomustus.....	15
3.4 F-gaaside ja nende asendajate olulised tehnilised ja ökoloogilised omadused.....	16
3.5 Fluoritud kasvuhooonegaaside kasutus maailmas tava-arengu stsenaariumi järgi.....	17
3.6 Fluoritud kasvuhooonegaaside üldine kasutus Eestis ja kasutamine meie külma- ja kliimaseadmetes ning soojuspumpades.....	17
4. ÜLEVAATE EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU MÄÄRUSE (EÜ) 842/2008 TEATAVATE FLUORITUD KASVUHOONEGAASIDE KOHTA JA SELLE RAKENDUSMÄÄRUSTEST TULENEVATEST PEAMISTEST KOHUSTUSTEST KÜLMASEKTORILE.....	19
5. ÜLEVAATE VÕIMALIKEST ASEAINETEST JA ASENDUSTEHNOLOOGIATEST ..	20
LISA 1. Külmaainete segude mittetäielik nimekiri.....	22
LISA 2. Täiendavat lugemist.....	24

Kasvuhoonegaaside mõju keskkonnale

1.1 Kliimamuutustest ja nende tagajärgedest

Kliimaolud on nii Maa kui ka inimkonna ajaloo jooksul muutunud kogu aeg. Maa ajaloo viimase 400 000 aasta jooksul on olnud kolm perioodi, kui maakera keskmine temperatuur on olnud kõrgem kui praegu ja alati on selle soojenemise kaaslaseks olnud süsihappegaasisalduse suurenemine atmosfääris. Vaieldakse muidugi ka selle üle, kumb on põhjus, kumb tagajärg.

Taas on põhjust rääkida Maa õhutemperatuuri tõusutrendist, millest võib kujuneda suur globaalne keskkonnaprobleem. Euroopa keskmine õhutemperatuur on viimase saja aasta jooksul tõusnud peaaegu 1 kraadi võrra ning teadlased väidavad, et 2100. aastaks tõuseb see veel 2-6,3 kraadi võrra.

21. sajandi algus on olnud kliimamuutuste teadvustamisel ja lahenduste pakkumisel pöördeline. Probleemist raporteeris esimesena Ühendkuningriigi valitsuse tellimisel 2006.a. valminud Sir Nicholas Stern'i raport, mis tõestas, et kliimamuutustega võitlemine on majanduslikult jõukohane ning tegevusetus läheks kokkuvõttes rohkem maksma.

Kliimamuutust ja selle mõju käsitlevate teaduslike tõendite hindamise eest vastutab 1988. aastal asutatud valitsustevaheline kliimamuutuse rühm (IPCC). Kõnealune rühm, mis on ÜRO keskkonnaprogrammi ja Maailma Meteoroloogiaorganisatsiooni ühisalgatus, hindab inimtekkelise kliimamuutuse ohu mõistmiseks vajalikku teaduslikku, tehnilist ja sotsiaal-majanduslikku teavet. Kliimamuutuse rühma hinnangute kujundamisel osaleb sadu juhtivaid eksperte maailma eri paikadest. Kliimamuutuse rühm on alates 1990. aastast esitanud neli hindamisaruannet, neist viimase 2007. aastal. Igas aruandes on kindlalt kasvanud veendumus, et kliimamuutuses on süüdi kasvuhoonegaasid.

VALDAV OSA TEADLASTEST JA ÜLDSE INIMKONNAST ON VEENDUNUD, ET KLIIMAMUUTUSTE PÕHJUSEKS ON MUU HULGAS INIMTEGEVUS, MILLE KÄIGUS PAISATAKSE ATMOSFÄÄRI KASVUHOONEGAASE. SAMAS POLE ÜHEST VASTUST, KUI SUUR OSA ON KLIIMAMUUTUSTES LOODUSLIKEL PROTSESSIDEL JA KUISUUR OSA INIMTEGEVUSEL.

1.1.1 Mis on kasvuhooneefekt?

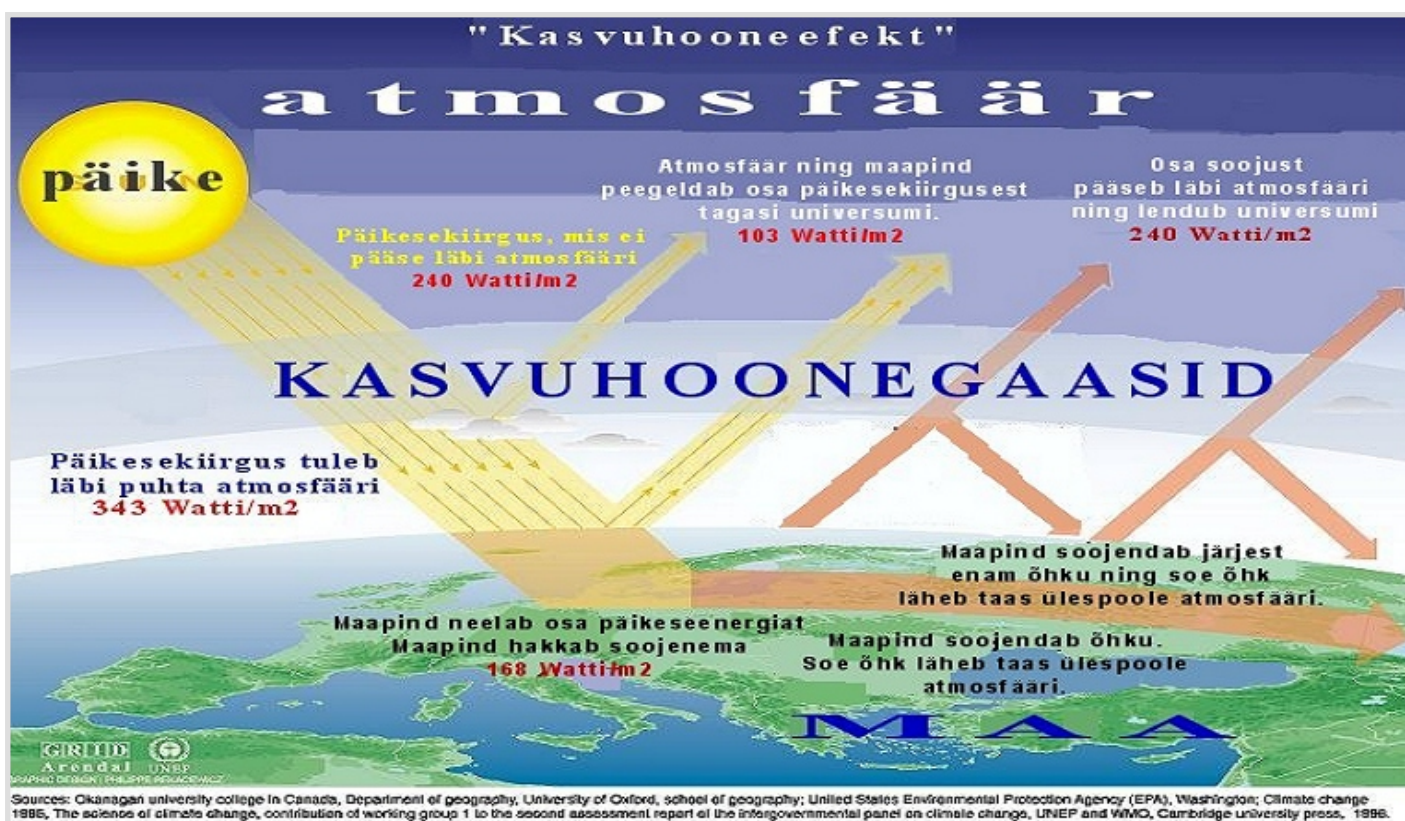
Mõistet „kasvuhooneefekt” kasutati alguses klaaskasvuhoones valitsevate tingimuste kirjeldamiseks. Sellise kasvuhoone klaasruutude all tõuseb temperatuur päikesepaiste ajal ümbritsevast kõrgemale, nii et taimed hakkavad varem kasvama, õitsema ja vilju kandma.

Kasvuhooneefekti olemasolu tõestas juba 20. sajandi alguses Nobeli preemia laureaat Svante Arrhenius. Ta juhtis tähelepanu süsinikdioksiidi (CO₂) suurele tähtsusele atmosfääris, kuigi selle kogus on tühine (kõigest 0,03 massiprotsenti).

Suurem osa päikesekiirgusest jõuab läbi atmosfääri maapinnale, kus osaliselt neeldub, osaliselt aga peegeldub tagasi. Selle tagajärjel planeedi pind soojeneb ning hakkab omakorda kiirgama energiat, kuid juba suurema lainepikkusega soojuskiirgusena (infrapunakiirgusena). Lühilaineline päikesekiirgus läbib atmosfääri kergesti, kuid pikalaineline soojuskiirgus suures osas neeldub teatud gaasides.

Soojuskiirgust neelavad nn. kasvuhoonegaasid töötavad nagu kasvuhoone klaaskatus: lasevad läbi Päikeselt Maale tuleva kiirguse, kuid takistavad soojuse tagasipeegeldumist Maalt.

Vt. järgnevat joonist



Maa atmosfääris täidavad klaasruutude rolli nn kasvuhoonegaasid.

KASVUHOONENÄHTUS ON LOODUSLIK ILMING, MIS ON HÄDAVAJALIK MAAKERA ELUSTIKULE.

Kui soojus kiirguks maapinnalt takistuseta tagasi, siis maakera keskmine temperatuur oleks -21°C, praeguse +14° asemel. Kogu maakera oleks siis kaetud jääga ja eluks kõlbmatu. Siit järeldub, et kasvuhooneefekt on tegelikult normaalne eluks hädavajalik nähtus ja selles pole midagi ebaloomulikku.

