

7 BESPREKING

In de volgende paragrafen worden de resultaten die voor de verschillende verbrandingsexperimenten bekomen werden, besproken en onderling vergeleken.

7.1 Verbranding van tuin- en huishoudelijk afval in tonnetjes voor afvalverbranding

In de periode van 15-10-2001 tot 14-12-2001 werden in het totaal 6 experimenten uitgevoerd. Vier experimenten gebeurden in een tonnetje met centrale luchttoevoer waarbij:

- 52 kg droog hout (96% snoeihout, 2% berk, 2% eik) verbrand werd;
- naast 40 kg droog hout nog 5 kg bladeren en 5 kg droog gras verwerkt werden;
- naast 40 kg droog hout nog 5 kg karton (50% drankkartons en 50% verpakingskarton) en 5 kg plastic (50% drankflessen en 50% verpakingsmateriaal) verbrand werden;
- 40 kg nat snoeihout gecombineerd met 5 kg gras en 5 kg bladeren verwerkt werden;

De combinatie van droog snoeihout met karton en plastic werd eveneens verbrand in een tonnetje type 2 waarbij de luchttoevoer via 14 openingen in de zijwand wordt aangevoerd en in een leeg olievat met 5 luchtopeningen van 10 cm x 10 cm in de zijwand.

Een overzicht van de elementaire brandstofsamenstelling en de numerieke gegevens van deze 6 experimenten wordt gegeven in tabel 270 en 271.

Tabel 270: Overzicht van de elementaire brandstofsamenstelling

Element	Droog snoeihout	Bladeren	Gras	Karton	Drank-kartons
N in %	1,43	1,75	2,10	1,32	1,11
C in %	48,9	50,5	59,1	42,7	44,5
S in mg/kg	585	570	2 285	1 032	441
Cl in mg/kg	100	296	6 040	643	127
Cal. waarde kJ/kg	14 300	17 200	7 700	8 800	8 300
Element	Plastic	Rioolbuis	Drank-flessen	Reclame-folders	
N in %	1,08	< 0,031	< 0,031	< 0,031	
C in %	78,6	38,2	64,6	32,3	
S in mg/kg	< 250	2 350	< 100	8 908	
Cl in mg/kg	80	27,5%	29	252	
Cal. waarde kJ/kg	35 500	19 000	23 300	9 500	

Tabel 271: Overzicht van de meetresultaten tijdens de verbranding van tuin- en huishoudelijk afval in tonnetjes voor afvalverbranding

Brandstof	Debiet Nm ³ dr/h	T °C	H ₂ O %	P _{stat} mbar	O ₂ %	CO ₂ %	NO _x mg/Nm ³	CO mg/Nm ³	SO ₂ mg/Nm ³	KWS mg/Nm ³	Stof mg/Nm ³	PAK's mg/Nm ³	PCDD/F ngTEQ/Nm ³
Tonnetje type 1													
Droog snoeihout	811	80	2,15	-2,6	20,5	0,346	450	11 717	442	3 053	809	78	0,232* 0,310**
Droog snoeihout Bladeren													0,184*
Droog gras	826	75	1,7	-2,6	20,6	0,295	55	12 937	240	4 615	2 740	84	0,260**
Droog snoeihout Karton													0,974*
Plastiek	830	70	1,4	-2,6	20,4	0,401	289	12 317	317	4 446	836	88	0,987**
Nat snoeihout Bladeren													
Gras	877	45	1,35	-2,6	20,6	0,214	39,2	29 720	620	9 781	4 853	100	2,889
Tonnetje type 2													
Droog snoeihout Karton													
Plastiek met rioolbuis	823	70	1,5	-2,6	20,5	0,336	3 521	23 170	1 430	12 347	4 230	400	79,23
Tonnetje type 3													
Droog snoeihout Karton en plastic Reclamefolders													
Drankflessen	809	60	3,4	-2,6	19,3	0,912	756	9 748	243	2 056	440	18,3	167

*: < DL = 0, **: < DL = DL

Algemeen werden bij alle experimenten, ongeacht de aard van de brandstof of het gebruikte tonnetje, de volgende vaststellingen gedaan:

- de concentraties van O₂, en CO₂ in het meetkanaal vertonen weinig variatie gedurende de volledige proefneming. De concentraties van beide parameters wijzen op een relatief grote verdunning. De gemiddelde concentraties zijn van de orde van grootte van 20,5% voor O₂ en 0,3% voor CO₂.
- Bijvullen van het vat met verse brandstof gaat gepaard met een onmiddellijke en sterke concentratieverhoging van CO en KWS, beide producten van onvolledige verbranding. KWS reageert over het algemeen iets sneller dan CO en valt na enige tijd praktisch terug naar een nul-emissie. CO blijft boven een minimum-niveau.
- De NO_x- en SO₂-concentraties veranderen slechts in geringe mate. Ook de totale emissie van deze parameters is beperkt.
- Het aanvullen met verse brandstof heeft eveneens een onmiddellijk effect op de temperatuur die ten gevolge van deze handeling afneemt.
De gemiddelde rookgastemperatuur tijdens de verbranding in tonnetje 1 was van de orde van grootte van 75°C. Uitzondering hierop vormde de verbranding van nat snoeihout waarbij een temperatuur van slechts 45°C genoteerd werd.
Tijdens de verbrandingsexperimenten in ton 2 en 3 werden temperaturen van 70 respectievelijk 60°C geregistreerd.
- Het rookgasdebiet in het meetgaskanaal was voor alle experimenten van de orde van grootte van 800 Nm³dr/h, de statische druk bedroeg -2,6 mbar.

