

KESKLAVOR

Eesti Keskkonnauuringute Keskus

CENTRAL LAB

Estonian Environmental Research Centre

Genfi piiriülese õhusaaste kauglevi konventsiooni püsivate orgaaniliste saasteainete protokolli nõuete täitmine

Tallinn 2013



Töö nimetus:

Genfi piiriülese õhusaaste kauglevi konventsiooni püsivate orgaaniliste saasteainete protokoll
nõuete täitmine

Töö autorid

Erik Teinemaa

Marek Maasikmets

Keio Vainumäe

Aivo Heinsoo

Tarvo Arumäe

Lehar Lehes

Töö tellija:

Keskkonnaministeerium

Töö rahastaja:



Töö teostaja:

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ

Marja 4D

Tallinn, 10617

Tel. 6112 900

Fax. 6112 901

info@klab.ee

www.klab.ee

Lepingu nr: 4-1.1/178

Töö valmimisaeg: veebruar 2013

Käesolev töö on koostatud ja esitatud kasutamiseks tervikuna. Töös ja selle lisades esitatud kaardid, joonised, arvutused on autoriõiguse objekt ning selle kasutamisel tuleb järgida autoriõiguse seaduses sätestatud korda. Töö omandamine, trükkimine ja/või levitamine ärilistel eesmärkidel on ilma Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ kirjaliku nõusolekuta keelatud. Töös toodud info kasutamine õppe- ja mitteärilistel eesmärkidel on lubatud, kui viidatakse algallikale. Andmete kasutamisel tuleb viidata nende loojale.

Sisukord

1	Sissejuhatus	8
1.1	Töö kirjeldus	11
2	Mõõtemetoodika.....	13
3	Saasteainete eriheited.....	22
3.1	Valem 1 ja 3 sisendandmete töötlemine ja eriheidete leidmine	23
3.2	HCB, PCDD/F, PAH eriheited	25
3.3	Osakeste (TSP, PM10, PM2.5, PM1, PM<1) eriheited, mg/MJ.....	32
3.4	Gaasiliste saasteainete (CO, NO, NO ₂ , NO _x , SO ₂) eriheited, mg/MJ.....	38
3.5	Lenduvate orgaaniliste ühendite eriheited, mg/MJ.....	40
3.6	Anioonide ja kationide sisaldused osakeste fraktsioonides.....	44
3.7	Levoglukosaani, TOC, EC ja OC sisaldused osakeste fraktsioonides.....	45
4	Välisõhu mõõtmised.....	48
4.1	Mõõtmistulemused mõõtepunktis.....	48
5	Kokkuvõte.....	62

Joonised

Joonis 1.	Eesti HCB heitkogused (kg/a) ja puidu kasutus (PJ) aastatel 1990-2010	10
Joonis 2.	Umbkoldega ahi.....	19
Joonis 3.	Pliit.....	20
Joonis 4.	Kamin.....	21
Joonis 5.	Proovivõtukohtade gaaside suitsukäigus	22
Joonis 6.	Tuulte roos.....	48
Joonis 7.	SO ₂ ja NO ₂ tunnikeskised kontsentratsioonid.....	49
Joonis 8.	SO ₂ ja CO tunnikeskised kontsentratsioonid	50
Joonis 9.	CO ja NO ₂ tunnikeskised kontsentratsioonid	50
Joonis 10.	CO kontsentratsiooniroos.....	51
Joonis 11.	NO _x ööpäevakeskmised kontsentratsioonid	51
Joonis 12.	NO _x kontsentratsiooniroos.....	52
Joonis 13.	NO ₂ ööpäevakeskmised kontsentratsioonid	52
Joonis 14.	NO ₂ kontsentratsiooniroos.....	53
Joonis 15.	Peenosakeste ja CO tunnikeskised kontsentratsioonid	55
Joonis 16.	Peenosakeste ja NO ₂ tunnikeskised kontsentratsioonid	55
Joonis 17.	PM ₁₀ 24 h keskmine kontsentratsioon	56
Joonis 18.	PM ₁₀ kontsentratsiooniroos	56
Joonis 19.	PM _{2,5} 24 h keskmine kontsentratsioon.....	57
Joonis 20.	PM _{2,5} kontsentratsiooniroos.....	57
Joonis 21.	PM ₁ ööpäeva keskmine kontsentratsioon.....	58
Joonis 22.	PM ₁ kontsentratsiooniroos.....	58
Joonis 23.	PM _{2,5} filtrite päevased keskmised kontsentratsioonid	59
Joonis 24.	PM ₁₀ filtrite ööpäeva keskmised kontsentratsioonid	59

Joonis 25.	PCDD/F ööpäevakeskmised kontsentratsioonid	60
Joonis 26.	HCB ööpäevakeskmised kontsentratsioonid	60
Joonis 27.	PAH ööpäevakeskmised kontsentratsioonid	61
Joonis 28.	Leitud HCB eriheidet võrdlusena teiste rahvusvahelise HCB eriheidetega	62

Tabelid

Tabel 1.	Liikuvast õhulaboris kasutatavad mõõteseadmed	17
Tabel 2.	Kasutatud kütustes määratud parameetrid	24
Tabel 3.	HCB eriheidet – kuiv ja niiske lehtpuu	25
Tabel 4.	HCB eriheidet – kuiv ja niiske okaspuu	25
Tabel 5.	HCB eriheidet – keskmistatud	26
Tabel 6.	PCDD/F eriheidet – kuiv ja niiske lehtpuu	26
Tabel 7.	PCDD/F eriheidet – kuiv ja niiske okaspuu	26
Tabel 8.	PCDD/F eriheidet – keskmistatud	27
Tabel 9.	PAH eriheidet – kuiv ja niiske lehtpuu	27
Tabel 10.	PAH eriheidet – kuiv ja niiske okaspuu	27
Tabel 11.	PAH eriheidet – keskmistatud	28
Tabel 12.	B(a)P eriheidet – kuiv ja niiske lehtpuu	28
Tabel 13.	B(a)P eriheidet – kuiv ja niiske okaspuu	28
Tabel 14.	B(a)P eriheidet – keskmistatud	29
Tabel 15.	B(k)F eriheidet – kuiv ja niiske lehtpuu	29
Tabel 16.	B(k)F eriheidet – kuiv ja niiske okaspuu	29
Tabel 17.	B(k)F eriheidet – keskmistatud	29
Tabel 18.	B(b)F eriheidet – kuiv ja niiske lehtpuu	30
Tabel 19.	B(b)F eriheidet – kuiv ja niiske okaspuu	30
Tabel 20.	B(b)F eriheidet – keskmistatud	30

Tabel 21.	Indeno[1,2,3-cd]pyrene eriheited – kuiv ja niiske lehtpuu	31
Tabel 22.	Indeno[1,2,3-cd]pyrene eriheited – kuiv ja niiske okaspuu	31
Tabel 23.	Indeno[1,2,3-cd]pyrene eriheited – keskmistatud	31
Tabel 24.	TSP protsessipõhised eriheited (mg/MJ), umbkoldega ahi	32
Tabel 25.	TSP keskmistatud eriheited (mg/MJ), umbkoldega ahi	32
Tabel 26.	TSP protsessipõhised eriheited (mg/MJ), pliit	32
Tabel 27.	TSP keskmistatud eriheited (mg/MJ), pliit	33
Tabel 28.	TSP protsessipõhised eriheited (mg/MJ), kamin	33
Tabel 29.	TSP keskmistatud eriheited (mg/MJ), kamin	34
Tabel 30.	Peenosakeste protsessipõhised eriheited (mg/MJ), umbkoldega ahi	34
Tabel 31.	Peenosakeste keskmistatud eriheited (mg/MJ), umbkoldega ahi	34
Tabel 32.	Peenosakeste protsessipõhised eriheited (mg/MJ), pliit	35
Tabel 33.	Peenosakeste keskmistatud eriheited (mg/MJ), pliit	35
Tabel 34.	Peenosakeste protsessipõhised eriheited (mg/MJ), kamin	36
Tabel 35.	Peenosakeste keskmistatud eriheited (mg/MJ), kamin	36
Tabel 36.	Gaasiliste saasteainete protsessipõhised eriheited (mg/MJ), umbkoldega ahi	38
Tabel 37.	Gaasiliste saasteainete keskmistatud eriheited (mg/MJ), umbkoldega ahi	38
Tabel 38.	Gaasiliste saasteainete protsessipõhised eriheited (mg/MJ), pliit	39
Tabel 39.	Gaasiliste saasteainete keskmistatud eriheited (mg/MJ), pliit	39
Tabel 40.	Gaasiliste saasteainete protsessipõhised eriheited (mg/MJ), kamin	40
Tabel 41.	Gaasiliste saasteainete keskmistatud eriheited (mg/MJ), kamin	40
Tabel 42.	LOÜ protsessipõhised eriheited (mg/MJ), umbkoldega ahi	41
Tabel 43.	LOÜ keskmistatud eriheited (mg/MJ), umbkoldega ahi	41
Tabel 44.	LOÜ protsessipõhised eriheited (mg/MJ), pliit	41
Tabel 45.	LOÜ keskmistatud eriheited (mg/MJ), pliit	42
Tabel 46.	LOÜ protsessipõhised eriheited (mg/MJ), kamin	42
Tabel 47.	LOÜ keskmistatud eriheited (mg/MJ), kamin	42

Tabel 48.	loonide keskmistatud eriheited (%) osakeste fraktsioonidest, umbkoldega ahi	44
Tabel 49.	loonide keskmistatud eriheited (%) osakeste fraktsioonidest, pliit	44
Tabel 50.	loonide keskmistatud eriheited (%) osakeste fraktsioonidest, kamin	44
Tabel 51.	Levoglukosaani, TOC, EC ja OC halupuu keskmistatud eriheited (%) osakeste fraktsioonidest, umbkoldega ahi.....	45
Tabel 52.	Levoglukosaani, TOC, EC ja OC halupuu keskmistatud eriheited (%) osakeste fraktsioonidest, pliit	45
Tabel 53.	Levoglukosaani, TOC, EC ja OC halupuu keskmistatud eriheited (%) osakeste fraktsioonidest, kamin.....	46

1 Sissejuhatus

Eestil on tekkinud probleeme seoses Genfi piirülese kauglevi konventsiooni püsivate orgaaniliste saasteainete protokolliga nõuete täitmisega, kuna 2007. a. ületati heksaklorobenseeni (HCB) künniskogust. Ületamise peamine põhjus on seotud puidukütte osakaalu suurenemisega väikepõletusseadmetes võrreldes baasaastaga. ÜRO Genfi konventsiooni sekretariaadi poolt esitati Eestile ametlik märgukiri, mis käsitles HCB riikliku künniskoguse ületamist. Genfi konventsiooni sekretariaadi otsuses 2010/10 nõuti Eestilt HCB täpsemate eriheitetegurite kasutamist ja vajadusel uute riigiomaste eriheitetegurite määramist puidu põletamisele kodumajapidamistes.

Tallinnas ja muudes Eesti suuremates linnades läbi viidud peente osakeste tervisemõju uuringute aluseks olnud hajumisarvutustest selgus, et kuni pool osakestesaastest võib pärineda eramute kütmisest. Antud uuringutes hinnati peente osakeste mõju inimeste tervisele vaid lähtudes osakeste massikontsentratsioonist välisõhus. Tegelik mõju inimese tervisele määrab ära osakeste suurus ja eri fraktsiooni kuuluvate osakeste keemiline koostis, sealhulgas erinevate toksiliste ja kantserogeensete saasteainete sisaldus. Sellest tulenevalt on tervisemõju täpsemaks hindamiseks vajalik oluliste heiteallikate põhjalik hindamine ja erinevate ohtlike saasteainete heitkoguste mõõtmine. Tervisemõju hinnangud põhinevad õhusaaste mudelarvutustel, mis tagab õhukvaliteedi hindamise piisava ruumilise kaetuse ja lahtuse. Tervisemõju arvutamiseks ja elanikkonna ekspositsiooni hindamiseks võetakse aluseks õhusaaste mudelarvutuste tulemused. Mudelarvutuste täpsuse hindamiseks ja heitkoguste andmebaaside täiendamiseks kasutatakse arvutuslikult saadud saastetasemete võrdlust reaalsete välisõhu mõõtmistega.

Tallinna välisõhu kvaliteedi parandamise tegevuskavas leiti, et märkimisväärne osa õhusaastest pärineb kodumajapidamiste kütmisest biomassiga, eelkõige puiduga. Välisõhus leviva osakesesaaste päritolu hindamiseks ja teatud kindlat tüüpi saasteallikatega sidumiseks kasutatakse üldjuhul erinevate markerühendite heitkoguste määramist, mis on iseloomulikud just antud heiteprotsessile. Teades tegelikke markerühendite heitkoguseid ja määrates neid seejärel välisõhus mõõtmiste käigus on võimalik õhusaaste modelleerimise tulemuste võrdlemine reaalsete mõõtmistega ja vastavate emissioonide andmekogude täpsustamine.

Ka leiti ühes varasemas TTÜ poolt koostatud kirjanduse ülevaates, et EMEP/CORINAIR andmebaasis esitatud andmed ei ole piisavalt sobivad kodumajapidamiste heitmete hindamiseks erinevates riikides ja EMEP/CORINAIR andmebaasi alusel on võimalik teostada vaid esmane hinnang. Kuigi ülevaates leiti, et ühe variandina võiks Eesti puhul kasutada vastavate Soome uuringute andmeid, siis täpsema informatsiooni saamiseks tuleks Eestis sarnaselt muudele riikidele nagu näiteks Soome või Austria, korraldada väikekütteseadmetest lähtuvate saasteainete heitkoguste mõõtmisi. ÜRO Genfi

konventsiooni sekretariaadi poolt Eestile esitatud märgukiri käsitleb HCB-d, mida ei ole vastavate Soome uuringute raames määratud. Soome kasutab siiani oma riiklike HCB emissioonide arvutamiseks EMEP/CORINAIR üldisi andmeid, mistõttu selle saasteaine puhul ei ole võimalik tugineda naaberriikide kogemustele ja HCB puhul on vajalik teostada täpsed emissioonide mõõtmised Eestis enimkasutatavatest väikepõletusseadmetest. Ka Genfi konventsiooni sekretariaadi otsuses 2010/10 nõutakse Eestilt täpsemate eriheitetegurite kasutamist ja vajadusel uute riigiomaste eriheitetegurite määramist puidu põletamisele.

Keskkonnaministeeriumi tellitud uuringus leiti, et Eestis on 70% juhtudel kasutusel väheefektiivsed küttekolded: tavaahjud, pliigid, kaminad. Lisaks leiti uuringus, et kuigi Eesti ja Soome kliimaolud kui ka kasutatavad kütteseadmed on üldiselt sarnased, siis Eestis kasutatakse lisaks spetsiifilisi väikekütteseadmeid, millel puuduvad naaberriigis analoogid. Lisaks leiti uuringus, et puidukütet kasutatakse küsitlusega hõlmatud piirkondade ühepereelamutes ja ahiküttel korterites 76 - 96% majapidamistest.

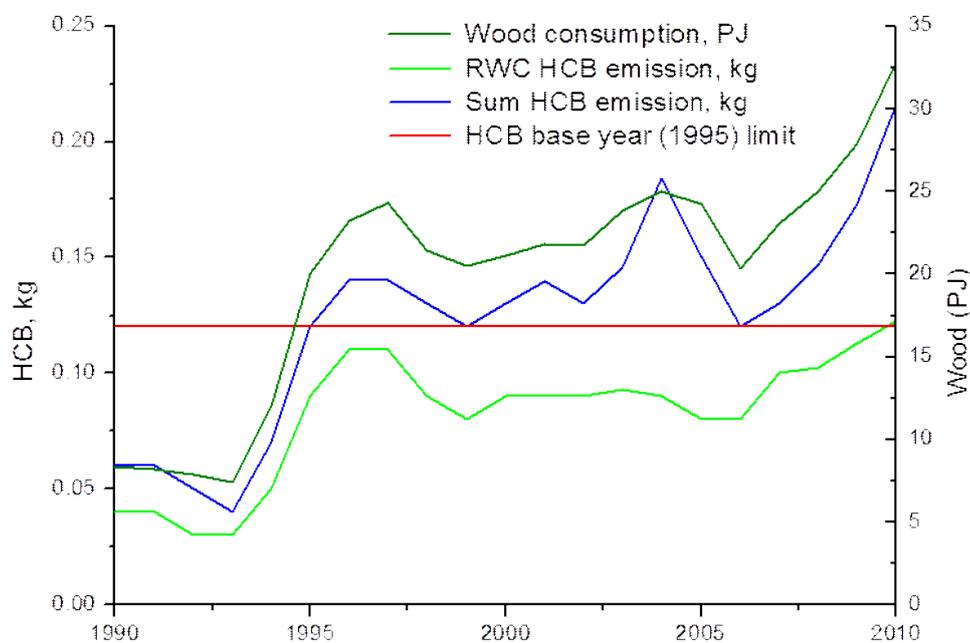
Tulenevalt ülaltoodust teostati Eestis enimkasutatavatest tüüpilistest väikepõletusseadmetest erinevate saasteainete heitkoguste mõõtmised ja paralleelsed välisõhu kvaliteedi mõõtmised saasteallikate vahetusläheduses. Mõõtmiste läbiviimiseks ehitati tüüpilised väikepõletusseadmed –pliit, umbkoldega ahi ja kamin. Kuna valdava kütusena kasutatakse nendes väikekütteseadmetes puitu, siis piirdub käesolev uuring puidu põletamisega.

Töö on aluseks riiklike heitkoguste andmebaaside täiendamisel ja täpsustamisel. Täpsustatud heitkoguste andmebaasid on aluseks välisõhu saastetasemete arvutuslikul hindamisel kasutades õhusaaste hajumisarvutusi. Täpsustatud eriheidete ja täiendatud andmebaasid võimaldavad esitada tegelikke riiklike heitkoguseid täpsemalt kajastavaid aruandeid ÜRO Genfi konventsiooni sekretariaadile ja hajumisarvutustele tuginevaid välisõhu saastetasemete hindamise tulemusi Euroopa Komisjonile. Lisaks võimaldavad ohtlike saasteainete täpsemad heitkogused hinnata antud saasteallikate mõju inimese tervisele ning anda soovitusi negatiivse tervisemõju leevendamiseks läbi asjakohaste meetmete.