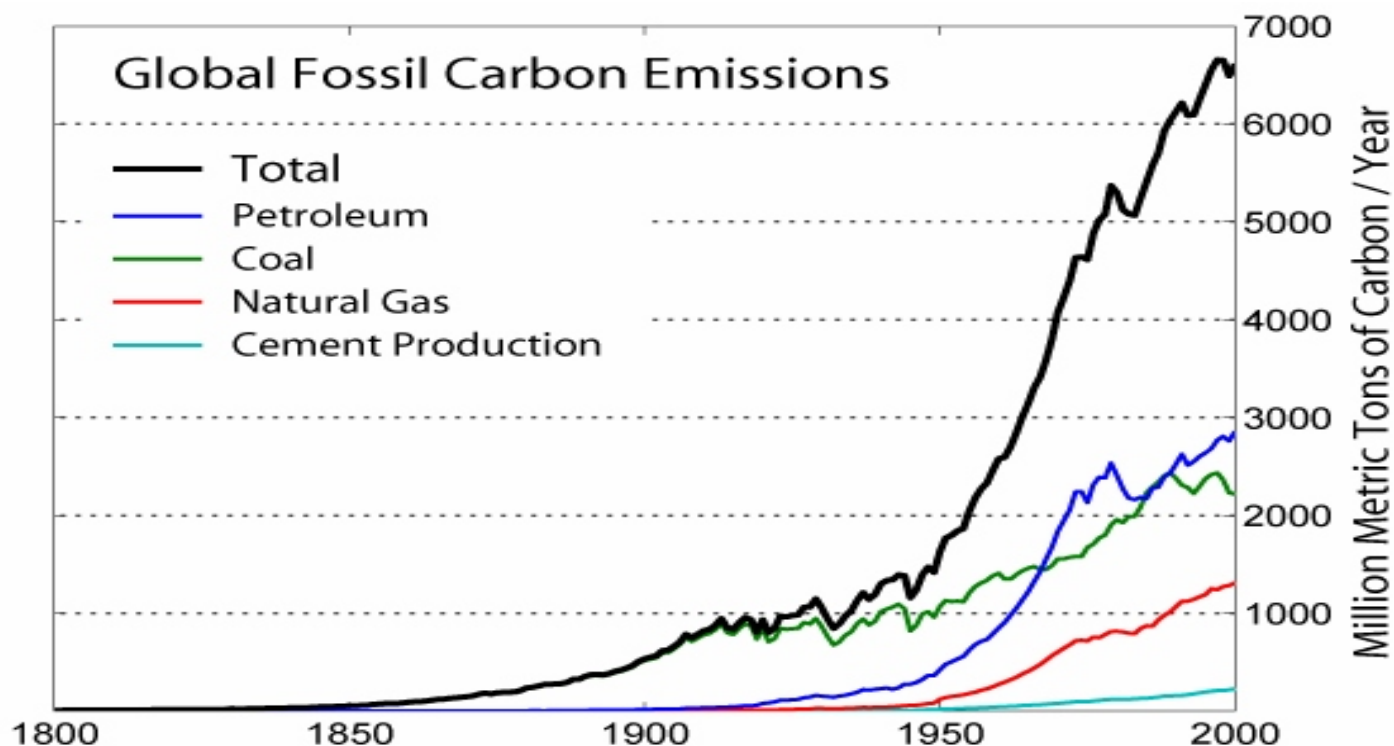
Lisaks kirjeldatud looduslikule kasvuhooneefektile

esineb aga ka inimeste põhjustatud (inimtekkeline) kasvuhooneefekt, mis hakkas ilmema alates tööstusliku arengu algusest 19. sajandil ja tõusis hüppeliselt 20. sajandi 50ndatel aastatel.

Ajavahemikus 1970 - 2004 suurenesid kasvuhoonegaaside heitkogused kogu maailmas 70%.

Energeetikasektoris oli kasv 145%, transpordisektoris 120% ja tööstussektoris 65%.

Metsadevähenev suutlikkus imada süsinikdioksiidiheteid ja muutused maakasutuses on põhjustanud 40%-lise kasvu.



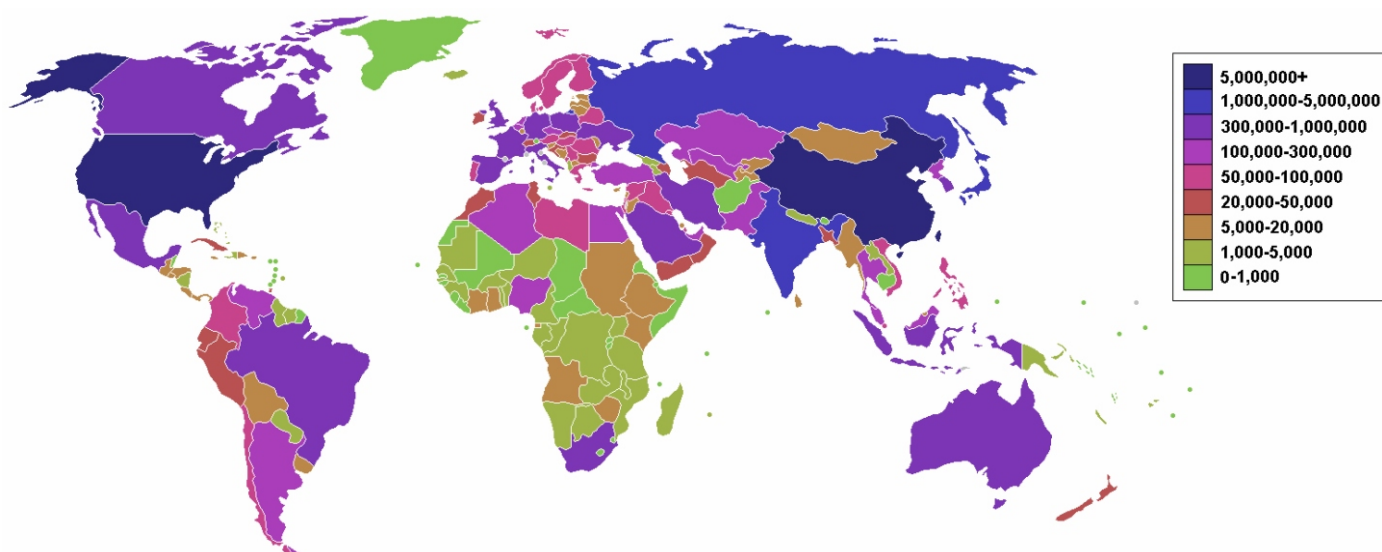
Graafik 1: CO₂ emissiooni kasv maailmas perioodil 1800-2000 (miljonit tonni CO₂/aastas)

Selle põhjuseks on peamiselt süsinikdioksiidi (CO₂), metaani (CH₄), diämmastikoksiidi (N₂O) ja sünteetiliste gaaside (CFC-de, HCFC-de, HFC-de, PFC-de ja SF₆) heitkoguste kiire kasv. Inimtekkelised gaasid on eriti ohtlikud, sest püsivad atmosfääris väga pikka aega.

Eelmisel sajandil tõusis atmosfääri üleilmne keskmine temperatuur umbes poole kraadi võrra. Loomulikult on väga pikkade perioodide jooksul alati

esinenud keskmise temperatuuri looduslike kõikumisi. Murelikuks ei tee aga mitte ainult temperatuuri tõus, vaid eelkõige selle tõusu kiirus. **Alates tööstusliku arengu algusest on atmosfäär soojenenud rohkem kui eelmise tuhande aasta jooksul** ja see suundumus läheb edasi tõusvas joones.

Kui midagi ette ei võeta, võib üleilmne keskmine temperatuur saja aasta pärast olla ligikaudu neli kraadi praegusest kõrgem.



Joonis 1. CO₂ emissioon riikide kaupa. Tumesinisega on märgitud kõige enam CO₂ atmosfääri heitvad riigid.

1.1.2 Millist mõju avaldab kliima soojenemine meie keskkonnale?

Kui temperatuur tõuseb 2°C võrra :

- Rohkem kuumaperioode Euroopas. Kui keskmine temperatuur tõuseb üle kahe kraadi, on Euroopas sellised suved üle aasta.
- Liustike sulamiskiirus kasvab.
- Vahemere ääres paiknevad riigid muutuvad soojemaks ja kuivemaks, neid piirkondi tabab veepuudus.
- Merevee kõrgem tase mõjutab madalal asuvaid rannikulinnu.
- Üleujutused Indias ja Bangladeshis toovad kaasa inimeste väljarände.
- Põhjapoolkeral kasvavad paljud taimed paremini ja saak muutub suuremaks, samal ajal kui Aafrika ja Austraalia saigid muutuvad väiksemaks.
- Ökosüsteemid muutuvad, osa liike ja elupaiku hävib.
Kui globaalne keskmine temperatuur tõus ületab 1,5-2,5°C, pannakse ligikaudu 20-30% taimede või loomaliikidest suurenenud väljasuremise ohtu.
- Maailmamere teatud osad muutuvad happeliseks, mis omakorda panen ohtu elu nurgakivi planktoni.

Kui temperatuur tõuseb 3-4°C võrra:

- Polaarialade jää sulab.
- Elustik Arktikas (nt jääkarud) satub oma elupaiga kadumise tõttu väga rasketesse tingimustesse ja võib välja surra.
- Liigid (sh inimene) ja elupaigad liiguvad põhja suunas, mägedes tõuseb lumepiir kõrgemale.
- Liustikud sulavad (näiteks Himaalajas, Andides ja Hindu Kuši mäestikis Pakistani ja Afganistani vahel). Selle tagajärjel jäävad paljud inimesed oma elutegevuses veeta ning toidu kasvatamine muutub liustike veest sõltuvates piirkondades keeruliseks või võimatuks. Liustike sulamise poolt ohustatud piirkondades elab 1 miljard inimest.
- Veemasside soojuspaisumise ja polaarjää sulamise tagajärjel tõuseb merepinna tase ja ka veetemperatuur. Üleujutuste risk suureneb. Mõned riigid võivad jääda vee alla (näiteks Maldiivid)
- Suurenevad kinnisvarakahjustused.
- Rannikualadel suureneb üleujutuste, erosiooni ja märgalade hävimise risk.

- Läänemere piirkonnas suureneb sademete hulk talvel oluliselt, kusjuures suurem osa sademest tuleb maha vihmana. Ilm on pikalt hall, sombune ja sajune.
 - Suvel pikenevad kuivaperioodid, suurendades metsade tuleohtu ja kahjustades saaki. Kuigi taimed kasvavad kiiremini kui praegu, tekib ka rohkem kahjureid ja taimehaigusi. Läänemere maade soojem kliima sobib suurepäraselt puukidele.
 - Kõrbed levivad - ka Euroopasse, näiteks Hispaania lõunapiirkondadesse, kus toodetakse väga suur osa Euroopas söödavatest tomatitest, maasikatest ja muudest köögiviljadest. Lõuna-Euroopas suurenevad ühtlasi mageveevarude probleemid.
 - Äärmuslikud temperatuurid muutuvad kõrgemaks ja temperatuuri kõikumine päeva jooksul väheneb. 2003. a suve kõrgete temperatuuride (mõnedes piirkondades üle 40 kraadi varjus) tõttu suri ainuüksi Prantsusmaal 15 000 inimest ja terves Euroopa 33 000. Enamus neist olid vanad ja haiged. Suremus kasvab 22°C juures. 30 kraadi juures tõuseb suremus juba 10%.
 - Mulla kvaliteet halveneb (eriti erosiooni tagajärjel). Põhjapoolses piirkonnas metsa kasvutempo kiireneb, lõuna pool aeglustub. Teatud osa maailmas kasutatavast põllumajandusmaast langeb ebasobivate kliimatingimuste tõttu kasutusest välja, mis toob kaasa toidunappuse ja toiduhindade tõusu. Samuti väheneb kalanduse potentsiaal.
 - 2020. aastaks võib mõnedes Aafrika riikidest vihmaga niisutatavatel põllumajandusaladel saagikus väheneda kuni 50%.
 - Ebasobivaks muutuvate elutingituste tõttu tekib üha ulatuslikumaks muutuv kliimamigratsioon. Ainuüksi 2008. a pidi enam kui 20 miljonit inimest ootamatute kliimakatastroofide tõttu oma kodust lahkuma. Arvatakse, et 2050. a on see arv juba 200 miljonit.
 - Suured rahvahulgad lähevad liikvele, et leida eluks sobivaid olusid. See toob omakorda kaasa rahutused, terrori ja sügavad konfliktid erinevate rahvusgruppide vahel. Pole välistatud, et ka Eesti peab hakkama kliimapõgenike temaatikaga tegelema.
- Mõju transpordile, energiasektorile ja tööstussektorile on suhteliselt väike; osaliselt võib mõju olla ka positiivne.

Kliimakaart:

Maailma kaart temperatuuri 4 kraadise tõusu juures:

<http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=1104943/kliimakaart.pdf>

1.1.3 Millist mõju avaldab kliima soojenemine meie tervisele?

See, mis siin Põhja Euroopas tundub väiksemate küttekulude näol esialgu positiivne, omandab vastupidise tähenduse, kui kliima soojeneb kogu maailmas nii, nagu ennustatud - nelja-viie kraadi võrra.

Ainuüksi Kesk-Euroopas - täpsemalt Saksamaal - esines 2007. aastal kuumuse tõttu 4500 surma-juhtumit. Asjatundjad arvavad, et kui pidurdamatu soojenemine jätkub, on see arv 2085. aastaks juba 16 000. Kliimast põhjustatud tervisemured hakkavad tekkima eelkõige vanematel inimestel ja haiglaravi vajajate arv mitmekordistub, tuues kaasa miljardite ulatuvad tervishoiukulud.

Vaatlusandmed lubavad järeldada, et ka allergia ja putukate poolt edasikantavate nakkushaiguste arv kasvab. Üha soojemate talvede tõttu on päris suur oht puugihammustuse tagajärjel ohtlikku puukentsefaliiti (ajukelmepõletikku) ja puukborellioosi nakatuda.

Puukide Euroopa levikukaart:
<http://www.puuk.ee/?content=30>

Eesti, Läti ja Leedu on kõrge riskiga piirkonnad. Eestis registreeriti 2009.a 179 puukentsefaliidi juhtu ja 1787 borreliosisjuhtu. Puugihooaeg kestab tavaliselt aprillist oktoobrini, kuid pehme talv võib seda oluliselt pikendada. Puuk muutub aktiivseks, kui ööpäeva keskmine temperatuur on + 5 kraadi.

Ka hantaviiruse (palavik, kõhuvalu) esinemine hakkab ilmselt suurenema. Selle haiguse põhiline edasikandja on harilik lethiir, kes sigib soojadel talvedel samuti rohkem. Koduloomade kaudu leiab see viirus tee inimeseni. Ka muud seni enamasti lõuna pool esinevad haigused levivad põhja suunas.



1.1.4 Kliimamuutuste plussid ja miinused

GLOBALNE PERSPEKTIIV

- + kasu põllumajandusele tööstusmaades
- kahju põllumajandusele arengumaades
- põud ja üleujutused
- merepinna tase tõuseb
- loodus kannatab: globaalselt on 20-30% taime- ja loomaliikidest enne sajandi lõppu väljasuremise ohus (arv sisaldab ainult kliimamuutuste osatähtsust!).
- sotsiaalsed tagajärjed, keskkonnapagulased (sajandi lõpul võib olla 200 miljonit keskkonna-pagulast); tekib võitlus maa ja ressursside pärast, terrorism, sõjad.

KOHALIK PERSPEKTIIV

- + põllumajanduse kasvuperiood pikeneb
- + kütteenergia kasutamine väheneb ja kütte-
-arved vähenevad
- + merejää kahaneb
- + turismisektoril hakkab suvel hästi minema, sest paljud turistid valivad liigakuumaks muutunud sihtkohtade asemel Eesti
- pimedad, lumeta talved
- uued taimehaigused, kahjulikud putukad jne.
- suvel endisest sagedamini põuda, kuid vahepeal ka üleliigselt vihma
- mere veetaseme tõus
- talispordile ja suusavõistluste korraldamisele mõjuvad soojad talved halvasti.

VÖRRELDES GLOBALSETE KATASTROOFIDEGA ON MEIE PIIRKONNA POSITIIVSED JA NEGATIIVSED TAGAJÄRJED EBAOLULISED.

Kliimamuutused on muutumas majandusliku ja sotsiaalse arengu ja vaesuse vastase võitluse peamiseks takistuseks maailmas.

Kahjuks langeb kliimamuutuste mõjude kandmise põhiraskus ebaproportsionaalselt raskelt vaestele piirkondadele - neile, kes pole kliimamuutusi põhjustanud ja kellel pole vahendeid nendega võidelda. Heitkoguste vähendamise kõrvalt tuleb kindlasti hakata tegelema ka kliimamuutuste mõjudega kohandumisega.

Rahvusvahelised jõupingutused kasvuhoonegaaside heitkoguste ohjeldamiseks

Praegu reguleerivad rahvusvahelisel tasandil kliimamuutuste valdkonda 1992. a juunis sõlmitud Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni kliimamuutuste raamkonventsioon ning 1997. aastal Jaapanis vastu võetud Kyoto protokoll.

2.1 Kliimakonventsioon

1992. aasta juunis sõlmiti Rio de Janeiros Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni (ÜRO) kliimamuutuste raamkonventsioon (**United Nations Framework Convention on Climate Change UNFCCC**) (edaspidi konventsioon), millega ühines rohkem kui 150 riiki. Konventsioon jõustus 21. detsembril 1993. aastal, kui 50 riiki oli selle ratifitseerinud. Eesti ratifitseeris konventsiooni 27. juulil 1994. aastal.

Konventsiooni põhieesmärk oli stabiliseerida kasvuhoonegaaside heitkoguste tase aastaks 2000 samale tasemele, mis oli 1990. aastal. Konventsioon seab selle saavutamiseks konventsiooniosalistele vastavad kohustused ja põhimõtted.

KONVENTSIOONIST TULENEVALT ON RIIGID JAGATUD 3 OSSA:

- Lisa I riigid, kuhu kuuluvad arenenud (Majandusliku Koostöö ja Arengu Organisatsiooni (OECD) liikmesriigid) ja üleminekumajandusega riigid;

Sellesse gruppi kuulub ka Eesti

- Lisa II riigid, kuhu kuuluvad ainult Majandusliku Koostöö ja Arengu Organisatsiooni liikmesriigid;
- Ülejäänud ehk arengumaad.

Konventsiooniosalised peavad kaitsma kliimasüsteemi praeguste ja tulevaste inim põlvkondade huvides. Seda on võimalik saavutada ainult kooskõlas konventsiooniosaliste ühise, kuid diferentseeritud vastutusega ja vastavate võimalustega.

Järelikul peavad Lisa I konventsiooniosalised (arenenud riigid) võtma enda peale juhtiva osa kliimamuutuste ning nende ebasoodsate tagajärgedega võitlemiseks.

Konventsiooniosalised on näiteks kohustatud perioodiliselt välja andma riiklikke inventuuriaruandeid kõigi osoonikihti kahandavate ainete Montreali protokolliga reguleerimata kasvuhoonegaaside antropogeensete heitkoguste ja neeldumiste kohta. Eesti inventuuriaruanded on kätte-saadavad Keskkonnaministeeriumi veebist.