Töö eesmärgiks oli väikepõletusseadmete kütmisest pärinevate saasteainete ja markerainete heitkoguste mõõtmine ja eriheidete määramine suitsugaasides ning paralleelsed välisõhu mõõtmised. Suitsugaasides ja välisõhus määratavad saasteained olid lämmastikoksiidid, lenduvad orgaanilised ühendid (summaarselt), vääveldioksiidid, süsinikoksiidid, peened ja eriti peened osakesed (PM10, PM2.5, PM1), dioksiinid/furaanid, polüaromaatsed süsivesikud (PAH-id), dioksiinid/furaanid, elementsüsinik ja orgaaniline süsinik (EC/OC) ning heksaklorobenseen (HCB). Lisaks määrati suitsugaasidest ja välisõhust kogutud osakeseproovide keemilist koostist, analüüsid järgmisi parameetreid: levoglukosaan, EC/OC, iooniline koostis. Töö raames teostatud mõõtmiste põhjal arvutati väikepõletusseadmete jaoks uuringuga hõlmatud saasteainete eriheidete, mille põhjal on

hiljem võimalik arvutuslikult hinnata heitkoguseid eramupiirkondadest, mis võimaldab Keskkonnaministeeriumi Keskkonnateabe Keskusel arvutada riiklikke heitkoguseid ja koostada nende põhjal asjakohaseid emissioonide andmebaase, mida kasutatakse omakorda välisõhu kvaliteedi arvutuslikul hindamisel ja direktiividest 2008/50/EÜ ja 2004/107/EÜ tulenevate kohustuste täitmisel.

Joonis 1 on toodud Eesti HCB heitkogused ja puidu kasutus aastatel 1990 kuni 2010. Jooniselt nähtub, et HCB piirkoguse ületamine on toimunud praktiliselt kõikidel aastatel alates aastast 2000. Peamiselt on HCB, PCDD/F ja PAH-ide heitkoguse tõusu taga olnud puitkütuse kasutamise suurenemine. See on toimunud valdavalt tänu kliimapoliitika raames propageeritavale taastuvate energiaallikate kasutuselevõtuga. Samas on tänaseni vähe teadvustatud sellega kaasnevaid negatiivseid nähtusi, mis avaldub peamiselt peenosakeste ja muude kantserogeensete ühendite heitkoguste kasvus. Kindlasti tuleb igati propageerida taastuvate energiaallikate, sh kodumajapidamistes kasutatava puitkütuse, kasutuselevõttu ning osakaalu suurenemist. Seejuures on oluline, et uued puitkütust kasutavad energiaallikad oleksid keskkonnasõbralikud ning emiteeriksid võimalikult vähe inimestevisele kahjulikke saasteaineid. Sarnaselt teiste riikidega, kus kodumajapidamistes kasutatava puidukütuse osakaal on suur, on Eestis vaja võtta vastu riiklike heitkoguste vähendamise tegevuskava, mis muu hulgas hõlmaks ka kodumajapidamisi.



Joonis 1. Eesti HCB heitkogused (kg/a) ja puidu kasutus (PJ) aastatel 1990-2010

1.1 Töö kirjeldus

Teostati suitsugaaside mõõtmised puitkütust kasutavast tavaahjust, pliidist ja kaminast. Teostati suitsugaaside mõõtmised ülalmainitud küttekolletest nii leht- kui okaspuudega, samuti küttepuidu erineva niiskusesisaldusega, minimaalselt kuni 20% niiskusega ja üle 33% niiskusesisaldusega.

Suitsugaasides määrati järgmised saasteained ja parameetrid:

- lämmastikdioksiid;
- lenduvad orgaanilised ühendid (LOÜ) gaasifaasis, summaarselt (mgC/m^3);
- vääveldioksiid;
- süsinikoksiid;
- peenosakeste akumulatsioonimood ($< 500 \text{ nm}$) ja fraktsioonide (D 50%) $1 \mu\text{m}$, $2,5 \mu\text{m}$, $10 \mu\text{m}$ sisaldus;
- hapnikusisaldus;
- temperatuur;
- suitsugaaside joonkiirus;
- polüaromaatsed süsivesinikud (PAH), minimaalselt benso(a)püreen, benso(a)antratseen, benso(b)fluoranteen, benso(j)fluoranteen, benso(k)fluoranteen, indeno(1,2,3-cd)püreen ja dibens(a,h)antratseen;
- dioksiinid/furaanid (PCDD/PCDF);
- PM_{10} ja $\text{PM}_{2,5}$ fraktsioonis EC/OC sisaldus termooptiliselt kasutades rahvusvahelist tunnustatud analüüsiprotokoll (NIOSH, IMPROVE või EUSAAR2);
- heksaklorobenseen (HCB);
- PM_{10} ja $\text{PM}_{2,5}$ fraktsioonide iooniline koostis (SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , NH_4^+ , Ca^{2+});
- PM_{10} ja $\text{PM}_{2,5}$ fraktsioonis levoglukosaani sisaldus.

Välisõhus määrati järgmised saasteained ja parameetrid:

- lämmastikdioksiid;
- lenduvad orgaanilised ühendid (LOÜ) gaasifaasis, summaarselt (mgC/m^3);
- vääveldioksiid;
- süsinikoksiid;
- peenosakeste akumulatsioonimood ($< 500 \text{ nm}$) ja fraktsioonide (D 50%) $1 \mu\text{m}$, $2,5 \mu\text{m}$, $10 \mu\text{m}$ sisaldus;
- polüaromaatsed süsivesinikud (PAH), minimaalselt benso(a)püreen, benso(a)antratseen, benso(b)fluoranteen, benso(j)fluoranteen, benso(k)fluoranteen, indeno(1,2,3-cd)püreen ja dibens(a,h)antratseen;
- dioksiinid/furaanid (PCDD/PCDF);

- PM₁₀ ja PM_{2.5} fraktsioonis EC/OC sisaldus termooptiliselt kasutades rahvusvaheliselt tunnustatud analüüsiprotokoll (NIOSH, IMPROVE või EUSAAR2);
- heksaklorobenseen (HCB);
- PM₁₀ ja PM_{2.5} fraktsioonide iooniline koostis (SO₄²⁻, Cl⁻, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, NH₄⁺, Ca₂⁺);
- PM₁₀ ja PM_{2.5} fraktsioonis levoglukosaani sisaldus.

Kokku teostati vähemalt 24 mõõtmist (2 mõõtmist iga kütuse ja kütteseadme kombinatsiooniga). Mõõtetükkel ühe küttepuidu kasutamisel oli vähemalt 4 tundi (sissekütmisest kuni põlemisprotsessi lõpuni). Orgaaniliste ühendite ja osakeste proovid võeti kütteseadme sissekütmise hetkel (ca 1 tund alates süütamisest) ja stabiilse põlemisprotsessi saavutamisel. Kütteseadme osakaalu hindamiseks välisõhust võetud proovides kasutati sobivat inertset mürkgaasi (väävelheksafluoriid, SF₆). Kõik mõõtmised teostati EVS, CEN, ISO või nende puudumisel samaväärse standardi nõuetele vastavalt. Kõik pidevmõõtmised teostati ajalise resolutsiooniga vähemalt 30 minutit, ajalise kaetusega vähemalt 90% ja keskmistamisajaga miinimum 1 tund.

Eesti Keskkonnauuringute Keskuse labori kvaliteedisüsteem on akrediteeritud vastavalt standardile EVS-EN 17025. Eesti Keskkonnauuringute Keskus on esitanud koos hankedokumentatsiooniga tellijale labori akrediteerimistunnistuse ja selle lisa, mis tõendab, et Eesti Keskkonnauuringute Keskus omab laborit, mille kvaliteedisüsteem on akrediteeritud vastavalt standardile EVS-EN ISO/IEC 17025.

2 Mõõtemetoodika

Saasteainete emissioonigaaside proovid võeti kuumadest suitsugaasidest ning välisõhu mõõtmised teostati ahiküttega piirkonnas kütteperioodil Nõmmel, Tallinnas. Emissioonigaaside mõõtmised teostati Eesti Keskkonnauuringute Keskuse ahjulaboris (Joonis 5), kus teostati mõõtmised selleks eelnevalt ettevalmistatud küttekolletest. Küttekolletena kasutati Eestis laialt levinud umbkodlega ahju (Joonis 2), pliiti (Joonis 3) ja kaminat (Joonis 4). Teostati suitsugaaside mõõtmised ülalmainitud küttekolletest nii leht- kui okaspuudega, samuti küttepuidu erineva niiskusesisaldusega, minimaalselt kuni 20% niiskusega ja üle 33% niiskusesisaldusega. Enne küttekoldesse lisamist küttepuud kaaluti ja määrati niiskus. Lisaks määrati küttepuude alumine kütteväärtus.

Saasteainete proovivõtul lähtuti standarditest:

- EVS-EN 15259:2007 „Air quality - Measurement of stationary source emissions - Requirements for measurement sections and sites and for the measurement objective, plan and report“
- EN ISO 11771:2010 „Air quality - Determination of time-averaged mass emissions and emission factors - General approach (ISO 11771:2010)“
- Eesti Keskkonnauuringute Keskuse akrediteeritud standardtööjuhend STJnrÕ112.

Osakeste (TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, PM_{1.0}, PM_{<1}) proovide võtmisel lähtuti standarditest:

- EVS-EN 14907 „Välisõhu kvaliteet. Standardne kaalumismeetod suspendeerunud osakeste PM_{2,5}-massifraktsiooni määramiseks“;
- EVS-EN 12341 „Õhukvaliteet. Suspendeerunud osakeste PM₁₀-fraktsiooni määramine. Standardmeetod ja välimõõtmisprotseduur mõõtemetodi võrdväarsuse näitamiseks standardmeetodi suhtes“;
- ISO 9096:2003 „Stationary source emissions -- Manual determination of mass concentration of particulate matter“
- CEN/TS 15883:2009 „Residential solid fuel burning appliances - Emission test methods“
- EN 13284-1:2001 „Stationary source emissions - Determination of low range mass concentration of dust - Part 1: Manual gravimetric method“
- EN ISO 23210:2009 „Stationary source emissions - Determination of PM₁₀/PM_{2,5} mass concentration in flue gas - Measurement at low concentrations by use of impactors (ISO 23210:2009)“

Üldtolmu (TSP) kontsentratsioon määrati kasutades gravimeetrilist proovivõtuseadmestikku Aquaria ja Sick Gravimat.

Peentolmu kontsentratsiooni määramiseks kasutati impaktor-proovivõtuseadet Dekati ja ELPI (electrical low pressure impactor), mis jagab tolmuproovi vastavalt osakeste suurusele fraktsioonidesse, antud töös klassifitseeriti osakesed: osakesed suurusega 10µm, 2,5µm, 1µm ja osakesed < 500 nm. Iga fraktsioon kogutakse eraldi filtri peale ja analüüsitakse gravimeetriliselt.

Lenduvate orgaaniliste ühendite proovivõtul ja analüüsil lähtuti standarditest:

- CEN/TS 15883:2009 „Residential solid fuel burning appliances – Emission test methods“
- EVS-EN 13649:2002 „Stationary source emissions – Determination of the mass concentration of individual gaseous organic compounds – Activated carbon and solvent desorption method“
- ISO 16000-6:2011 „Indoor air – Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID“

LOÜ proovid koguti SKC adsorbenttorudele (Tenax®), mida analüüsiti laboris gaaskromatograafil mass-spektromeetilise detektoriga (Varian, SATURN 2200 GC/MS). Proovi koguti kiirusega 50-125 ml/min. Proovi kogus oli kuni 1 liitrit. Kogutud gaasiproovidest määrati summaarne lenduvate orgaaniliste ühendite kontsentratsioon.

PAH-ide analüüsil lähtuti standardist:

- ISO 12884:2000 „Ambient air – Determination of total (gas and particle-phase) polycyclic aromatic hydrocarbons – Collection on sorbent-backed filters with gas chromatographic/mass spectrometric analyses“
- EN 15980:2011 „Air quality - Determination of the deposition of benz[a]anthracene, benzo[b]fluoranthene, benzo[j]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, benzo[a]pyrene, dibenz[a,h]anthracene and indeno[1,2,3-cd]pyrene“

Laborisse saabunud filtrid ekstraheeritakse tsükloheksaaniga. Ekstrakt aurutatakse kokku rotatsioonaurustiga ja puhastatakse silikageelikolonnis, kontsentreeritakse ja analüüsitakse kromatomass-spektromeetriga.

Dioksiinide/furaanide ja muude dioksiinilaadsete ühendite proovivõtul ja analüüsil lähtuti standarditest:

- EVS-EN 1948-1:2006 „Stationary source emissions – Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs and dioxin-like PCBs – Part 1: Sampling of PCDDs/PCDFs“

- EVS-EN 1948-2:2006 „Stationary source emissions – Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs and dioxin-like PCBs – Part 2: Extraction and clean-up of PCDDs/PCDFs“

Dioksiinide proov võetakse läbi soojendatava proovivõtusondi, mis asetseb suitsukäigus, ning mille proovivõtuotsiku ots on suunatud analüüsitava gaasivoo vastu. Proovi võetakse isokineetiliselt kindla perioodi vältel, kodumajapidamises kasutatavate küttekollete puhul kuni 4 tundi. Selleks, et tagada dioksiinide keskmise kontsentratsiooni määramine suitsugaasis, tuleb võtta proovi eelnevalt määratud arvu punktidest, mis on jaotatud ühtlaselt üle suitsukäigu risklõike.

Tahked osakesed eraldatakse proovist kasutades klaasfiiber filtrit, mis asetseb peale proovivõtusondi soojendatud kambris. Peale filtrit läbib gaasivoog spiraaljahuti ja adsorbendi XAD2 kolonni, mis püüab gaasilises faasis olevad dioksiinid. Peale XAD2 läbimist läheb gaas kuivatamisele, proovivõtu isokineetilisuse kontrolli ja gaasikella läbiimetud gaasi mahu määramiseks.

Kogutud proov koosneb eelfiltrist, adsorbent XAD2 kolonnist ja pesulahusest. Seadmestikku läbiva gaasiteekonna puhastamine toimub mõõtepunktis kohapeal või hiljem laboris. Analüüsi tulemusena saadakse dioksiinide/furaanide ja dioksiinilaadsete ühendite koguhulk proovis. Kontsentratsioon arvutatakse jagades määratud dioksiini koguse proovis ja läbiimetud kuiva ja normaliseeritud gaasi mahtkuluga.

Dioksiinilaadsete ühendite (PCDD/F, HCB) analüüs teostati alltöövõtuna vastavat akrediteeringut omava ALS Laboratory Group labori poolt, kasutades selleks HRMS-i (kõrglahutuvusega mass-spektromeeter).

Levoglükosaani analüüsil lähtuti Eesti Keskkonnauuringute Keskuse akrediteeritud standardtö juhendist STJnrÕ124, mis põhineb järgmistel eelretsenseeritud teadusartiklidel:

- Characterization of particles from residential wood combustion and modelling of spatial variation in low-strength emission area. M. Glasius, M. Ketzel, P. Wahlin, R. Rossi, J. Stubkjaer, O. Hertel, F. Palmgren
- Polar organic marker compounds in PM_{2.5} aerosol from a mixed forest site in western Germany. I. Koutchev, J. Warnke, W. Maenhaut, T. Hoffmann, M. Claeys. [www. Elsevier.com/locate/chemosphere](http://www.Elsevier.com/locate/chemosphere)

Levoglükosaan ekstraheeritakse õhufiltritelt metanooliga, kontsentreeritakse ekstrakt rotatsioonaurutis, puhastatakse ning derivatiseeritakse N-metüül-N-trimetüülsilüültrifluoroatsetamiidiga. Silüleeritud derivaat analüüsitakse gaaskromatograafiliselt kasutades massdetektorit.

Üldsüsiniku (TOC), elementsüsiniku (EC) ja orgaanilise süsiniku (OC) sisaldus osakeste filtritelt määrati NIOSH termilis-optilise meetodiga ning lähtuti järgmistest standarditest:

- NIOSH 5040,
- CEN/TR 16243:2011 „Ambient air quality - Guide for the measurement of elemental carbon (EC) and organic carbon (OC) deposited on filters“
- Eesti Keskkonnauuringute Keskuse akrediteeritud standardtööjuhend STJnrÕ134.

TOC, EC ja OC määrati Sunlab OC/EC termo-optilise analüsaatoriga.

Anioonide ja katioonide (NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) analüüsimisel lähtuti standardist:

- **CEN/TR 16269:2011 „Ambient air - Guide for the measurement of anions and cations in PM_{2,5}“.**

ioonid leostati destilleeritud veega ning nende sisaldus määrati kasutades ioonvahetus – vedelikkromatograafiat.

Vääveldioksiidi (SO₂), lämmastikoksiidide (NO_x), süsinikoksiidi (CO) ja hapniku (O₂) määramiseks kasutati analüsaatorit Testo 360 ja liikuvat emissioonilaborit, mis on varustatud täisautomaatsete analüsaatoritega ja spetsiaalse proovivõtuseadmestikuga SEC. Mõõtmistel lähtuti järgmistest standarditest:

- CEN/TR 15983:2010 „Stationary source emissions - Guidance on the application of EN 14181:2004“
- EN 15058:2006 „Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of carbon monoxide (CO) - Reference method: Non-dispersive infrared spectrometry“
- EN 14789:2005 „Stationary source emissions - Determination of volume concentration of oxygen (O₂) - Reference method – Paramagnetism“
- EN 14790:2005 „Stationary source emissions - Determination of the water vapour in ducts“
- EN 14791:2005 „Stationary source emissions - Determination of mass concentration of sulphur dioxide - Reference method“
- EN 14792:2005 „Stationary source emissions - Determination of mass concentration of nitrogen oxides (NO_x) - Reference method: Chemiluminescence“

Temperatuuri mõõtmiseks on Testo 360 varustatud termopaariga, mille mõõtevahemik on - 40 °C – 1200 °C.

Gaasi kiirus määrati dünaamilise rõhu kaudu. Dünaamiline rõhk määratakse kuumades, niisketes ja tahkeid osakesi sisaldavates gaasides Pitot-toruga, mis on ühendatud

lateksvoolikute abil mõõteseadmega Testo 400. Dünaamiline rõhk määratakse täpsusega +/- 5 Pa.