Konventsiooniosalised peavad rakendama ka abinõusid kliimamuutuste ennustamiseks, ära hoidmiseks või minimeerimiseks ning nende ebasoodsate tagajärgede leevendamiseks.



2.2 Kyoto protokoll

11. detsembril 1997. aastal võeti Jaapanis Kyotos kliimamuutuste raamkonventsiooni osapoolte kolmanda konverentsi raames vastu Kyoto protokoll. Eesti ratifitseeris Kyoto protokoll 14. oktoobril 2002. aastal

See protokoll mõjutab kõiki suuremaid majandus-sektoreid ja seda peetakse kõige kaugemale ulatuva mõjuga keskkonna ja säästva arengu kokkuleppeks, mis kunagi vastu võetud.

Kyoto protokoll eesmärgiks on seatud siht vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid Lisa I riikide seas (kuhu kuulub ka Eesti) aastatel 2008-2012 5% võrreldes aastaga 1990 (nn baasaasta). Eesmärgi saavutamiseks on esitatud kolm paindlikku mehhanismi: ühisorakendus, puhta arengu mehhanism; heitkogustega kauplemine.

Arengumaadel konkreetseid kvantitatiivseid kohustusi ei ole.

Kyoto protokolliga reguleeritakse kuut peamist kasvuhoonegaasi, milleks on:

- süsinikdioksiid (CO_2);
- metaan (CH_4);
- diämmastikoksiid (N_2O);
- fluorosüsivesinikud (HFC-d);
- perfluorosüsivesinikud (PFC-d);
- väävelheksafluoriid (SF_6).

Kyoto protokoll raames võttis Euroopa Liit endale kohustuse vähendada inimtekkeliste kasvuhoonegaaside heitkoguste koguhulka 8% võrra ajavahemikus 2008 kuni 2012, võttes seejuures aluseks baasaastaks määratud 1990. a väärtused.

Lisaks kohustuste kehtestamisele seoses heitgaaside vähendamisega sisaldab Kyoto protokoll ka kindlaid nõudeid heitkoguste seire ja aruandluse kohta. Kõige muu hulgas tuleb igal riigil luua register kasvuhoonegaaside heitkogustega kauplemise kohta ja tagada protsessi läbipaistvus.

Võrreldes 1990. aasta tasemega on Eesti vähendanud kasvuhoonegaaside (KHG) heitkoguseid ligi poole võrra. 1990.a oli heitkogused kokku 41 935 tuhat tonni CO_2 ekvivalenti ja 2007. aastal 22 018 tuhat tonni, seega on vähenemine olnud summaarselt 47,5%.

Kuna Kyoto protokoll kohustusperiood lõppeb 2012, siis sellest tulenevalt on vajadus uue globaalse kliimalepingu järele.

Kopenhaagenis võeti 2009.a vastu küll lühike, väga üldine kokkulepe (*Copenhagen Accord*), kuid siduvaid eesmärke ja meetmeid see ei sisaldanud.

Mehhikos, Cancunis 2010.a lõpus toimunud Kyoto protokoll osaliste konverentsil edu ei saavutatud.

Läbimurre saavutati 2011.a detsembris Lõuna Aafrikas, Durbanis. Pärast 2 nädalat toimunud läbirääkimisi, leppisid 195 konventsiooni osalist kokku Euroopa Liidu poolt soovitatud edasistes sammudes: 2015 aastakse koostatakse kliimalaste tegevuste uus õiguslik raamistik. Durban konverentsil lepiti kokku ka Kyoto protokoll teises kohustuste perioodis ja loodi uus Rohelise kliima fond, millega rahastatakse arengumaade tegevusi.



VIIMASE PAARI AASTA JOOKSUL ON EUROOPAS TEHTUD PALJU SELLEKS, ET KLIIMAMUUTUSTE MÕJUSID VÄHENDADA NING KOHANEDA PAREMINI TOIMUVATE MUUTUSTEGA. Euroopa Liit on võtnud eesmärgiks vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid võrreldes 1990. aastaga vähemalt 20% ning juhul kui ka teised arenenud riigid võtavad võrreldavaid kohustusi, on Euroopa Liit valmis vähendama heitkoguseid 30%. Samuti soovib Euroopa Liit liikuda energiasäästlikuma ning jätkusuutlikuma majanduse suunas. Aastaks 2020 tahetakse suurendada energiasäästu võrreldes baasstsenaariumiga 20%.

EUROOPA LIIDU LIHKMESRIIGID VÕTSID 2008. AASTA LÕPUS VASTU ENERGIA- JA KLIIMA-PAKETI, mis näeb ette meetmeid lisaks kasvuhoonegaaside vähendamisele ka taastuvenergia osakaalu suurendamiseks. Euroopa Liidu ühine eesmärk on taastuvenergia osakaalu suurendada 20%-le energiatarbimisest, sh viia taastuvenergiaallikate osakaal transpordisektoris 10%-le. Eesti taastuvenergia osakaal peab aastaks 2020 olema 25%.

ÜRO VALITSUSTEVAHELISE KLIIMAMUUTUSTE EKSPERTRÜHMA AVALDATUD NELJAS HINNANGUARUANNE toob välja, et 2°C eesmärgi saavutamiseks peavad kõik arenenud riigid 2020. aastaks ühiselt vähendama oma Kasvuhoonegaaside heitkoguseid 25-40% võrra 1990. aasta tasemega võrreldes ning korraldama oma majanduse järgmiste aastakümnete jooksul ümber, et vähendada 2050. aastaks oma kasvuhoonegaaside heitkoguseid 80-90% võrra.

Euroopa Liit on seadnud eesmärgiks hoida oma juhtrolli maailmas kliimamuutustega võitlemises ning mitte lasta maakera temperatuuril tõusta rohkem kui 2°C võrra, võrreldes tööstusrevolutsiooni eelse tasemega.

Käib võidujooks selle nimel, et temperatuur ei tõuseks üle pöördepunktiks peetava 2 °C. Kui ülemaailmsed heitkogused ei stabiliseeru hiljemalt 2020. aasta paiku ega vähene seejärel 2050. aastaks umbes pooleni 1990. aasta tasemest, siis on võidujooks tõenäoliselt kaotatud.

Kliimamuutuste võimalikud tagajärjed on kogu inimkonna ühine mure ja sellest tulenevalt on vaja saavutada kiiret edu tehnoloogia arendamises ja teha rahvusvahelist koostööd keskkonnaprotsesside reguleerimise vallas. Arenenud riikide tööstus on tänaseks kõrgel järjel, kuid selle saavutamiseks on need riigid ära kasutanud suurema osa maailmas toodetud energiast, põhjustanud suurema osa reostusest ja paisanud õhku rohkesti süsinikdioksiidi.

Tänaseks on need riigid arendanud majandust ja tööstust tasemeni, kus nii energiakasutus kui saastumine hakkavad stabiliseeruma. Arengumaad aga liiguvad alles sinna poole. Sellest hakkab lähtuma ka energiatarbimise tõus ja saastamise suurenemine. Sellest kõigest lähtuvalt riigid peavad ühiselt lahendusi leidma.



Fluoritud kasvuhoonegaasid

3.1 Mis on fluoritud kasvuhoonegaasid?

Fluoritud kasvuhoonegaasid ehk F-gaasid (HFC-d, PFC-d ja SF₆) on inimese poolt loodud kemikaalid, mida kasutatakse erinevates tööstusharudes ja rakendustes.

- külma- ja kliimaseadmetes;
- tuletõrjes;
- vahu tootmisel;
- lahustitena;
- kõrgepingejaotlates;
- aerosoolides (nt astmaravimites).

Need gaasid on saanud populaarseks alates 1990ndatest asendusena osoonikihti kahandavatele ainetele, mida sel ajal enamuses sellistes rakendustes kasutati.

Osoonikihti kahandavate ainete (OKA-d) **Montreali protokoll**i raames tehtud ülemaailmsed jõupingutused osoonikihti kahandavate ainete järkjärguliseks kasutuselt kõrvaldamiseks on viinud CFC-de ja haloonide asendamisele HCFC-dega, HFC-dega, PFC-de ning teiste alternatiivide ja/või protsessidega.

Ainete ohtlikkusastme määramiseks kasutatakse mõistet "**globaalset soojenemist põhjustav potentsiaal**" (GWP - *global warming potential*), mis iseloomustab fluoritud kasvuhoonegaasi mõju kliimasoojenemisele võrrelduna süsinikdioksiidi poolt põhjustatud mõjuga. GWP väärtus saadakse, kui arvutatakse välja ühe kilogrammi gaasi soojenemist põhjustava potentsiaali ja ühe kilogrammi süsinikdioksiidi soojenemist põhjustava potentsiaali suhe 100 aasta kohta.

Täielikult halogeenitud klorofluorosüsinikud (CFC-d), haloonid ja osaliselt halogeenitud klorofluorosüsinikud (HCFC-d), mida kasutatakse laialdaselt statsionaarsetes külma- ja kliimaseadmetes ning soojuspumpades, põhjustavad osoonikihi kahanemist ja kliimamuutusi, samas kui fluoritud kasvuhoonegaasid: fluorosüivesüsinikud (HFC-d), perfluorosüsinikud (PFC-d) ja väävelheksafluoriid (SF₆) põhjustavad ainult kliima soojenemist.

HFC-d, PFC-d ja SF₆ - kuuluvad CO₂, CH₄ ja N₂O kõrval kasvuhoonegaaside hulka ning on hõlmatud Kyoto protokolliga. Kuigi nende gaaside heitkogus on CO₂-ga võrreldes väike, on nende globaalse soojenemise potentsiaal väga suur, SF₆ GWP on isegi 22 200 (CO₂ GWP on ainult 1).