- EN ISO 16911-1:2013 „Stationary source emissions - Manual and automatic determination of velocity and volume flow rate in ducts - Part 1: Manual reference method (ISO 16911-1:2013)“
- EN ISO 16911-2:2013 „Stationary source emissions - Manual and automatic determination of velocity and volume flow rate in ducts - Part 2: Automated measuring systems (ISO 16911-2:2013)“

Välisõhu kvaliteedi mõõtmiseks kasutati liikuvat õhulaborit MOBAIR, mis on varustatud täisautomaatsete välisõhu analüsaatoritega (Tabel 1). Sõltuvalt analüsaatorist fikseeritakse mõõtmistulemused kuni iga viie minuti järel, salvestatakse mõõtejaamas paiknevasse salvestusseadmesse ja kantakse tunnise intervalliga üle Eesti Keskkonnauuringute Keskuse serverisse.

Tabel 1. Liikuv as õhulaboris kasutatavad mõõteseadmed

Mõõdetavad parameetrid	Kasutatav seade
Väeveldioksiid (SO ₂)	HORIBA APNA – 360, UV-fluorestsents, EN 14212:2012 „Ambient air - Standard method for the measurement of the concentration of sulphur dioxide by ultraviolet fluorescence“
Lämmastikoksiidid (NO _x)	HORIBA APNA – 360, kemoluminestsents, EN 14211:2012 „Ambient air - Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence“
Süsinikoksiid (CO)	HORIBA APMA – 360, Infrapunakiirguse absorptsioon, EN 14626:2012 „Ambient air - Standard method for the measurement of the concentration of carbon monoxide by non-dispersive infrared spectroscopy“
Osoon (O ₃)	HORIBA APOA – 360, UV-fotomeetria, EN 14625:2012 „Ambient air - Standard method for the measurement of the concentration of ozone

Mõõdetavad parameetrid	Kasutatav seade
	by ultraviolet photometry“
Alifaatsed süsivesinikud (NMHC)	HORIBA APHA – 360 leekionisatsioon
Peenosakesed (PM10)	HFH 62-I-R, Beeta-kiirguse absorptsioon,
Peenosakesed (PM10, PM2.5)	Digitel DHA-80, gravimeetria, EVS-EN 14907 „Välisõhu kvaliteet. Standardne kaalumismeetod suspendeerunud osakeste PM2,5-massifraktsiooni määramiseks“; EVS-EN 12341 „Õhukvaliteet. Suspendeerunud osakeste PM10-fraktsiooni määramine. Standardmeetod ja välimõõtmisprotseduur mõõtemetodi võrdväarsuse näitamiseks standardmeetodi suhtes“
Peenosakesed (PM10, PM2.5, PM1, PM<500 nm)	ELPI, elektromeetria ja gravimeetria, EVS-EN 14907 „Välisõhu kvaliteet. Standardne kaalumismeetod suspendeerunud osakeste PM2,5-massifraktsiooni määramiseks“; EVS-EN 12341 „Õhukvaliteet. Suspendeerunud osakeste PM10-fraktsiooni määramine. Standardmeetod ja välimõõtmisprotseduur mõõtemetodi võrdväarsuse näitamiseks standardmeetodi suhtes“
Tuule suund ja kiirus, õhuniiskus, temperatuur	Thies Clima meteoroloogiline mõõtejaam 10 m mastiga



Joonis 2. Umbkoldega ahi



Joonis 3. Pliit



Joonis 4. Kamin



Joonis 5. Proovivõtukohtad gaaside suitsukäigus

3 Saasteainete eriheidet

Saasteainete eriheidete leidmiseks kasutati keskkonnaministri määruse nr 99 „Põletusseadmetest välisõhku eralduvate saasteainete heitkoguste määramise kord ja määramismeetodid“ § 3 toodud eriheidete arvutamise metoodikat, mis näeb võimaluse leida saasteaine eriheidete kahel viisil:

$$q_i = \frac{V_g + (\alpha - 1) \times V}{q_i^r}, \text{ mg/MJ}$$

Valem 1

$$q_i = c_i \times \alpha \times 0,25 \times k, \text{ mg/MJ}$$

Valem 2

kus:

c_i – i-nda saasteaine kontsentratsioon kuivades suitsugaasides, mg/Nm³;

V_g – 1 kg kütuse põlemisel tekkivate kuivade suitsugaaside maht, Nm³/kg;

V – 1 kg kütuse põlemiseks vajalik teoreetiline õhukogus, Nm³/kg;

α – liigõhutegur $\alpha = CO_{2max}/CO_2 \approx 20,9/(20,9 - O_2)$;

Q_i^r – kütuse alumine kütteväärtus, MJ/kg;

0,25 – kütuse kuivaine stõhhiomeetrilisel põlemisel tekkiv ligikaudne kogus kuivi suitsugaase energiaühiku kohta, Nm³/MJ;

k – kütuse niiskusest tulenev parandustegur

Valem 1 puhul leitakse c_i , V_g , α ja Q_i^r reaalsete mõõtetulemuste põhjal, seevastu valemis 2 kasutatakse V_g , V ja Q_i^r puhul universaalset konstanti 0,25, mille puhul eeldatakse, et kütuse kuivaine stõhhiomeetrilisel põlemisel tekib ligikaudu kuivi suitsugaase 0,25 Nm³/MJ kohta. Antud töös leiti PCDD/F, HCB ja PAH saasteainete eriheited q_i kolmel erineval viisil, lisaks teostati arvutused valemi 1 põhjal, rakendades V_g leidmisel teoreetilist arvutust. Teiste saasteainete eriheidete leidmisel lähtuti valemist 2. Töös kasutatud eriheidete leidmise valemid ja nende numeratisoon on järgmine:

$$\text{Valem 1 (qi_valem1)} = \frac{V_g + (\alpha - 1) \times V}{Q_i^r}, \text{ mg/MJ (kõik sisendandmed mõõdetud)}$$

$$\text{Valem 2 (qi_valem2)} = c_i \times \alpha \times 0,25 \times k,, \text{ mg/MJ}$$

$$\text{Valem 3 (qi_valem3)} = \frac{V_g + (\alpha - 1) \times V}{Q_i^r}, \text{ mg/MJ (V}_g \text{ leitud teoreetilise arvutuse kaudu)}$$

3.1 Valem 1 ja 3 sisendandmete töötlemine ja eriheidete leidmine

Eriheite leidmiseks teostati järgmised arvutuskäigud:

1. Leitakse mõõdetud saasteaine koguse (ng või mg proovis) põhjal saasteaine kontsentratsioon normaliseeritud kujul (ng või mg/Nm³).

1.1. Selleks jagatakse saasteaine kogus proovis proovi võtmiseks kulunud normaliseeritud mahuga (V , Nm³):

$$c_i = \frac{\text{ng proovis}}{V \text{ (Nm}^3\text{)}}, \text{ ng/Nm}^3 \quad \text{Valem 3}$$

1.2. Normaliseeritud õhu kogus V_{norm} , Nm³ leitakse järgmiste valemite kaudu:

$$V_{norm} = \frac{(V_{proov} \text{ (m}^3\text{)}) \times 273 \times P(\text{õhus, kPa})}{(273 + T(\text{gaasikellas, } ^\circ\text{C})) \times 101,325}, \text{ Nm}^3 \quad \text{Valem 4}$$

1.3. Leitakse eriheide q_i järgmiste arvutuste kaudu:

1.3.1. Leitakse liigõhutegur α :

$$\alpha = \frac{20,9}{(20,9 - O_2 \text{ (suitsugaasides)})} \quad \text{Valem 5}$$

1.3.2. Leitakse V_g (1 kg kütuse põlemisel tekkivate kuivade suitsugaaside maht, Nm^3/kg):

$$V_g = \frac{V_{\text{kuiv,norm}} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{s}} \right) \times t_{\text{sek}}(\text{proovivõtt})}{B_{\text{kg,proovivõtu aja kohta}}}, \text{Nm}^3/\text{kg} \quad \text{Valem 6}$$

1.3.3. $V_{\text{kuiv,norm}}$ leitakse:

$$V_{\text{kuiv,norm}} = (V_{\text{niiske,norm}} \times \left(\frac{1}{(1 + H_2O_{\text{proovis}} \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \times \rho_{\text{kuiv gaas}} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) \div 0,8038} \right)), \text{Nm}^3/\text{s} \quad \text{Valem 7}$$

1.3.4. $V_{\text{niiske,norm}}$ leitakse:

$$V_{\text{niiske,norm}} = (V_{\text{suitsugaasid}} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \left(\frac{273}{273 + T_{\text{suitsugaasid}} \text{°C}} \right)) \times \left(\frac{P_{\text{õhus,kPa}} + 0,001 \times P_{\text{st,P}_a}}{101,325} \right), \text{Nm}^3/\text{s} \quad \text{Valem 8}$$

1.3.5. Kuiva gaasi tihedus $\rho_{\text{kuiv gaas}} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ leitakse:

$$\rho_{\text{kuiv gaas}} = \left(\frac{CO_2(\%)}{100} \times 1,977 \right) + \left(\frac{O_2(\%)}{100} \times 1,429 \right) + \left(\frac{CO(\%)}{100} \times 1,251 \right) + \left(1 - \frac{CO_2(\%)}{100} - \frac{O_2(\%)}{100} - \frac{CO(\%)}{100} \right) \times 1,251, \text{kg/m}^3$$

Valem 9

1.3.6. Suitsugaaside mahtkiirus $V_{\text{suitsugaasid}} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ leitakse:

$$V_{\text{suitsugaasid}} = v_{\text{m/s,suitsukäigus}} \times S_{\text{m}^2,\text{suitsukäigus}}, \text{m}^3/\text{s} \quad \text{Valem 10}$$

1.3.7. Teoreetiliselt vajalik õhukogus V Nm^3/kg leitakse järgmise valemi abil:

$$V = 0,0889 \times (C^t + 0,375 S_I^t) + 0,265 H^t - 0,0333 O^t, \text{Nm}^3/\text{kg} \quad \text{Valem 11}$$

1.3.8. Põlemisgaasi tegelik maht V_g Nm^3/kg valemisse 3 leitakse järgmise valemi abil:

$$V_g = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O} + V_{O_2}, \text{Nm}^3/\text{kg} \quad \text{Valem 12}$$

kus:

$$V_{RO_2} = 0,01866 \times (C^t + 0,375 S_I^t), \text{m}^3/\text{kg} \quad \text{Valem 13}$$

$$V_{N_2} = V_{N_2}^0 + 0,79(\alpha - 1) \times V^0, \text{m}^3/\text{kg} \quad \text{Valem 14}$$

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \times V^0 + 0,008 \times N^t, \text{m}^3/\text{kg} \quad \text{Valem 15}$$

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161(\alpha - 1) \times V^0, \text{m}^3/\text{kg} \quad \text{Valem 16}$$

$$V_{H_2O}^0 = 0,111 H^t + 0,0124 W^t + 0,0161 V^0, \text{m}^3/\text{kg} \quad \text{Valem 17}$$

$$V_{O_2} = 0,21 \times (\alpha - 1) \times V^0, \text{m}^3/\text{kg} \quad \text{Valem 18}$$

Tabel 2. Kasutatud kütustes määratud parameetrid

Parameeter	Kuiv lehtpuu <20 %RH	Niiske lehtpuu >33 %RH	Kuiv okaspuu <20 %RH	Niiske okaspuu >33 %RH
Niiskus, %	13.9	41.6	15.2	62.5
Tuhk (kuivaines), %	0.9	1.2	0.4	0.4
N (kuivaines), %	0.3	0.2	0.01	0
C (kuivaines), %	49.5	49.1	50	49
S (kuivaines), %	0.02	0.02	0	0
H (kuivaines), %	9.2	9.3	9.6	9.3
O (kuivaines), %	40.1	40.2	40	41.3
Kuivaine ül.kütteväärtus, MJ/kg	20.33	20.38	20.54	20.4
Kuivaine al.kütteväärtus, MJ/kg	19.05	19.11	19.27	19.13
Tarbimisaine al.kütteväärtus, MJ/kg	16.07	10.15	15.97	5.65

3.2 HCB, PCDD/F, PAH eriheid

HCB, PCDD/F ja PAH-ide proovid võeti läbi soojendatava proovivõtusondi, mis asetses suitsukäigus, ning mille proovivõtuotsiku ots oli suunatud analüüsitava gaasivoo vastu. Proovi võeti isokineetiliselt kindla perioodi vältel, kodumajapidamises kasutatavate küttekollete puhul kuni 4 tundi.

Tabel 3. HCB eriheid – kuiv ja niiske lehtpuu

Tüüp/HCB eriheide	Kuiv lehtpuu qi_valem1 ng/MJ	Kuiv lehtpuu qi_valem2 ng/MJ	Kuiv lehtpuu qi_valem3 ng/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem1 ng/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem2 ng/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem3 ng/MJ
Umbkoldega ahi	35.3625	11.3645	23.9004	84.4069	18.7101	59.9209
Pliit	135.2109	29.1072	60.1146	102.5186	22.6015	72.8616
Kamin	23.7363	10.6602	21.8863	43.2119	11.9214	39.1850

Tabel 4. HCB eriheid – kuiv ja niiske okaspuu

Tüüp/HCB eriheide	Kuiv okaspuu qi_valem1 ng/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem2 ng/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem3 ng/MJ	Niiske okaspuu qi_valem1 ng/MJ	Niiske okaspuu qi_valem2 ng/MJ	Niiske okaspuu qi_valem3 ng/MJ
Umbkoldega ahi	36.5413	16.5783	35.2054	57.9491	10.2931	60.1108
Pliit	22.1035	9.5839	20.1613	155.8929	16.9590	100.0390
Kamin	22.7758	8.1394	17.1923	111.7742	20.2293	120.3577

Tabel 5. HCB eriheited – keskmistatud

Tüüp/HCB eriheide	Keskmine qi_valem1 ng/MJ	Keskmine qi_valem2 ng/MJ	Keskmine qi_valem3 ng/MJ	Keskmine qi_kõik ng/MJ
Umbkoldega ahi	53.5650	14.2365	44.7844	37.5286
Pliit	103.9315	19.5629	63.2941	62.2628
Kamin	50.3745	12.7376	49.6553	37.5891
Keskmine, ng/MJ	97.9608	17.1044	50.6554	55.2402

Tabel 6. PCDD/F eriheited – kuiv ja niiske lehtpuu

Tüüp/PCDD/F eriheide	Kuiv lehtpuu qi_valem1 ng/MJ	Kuiv lehtpuu qi_valem2 ng/MJ	Kuiv lehtpuu qi_valem3 ng/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem1 ng/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem2 ng/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem3 ng/MJ
Umbkoldega ahi	0.0559	0.0171	0.0359	0.0688	0.0163	0.0520
Pliit	0.0298	0.0065	0.0134	0.0546	0.0133	0.0432
Kamin	1.0640	0.4779	0.9811	1.3356	0.3685	1.2112

Tabel 7. PCDD/F eriheited – kuiv ja niiske okaspuu

Tüüp/PCDD/F eriheide	Kuiv okaspuu qi_valem1 ng/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem2 ng/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem3 ng/MJ	Niiske okaspuu qi_valem1 ng/MJ	Niiske okaspuu qi_valem2 ng/MJ	Niiske okaspuu qi_valem3 ng/MJ
Umbkoldega ahi	0.0298	0.0132	0.0280	0.0335	0.0061	0.0357

Tüüp/PCDD/F eriheide	Kuiv okaspuu qi_valem1 ng/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem2 ng/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem3 ng/MJ	Niiske okaspuu qi_valem1 ng/MJ	Niiske okaspuu qi_valem2 ng/MJ	Niiske okaspuu qi_valem3 ng/MJ
Pliit	0.0320	0.0135	0.0284	0.1288	0.0137	0.0810
Kamin	0.0640	0.0229	0.0483	8.8488	1.6015	9.5283

Tabel 8. PCDD/F eriheited – keskmistatud

Tüüp/PCDD/F eriheide	Keskmine qi_valem1 ng/MJ	Keskmine qi_valem2 ng/MJ	Keskmine qi_valem3 ng/MJ	Keskmine qi_kõik ng/MJ
Umbkoldega ahi	0.0470	0.0132	0.0379	0.0327
Pliit	0.0613	0.0118	0.0415	0.0382
Kamin	2.8281	0.6177	2.9422	2.1293
Keskmine, ng/MJ	0.7446	0.1619	0.7580	0.5548

Tabel 9. PAH eriheited – kuiv ja niiske lehtpuu

Tüüp/PAH eriheide	Kuiv lehtpuu qi_valem1 mg/MJ	Kuiv lehtpuu qi_valem2 mg/MJ	Kuiv lehtpuu qi_valem3 mg/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem1 mg/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem2 mg/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem3 mg/MJ
Umbkoldega ahi	4.7464	1.3912	2.9233	14.1674	3.2513	10.3998
Pliit	6.4584	1.3648	2.8163	63.2891	13.8169	44.5211
Kamin	2.2099	0.9925	2.0377	20.4274	5.6356	18.5238

Tabel 10. PAH eriheited – kuiv ja niiske okaspuu

Tüüp/PAH eriheide	Kuiv okaspuu qi_valem1 mg/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem2 mg/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem3 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem1 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem2 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem3 mg/MJ
Umbkoldega ahi	9.6759	4.4667	9.5095	15.7370	2.6711	15.6000
Pliit	12.7038	5.4293	11.5400	108.5581	10.9990	64.9253

Tüüp/PAH eriheide	Kuiv okaspuu qi_valem1 mg/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem2 mg/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem3 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem1 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem2 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem3 mg/MJ
Kamin	14.0749	5.0299	10.6244	68.9274	12.4748	74.2206

Tabel 11. PAH eriheited – keskmistatud

Tüüp/PAH eriheide	Keskmine qi_valem1 mg/MJ	Keskmine qi_valem2 mg/MJ	Keskmine qi_valem3 mg/MJ	Keskmine qi_kõik mg/MJ
Umbkoldega ahi	11.0817	2.9451	9.6082	7.8783
Pliit	47.7524	7.9025	30.9507	28.8685
Kamin	26.4099	6.0332	26.3516	19.5983
Keskmine, ng/MJ	24.2378	4.5683	17.4417	15.4160