Kuigi teaduslike uuringute tulemusel on nende gaaside mahuline emissioon võrreldes energia-sektorist eralduva CO₂ emissiooniga väike, on **F-gaaside globaalse soojenemise potentsiaal väga suur:**

Levinud külmaainete GWP on järgmine:

Gaas	GWP
R-134a (HFC 134a)	1 300
R- 404a	3 260

See tähendab, et:

- 1 tonn R-134a vastab 1 300 tonnile süsinikdioksiidile
- 1 tonn R 404-a vastab 3 260 tonnile süsinikdioksiidile

Lekke võrdlemine elektritarbimisega

Keskmine Bosch külmik tarvitab aastas 139 kWh elektrit.

1 kWh elektri toomisel vabaneb 0,537 kg CO₂.

Seega 1 kg R404A on sama mõju kui külmiku kasutamisel 44 aasta jooksul (arvutatud 3260 / (139 x 0,537)).

Lekke võrdlemine kaubikuga sõitmisega

Keskmine kaubik tekitab 0,180 kg CO₂/1 km.

Seega toodetakse 1 kg CO₂ (1 / 0,180 kg = 5,6 km).

R404A GWP on 3260, s.t 1kg R 404-l on sama mõju kui 3260 kilogrammil CO₂-l.

Seega 1 kg R 404 a = 3260 kg CO₂

5,6 km x 3260 = 18 256 km.

Maa ümbermõõt on piki ekvaatorit 40 075,004 km.

40 075,004 / 18 256 km = 2,195

Seega ca 2,2 kg R 404 a leke annab CO₂ ühikutele ümber arvestatuna sama koguse kui keskmise kaubikuga ümber maailma sõitmine.

Need on väga kasulikud võrdlused, kui F-gaaside lekke mõjust rääkida.



3.2 Fluoritud kasvuhooonegaaside nimekiri

Määrus hõlmab kõiki külmaaineid, mis:

- on puhta ainenä loetletud määruse (EÜ) nr 842/2006 lisas või
- mis sisaldavad külmaainete segudena vähemalt ühte I lisas nimetatud ainetest ja mille globaalset soojenemist põhjustav potentsiaal (GWP) on üle 150.

Määruses lisas I toodud nimekiri:

Fluoritud kasvuhooonegaas	Keemiline valem	GWP
Väävelheksafluoriid	SF ₆	22 200
Fluorosüsivesinikud (HFC-d):		
HFC-23	CHF ₃	12 000
HFC-32	CH ₂ F ₂	550
HFC-41	CH ₃ F	97
HFC-43-10mee	C ₅ H ₂ F ₁₀	1 500
HFC-125	C ₂ H ₂ F ₅	3 400
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄	1 100
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1 300
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	120
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃	330
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃	4 300
HFC-227ea	C ₃ H ₂ F ₇	3 500
HFC-236cb	CH ₂ FCF ₂ CF ₃	1 300
HFC-236ea	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	1 200
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	9 400
HFC-245ca	C ₃ H ₃ F ₅	640
HFC-245fa	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	950
HFC-365mfc	CF ₃ CH ₂ CF ₂ CH ₃	890
Perfluorosüsiniikud (PFC-d)		
Perfluorometaan	CF ₄	5 700
Perfluoroetaan	C ₂ F ₆	11 900
Perfluoropropaan	C ₃ F ₈	8 600
Perfluorobutaan	C ₄ F ₁₀	8 600
Perfluoropentaan	C ₅ F ₁₂	8 900
Perfluoroheksaan	C ₆ F ₁₄	9 000
Perfluorotsüklobutaan	c-C ₄ F ₈	10 000

Kõige levinum F-gaaside grupp on **HFC-d**. Neid kasutatakse erinevates tööstusharudes ja rakendustes, näiteks külmainena jahutus- ja kliimaseadmetes ning soojuspumpades, vahttoodete valmistamisel (nt. akende ja uste paigaldamisel kasutatavad montaaživahud), tuletõrjegaasina, aerosoolide propellandina ning lahustitena.

HFC-sid on erinevate külmutusrakenduste puhul kasutatud 1990ndate aastate keskpaigast osoonikihti kahandavate CFC-de (nt R-12) ja HCFC-de (nt R-22) asendusainetena. HFC-de termodünaamilised omadused on väga laias ulatuses, mis teeb konkreetseteks vajadusteks sobiva külmaaine 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-de gaaside peamiseks miinuseks on aga nende kõrge globaalse soojenemise potentsiaal (GWP).

PFC-sid kasutatakse harilikult elektroonikasektoris (nt silikoon-toorikkristallide plasmapuhastamisel) ning kosmeetika- ja ravimitööstuses (toidu lisaainete ja maitseainete ekstraheerimisel), kuid vähesel määral ka külmutusseadmetes CFC-de asendusena, tihti koos teiste gaasidega. Minevikus kasutati PFC-sid ka tulekustutusainena ning neid võib siiani leida vanematest tuletõrjesüsteemidest.

Sf₆ on kasutuses peamiselt isoleeriva gaasina kõrgepingejaotlates lülitamise kaarlahenduse kustutamiseks ning kattegaasina magneesiumi ja alumiiniumi tootmises.

SAGELI KASUTATAVAD KÜLMAAINED, MILLELE LAIENEB EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGUMÄÄRUS (EÜ) 842/2006.

Aine või segu	Koostisosad	GWP
R-134 A	R-134 A	1 300
R 404 A	R-125/R-143 a/R-134 a (44/52/4)	3 260
R 407A	R-32/R-125/R-134 a (20/40/40)	2 000
R 407 C	R-32/R-125/R-134 a (23/25/52)	1 525
R 410 A	R-32/R-125 (50/50)	1 725
R 507	R-125/R-143 a (50/50)	3 300

R = ingl.k *refrigerant*, st külmaaine

Ülevaatlik tabel külmaainete segudest on esitatud lisas 1.

3.3 Fluoritud kasvuhoonegaaside keemilis-füüsikaline iseloomustus

F-gaasid on normaaltingimustel (ruumitemperatuur, normaalrõhk) gaasilisel kujul, keemistemperatuuriga tavaliselt alla -10 °C (normaalrõhul). Mõõdukalt ülerõhul lähevad nad üle vedelfaasi. Neid tuleb hoida surugaasimahutites, näiteks teraspudelites. Täidetud pudelites on vedel ja gaasiline faas alati tasakaalus; sellisel juhul on tegemist tüüpiliste „vedelgaasidega“.

Muudeks tuntud vedelgaasideks on näiteks kütus „vedelgaas“, ammoniaak või süsinikdioksiid. kui surve all olevat vedeliku ja gaasi segu kiiresti rõhu alt vabastada (lasta paisuda), jahtub see adiabaatselt (st, koormates segu enda energiasaldust). Sellised olekumuudatused ja faasiüleminekute seisundid muudavad need ained külmatehniliste rakenduste jaoks huvipakkuvaks. Gaasi veeldamiseks peab temperatuur olema nn kriitilisest temperatuurist madalam. Väga madalala kriitilise temperatuuriga

gaase loeti varem mitteveeldatavateks ja „püsigaasideks“ (lämmastik, hapnik, vesinik). Kriitilisi parameetreid ületavat seisundit nimetatakse tänapäeval „ülekriitiliseks“ ja seda esineb teatud rakenduste juures.

Rõhu ja temperatuuri (p/T) kriitilised väärtused sõltuvad tugevasti konkreetsest aineist. Enamike F-gaaside väärtused 70...110 °C või 30...50 bar, keemistemperatuur omab normaalrõhul laia vahemikku -80 ja -12 °C. Võrdluseks, süsinikdioksiidi väärtused on umbes 31 °C/74 bar, NH₃ väärtused 132 °C / 114 bar. See tähendab, et rõhu alt vabastatud vedelad F-gaasid aurustuvad vabas õhus kiiresti ja lähevad kaduma. Sellist kiiret mahu suurenemist saab ära kasutada väljasurumisainena kasutamisel, näiteks vahu tekitamisel ja aerosoolpakendites.

3.4 F-gaaside ja nende asendajate olulised tehnilised ja ökoloogilised omadused

Peale fluori sisaldamise iseloomustab F-gaase nende kõrge tehniline kasulikkus:

- ei ole inimestele, loomadele ja taimedele mürgine
- lõhna- ja maitseomadustelt neutraalne
- inertne, keemiliselt stabiilne, sest on väga reaktsiooniloid (ka kõrge temperatuuril)
- mittekorrodeeriv
- mittepõlev (väheste eranditega), ei ole plahvatusohtlik
- omab headele külmaainetele iseloomulikke termodünaamilisi omadusi (kriitiliste parameetrite soodus paiknemine; piisab mõõdukast rõhust; kõrge aurustumisentalpia [latentne soojus], võimalikud on kõrged kasutusnäitajad)
- madal soojusjuhtivus (gaasilises olekus).
- 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.

F-gaasidest loobumine tähendab sageli seda, et teatud aseinad on avariiõhtlikud.

F-gaaside ökoloogiliselt tähtsad omadused

Üksikute halogeenitud klorofluorosüsivesinike, perfluoreeritud süsivesinike ja SF₆ atmosfääris kindlaks tehtud kontsentratsioonid on suurusjärgus

„osa miljardi kohta „(ppt)¹. Nende eluiga atmosfääris on kas suhteliselt pikk (HFC-d) või väga pikk (SF₆), mis üldiselt on siiski kasvava trendiga. Mõnede ainete kontsentratsioon on viimastel aastatel tugevasti kasvanud. Fluoreeritud ühendite bioloogiline toime on vähene ja kahjulik mõju tekib alles kõrge kontsentratsiooni juures. Arvestades fluoreeritud gaaside väga madalat kontsentratsiooni atmosfääris, ei ole kaalukad ei nende inim- ega ökotoksikoloogilised aspektid. Osoonikihti kahjustavaid omadusi (ODP = *ozone depletion potential* - osoonikahanduspotentsiaal) need ained ei oma.