Tabel 12. B(a)P eriheited – kuiv ja niiske lehtpuu

Tüüp/ B(a)P eriheide	Kuiv lehtpuu qi_valem1 mg/MJ	Kuiv lehtpuu qi_valem2 mg/MJ	Kuiv lehtpuu qi_valem3 mg/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem1 mg/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem2 mg/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem3 mg/MJ
Umbkoldega ahi	0.0182	0.0056	0.0117	0.1484	0.0328	0.1049
Pliit	0.0448	0.0099	0.0204	0.6292	0.1367	0.4404
Kamin	0.0082	0.0037	0.0075	0.1336	0.0368	0.1211

Tabel 13. B(a)P eriheited – kuiv ja niiske okaspuu

Tüüp/ B(a)P eriheide	Kuiv okaspuu qi_valem1 mg/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem2 mg/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem3 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem1 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem2 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem3 mg/MJ
Umbkoldega ahi	0.0635	0.0301	0.0644	0.2002	0.0308	0.1801
Pliit	0.1050	0.0452	0.0961	0.6121	0.0663	0.3911
Kamin	0.1382	0.0494	0.1043	0.6054	0.1096	0.6519

Tabel 14. B(a)P eriheid – keskmistatud

Tüüp/ B(a)P eriheid	Keskmine qi_valem1 mg/MJ	Keskmine qi_valem2 mg/MJ	Keskmine qi_valem3 mg/MJ	Keskmine qi_kõik mg/MJ
Umbkoldega ahi	0.1076	0.0248	0.0903	0.0742
Pliit	0.3478	0.0645	0.2370	0.2164
Kamin	0.2213	0.0499	0.2212	0.1641
Keskmine, ng/MJ	0.1953	0.0379	0.1435	0.1256

Tabel 15. B(k)F eriheid – kuiv ja niiske lehtpuu

Tüüp/ B(k)F eriheid	Kuiv lehtpuu qi_valem1 mg/MJ	Kuiv lehtpuu qi_valem2 mg/MJ	Kuiv lehtpuu qi_valem3 mg/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem1 mg/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem2 mg/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem3 mg/MJ
Umbkoldega ahi	0.0094	0.0028	0.0059	0.0680	0.0151	0.0485
Pliit	0.0215	0.0048	0.0099	0.3152	0.0671	0.2159
Kamin	0.0043	0.0019	0.0040	0.0629	0.0173	0.0570

Tabel 16. B(k)F eriheid – kuiv ja niiske okaspuu

Tüüp/ B(k)F eriheid	Kuiv okaspuu qi_valem1 mg/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem2 mg/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem3 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem1 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem2 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem3 mg/MJ
Umbkoldega ahi	0.0378	0.0179	0.0382	0.0895	0.0140	0.0819
Pliit	0.0569	0.0243	0.0518	0.3119	0.0337	0.1990
Kamin	0.0589	0.0210	0.0444	0.2515	0.0455	0.2708

Tabel 17. B(k)F eriheid – keskmistatud

Tüüp/ B(k)F eriheid	Keskmine qi_valem1 mg/MJ	Keskmine qi_valem2 mg/MJ	Keskmine qi_valem3 mg/MJ	Keskmine qi_kõik mg/MJ
Umbkoldega ahi	0.0512	0.0125	0.0436	0.0357

Tüüp/ B(k)F eriheide	Keskmine qi_valem1 mg/MJ	Keskmine qi_valem2 mg/MJ	Keskmine qi_valem3 mg/MJ	Keskmine qi_kõik mg/MJ
Pliit	0.1764	0.0325	0.1192	0.1093
Kamin	0.0944	0.0215	0.0941	0.0700
Keskmine, ng/MJ	0.0936	0.0182	0.0674	0.0597

Tabel 18. B(b)F eriheited – kuiv ja niiske lehtpuu

Tüüp/ B(b)F eriheide	Kuiv lehtpuu qi_valem1 mg/MJ	Kuiv lehtpuu qi_valem2 mg/MJ	Kuiv lehtpuu qi_valem3 mg/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem1 mg/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem2 mg/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem3 mg/MJ
Umbkoldega ahi	0.0137	0.0041	0.0087	0.1007	0.0225	0.0720
Pliit	0.0359	0.0079	0.0164	0.4479	0.0949	0.3054
Kamin	0.0069	0.0031	0.0063	0.1100	0.0303	0.0997

Tabel 19. B(b)F eriheited – kuiv ja niiske okaspuu

Tüüp/ B(b)F eriheide	Kuiv okaspuu qi_valem1 mg/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem2 mg/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem3 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem1 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem2 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem3 mg/MJ
Umbkoldega ahi	0.0539	0.0254	0.0542	0.1343	0.0210	0.1228
Pliit	0.0911	0.0388	0.0825	0.4834	0.0524	0.3091
Kamin	0.0972	0.0348	0.0734	0.3912	0.0708	0.4213

Tabel 20. B(b)F eriheited – keskmistatud

Tüüp/ B(b)F eriheide	Keskmine qi_valem1 mg/MJ	Keskmine qi_valem2 mg/MJ	Keskmine qi_valem3 mg/MJ	Keskmine qi_kõik mg/MJ
Umbkoldega ahi	0.0756	0.0182	0.0644	0.0528
Pliit	0.2646	0.0485	0.1784	0.1638
Kamin	0.1513	0.0347	0.1502	0.1121

Tüüp/ B(b)F eriheide	Keskmine qi_valem1 mg/MJ	Keskmine qi_valem2 mg/MJ	Keskmine qi_valem3 mg/MJ	Keskmine qi_kõik mg/MJ
Keskmine, ng/MJ	0.1490	0.0285	0.1046	0.0940

Tabel 21. Indeno[1,2,3-cd]pyrene eriheited – kuiv ja niiske lehtpuu

Tüüp/ Indeno[1,2,3-cd]pyrene eriheide	Kuiv lehtpuu qi_valem1 mg/MJ	Kuiv lehtpuu qi_valem2 mg/MJ	Kuiv lehtpuu qi_valem3 mg/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem1 mg/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem2 mg/MJ	Niiske lehtpuu qi_valem3 mg/MJ
Umbkoldega ahi	0.0135	0.0040	0.0085	0.1100	0.0242	0.0775
Pliit	0.0285	0.0064	0.0132	0.5959	0.1236	0.3973
Kamin	0.0063	0.0028	0.0058	0.0786	0.0217	0.0712

Tabel 22. Indeno[1,2,3-cd]pyrene eriheited – kuiv ja niiske okaspuu

Tüüp/ Indeno[1,2,3-cd]pyrene eriheide	Kuiv okaspuu qi_valem1 mg/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem2 mg/MJ	Kuiv okaspuu qi_valem3 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem1 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem2 mg/MJ	Niiske okaspuu qi_valem3 mg/MJ
Umbkoldega ahi	0.0832	0.0390	0.0831	0.1727	0.0280	0.1634
Pliit	0.0708	0.0305	0.0648	0.4060	0.0432	0.2549
Kamin	0.0870	0.0311	0.0657	0.3074	0.0556	0.3310

Tabel 23. Indeno[1,2,3-cd]pyrene eriheited – keskmistatud

Tüüp/ Indeno[1,2,3-cd]pyrene eriheide	Keskmine qi_valem1 mg/MJ	Keskmine qi_valem2 mg/MJ	Keskmine qi_valem3 mg/MJ	Keskmine qi_kõik mg/MJ
Umbkoldega ahi	0.0948	0.0238	0.0831	0.0673
Pliit	0.2753	0.0509	0.1826	0.1696
Kamin	0.1198	0.0278	0.1184	0.0887
Keskmine, ng/MJ	0.1434	0.0281	0.1011	0.0909

3.3 Osakeste (TSP, PM10, PM2.5, PM1, PM<1) eriheid, mg/MJ

Üldtolmu (TSP) kontsentratsioon määrati kasutades gravimeetrilist proovivõtuseadmestikku Aquaria ja Sick Gravimat.

Peentolmu kontsentratsiooni määramiseks kasutati impaktor-proovivõtuseadet Dekati ja ELPI (electrical low pressure impactor), mis jagab tolmuproovi vastavalt osakeste suurusele fraktsioonidesse, antud töös klassifitseeriti osakesed: osakesed suurusega 10µm, 2,5µm, 1µm ja osakesed < 500 nm. Iga fraktsioon koguti eraldi filtri peale ja osakeste mass määrati gravimeetriliselt

Tabel 24. TSP protsessipõhised eriheid (mg/MJ), umbkoldega ahi

Kütus, protsess	TSP, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, sissekütmine	157.988	174.635
Kuiv lehtpuu, stabiilne põlemine	62.384	49.917
Kuiv okaspuu, sissekütmine	851.153	936.722
Kuiv okaspuu, stabiilne põlemine	133.286	9.121
Märg lehtpuu, sissekütmine	360.147	39.616
Märg lehtpuu, stabiilne põlemine	557.181	61.290
Märg okaspuu, sissekütmine	144.995	15.949
Märg okaspuu, stabiilne põlemine	75.276	8.280

Tabel 25. TSP keskmistatud eriheid (mg/MJ), umbkoldega ahi

Kütus, protsess	TSP, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, keskmine	110.186	112.276
Kuiv okaspuu, keskmine	492.219	472.922
Märg lehtpuu, keskmine	458.664	50.453
Märg okaspuu, keskmine	110.136	12.115
Halupuu, keskmine	292.801	161.941

Tabel 26. TSP protsessipõhised eriheid (mg/MJ), pliit

Kütus, protsess	TSP, mg/MJ	Stdev
-----------------	------------	-------

Kuiv lehtpuu, sissekütmine	332.766	459.237
Kuiv lehtpuu, stabiilne põlemine	45.240	7.020
Kuiv okaspuu, sissekütmine	330.471	215.245
Kuiv okaspuu, stabiilne põlemine	156.002	183.999
Märg lehtpuu, sissekütmine	503.828	50.383
Märg lehtpuu, stabiilne põlemine	243.545	304.494
Märg okaspuu, sissekütmine	235.441	159.652
Märg okaspuu, stabiilne põlemine	211.310	117.444

Tabel 27. TSP keskmistatud eriheid (mg/MJ), pliit

Kütus, protsess	TSP, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, keskmine	189.003	233.129
Kuiv okaspuu, keskmine	243.236	199.622
Märg lehtpuu, keskmine	373.686	177.438
Märg okaspuu, keskmine	223.375	138.548
Halupuu, keskmine	257.325	187.184

Tabel 28. TSP protsessipõhised eriheid (mg/MJ), kamin

Kütus, protsess	TSP, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, sissekütmine	46.407	39.922
Kuiv lehtpuu, stabiilne põlemine	132.138	108.869
Kuiv okaspuu, sissekütmine	176.436	63.692
Kuiv okaspuu, stabiilne põlemine	213.627	63.544
Märg lehtpuu, sissekütmine	863.281	843.405
Märg lehtpuu, stabiilne põlemine	164.484	47.440
Märg okaspuu, sissekütmine	254.792	28.027
Märg okaspuu, stabiilne põlemine	353.032	38.833

Tabel 29. TSP keskmistatud eriheid (mg/MJ), kamin

Kütus, protsess	TSP, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, keskmine	89.272	74.395
Kuiv okaspuu, keskmine	195.031	63.618
Märg lehtpuu, keskmine	513.883	445.423
Märg okaspuu, keskmine	303.912	33.430
Halupuu, keskmine	275.525	154.217

Tabel 30. Peenosakeste protsessipõhised eriheid (mg/MJ), umbkoldega ahi

Kütus, protsess	PM10, mg/MJ	Stdev	PM2.5, mg/MJ	Stdev	PM1.0, mg/MJ	Stdev	PM<1, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, sissekütmine	134.532	13.967	133.665	15.193	131.774	17.868	119.476	12.734
Kuiv lehtpuu, stabiilne põlemine	171.673	17.000	168.695	17.000	163.603	17.000	153.132	17.000
Kuiv okaspuu, sissekütmine	306.453	153.765	305.162	155.590	296.653	152.804	233.325	83.201
Kuiv okaspuu, stabiilne põlemine	101.268	57.281	100.449	56.123	96.579	53.875	90.294	51.437
Märg lehtpuu, sissekütmine	586.048	21.000	582.436	21.000	572.804	21.000	405.748	21.000
Märg lehtpuu, stabiilne põlemine	383.708	38.000	380.810	38.000	374.049	38.000	338.314	38.000
Märg okaspuu, sissekütmine	205.879	15.000	205.233	15.000	197.265	15.000	175.729	15.000
Märg okaspuu, stabiilne põlemine	307.382	21.000	305.121	21.000	298.018	21.000	227.469	21.000

Tabel 31. Peenosakeste keskmistatud eriheid (mg/MJ), umbkoldega ahi

Kütus, protsess	PM10, mg/MJ	Stdev	PM2.5, mg/MJ	Stdev	PM1.0, mg/MJ	Stdev	PM<1, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, keskmine	153.102	15.48	151.180	16.10	147.688	17.43	136.304	14.87
Kuiv okaspuu, keskmine	203.860	105.52	202.806	105.9	196.616	103.34	161.810	67.32

Kütus, protsess	PM10, mg/MJ	Stdev	PM2.5, mg/MJ	Stdev	PM1.0, mg/MJ	Stdev	PM<1, mg/MJ	Stdev
Märg lehtpuu, keskmine	484.878	29.50	481.623	29.50	473.426	29.50	372.031	29.50
Märg okaspuu, keskmine	256.630	18.00	255.177	18.00	247.641	18.00	201.599	18.00
Halupuu, keskmine	274.618	42.13	272.696	42.36	266.343	42.07	217.936	32.42

Tabel 32. Peenosakeste protsessipõhised eriheid (mg/MJ), pliiit

Kütus, protsess	PM10, mg/MJ	Stdev	PM2.5, mg/MJ	Stdev	PM1.0, mg/MJ	Stdev	PM<1, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, sissekütmine	175.017	26.253	90.488	13.573	90.488	13.573	65.406	9.811
Kuiv lehtpuu, stabiilne põlemine	127.301	19.095	125.224	18.784	122.768	18.415	109.547	16.432
Kuiv okaspuu, sissekütmine	452.601	131.022	450.002	134.669	439.665	133.563	311.279	67.821
Kuiv okaspuu, stabiilne põlemine	308.885	269.163	307.493	268.735	303.136	267.889	147.184	129.668
Märg lehtpuu, sissekütmine	269.479	213.282	267.253	212.006	261.156	208.829	209.911	182.483
Märg lehtpuu, stabiilne põlemine	157.194	45.988	156.098	46.651	150.450	43.089	134.927	41.055
Märg okaspuu, sissekütmine	216.578	110.118	215.507	111.018	211.534	112.206	188.742	99.997
Märg okaspuu, stabiilne põlemine	277.114	158.354	276.438	159.155	253.594	159.399	192.291	143.323

Tabel 33. Peenosakeste keskmistatud eriheid (mg/MJ), pliiit

Kütus, protsess	PM10, mg/MJ	Stdev	PM2.5, mg/MJ	Stdev	PM1.0, mg/MJ	Stdev	PM<1, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, keskmine	151.159	22.674	107.856	16.178	106.628	15.994	87.477	13.122
Kuiv okaspuu, keskmine	380.743	200.093	378.748	201.702	371.401	200.726	229.232	98.745

Kütus, protsess	PM10, mg/MJ	Stdev	PM2.5, mg/MJ	Stdev	PM1.0, mg/MJ	Stdev	PM<1, mg/MJ	Stdev
Märg lehtpuu, keskmise	213.337	129.635	211.675	129.328	205.803	125.959	172.419	111.769
Märg okaspuu, keskmise	246.846	134.236	245.973	135.086	232.564	135.802	190.516	121.660
Halupuu, keskmise	248.021	121.659	236.063	120.574	229.099	119.621	169.911	86.324

Tabel 34. Peenosakeste protsessipõhised eriheid (mg/MJ), kamin

Kütus, protsess	PM10, mg/MJ	Stdev	PM2.5, mg/MJ	Stdev	PM1.0, mg/MJ	Stdev	PM<1, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, sissekütmine	382.488	406.731	379.405	408.307	369.207	399.178	342.617	370.950
Kuiv lehtpuu, stabiilne põlemine	78.649	43.115	70.131	36.735	66.892	35.995	54.849	24.426
Kuiv okaspuu, sissekütmine	117.117	53.122	115.533	53.190	112.759	52.393	103.911	47.584
Kuiv okaspuu, stabiilne põlemine	317.648	189.847	313.235	186.673	304.521	181.552	277.168	157.499
Märg lehtpuu, sissekütmine	225.922	170.422	225.523	170.206	222.597	166.107	175.398	166.859
Märg lehtpuu, stabiilne põlemine	261.242	223.526	260.045	222.384	251.503	217.957	217.163	187.376
Märg okaspuu, sissekütmine	254.785	84.810	246.862	84.013	218.410	84.665	169.468	101.563
Märg okaspuu, stabiilne põlemine	364.073	178.295	317.632	202.371	293.072	204.299	262.700	198.132

Tabel 35. Peenosakeste keskmistatud eriheid (mg/MJ), kamin

Kütus, protsess	PM10, mg/MJ	Stdev	PM2.5, mg/MJ	Stdev	PM1.0, mg/MJ	Stdev	PM<1, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, keskmise	230.569	224.923	224.768	222.521	218.050	217.587	198.733	197.688
Kuiv okaspuu, keskmise	217.383	121.485	214.384	119.932	208.640	116.973	190.540	102.541

Kütus, protsess	PM10, mg/MJ	Stdev	PM2.5, mg/MJ	Stdev	PM1.0, mg/MJ	Stdev	PM<1, mg/MJ	Stdev
Märg lehtpuu, keskmine	243.582	196.974	242.784	196.295	237.050	192.032	196.281	177.117
Märg okaspuu, keskmine	309.429	131.552	282.247	143.192	255.741	144.482	216.084	149.847
Halupuu, keskmine	250.241	168.734	241.046	170.485	229.870	167.768	200.409	156.798

3.4 Gaasiliste saasteainete (CO, NO, NO₂, NO_x, SO₂) eriheited, mg/MJ

Väeveldioksiidi (SO₂), lämmastikoksiidide (NO_x), süsinikoksiidi (CO) ja hapniku (O₂) määramiseks kasutati analüsaatorit Testo 360 ja liikuvat emissioonilaborit, mis on varustatud täisautomaatsete analüsaatoritega ja spetsiaalse proovivõtuseadmestikuga SEC. Gaaside joonkiirus oli mõõtmiste käigus vahemikus 0,5 kuni 3 m/s. Gaaside temperatuur suitsugaasides oli sõltuvalt küttekoldest vahemikus 50 kuni 210 °C. Kamina kütmise käigus olid suitsugaaside temperatuurid kõrgeimad (suitsugaasid suunduvad otse korstnasse) ning pliidi kütmisel madalaimad (pikk suitsukäik). Suitsugaaside niiskus oli otseses sõltuvuses kasutatava kütuse niiskusest, jäädes vahemikku 6 kuni 34%. Suitsugaaside hapniku sisaldus olenes suuresti kütmisluugi avatusest, maksimaalselt avatud režiimil oli O₂ sisaldus ca 20%.

Tabel 36. Gaasiliste saasteainete protsessipõhised eriheited (mg/MJ), umbkoldega ahi

Kütus, protsess	CO, mg/MJ	Stdev	NO, mg/MJ	Stdev	NO ₂ , mg/MJ	Stdev	NO _x , mg/MJ	Stdev	SO ₂ , mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, sissekütmine	2458.83	1317.56	116.01	20.75	31.09	41.86	208.57	70.03	264.54	426.59
Kuiv lehtpuu, stabiilne põlemine	2766.93	501.77	128.14	31.43	18.96	19.25	214.99	67.22	43.04	74.55
Kuiv okaspuu, sissekütmine	4830.80	4479.83	78.22	38.04	4.62	5.46	124.29	53.25	371.95	623.55
Kuiv okaspuu, stabiilne põlemine	2995.14	1451.95	62.53	15.47	3.32	3.99	98.98	20.71	54.06	79.31
Märg lehtpuu, sissekütmine	1696.53	874.41	98.27	25.72	17.76	25.12	168.10	64.47	20.07	2.24
Märg lehtpuu, stabiilne põlemine	4311.48	4311.48	105.96	105.96	9.19	9.19	171.28	171.28	14.90	14.90
Märg okaspuu, sissekütmine	2786.40	2293.15	49.27	17.82	4.81	6.80	80.19	20.47	21.26	26.34
Märg okaspuu, stabiilne põlemine	4550.30	1174.32	63.53	22.08	2.70	3.82	99.89	29.95	43.42	61.41

Tabel 37. Gaasiliste saasteainete keskmistatud eriheited (mg/MJ), umbkoldega ahi

Kütus, protsess	CO, mg/MJ	Stdev	NO, mg/MJ	Stdev	NO ₂ , mg/MJ	Stdev	NO _x , mg/MJ	Stdev	SO ₂ , mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, keskmine	2612.88	909.67	122.08	26.09	25.02	30.55	211.78	68.62	153.79	250.57
Kuiv okaspuu, keskmine	3912.97	2965.89	70.38	26.75	3.97	4.73	111.63	36.98	213.01	351.43
Märg lehtpuu, keskmine	3004.01	2592.94	102.11	65.84	13.48	17.15	169.69	117.88	17.49	8.57
Märg okaspuu, keskmine	3668.35	1733.74	56.40	19.95	3.75	5.31	90.04	25.21	32.34	43.87

Kütus, protsess	CO, mg/MJ	Stdev	NO, mg/MJ	Stdev	NO ₂ , mg/MJ	Stdev	NO _x , mg/MJ	Stdev	SO ₂ , mg/MJ	Stdev
keskmine										
Halupuu, keskmine	3299.55	2050.56	87.74	34.66	11.55	14.44	145.79	62.17	104.15	163.61

Tabel 38. Gaasiliste saasteainete protsessipõhised eriheited (mg/MJ), pliit

Kütus, protsess	CO, mg/MJ	Stdev	NO, mg/MJ	Stdev	NO ₂ , mg/MJ	Stdev	NO _x , mg/MJ	Stdev	SO ₂ , mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, sissekütmine	4410.509	3067.142	92.919	22.096	7.252	12.225	149.405	39.278	455.274	710.872
Kuiv lehtpuu, stabiilne põlemine	3951.396	1676.708	118.677	31.808	5.270	6.298	186.827	47.364	287.557	541.591
Kuiv okaspuu, sissekütmine	3461.890	1160.426	64.084	23.740	3.479	6.958	101.518	40.398	39.986	58.741
Kuiv okaspuu, stabiilne põlemine	3280.649	1538.120	69.854	28.019	0.058	0.129	106.924	42.959	1.512	1.865
Märg lehtpuu, sissekütmine	1512.602	54.720	110.210	37.100	18.621	12.057	187.226	44.700	1.501	0.141
Märg lehtpuu, stabiilne põlemine	4114.070	904.485	108.826	26.488	9.571	8.781	176.059	40.819	2.388	4.136
Märg okaspuu, sissekütmine	3338.510	2265.290	52.062	12.180	1.459	1.689	81.107	18.151	9.475	6.264
Märg okaspuu, stabiilne põlemine	4348.072	457.730	75.680	10.939	0.009	0.018	115.789	16.738	5.557	6.629

Tabel 39. Gaasiliste saasteainete keskmistatud eriheited (mg/MJ), pliit

Kütus, protsess	CO, mg/MJ	Stdev	NO, mg/MJ	Stdev	NO ₂ , mg/MJ	Stdev	NO _x , mg/MJ	Stdev	SO ₂ , mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, keskmine	4180.953	2371.925	105.798	26.952	6.261	9.261	168.116	43.321	371.415	626.231
Kuiv okaspuu, keskmine	3371.270	1349.273	66.969	25.879	1.768	3.544	104.221	41.678	20.749	30.303
Märg lehtpuu, keskmine	2813.336	479.602	109.518	31.794	14.096	10.419	181.642	42.760	1.944	2.138
Märg okaspuu, keskmine	3843.291	1361.510	63.871	11.560	0.734	0.854	98.448	17.445	7.516	6.446
Halupuu, keskmine	3552.212	1390.578	86.539	24.046	5.715	6.019	138.107	36.301	100.406	166.280

Tabel 40. Gaasiliste saasteainete protsessipõhised eriheid (mg/MJ), kamin

Kütus, protsess	CO, mg/MJ	Stdev	NO, mg/MJ	Stdev	NO ₂ , mg/MJ	Stdev	NO _x , mg/MJ	Stdev	SO ₂ , mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, sissekütmine	2351.830	1396.602	125.469	71.783	20.903	18.110	212.852	120.458	36.076	34.964
Kuiv lehtpuu, stabiilne põlemine	2520.107	717.991	97.325	18.616	11.608	12.995	160.500	39.215	1.512	1.504
Kuiv okaspuu, sissekütmine	2668.849	1064.766	59.767	35.829	4.711	5.805	96.145	51.033	8.530	12.699
Kuiv okaspuu, stabiilne põlemine	5054.298	3734.436	99.833	51.127	1.054	2.108	153.783	76.743	0.864	1.625
Märg lehtpuu, sissekütmine	1733.010	1301.264	46.685	14.727	22.208	17.305	93.630	39.419	16.529	22.780
Märg lehtpuu, stabiilne põlemine	2880.177	1515.914	59.572	23.150	20.232	16.111	111.368	31.334	0.985	1.707
Märg okaspuu, sissekütmine	1833.626	245.418	62.575	21.124	36.167	14.659	131.897	17.657	6.662	0.811
Märg okaspuu, stabiilne põlemine	5244.281	2258.157	79.876	42.607	16.300	12.993	138.499	52.190	0.753	1.046

Tabel 41. Gaasiliste saasteainete keskmistatud eriheid (mg/MJ), kamin

Kütus, protsess	CO, mg/MJ	Stdev	NO, mg/MJ	Stdev	NO ₂ , mg/MJ	Stdev	NO _x , mg/MJ	Stdev	SO ₂ , mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, keskmine	2435.968	1057.296	111.397	45.199	16.255	15.553	186.676	79.836	18.794	18.234
Kuiv okaspuu, keskmine	3861.574	2399.601	79.800	43.478	2.883	3.956	124.964	63.888	4.697	7.162
Märg lehtpuu, keskmine	2306.594	1408.589	53.129	18.938	21.220	16.708	102.499	35.376	8.757	12.244
Märg okaspuu, keskmine	3538.954	1251.787	71.225	31.866	26.234	13.826	135.198	34.924	3.708	0.928
Halupuu, keskmine	3035.772	1529.318	78.888	34.870	16.648	12.511	137.334	53.506	8.989	9.642

3.5 Lenduvate orgaaniliste ühendite eriheid, mg/MJ

LOÜ proovid koguti SKC adsorbenttorudele (Tenax®), mida analüüsiti laboris gaaskromatograafil mass-spektromeetilise detektoriga (Varian, SATURN 2200 GC/MS).

Proovi koguti kiirusega 50-125 ml/min. Proovi kogus oli kuni 1 liitrit. Kogutud gaasiproovidest määrati summaarne lenduvate orgaaniliste ühendite kontsentratsioon.

Tabel 42. LOÜ protsessipõhised eriheid (mg/MJ), umbkoldega ahi

Kütus, protsess	LOÜ, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, sissekütmine	28.0994	5.1837
Kuiv lehtpuu, stabiilne põlemine	21.3247	6.1518
Kuiv okaspuu, sissekütmine	45.7295	47.3353
Kuiv okaspuu, stabiilne põlemine	44.6506	30.0640
Märg lehtpuu, sissekütmine	40.7972	17.0639
Märg lehtpuu, stabiilne põlemine	36.9439	4.0638
Märg okaspuu, sissekütmine	74.2930	3.7146
Märg okaspuu, stabiilne põlemine	62.5202	3.1260

Tabel 43. LOÜ keskmistatud eriheid (mg/MJ), umbkoldega ahi

Kütus, protsess	LOÜ, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, keskmine	24.7121	5.6678
Kuiv okaspuu, keskmine	45.1901	38.6996
Märg lehtpuu, keskmine	36.9439	4.0638
Märg okaspuu, keskmine	68.4066	3.4203
Halupuu, keskmine	43.8132	12.9629

Tabel 44. LOÜ protsessipõhised eriheid (mg/MJ), pliit

Kütus, protsess	LOÜ, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, sissekütmine	222.922	303.866
Kuiv lehtpuu, stabiilne põlemine	257.211	340.332
Kuiv okaspuu, sissekütmine	40.220	4.577
Kuiv okaspuu, stabiilne põlemine	47.017	27.473
Märg lehtpuu, sissekütmine	19.352	1.935

Kütus, protsess	LOÜ, mg/MJ	Stdev
Märg lehtpuu, stabiilne põlemine	9.042	1.356
Märg okaspuu, sissekütmine	235.215	35.282
Märg okaspuu, stabiilne põlemine	24.152	3.623

Tabel 45. LOÜ keskmistatud eriheid (mg/MJ), pliit

Kütus, protsess	LOÜ, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, keskmine	240.067	322.099
Kuiv okaspuu, keskmine	43.619	16.025
Märg lehtpuu, keskmine	14.197	1.646
Märg okaspuu, keskmine	129.683	19.453
Halupuu, keskmine	106.891	89.806

Tabel 46. LOÜ protsessipõhised eriheid (mg/MJ), kamin

Kütus, protsess	LOÜ, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, sissekütmine	127.290	14.0019
Kuiv lehtpuu, stabiilne põlemine	21.820	2.4002
Kuiv okaspuu, sissekütmine	21.120	13.478248
Kuiv okaspuu, stabiilne põlemine	86.353	88.705735
Märg lehtpuu, sissekütmine	50.894	3.148059
Märg lehtpuu, stabiilne põlemine	60.106	55.968484
Märg okaspuu, sissekütmine	8.370	1.2555
Märg okaspuu, stabiilne põlemine	20.720	3.108

Tabel 47. LOÜ keskmistatud eriheid (mg/MJ), kamin

Kütus, protsess	LOÜ, mg/MJ	Stdev
Kuiv lehtpuu, keskmine	74.555	8.201
Kuiv okaspuu, keskmine	53.736	51.092

Kütus, protsess	LOÜ, mg/MJ	Stdev
Märg lehtpuu, keskmine	55.500	29.558
Märg okaspuu, keskmine	14.545	2.182
Halupuu, keskmine	49.584	22.758

3.6 Anioonide ja kationide sisaldused osakeste fraktsioonides

Anioonide ja kationide (NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) sisaldused määrati osakeste fraktsioonidelt PM10, PM2.5, PM1.0 ja PM<1.0 (PM<500 nm)ioonkromatograafia. Anioonide ja kationide sisaldused summeeriti ning leiti nende protsentuaalne sisaldus vastava osakese fraktsioonis.

Tabel 48. Ioonide keskmistatud eriheid (%) osakeste fraktsioonidest, umbkoldega ahi

Kütus, protsess	ioonid_PM10, %	Stdev	ioonid_PM2.5, %	Stdev	ioonid_PM1.0, %	Stdev	ioonid_PM<1, %	Stdev
Lehtpuu (kuiv, märg), sissekütisel	4.982	0.79	4.434	0.49	3.69	0.033	3.554	0.01
Lehtpuu (kuiv, märg), stabiilne põlemine	3.866	0.19	3.744	0.19	3.64	0.182	3.537	0.18
Okaspuu (kuiv, märg), sissekütisel	3.244	0.16	3.051	0.15	2.88	0.144	2.687	0.13
Okaspuu (kuiv, märg), stabiilne põlemine	7.246	0.36	6.865	0.34	6.29	0.314	6.039	0.30
Halupuu, keskmine	4.835	0.38	4.523	0.29	4.12	0.168	3.954	0.16

Tabel 49. Ioonide keskmistatud eriheid (%) osakeste fraktsioonidest, pliit

Kütus, protsess	ioonid_PM10, %	Stdev	ioonid_PM2.5, %	Stdev	ioonid_PM1.0, %	Stdev	ioonid_PM<1, %	Stdev
Lehtpuu (kuiv, märg), keskmine	7.943	4.883	7.191	4.215	6.933	4.215	6.941	3.865
Okaspuu (kuiv, märg), keskmine	5.454	3.987	5.007	3.686	4.382	3.246	3.961	2.807
Halupuu, keskmine	6.698	4.435	6.099	3.950	5.657	3.731	5.451	3.336

Tabel 50. Ioonide keskmistatud eriheid (%) osakeste fraktsioonidest, kamin

Kütus, protsess	ioonid_PM10, %	Stdev	ioonid_PM2.5, %	Stdev	ioonid_PM1.0, %	Stdev	ioonid_PM<1, %	Stdev
Lehtpuu (kuiv, märg), sissekütisel	9.283	4.158	9.443	4.757	9.419	4.958	9.570	5.447
Lehtpuu (kuiv, märg), stabiilne põlemine	4.076	1.446	3.599	1.361	2.880	0.988	2.278	0.573
Okaspuu (kuiv, märg), sissekütisel	8.131	6.337	7.610	6.005	6.900	5.590	6.460	5.025
Okaspuu (kuiv, märg), stabiilne põlemine	2.017	0.222	1.842	0.203	1.572	0.173	1.401	0.154
Halupuu, keskmine	5.877	3.041	5.623	3.082	5.192	2.928	4.927	2.800

3.7 Levoglukosaani, TOC, EC ja OC sisaldused osakeste fraktsioonides

Levoglukosaani, TOC (üldsüsniik), EC (elementsüsniik) ja OC (orgaaniline süsniik) tulemused on esitatud sisalduse protsendina (%) osakeste fraktsioonist.

Tabel 51. Levoglukosaani, TOC, EC ja OC halupuu keskmistatud eriheidid (%) osakeste fraktsioonidest, umbkoldega ahi

Kütus, protsess	Näitaja	Eriheid, %	Stdev
Halupuu, keskmine	Levoglukosaan_PM10	9.527	5.698
	TC_PM10	62.018	9.936
	EC_PM10	34.422	7.396
	OC_PM10	27.597	11.690
	Levoglukosaan_PM2.5	9.230	5.792
	TC_PM2.5	61.990	10.222
	EC_PM2.5	34.413	7.377
	OC_PM2.5	27.577	11.844
	Levoglukosaan_PM1.0	8.283	4.280
	TC_PM1.0	63.476	10.081
	EC_PM1.0	35.336	7.818
	OC_PM1.0	28.140	11.846
	Levoglukosaan_PM<1.0	7.938	4.407
	TC_PM<1.0	70.986	14.446
	EC_PM<1.0	39.408	11.067
	OC_PM<1.0	31.578	12.328

Tabel 52. Levoglukosaani, TOC, EC ja OC halupuu keskmistatud eriheidid (%) osakeste fraktsioonidest, pliit

Kütus, protsess	Näitaja	Eriheid, %	Stdev
Halupuu, keskmine	Levoglukosaan_PM10	8.846	3.175
	TC_PM10	41.005	13.656

	EC_PM10	19.356	5.908
	OC_PM10	21.649	9.782
	Levoglukosaan_PM2.5	9.262	2.626
	TC_PM2.5	42.882	20.288
	EC_PM2.5	21.035	10.140
	OC_PM2.5	21.848	15.214
	Levoglukosaan_PM1.0	8.639	2.434
	TC_PM1.0	47.803	20.371
	EC_PM1.0	23.078	10.265
	OC_PM1.0	24.725	15.318
	Levoglukosaan_PM<1.0	9.043	3.861
	TC_PM<1.0	55.442	23.953
	EC_PM<1.0	26.900	11.740
	OC_PM<1.0	28.541	17.847

Tabel 53. Levoglukosaani, TOC, EC ja OC halupuu keskmistatud eriheidid (%) osakeste fraktsioonidest, kamin

Kütus, protsess	Näitaja	Eriheidid, %	Stdev
Halupuu, keskmine	Levoglukosaan_PM10	8.036	3.655
	TC_PM10	56.320	20.417
	EC_PM10	35.961	14.610
	OC_PM10	20.359	5.808
	Levoglukosaan_PM2.5	59.266	18.283
	TC_PM2.5	38.103	13.833
	EC_PM2.5	8.475	4.237
	OC_PM2.5	29.628	9.596
	Levoglukosaan_PM1.0	62.702	16.068
	TC_PM1.0	40.313	13.094

	EC_PM1.0	8.490	6.341
	OC_PM1.0	31.824	6.753
	Levoglukosaan_PM<1.0	72.959	12.667
	TC_PM<1.0	46.744	12.176
	EC_PM<1.0	8.200	3.837
	OC_PM<1.0	38.544	8.339