F-gaaside aineomastest (sisemistest) keskkonnaga seotud omadustest on võrdlevates uuringutes tulnud negatiivses mõttes esile eelkõige nende ainete mõju kliimale ja nende püsivus. Positiivsest küljest on tulnud esile ainult nende reeglina väheselt väljakujunenud mürgisus inimestele ja nende vähene põlevus. Eelmises lõigus vaadeldud tehnilised omadused ei ole seejuures mänginud mingit rolli. Nende mõlema omaduse suhtes tuleb teha vahet vesinikku sisaldavate (halogeenitud süsivesinike) ja perfluoreeritud süsivesinike vahel.

Halogeenitud süsivesinikke iseloomustab see, et erinevalt perfluoreeritud süsivesinikest sisaldab nende molekul veel vesinikuaatomeid, mida saab elimineerida hüdroksüül-radikaalidega (OH-radikaalidega, mida loetakse ka atmosfääri „pesuaineteks“) reageerimise teel. Halogeenitud süsivesinikke saab atmosfäärist kiiremini lahutada, „abstraheerida“ kui perfluoreeritud aineid. Selline primaarsamm („H-abstraktsioon“) on elimineerimiskiiruse suhtes otsustav. See määrab ära ka aine eluea. Edasine lagundamine toimub radikaalselt erinevate vaheproduktide või reaktsioonikanalite kaudu suhteliselt kiiresti. Elimineerimise muud tegurid, näiteks fotolüüs, adsorptsioon ja väljapesu ei muutu seejuures domineerivaiks. Perfluoreeritud süsivesinikel ja SF₆-l puudub seevastu H-abstraktsiooni võimalus. Need molekulid on seetõttu ebaharilikult püsivad ja ei lagundu seetõttu fotolüütiliselt ei troposfääris ega stratosfääris, vaid alles mesosfääris. See protsess toimub liikumisest tingitud ajalise viitega ja peale selle ka veel väga aeglaselt. Sellega ongi põhjendatud nende ühendite kõrge püsivus. See kõrge püsivus tingib nende ainete mõju kliimale.

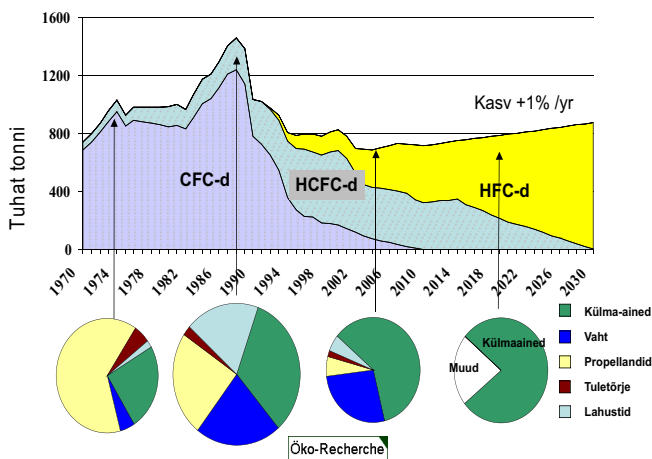
¹ ppt (*parts per trillion*, EN) = 1 osa 1 miljardi osa kohta (1:10¹²) või nt 1 µg/t (mikrogrammi tonni kohta), 1 nL/m³ (1 nanoliiter m³ kohta) kontsentratsiooniühik.

Mõju globaalsetele kliimamuutustele (toime kasvahooneefektile)

Fluoreeritud ühendid absorbeerivad valdavalt suhteliselt tugevasti infrapuna (IR)-spektraalvahemikus, kus atmosfääri muud koostisosad IR-absorbtsiooni üles ei näita („infrapunaaken“ või „atmosfääriline aken“). Nende ainete kontsentratsiooni kasv atmosfääris toob seetõttu pidurdamatult kaasa absorbtsiooni tõusu. Mõõdukalt pikast (näiteks HFC152a) kuni äärmiselt pikast (näiteks perfluoreeritud süsivesinike aine CF4) elueast atmosfääris tuleneb enamike fluoreeritud ühendite tõhus toime kasvahooneefektile. SF₆ on seejuures kõigi kasvahoonegaaside hulgas tipp-positsioonil

Toimet kasvahooneefektile väljendab enamasti globaalsoojenemispotentsiaal („Global Warming Potential“ = GWP), mis vaatleb vastavate gaaside toimet, kasutades võrdlusgaasina CO₂ (GWP = 1) ja ajavahemikena tavaliselt 20, 100 või 500 aastat. Võrreldavuse tagamiseks on rahvusvaheline riikide ühendus kliima raamkonventsioonile ja Kyoto 1997. a. protokollile tuginedes leppinud kokku 100 aasta pikkuse standardi suhtes (GWP100)

3.5 Fluoritud kasvahoonegaaside kasutus maailmas tava-arengu stsenaariumi järgi



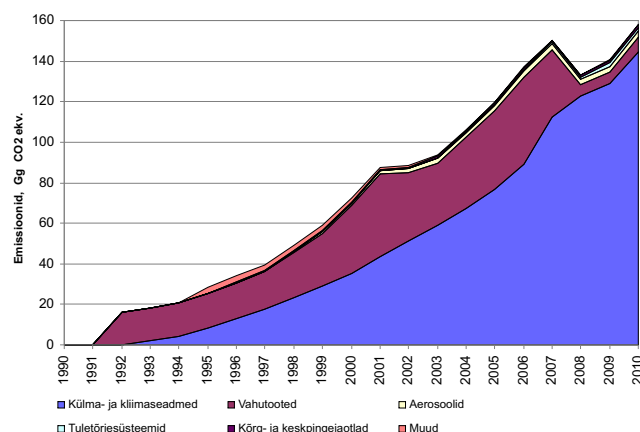
3.6 Fluoritud kasvahoonegaaside üldine kasutus Eestis ja kasutamine meie külma- ja kliimaseadmetes ning soojuspumpades

3.6.1 F-gaaside kasutamine Eestis

F-gaaside heitkogused Eestis on kasvanud 0.05 Gg-lt 1991. aastal kuni 158,14 Gg-ni 2010. aastal, väljendatuna CO₂-ekv. Peamised F-gaaside heitkoguste allikad Eestis on külma- ja kliimaseadmed (vaata Joonis 1). Teine oluline

heiteallikas on vahutooted. Ülejäänud valdkondade heitkogused on võrdlemisi väikesed.

F-gaaside heitkogused on alates 1991. aastast märkimisväärselt kasvanud, eriti külma- ja kliimaseadmete HFC heitkogused. Külma- ja kliimaseadmete sektori heitkoguste kasvava trendi võtmeteguriks on olnud osoonikihti kahandavate ainete asendamine HFCdega. Suuruselt teine allikas on vahutooted, mille heitkogused on aastate jooksul suhteliselt püsivalt kasvanud, välja arvatud kaks suurt langust. 2001. aastal asendas üks Eesti kahest suurest ühekomponendilise vahu tootjast HFC-134a külmaainega HFC-152a ning teine tootja tegi sama 2007. aastal. Kuna külmaaine HFC-152a GWP on oluliselt madalam kui HFC-134a GWP, on vahusektorist pärinevad heitkogused vähenenud ka järgnevatel aastatel. F-gaaside kasutamise märgatav kasv on põhjustatud ka kliimaseadmete laialdasemast kasutamisest nii majades kui autodes.



Joonis 1. HFC-de, PFC-de ja SF₆, tegelikud emissioonid aastatel 1993-2010 (Gg CO₂ ekv.)

3.6.2 F-gaaside kasutamine statsionaarsetes külma- ja kliimaseadmetes

Kaubanduslikud külmasaadmed

Eestis on ligikaudu

- 600 supermarketit ja kauplust, kus on suured külmasaadmed, mis on täidetud keskmiselt 80 kg külmaainega (kombineeritud külmasaadmed osaliselt paralleellülitusega);
- 7 000 väiksemat kauplust või võrreldava külmasaadmega asutust (ainult ühe kompressoriga ja töötavad kuni 15 kg külmaainega, siia kuuluvad ka väikesed poed vähem kui 3 kg külmaainega);
- 3 500 hotelli, baari, restorani, pubi jne (keskmiselt 0,75 kg külmaainega);
- 15 000 eraldiseisvat müügiautomaati (ligikaudu 250 g külmaainega).

Kõige rohkem on F-gaasidest kaubanduslikes külmaseadmetes kasutusel külmaainet R-404A (ligikaudu 90% ulatuses), mille GWP on 3260.

Eesti HFC-de “pank” kaubanduslikes külmaseadmetes oli kasvuhoonegaaside inventuuri kohaselt 2010. aasta lõpus 85,58 tonni. Kaubanduslike külmaseadmete heitkogus oli 2010. aastal 45,04 Gg CO₂-ekv.

Tööstuslikud külmaseadmed

Eestis on ligikaudu 70 kalandusettevõtet, 100 lihakäitlemisettevõtet ja 40 piimakäitlemisettevõtet. Suuremal või vähesemal määral tegelevad nad kõik toidu jahutamise ja/või külmutamisega.

Kõige rohkem on F-gaasidest tööstuslikes külmaseadmetes kasutusel külmaainet R-404A (ligikaudu 93% ulatuses), mille GWP on 3260.

Tööstuslikes külmaseadmetes paiknes kasvuhoonegaaside inventuuri kohaselt 2010. aasta lõpu seisuga 49,7 tonni HFC-sid. 2010. aasta heitkogus oli 27,1 Gg CO₂-ekv.