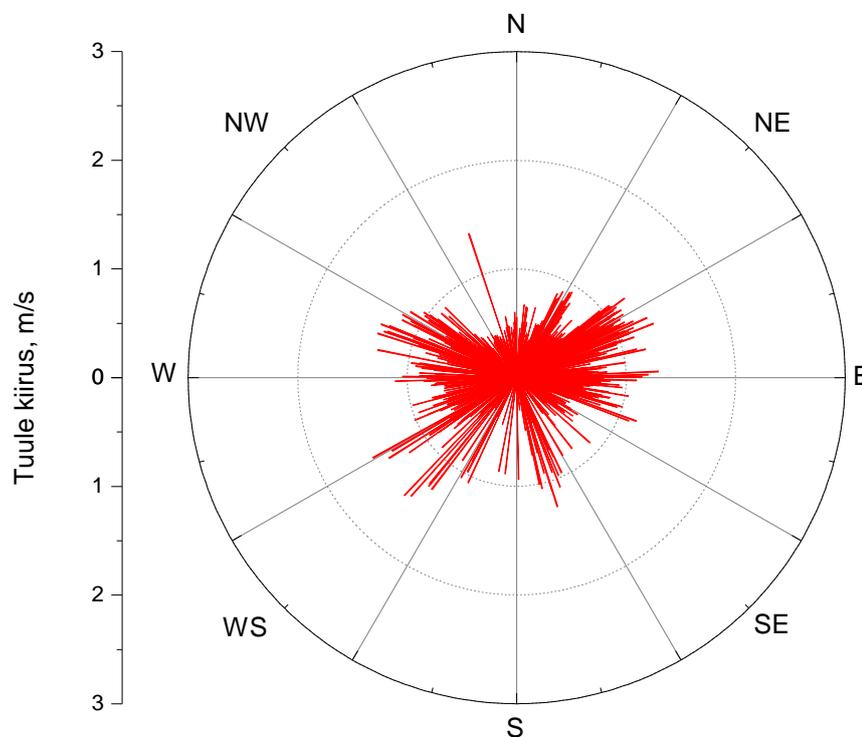
4 Välisõhu mõõtmised

Ajavahemikul 20.01-20.02.2013 teostati välisõhu kvaliteedi mõõtmisi ahiküttega piirkonnas Nõmmel, Tallinnas. Mõõtmiste läbiviimiseks kasutati täisautomaatsete analüsaatoritega varustatud liikuvat õhulaborit, millega määrati vääveldioksiidi (SO_2), lämmastikoksiidide (NO_x), süsinikoksiidi (CO), osooni (O_3), tahked osakesed (TSP), peened osakesed (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$), element ja orgaaniline süsinik (EC/OC) sisaldust välisõhus ning meteoroloogilisi parameetreid (tuule suund, tuule kiirus, välisõhu temperatuur, õhuniiskus). Lisaks hinnati küttekolde osatähtsust mürkgaasiga SF_6 . Mürkgaasi emiteeriti samaaegselt lokaalse küttekolde kasutamisel ning mõõdeti paralleelselt teiste saasteainetega. Mõõtmiste eesmärgiks oli ahiküttele piirkonna õhuheitlemete hindamine.

4.1 Mõõtmistulemused mõõtepunktis

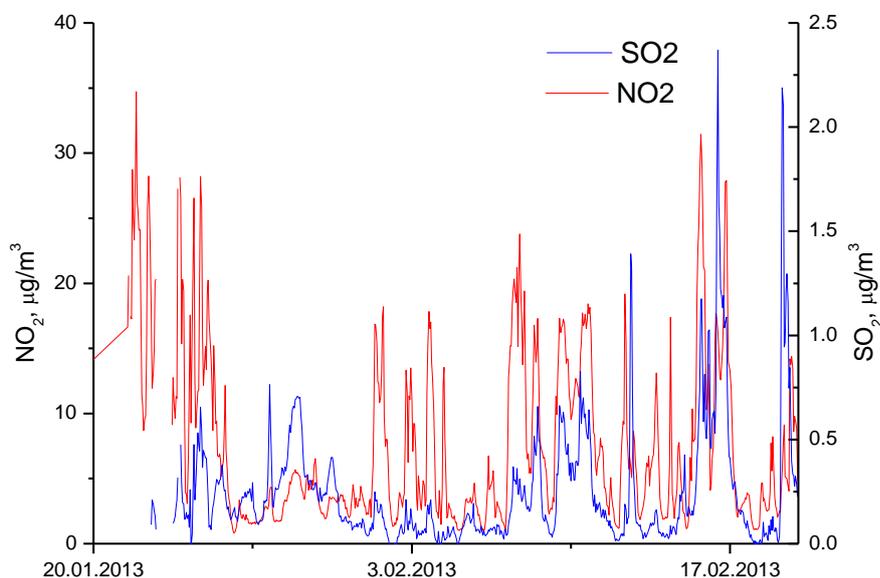
Meteoroloogilised tingimused mõõteperioodil, mõõteperioodi keskmine:

1. Keskmine õhutemperatuur $-3,28\text{ }^{\circ}\text{C}$ (miinimum $-11,21\text{ }^{\circ}\text{C}$, maksimum $1,33\text{ }^{\circ}\text{C}$)
2. Keskmine tuule kiirus $0,59\text{ m/s}$ (miinimum $0,01\text{ m/s}$, maksimum $1,1\text{ m/s}$)
3. Keskmine õhuniiskus $89,30\text{ Rh}$ (miinimum $67,63\text{ Rh}$, maksimum $99,65\text{ Rh}$)

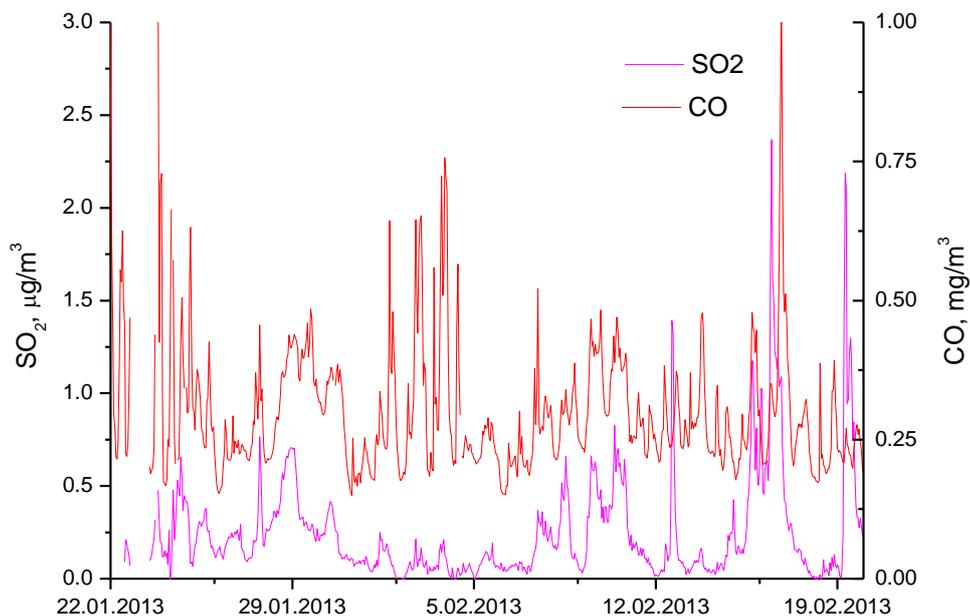


Joonis 6. Tuulte roos

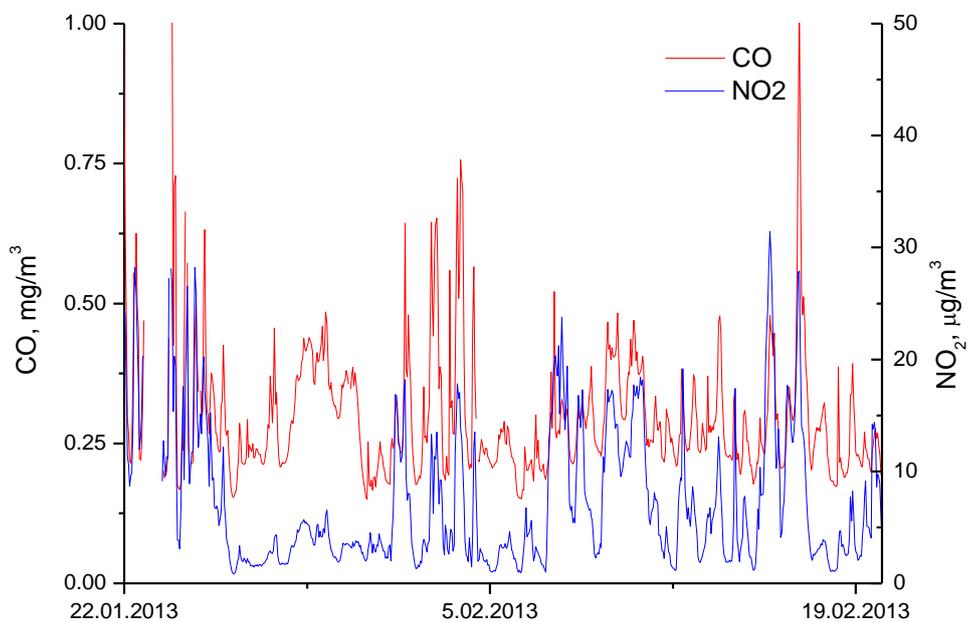
Süsinikoksiidi (CO) maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon oli kuni $0,32 \text{ mg/m}^3$. Mõõteperioodi keskmine süsinikoksiidi sisaldus välisõhus oli $0,31 \text{ mg/m}^3$. **Vääveldioksiidi** (SO_2) maksimaalne tunnikeskmine kontsentratsioon oli $7,73 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Mõõteperioodi vääveldioksiidi sisaldus välisõhus oli $0,8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. **Lämmastikuühendid** (NO_x ; NO_2): Lämmastikoskiidiühendi (NO_x) tunni keskmine näitaja oli $27,68 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Maksimaalne näitaja $539,9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, minimaalne $0,42 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. NO_x päevakeskmine kontsentratsioon oli $23,73 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, maksimaalne kontsentratsioon oli $65,03 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, minimaalne $3,14 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. NO_2 maksimaalne tunnikontsentratsioon oli $119,9 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, minimaalne $0,26 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Tunnikeskmine kontsentratsioon oli $16,85 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. NO_2 ööpäevakeskmine kontsentratsioon oli $15,58 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, maksimaalne $37,27 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, minimaalne $2,41 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.



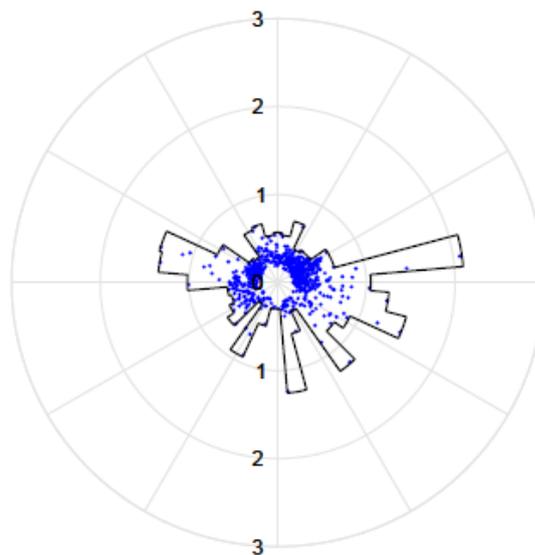
Joonis 7. SO₂ ja NO₂ tunnikeskmsed kontsentratsioonid



Joonis 8. SO₂ ja CO tunnikeskmsed kontsentratsioonid

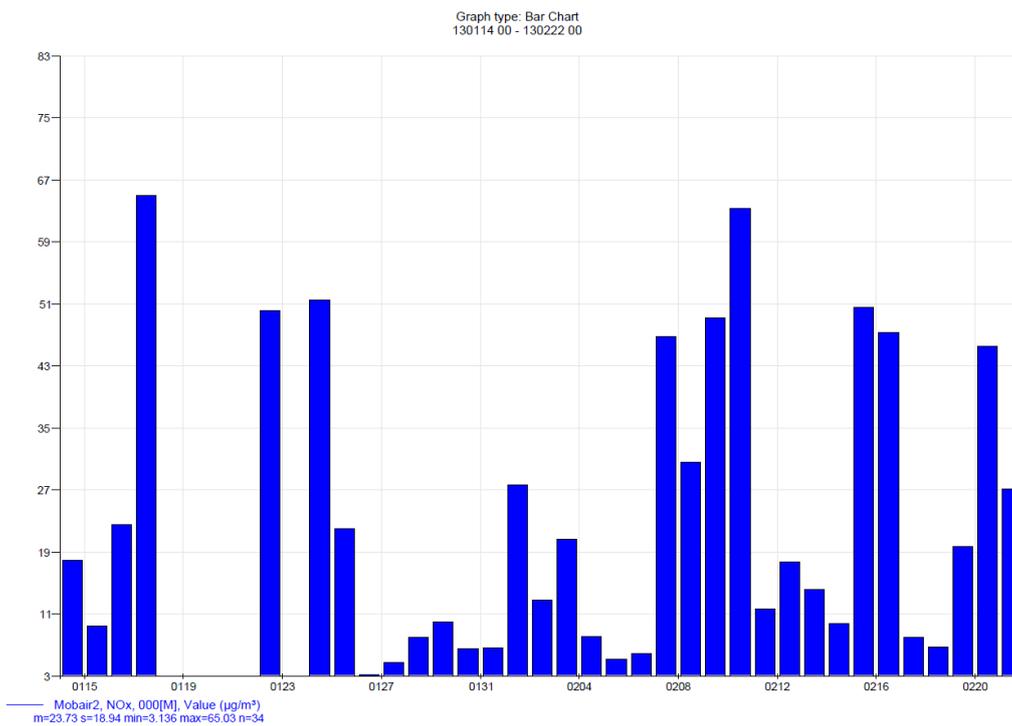


Joonis 9. CO ja NO₂ tunnikeskmsed kontsentratsioonid

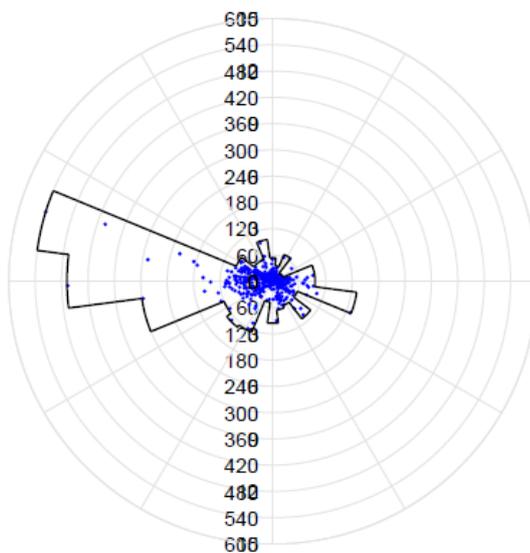


Wd: Mobair2, Wind dir, 002[M], Value
 m=152.5 s=110.5 min=0.1 max=359.7 n=815
 Y: Mobair2, CO, 000[M], Value (mg/m³)
 m=0.4 s=0.2 min=0.2 max=2.1 n=814

Joonis 10. CO kontsentratsiooniroos

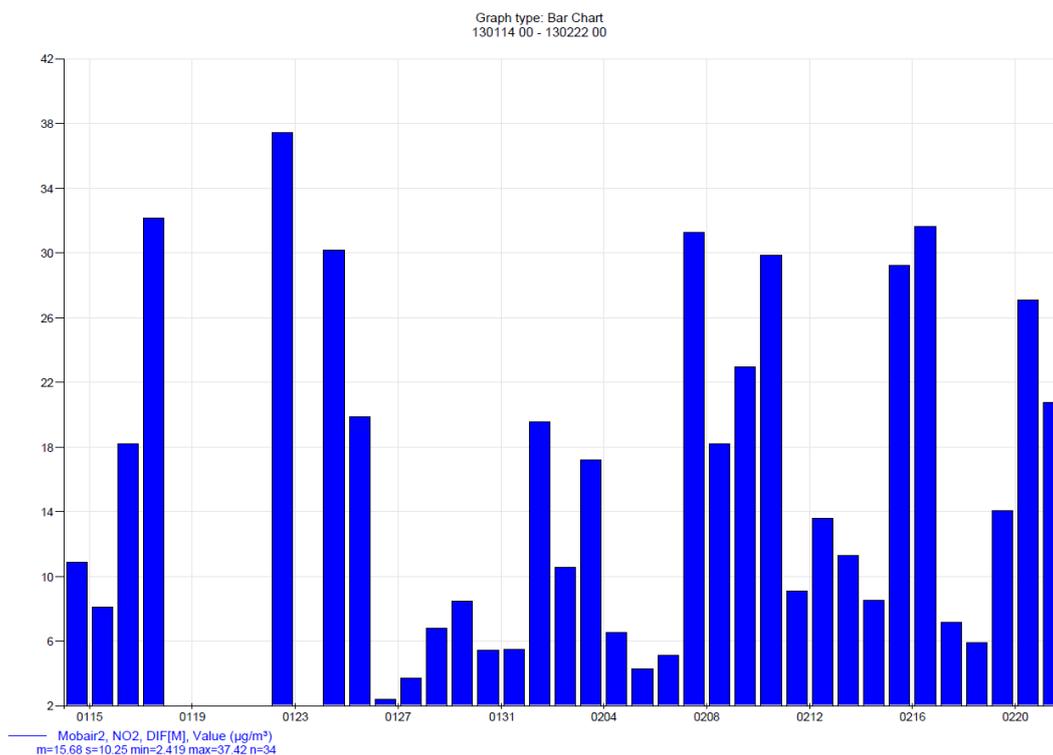


Joonis 11. NO_x ööpäevakeskmised kontsentratsioonid

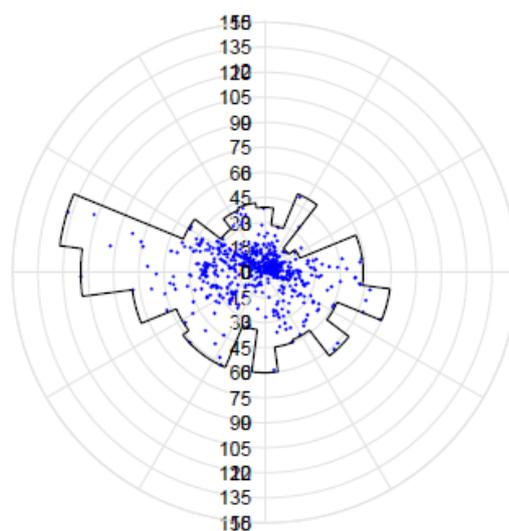


Wd: Mobair2, Wind dir, 002[M], Value
 m=153.6 s=110.1 min=0.1 max=359.7 n=836
 Y: Mobair2, NOx, 000[M], Value (µg/m³)
 m=27.0 s=41.6 min=0.4 max=539.9 n=836

Joonis 12. NO_x kontsentratsiooniroos



Joonis 13. NO₂ ööpäevakeskmised kontsentratsioonid



Wd: Mobair2, Wind dir, 002[M], Value
m=153.6 s=110.1 min=0.1 max=359.7 n=836
Y: Mobair2, NO2, DIF[M], Value (µg/m³)
m=16.9 s=16.6 min=0.3 max=122.6 n=836

Joonis 14. NO₂ kontsentratsiooniroos

Peente osakeste (PM₁₀) maksimaalne tunni- ja ööpäevakeskmise kontsentratsioon oli vastavalt 121,9 µg/m³ ja 37,94 µg/m³. Mõõteperioodi keskmine peente osakeste sisaldus välisõhus oli 16,25 µg/m³.