Statsionaarsed kliimaseadmed

Eesti riiklikus kasvuhoonegaaside inventuuris on statsionaarsed kliimaseadmed jagatud kolme rühma: jahutid, ventilatsioonisüsteemid ja *split*-tüüpi süsteemid. 2010. aasta lõpu seisuga oli Eestis paigaldatud 636 jahutit, 4 350 ventilatsioonisüsteemi ja 63 750 *split*-tüüpi süsteemi (andmed

hinnatud Külmaliidu ekspertide poolt).

Statsionaarsetes kliimaseadmetes paiknev Eesti HFC-de “pank” oli 2010. aasta lõpus 223,08 tonni (39,79 tonni R-134a, 114,89 tonni R-407C ja 68,4 tonni R-410A). 2010. aasta heitkogus oli 16,58 Gg CO₂-ekv.

Jahutite aastane lekkemäär on hinnatud 1%-le, ventilatsioonisüsteemide lekkemäär 10,5%-le ja *split*-tüüpi süsteemide lekkemäär 2%-le.

Soojuspumbad

Riikliku kasvuhoonegaaside inventuuri kohaselt oli Eestis 2010. aasta lõpu seisuga paigaldatud ligikaudu 48 996 soojuspumpa (ca 6 388 maasoojus, 41 905 õhksoojus ja 703 muud tüüpi). Neist umbes 10 376 paigaldati 2010. aastal.

Soojuspumpades paiknes 2010. aasta lõpu seisuga kokku 56,09 tonni HFC-sid (14,18 tonni R-407C ja 41,91 tonni R-410A). Heitkogus oli 2,43 Gg CO₂-ekv.

STATSIONAARSED KÜLMA- JA KLIIMASEADMED KOKKU

Kõige suuremad kogused F-gaase on kasutusel statsionaarsete külma- ja kliimaseadmete valdkondades. Kokku oli 2010. aasta lõpus Eesti F-gaaside “pank” statsionaarsetes külma- ja kliimaseadmetes hinnanguliselt 414 tonni ja heitkogus 91 Gg, väljendatuna CO₂-ekv (vaata Tabel 1).

Tabel 1. Statsionaarsete külma- ja kliimaseadmete F-gaaside “pank”³, lekkemäär ja heitkogus 2010. aastal

	Kaubanduslik külm	Tööstuslik külm	Kliimaseadmed	Soojuspumbad
Pank, tonnides	85,58	49,70	223,08	56,09
Lekkemäär, %	15,0	14,0	1,0 ⁴ 10,5 ⁵ 2,0 ⁶	2,5
Heitkogus, Gg CO ₂ -ekv	45,04	27,10	16,58	2,43

²“Pangad” tähendavad olemasolevates seadmetes, vahetudes ja toodetes sisalduvaid ainete kogumahtu, mis pole veel atmosfääri vabanenud, ning samuti keemiliste ainete ladudes sisalduvates ainete kogust.

³Allikas: Eesti kasvuhoonegaaside heitkoguste inventuuriaruanne 1990-2010.

⁴Jahutid.

⁵Ventilatsioonisüsteemid.

⁶“Split”-tüüpi süsteemid.

Ülevaate Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EÜ) 842/2008 teatavate fluoritud kasvuhoonegaaside kohta ja selle rakendusmäärustest tulenevatest peamistest kohustustest külmasektorile

1. F-gaase sisaldavate külma- kliimaseadmetega ning soojust pumpadega töötavad inimesed ja ettevõtjad peavad olema sertifitseeritud. Töötajate ja ettevõtjate sertifitseerimine toimub Euroopa Komisjoni määruse 303/2008 järgi. Eestis sertifitseeritakse töötajaid Kutseseaduse järgi ning kutset andvaks organiks on Eesti Külmaliiit. Ettevõtjaid sertifitseerib (käitlemise loa) annab Keskkonnaamet.

2. Gaaside lekkimine tuleb ära hoida, kasutades kõiki tehniliselt teostatavaid abinõusid, mis ei tekita ebaproportsionaalseid kulutusi. Avastatud lekked tuleb võimalikult kiiresti kõrvaldada.

3. Seadme lekkekindlust tuleb korrapäraselt kontrollida. 3 kg või rohkem fluoritud kasvuhoonegaasi sisaldavaid rakendusi tuleb lasta korrapäraselt kontrollida sertifitseeritud (kutsetunnistusega või mõne teise Euroopa liikmesriigi sertifikaati omaval personalil. Kontrolli tihedus sõltub tuletõrjeseadme täitekogusest (vt tabelit).

4. 300 kg või rohkem fluoritud kasvuhoonegaase sisaldavate rakenduste käitajad peavad paigaldama lekke tuvastamise süsteemid. Lekke tuvastamise süsteem on taadeldud, mehaaniline, elektriline või elektrooniline seade fluoritud kasvuhoonegaaside lekke tuvastamiseks, mis lekke tuvastamise korral hoiatab käitajat.

5. Paigaldatud lekke tuvastamise süsteemi töökorras olekut tuleb kontrollida kord 12 kuu jooksul.

6. Pärast lekke kõrvaldamist peab rakenduste lekkekindlust ühe kuu kontrollimajooksul veendumaks, et parandustööd on olnud tõhusad.

7. 3 kg või rohkem fluoritud kasvuhoonegaase sisaldavate rakenduste käitajad peavad rakendustes paiknevate kasutatavate fluoritud kasvuhoonegaaside koguse ja laadi, mis tahes lisatud kogused ning hooldus- ja teenindustöö ja lõpliku hävitamise jooksul kokku kogutud kogused hoolderaamatusse. Eestis on selleks FOKA-register.

Sagedus	Rakenduse/seadme maht
Ei ole vaja	< 3 kg
Kord aastas	> 3 kg kuni 30 kg
Kord poolaastas	30 kg kuni 300 kg
Kord kvartalis	> 300 kg



8. Kui fluoritud kasvuhoonegaase on vaja teenindustööde tõttu või rakenduse kasutusea lõppemisel kokku koguda, on vaja tagada, et seda teevad sertifitseeritud (Eestis vastava kutsetunnistusega) töötajad, nii et gaaside ringlussevõtt, taastamine või hävitamine toimub F-gaaside määruse tähenduses.

9. F-gaase sisaldavad tooted, seadmed ja süsteemid tuleb märgistada eesti keeles. Märgistuses peab olema kirjas gaasi tüüp ja kogus. Andmed peavad olema selgesti loetavad ja kustumatud.

TÄ HELEPANU!
Iseenesest mõistetavalt tuleb hooldada ka väikeseid süsteeme.

Ülevaade võimalikest aseainetest ja asendustehnoloogiast

• Süsinikdioksiid (R 744)

Süsinikdioksiid on vahest kõige suurema tulevikupotentsiaaliga aseaine. CO₂ on mittepõlev, mittemürgine, lõhnatu, mittesöövitav ja veekogusid mitteohustav, keemiliselt stabiilne (poolinertne) gaas.

Mehhaanilise külmutuse algaastatel oli CO₂ väga levinud külmutusagens. 1950ndate aastate alguseks oli CO₂ suures osas asendatud alternatiividega, eriti CFC-dega. Viimase 10 aasta jooksul on huvi CO₂ kasutamise vastu külmutuses oluliselt tõusnud. CO₂ 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 CO₂ tsükli enam kui 100 supermarketit. Seejuures on soojas kliimas R744 efektiivsus kõrgem kui HFC-del, kahanedes seejärel.

CO₂ 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 (ODP=0, GWP=1);
6. mittesüttiv ja mittetoksiline.



Peamine probleem CO₂ kasutuselevõtul on töösurve. Tavalistes suvetingimustes on HFC ja ammoniaagiga töötavate seadmete töösurve 15 bar(g) ringis. Sarnastes tingimustes töötavatel CO₂ seadmetel peab surve olema ligi 10 korda suurem - 120 bar(g).

Samuti on CO₂ süsteemi surverõhk suvel CO₂ kriitilisest rõhust kõrgem. Tsükkel toimib “transkriitilisena” ning soojus utiliseeritakse gaasijahutis, mitte kondensaatoris.

Kuigi see pole ületamatu probleem, on see enamusele külmatehnikutele tundmatu maa. CO₂-l on mitmeid iseloomulikke jooni, mis teeavad ta külmutuses atraktiivseks. Näiteks on külmutustorustike/kontuuri diameeter palju väiksem kui HFC-de ja ammoniaagi puhul ning kompressorid on väiksemad. CO₂l on eriti head jääsoojuse kasutamise omadused, mis võimaldab toota kuni 90°C vett.

CO₂ 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.

Kui vedel või tahke CO₂ sattub nahale, võivad tagajärjeks olla niinimetatud külmapõletused külmutunud kude närbub. Süsinikdioksiid võib õhku kokku suruda nii, et kõrge kontsentratsiooni korral tekib lämbumisoht. CO₂ on eluohtlik, kui selle kontsentratsioon sissehingatavas õhus on 10 kuni 20%.

Ammoniaak (Nh₃) (R 717)

Ammoniaak 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 külmhooned. Samuti on ammoniaak kasutusel väga väikestes absorptsioonkülmikutes, mida kasutatakse hotellitubades ja laevadel.

Ammoniaagil on nullmõju nii osoonile kui ka kliima soojenemisele. Ammoniaak on väga odav, samas kui teised alternatiivid on kordi kallimad (nt: R-134A või R-507). Ammoniaagi 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 ammoniaak lendub, moodustab ta pilve. Aga tegelik ammoniaagi väärtus peitub ammoniaagi efektiivsuses R-404A on 13% vähem efektiivne kui ammoniaak!

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

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

HC-d (süsivesinikud)

Isobutaan R 600a

Pentaan R 290

Süsivesinikke on kasutatud naftakeemia sektoris külmaainetena pikkade aastate jooksul. 1990ndate aastate lõpust on HC-de kasutus märkimisväärselt kasvanud. Enamus Euroopas toodetud külmikutest töötavad nüüd HC külmaainetega (isobutaan) ning nende isolatsioonivaht on toodetud pentaaniga. Euroopas on enam kui 100 miljonit sellist kodukülmikut. Peamine takistus HC-de laiemale 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 müügimasinad 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 lekeriskiga on keeruline toime tulla.

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

Mõlema aine GWP on väiksem kui viis. Tänu spetsiaalsele puhastamisele on süsivesinikud

peaaegu lõhnatud; loodusliku saateaine tsüklopentadieeni tõttu on tunda erilist (mitte ebameeldivat) lõhnarajundit. Nii üksikained kui segud on kergestisüttivad. Gaasidena ei ole segud mürgised, kuid suures koguses toimivad uimastavatena. Nad on õhust raskemad ja võivad õhu välja tõrjuda.

Madala kliimasoojenemise potentsiaaliga FC-d (fluorosüsinikud)

Kõik külmamajanduses laialtlevinud HFC-d on väga kõrge kliima soojendamise potentsiaaliga 1,300 - 3,300 vahel (võrdluseks CO₂-l on GWP 1).

Tootjad on juba mitmeid aastaid proovinud välja arendada märksa madalama GWP-ga külmaaineid 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 GWP (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.



LISA 1. KÜLMAAINETE SEGUDE MITTETÄIELIK NIMEKIRI

Kaubanimi	Koostisosad (%-des)	Selgitus
R- 134 a	R-134a	Ainult fluoritud kasvuhooonegaasi (F-d)
R-400	R-12/114	Ainult osoonikihti kahandavad ained (OKA-d)
R-401A	R-22/R-152a/R-124 (53/13/34)	OKA-de ja F-de segu
R-401B	R-22/R-152a/R-124 (61/11/28)	OKA-de ja F-de segu
R-401C	R-22/R-152a/R-124 (33/15/52)	OKA-de ja F-de segu
R-402A	R-125/R-290/R-22 (60/2/38)	OKA-de ja F-de segu
R-402B	R-125/R-290/R-22 (38/2/60)	OKA-de ja F-de segu
R-403A	R-290/R-22/R-218 (5/75/20)	OKA-de ja F-de segu
R-403B	R-290/R-22/R-218 (5/56/39)	OKA-de ja F-de segu
R-404A	R-125/R-143a/R-134a (44/52/4)	Ainult F-d
R-405A	R-22/R-152a/R-142b/R-C318 (45/7/5,5/42,5)	OKA-de ja F-de segu
R-407A	R-32/R-125/R-134a (20/40/40)	Ainult F-d
R-407B	R-32/R-125/R-134a (10/70/20)	Ainult F-d
R-407C	R-32/R-125/R-134a (23/25/52)	Ainult F-d
R-407D	R-32/R-125/R-134a (15/15/70)	Ainult F-d
R-407E	R-32/R-125/R-134a (25/15/60)	Ainult F-d
R-408A	R-125/R-143a/R-22 (7/46/47)	OKA-de ja F-de segu
R-409A	R-22/R-124/R-142b (60/25/15)	Ainult OKA-d
R-409B	R-22/R-124/R-142b (65/25/10)	Ainult OKA-d
R-410 A	R-32/R-125 (50/50)	Ainult F-d
R-410B	R-32/R-125 (45/55)	Ainult F-d
R-411A	R-1270/R-22/R-152a (1,5/87,5/11)	OKA-de ja F-de segu
R-411B	R-1270/R-22/R-152a (3/94/3)	OKA-de ja F-de segu
R-412A	R-22/R-218/R-142b (70/5/25)	Ainult F-d
R-413A	R-218/R-134a/R-600a (9/88/3)	OKA-de ja F-de segu
R-414A	R-22/R-124/R-600a/R-142b (51/28,5/4,0/16,5)	Ainult OKA-d + metüülpropaan
R-414B	R-22/R-124/R-600a/R-142b (50/39/1,5/9,5)	Ainult OKA-d metüülpropaan
R-415A	R-22/R-152a (82/18)	OKA-de ja F-de segu
R-415B	R-22/R-152a (25/75)	OKA-de ja F-de segu
R-416A	R-134a/R-124/R-600 (59/39,5/1,5)	OKA-de ja F-de segu
R-417A	R-125/R-134a/R-600 (46,6/50,0/3,4)	Ainult F-d
R-418A	R-290/R-22/R-152a (1,5/96/2,5)	OKA-de ja F-de segu
R-419A	R-125/R-134a/R-E170 (77/19/4)	Ainult F-d
R-420A	R-134a/R-142b (88/12)	OKA-de ja F-de segu
R-421A	R-125/R-134a (58/42)	OKA-de ja F-de segu
R-421B	R-125/R-134a (85/15)	OKA-de ja F-de segu
R-422A	R-125/R-134a/R-600a (85,1/11,5/3,4)	Ainult F-d
R-422B	R-125/R-134a/R-600a (55/42/3)	Ainult F-d
R-422C	R-125/R-134a/R-600a (82/15/3)	Ainult F-d
R-422D	R-125/R-134a/R-600a (65,1/31,5/3,4)	Ainult F-d
R-423A	R-134a/R-227ea (52,5/47,5)	Ainult F-d
R-424A	R-125/R-134a/R-600a/R-600/R-601a (50,5/47/0,9/1/0,6)	Ainult F-d
R-425A	R-32/R-134a/R-227ea (18,5/69,5/12)	Ainult F-d
R-426A	R-125/R-134a/R-600/R-601a (5,1/93/1,3/0,6)	Ainult F-d
R-427A	R-32/R-125/R-143a/R-134a (15/25/10/50)	Ainult F-d
R-428A	R-125/R-143a/R-290/R-600a (77,5/20/0,6/1,9)	Ainult F-d
R-500	R-12/R-152a (73,8/26,2)	OKA-de ja F-de segu
R-501	R-22/12 (75/25)	Ainult OKA-d
R-502	R-22/R-115 (48,8/51,2)	Ainult OKA-d
R-503	R-23/R-13 (40,1/59,9)	OKA-de ja F-de segu
R-504	R-32/R-115 (48,2/51,8)	OKA-de ja F-de segu
R-505	R-12/R-31 (78/22)	OKA-de ja F-de segu
R-506	R-31/R-114 (55,1/44,9)	OKA-de ja F-de segu
R-507	R-125/R-143a (50/50)	OKA-de ja F-de segu
R-508A	R-23/R-116 (39/61)	Ainult OKA-d
R-508B	R-23/R-116 (46/54)	Ainult OKA-d
R-509A	R-22/R-218 (44/56)	OKA-de ja F-de segu

Muud

- R-290 propaan
- R-600 butaan
- R-600a 2-metüülpropaan

Hapnikuühendid

- R-610 etüüleeter
- R-611 metüülformaat

Lämmastikuühendid

- R-630 metüülamiin
- R-631 etüülamiin

Anorgaanilised ühendid

- R-702 vesinik
- R-704 heelium
- R-717 ammoniaak
- R-718 vesi
- R-720 neon
- R-728 lämmastik
- R-732 hapnik
- R-740 argoon
- R-744 süsinikdioksiid
- R-744A lämmastikoksiid
- R-764 vääveldioksiid

Tähistus:

ROHELINE	Segud, mis sisaldavad nii osoonikihti kahandavaid aineid (OKA-sid) kui fluoritud kasvuhooonegaase (F-gaase)
SININE	Ainult fluoritud kasvuhooonegaase või muid lisandeid sisaldavad (v. a osoonikihti kahandavaid aineid) segud
LILLAGA	Ainult osoonikihti kahandavaid aineid sisaldavad segud

PÕHJALIKUM NIMEKIRI ASUB:

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_refrigerants

Tihti viitavad erinevad allikad külmaainete erinevatele GWP-dele.

ÜRO kliimasekretariaadi kodulehekül

<http://www.unfccc.int/>
http://unfccc.int/essential_background/items/2877.php
<http://unfccc.int/2860.php>

Valitsustevaheline kliimamuutuste rühm

<http://www.ipcc.ch/>

ÜRO Keskkonnaprogramm

<http://www.unep.org/themes/climatechange/>

Eesti 5-s kliimaaruanne ÜRO-le

http://unfccc.int/resource/docs/natc/est_nc5.pdf

Euroopa Komisjoni kliimamuutuste kampaania

<http://ec.europa.eu/environment/climat/campaign/index.htm>

Euroopa Komisjoni F-gaaside kodulehekül

http://ec.europa.eu/environment/climat/fluor/index_en.htm

Euroopa Komisjoni kliimameetmete kodulehekül

<http://ec.europa.eu/climateaction>

Euroopa Keskkonnaagentuur

<http://www.eea.europa.eu/themes/climate>

Keskkonnaministeeriumi kliimaveeb

<http://www.keskkonnainfo.ee/index.php?lan=EE&sid=321&tid=301&l1=320>

Keskkonnaministeeriumi jäätmevaldkonna kodulehekül

<http://www.envir.ee/625>

Ohtlikud jäätmed:

<http://www.envir.ee/996>

Probleemtoodetest tekkinud jäätmed

<http://www.envir.ee/108277>

Jäätmealaste õigusaktide nimestik koos linkidega

<http://www.envir.ee/1002>

Eesti Keskkonnauuringute Keskuse F-gaaside kodulehekül

<http://veebid.klab.ee/fgaasid>

Maaailma Looduse Fond (WWF)

http://www.panda.org/about_our_earth/aboutcc/

Greenpeace

<http://www.greenpeace.org/international/campaigns/climate-change>

Muud leheküljed

<http://www.fluorocarbons.org/>
<http://www.figaroo.org/en/>
http://maailmakool.ee/public/taustateadmised_kliimamuutused.pdf