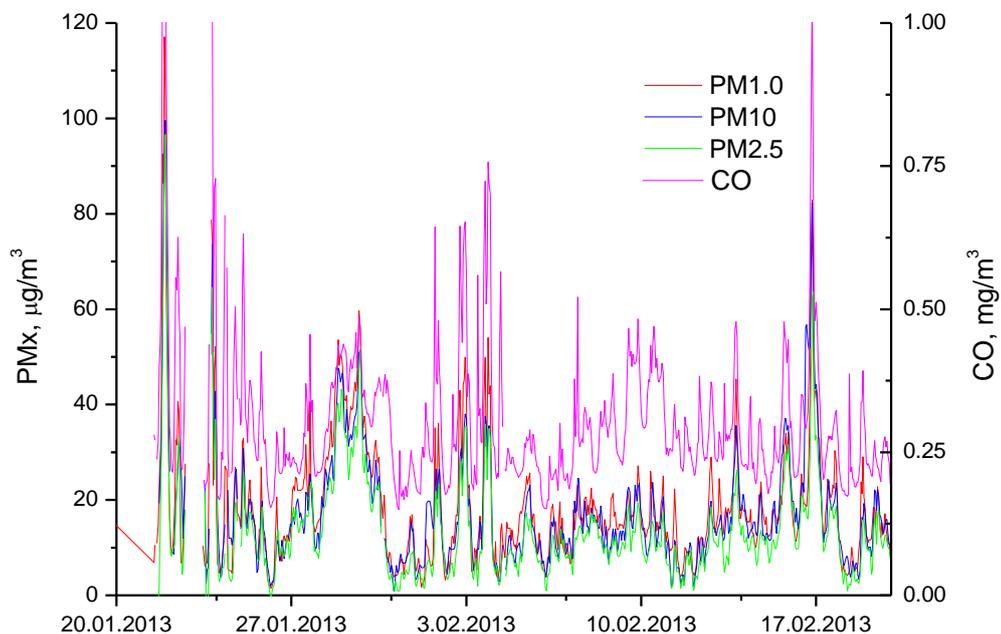
PM_{2,5} päevakeskmise kontsentratsioon 12,89 µg/m³, maksimumaalne kontsentratsioon 33,76 µg/m³, minimaalne 4,1 µg/m³. PM_{2,5} tunnikeskmise kontsentratsioon oli 19,80 µg/m³, maksimaalne 119,5 µg/m³, minimaalne 1,91 µg/m³.

PM₁ tunni keskmine kontsentratsioon oli 18,25 µg/m³, maksimaalne kontsentratsioon 117,1 µg/m³, minimaalne 1,52 µg/m³. PM₁ päeva keskmine kontsentratsioon oli 17,64 µg/m³, maksimaalne kontsentratsioon 42,09 µg/m³, minimaalne 7,87 µg/m³.

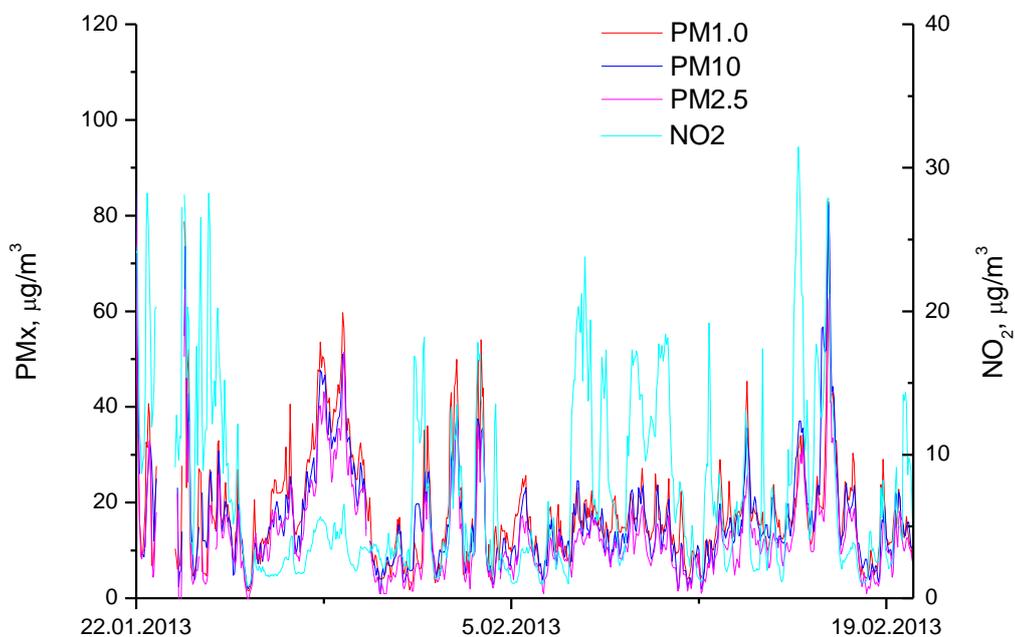
PM_{2,5} filtrite päevased keskmised kontsentratsioonid olid 12,74 µg/m³, maksimaalsed 24,79 µg/m³, minimaalsed 7,89 µg/m³. PM_{2,5} maksimaalne tase oli lähedal PM_{2,5} sihtväärtusele (25 µg/m³).

PM₁₀ filtrite päevane keskmine kontsentratsioon oli 18,39 µg/m³, maksimaalne 36,54 µg/m³, minimaalne 8,57 µg/m³. 29.01.2013 olid PM₁₀ 24h kontsentratsioonid kõrgeimad, moodustades ca 73% PM₁₀ 24h piirväärtusest.

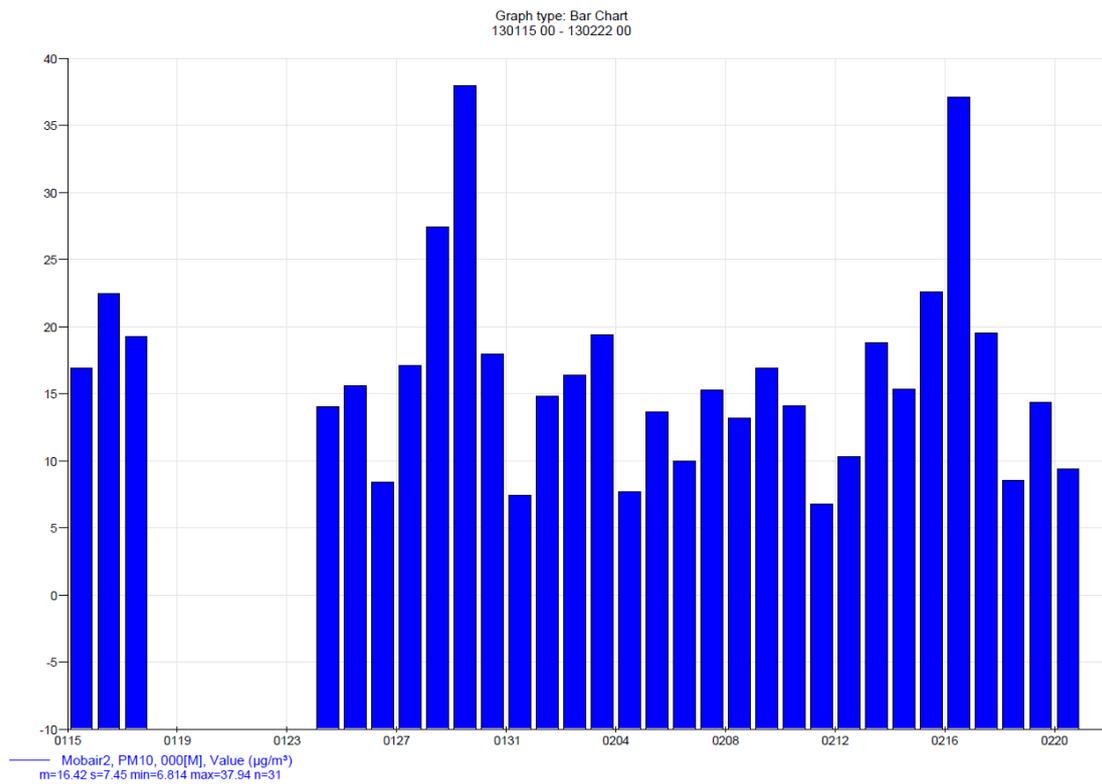
PCDD/F, HCB ja PAH välisõhu mõõtetulemustest nähtub, et HCB ja PAH-id osas on kontsentratsioonide dünaamika sarnane, mis viitab sellele, et antud saasteainete tasemeid mõjutavad sarnased saasteallikad. Kui vaadata samal ajal peenosakeste kontsentratsioone, siis nähtub, et dünaamika ühtib HCB ja PAH-ide kontsentratsioonikäiguga. Peenosakeste kõrgeenenud episoodidel võis täheldada ka kõrgeenenud iooniliste markerühendite (K⁺) kasvu, samuti olid levoglukosaani ning EC/OC sisaldused PM₁₀ ja PM_{2.5} sisalduses episoodide vältel kõrgeenenud. Sarnase tulemus andis ka markergaasi (SF₆) kasutamine, mis kinnitas, et antud mõõtepunktis domineerisid kütmissükli vältel lokaalsed saasteallikad, milleks olid valdavalt kodumajapidamistes kasutatavad küttekolded. See omakorda kinnitab piirkonna õhukvaliteedi sõltuvust puitkütuse kasutamisest. Teostatud mõõtmised on piisavalt esinduslikud ning võimaldavad järgmise etapina teostada esmalt antud piirkonna saasteainete hajumisarvutused, kasutades selleks emissioonimõõtmiste käigus mõõdetud eriheiteid.



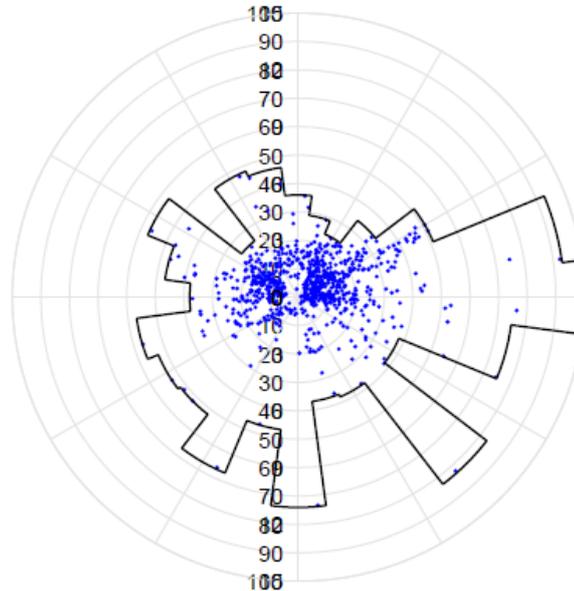
Joonis 15. Peenosakeste ja CO tunnikeskised kontsentratsioonid



Joonis 16. Peenosakeste ja NO2 tunnikeskised kontsentratsioonid

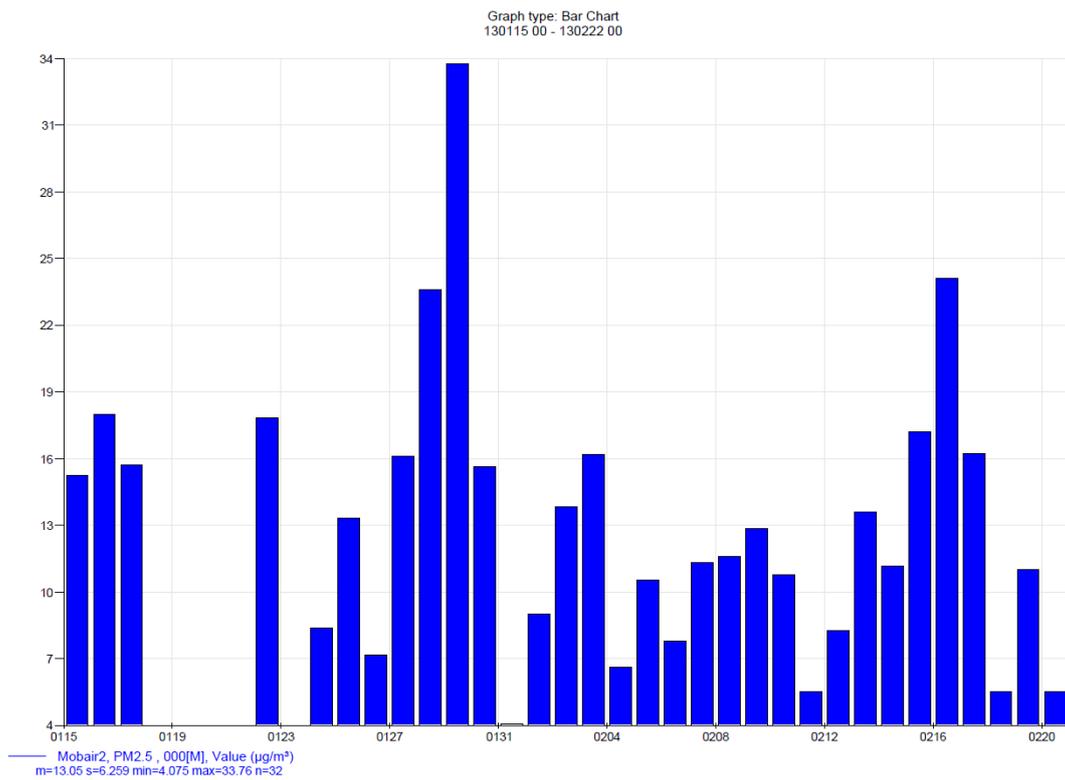


Joonis 17. PM₁₀ 24 h keskmine kontsentratsioon

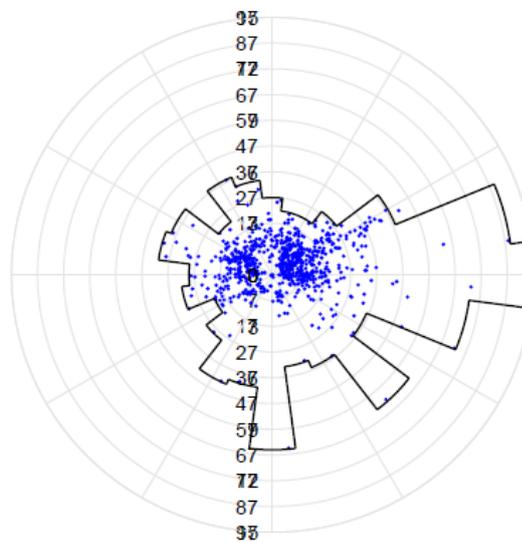


Wd: Mobair2, Wind dir, 002[M], Value
m=153.6 s=110.1 min=0.1 max=359.7 n=836
Y: Mobair2, PM10, 000[M], Value (µg/m³)
m=17.1 s=11.9 min=1.0 max=99.6 n=811

Joonis 18. PM₁₀ kontsentratsiooniroos

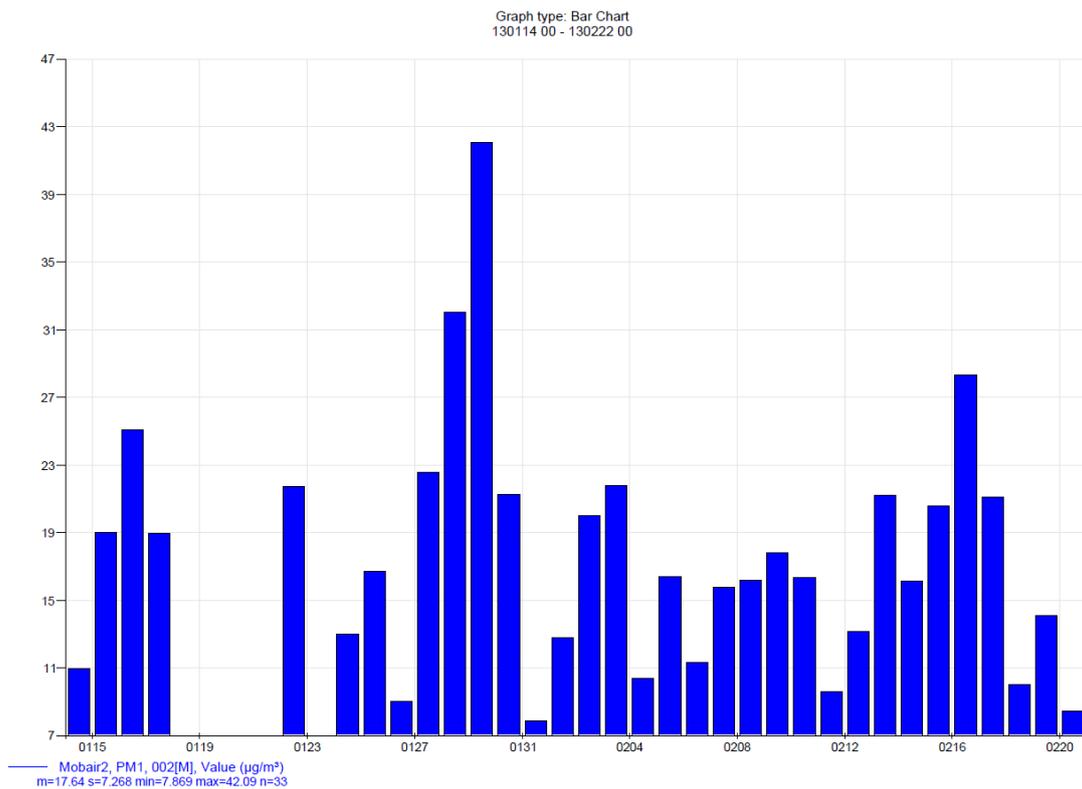


Joonis 19. PM_{2,5} 24 h keskmine kontsentratsioon

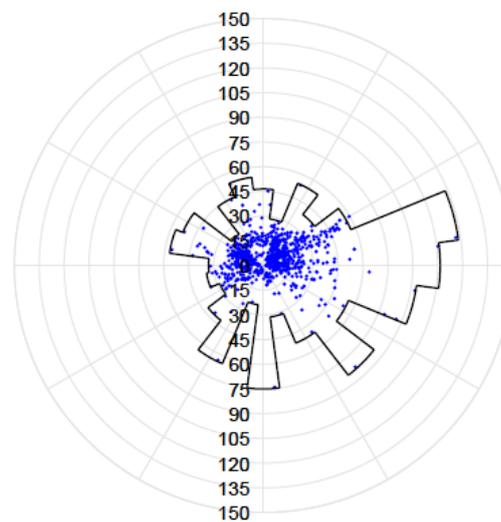


Wd: Mobair2, Wind dir, 002[M], Value
m=153.6 s=110.1 min=0.1 max=359.7 n=836
Y: Mobair2, PM2.5 , 000[M], Value (µg/m³)
m=13.5 s=10.6 min=-2.9 max=96.6 n=815

Joonis 20. PM_{2,5} kontsentratsiooniroos

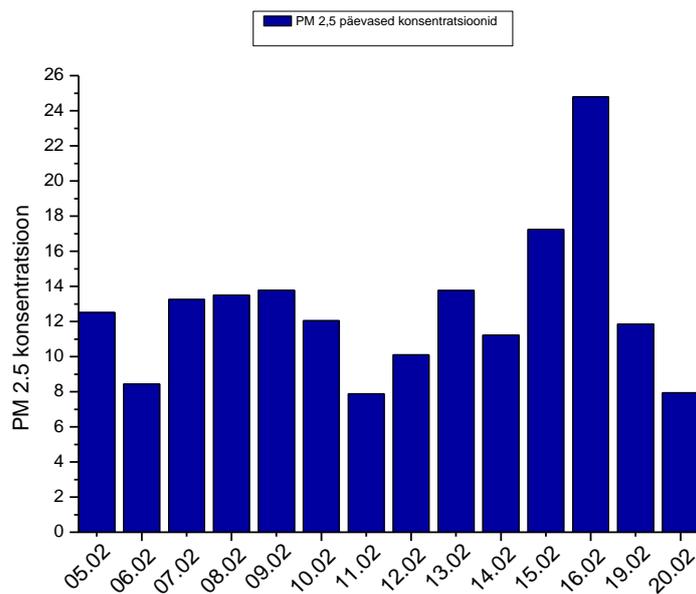


Joonis 21. PM₁ ööpäeva keskmine kontsentratsioon

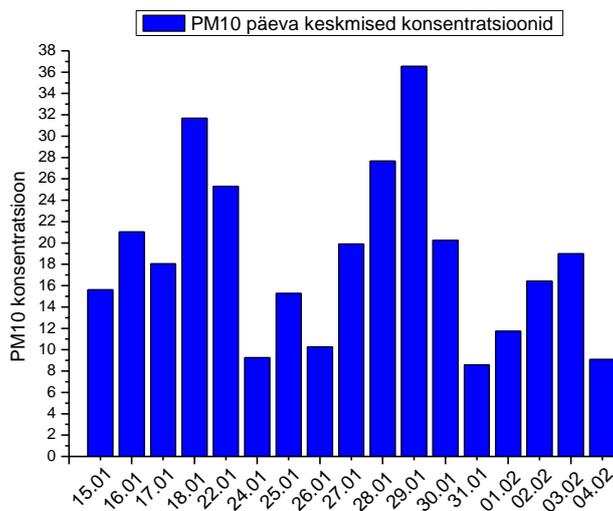


Wd: Mobair2, Wind dir, 002[M], Value
m=153.6 s=110.1 min=0.1 max=359.7 n=836
Y: Mobair2, PM1, 002[M], Value (µg/m³)
m=18.3 s=12.9 min=1.5 max=117.1 n=826

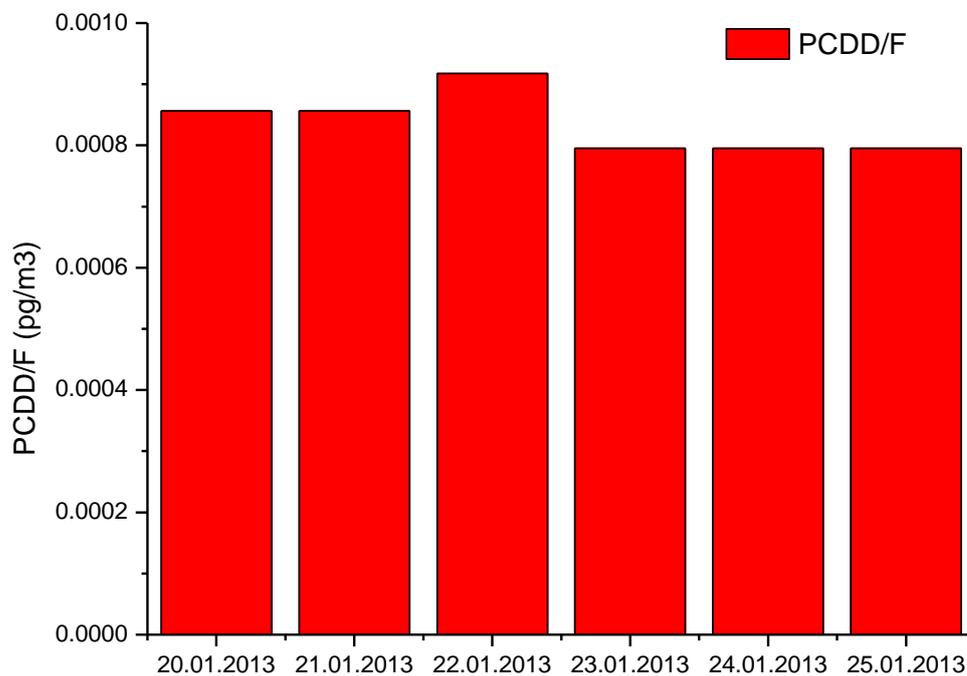
Joonis 22. PM₁ kontsentratsiooniroos



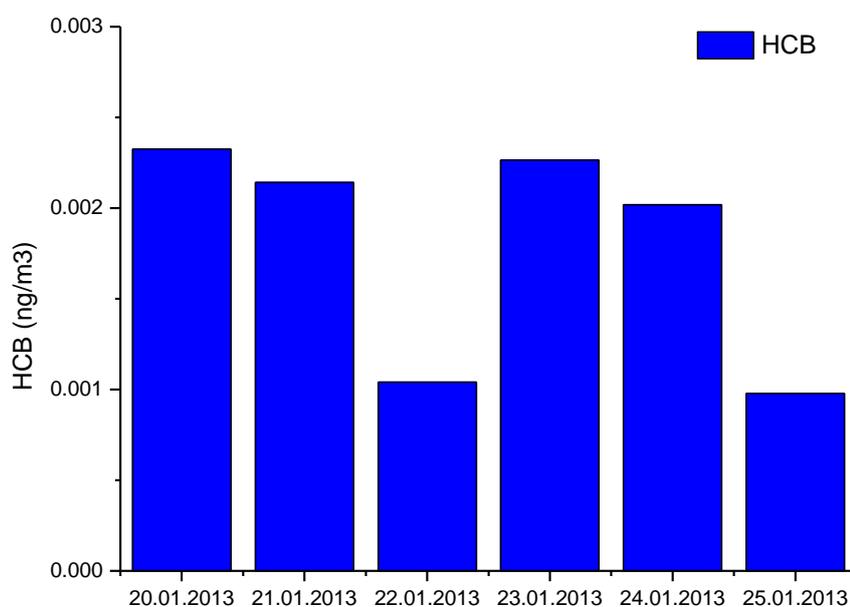
Joonis 23. PM_{2,5} filtrite päevased keskmised kontsentratsioonid



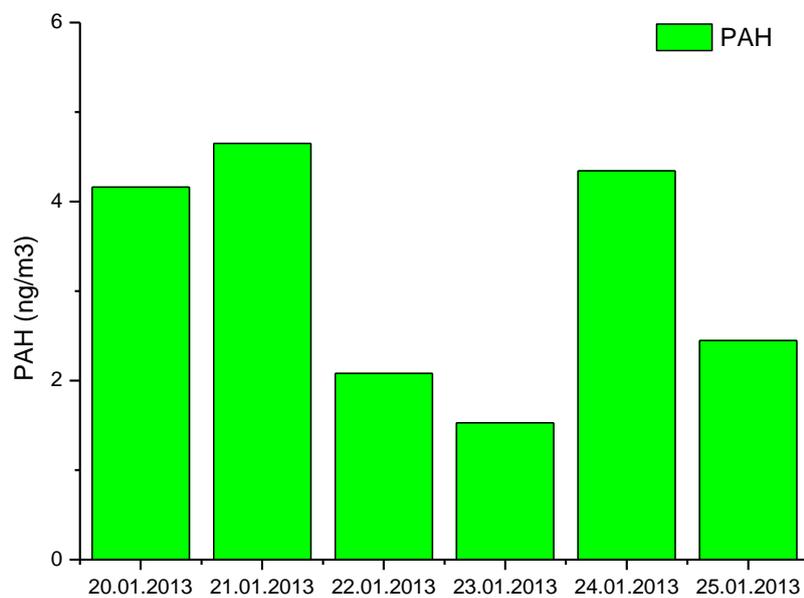
Joonis 24. PM10 filtrite ööpäeva keskmised kontsentratsioonid



Joonis 25. PCDD/F ööpäevakeskmised kontsentratsioonid



Joonis 26. HCB ööpäevakeskmised kontsentratsioonid

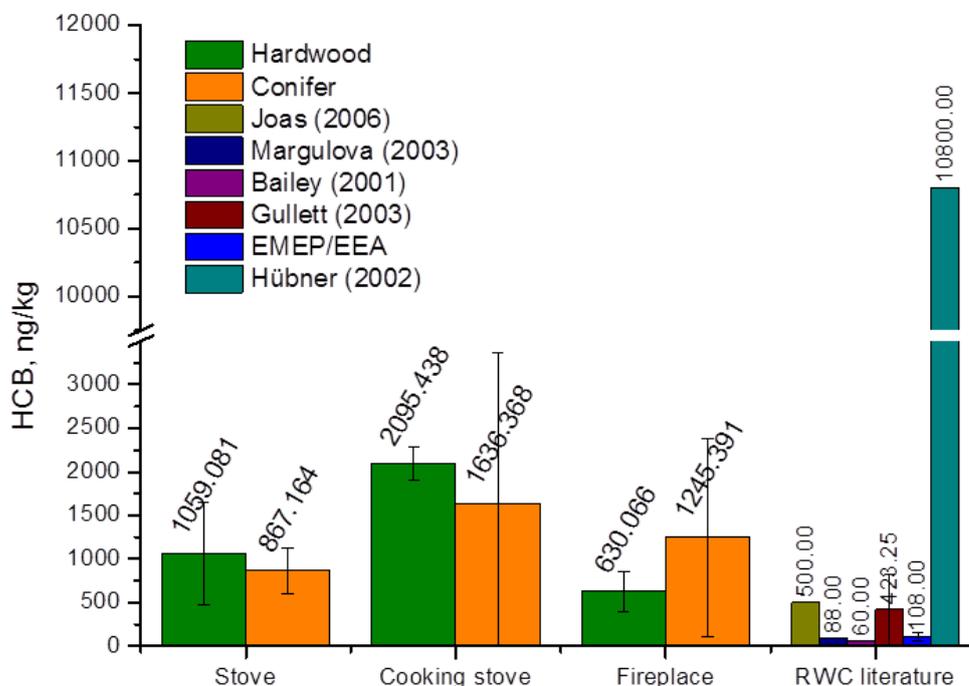


Joonis 27. PAH ööpäevakeskmised kontsentratsioonid

5 Kokkuvõte

Töö raames teostatud mõõtmiste põhjal arutati väikepõletusseadmete jaoks uuringuga hõlmatud saasteainete eriheid, mille põhjal on hiljem võimalik arvutuslikult hinnata heitkoguseid eramupiirkondadest, mis võimaldab Keskkonnaministeeriumi Keskkonnateabe Keskusel arvutada riiklikke heitkoguseid ja koostada nende põhjal asjakohaseid emissioonide andmebaase, mida kasutatakse omakorda välisõhu kvaliteedi arvutuslikul hindamisel ja direktiividest 2008/50/EÜ ja 2004/107/EÜ tulenevate kohustuste täitmisel. **Projekti raames leiti Eesti spetsiifilised eriheid olulistele saasteainetele, mida võiks võtta aluseks heitkoguste aruandluse koostamisel.**

Kui vaadelda leitud HCB eriheidet, siis võib järeldada, et **Eesti HCB eriheid on võrreldes HCB EEA/Corinair juhendipõhiste eriheidetega võrreldes oluliselt suuremad.** Samas avaldasid eksperdid Genfi konvntsiooni juhtorgani koosolekul arvamust, et pigem on EEA/Corinair eriheid alahinnatud, kuna nt HCB hajumisarvutuste (põhineb riikide poolt esitatud HCB emissiooniandmetel) ja seirejaamades mõõdetud HCB tulemused ei lange kokku – mudeldatud tulemused näitavad tugevat heitkoguste alahindamist. Sellest lähtuvalt tuleks lähitulevikus teostada hajumisarvutused, mis põhinevad leitud eriheidetel ning võrrelda saadud tulemusi välisõhu seire andmetega.



Joonis 28. Leitud HCB eriheidet võrdlusena teiste rahvusvahelise HCB eriheidetega

PCDD/F, HCB ja PAH välisõhu mõõtetulemustest nähtub, et HCB ja PAH-id osas on kontsentratsioonide dünaamika sarnane, mis viitab sellele, et antud saasteainete tasemeid mõjutavad sarnased saasteallikad. Kui vaadata samal ajal peenosakeste kontsentratsioone, siis nähtub, et dünaamika ühtib HCB ja PAH-ide kontsentratsioonikäiguga. Peenosakeste kõrgeenenud episoodidel võis täheldada ka kõrgeenenud iooniliste markerühendite (K^+) kasvu, samuti olid levoglukosaani ning EC/OC sisaldused PM10 ja PM2.5 sisalduses episoodide vältel kõrgeenenud. See omakorda kinnitab piirkonna õhukvaliteedi sõltuvust puitkütuse kasutamisest. Seda kinnitasid ka markergaasiga (SF6) teostatud mõõtmised. Teostatud mõõtmised on piisavalt esinduslikud ning võimaldavad järgmise etapina teostada esmalt antud piirkonna saasteainete hajumisarvutused, kasutades selleks emissioonimõõtmiste käigus mõõdetud eriheiteid.

Samas on ilmnunud vajadus täiendavate tegevuste järele, kuna:

1. Olemasolevad inventuurid ei võta arvesse põlevkivi põletamisest pärinevaid HCB ja PAH-ide heitkoguseid, kuna EMEP/EEA juhendis puudub põlevkivile omistatav eriheide. Samas on põlevkivi põletamisest pärinevate HCB ja PAH-ide arvestamine oluline, kuna võrreldes baasaastaga on toimunud põlevkivi põletamise tehnoloogias olulised muudatused (uued katlad, püüdeseadmed) ning sellest tulenevalt võib eeldada, et võrreldes baasaastaga on heitkogused oluliselt vähenenud. Sellest tulenevalt võib eeldada, et tegelikkuses oli baasaastal HCB ja PAH-ide heitkogused oluliselt kõrgemad kui seni arvatud ning tänu uute tehnoloogiate rakendamisele on heitkogused oluliselt vähenenud.
2. Samuti ei ole teada Kunda Nordic Cementi HCB ja PAH-ide heitkogused. Antud ettevõttes on analoogselt EE-ga rakendatud võrreldes baasaastaga uusi tehnoloogiaid ning sellest tulenevalt võib eeldada, et baasaasta tegelik heitkogus oli oluliselt kõrgem kui seni arvatud.
3. Mõõtmised kodumajapidamistes kasutatava keskküttekatla (pelletiga) suitsugaasidest on olulised kuna võib eeldada, et antud katlatüübi osakaal võrreldes baasaastaga on muutunud ning samuti on kasvanud pelleti kasutamise osakaal.
4. Oleks mõistlik kaaluda mõõtmisi ka nõ euroahjus (laboris olemas) kuna sellist tüüpi ahjude ehitamine on üle-Euroopaline trend ning teatud riikides (Saksamaa, Taani, Tšehhi) on antud ahjutüübi ehitusstandard järgimiseks kohustuslik.
5. Mõõtmised umbkoldega ahjus kus kasutatakse lisakütusena kodumajapidamises tekkivaid jäätmeid (eelkõige pakend) on oluline kuna suure tõenäosusega (täpsemalt selgub tellitava uuringu põhjal) on jäätmete põletamine kodumajapidamistes võrreldes baasaastaga tänu korraldatud jäätmeveole oluliselt vähenenud. Kuna 90-ndatel polnud maapiirkondades jäätmevedu ühtsetel alustel korraldatud, siis võib eeldada, et suur osa majapidamisi kasutas jäätmetest vabanemiseks nende põletamist koduahjudes. See on kindlasti probleemiks ka

tänasel päeval (korstnapühkijatelt pärinev info), kuid siiski võib eeldada, et inimeste teadlikkuse kasv ja korraldatud jäätmevedu on põletatava materjali hulka oluliselt vähendanud. Katsepõletamised võiks viia läbi laboritingimustel ning põletamisele mineva jäätmete sortimendi valikul tuginetakse eksperthinnangule. Lisaks saab anda hinnangu nt põletamiseks lubatud kilekottide mõjust välisõhu kvaliteedile ning võrrelda saadud tulemusi puhta puidu põletamisest tekkivate saasteainete sisaldusega.