Uit tabel 271 kan tevens afgeleid worden dat:

- de CO concentratie toeneemt naarmate de verbrandingsomstandigheden minder gunstig zijn.
Voor een zelfde vat (vat 1) wordt de hoogste concentratie genoteerd tijdens de verbranding van nat snoeihout. De experimenten met vat 2 en 3 wijzen eveneens op een minder volledige verbranding, hetgeen ook reeds tijdens vroegere proefnemingen werd vastgesteld en een gevolg was van een minder efficiënte zuurstofaanvoer.
- de KWS concentratie eenzelfde verloop kent als CO met verhoogde concentraties bij smeulend vuur en minder goede luchtaanvoer
- de stofconcentraties over de hele lijn relatief hoog zijn met uitschieters voor de verbranding van nat snoeihout in ton 1 en van droog snoeihout, plastic en karton in vat 2
- de PAK-emissies het hoogste zijn bij de verbranding van droog snoeihout, karton en plastic in ton 2.
Bij dit experiment moet wel vermeld worden dat het plastic dat bij het tweede deexperiment verbrand werd bestond uit rioolbuizen.
- Dioxines werden in zeer grote mate gevormd bij de experimenten in het lege olievat.
Ook bij de verbrandingsexperimenten in ton 2 werden hoge dioxine-emissies gemeten, 79 ng TEQ/Nm³. Een mogelijke reden hiervoor kan gevonden worden in de aanwezigheid van rioolbuizen (bouwplastic) met een chloorgehalte van 27,5%

7.2 Emissiemetingen op open vuren

Tijdens de emissiemetingen op open vuren werden in de periode van 14-01-2002 tot 25-02-2002 vier verschillende scenario's uitgewerkt:

- verbranding van droog snoeihout
- verbranding van droog snoeihout aangevuld met gras en bladeren
- verbranding van nat snoeihout, gras en bladeren
- verbranding van droog tuinafval met bijmenging van papier en karton, drankflessen en drankkartons

De resultaten van de elementaire brandstofanalyses en van de emissiemetingen worden samengevat in tabellen 272 en 273.

Tabel 272: Overzicht van de elementaire brandstofsamenstelling

Element	Droog snoeihout	Bladeren	Gras	Nat snoeihout
N in %	1,43	1,75	2,10	2,54
C in %	48,9	50,5	59,1	48,9
S in mg/kg	585	570	2 285	974
Cl in mg/kg	100	296	6 040	694
Cal. waarde kJ/kg	14 300	17 200	7 700	15 600
Element	Drankflessen	Reclame-folders	Riet	
N in %	< 0,031	< 0,031	< 0,031	
C in %	64,6	32,3	49,3	
S in mg/kg	< 100	8 908	586	
Cl in mg/kg	29	252	1 180	
Cal. waarde kJ/kg	23 300	9 500	13 500	

Tabel 273: Overzicht van de meetresultaten tijdens de verbranding van tuin- en huishoudelijk afval in open vuren

Brandstof	Debiet Nm³dr/h	T °C	H₂O %	P_{stat} mbar	O₂ %	CO₂ %	NO_x mg/Nm³	CO mg/Nm³	SO₂ mg/Nm³	KWS mg/Nm³	Stof mg/Nm³	PAK's mg/Nm³	PCDD/F ngTEQ/Nm³
Riet, nat snoeihout, gras, bladeren	838	50	4,6	-2,1	19,8	0,997	476	16 997	657	5 422	2 587	38,5	0,403* 0,404**
Riet, droog snoeihout	739	120	5,23	-2,1	19,4	1,30	483	8 183	124	1 468	309	5,2	0,124* 0,125**
Riet, droog snoeihout, droog gras, droge bladeren	738	120	4,8	-2,1	19,6	1,2	536	11 587	423	2 673	1 033	7,5	0,228* 0,229**
Riet, droog snoeihout, papier, reclame- folders, drankflessen, drankkartons	726	135	4,4	-2,1	19,3	1,43	473	8 516	101	2 045	479	11,3	7,13

Het globale verloop van de gasvormige parameters is voor de experimenten met open vuren analoog aan dat met de tonnetjes. Het toevoegen van verse brandstof gaat gepaard met een onmiddellijke afname van de rookgastemperatuur en een snelle toename van CO, KWS en in mindere mate SO₂ en NO_x.

De gemiddelde debieten tijdens de uitgevoerde experimenten waren van de orde van grootte van 730 Nm³dr/h. Tijdens het eerste experiment werd een waarde van 840 Nm³dr/h genoteerd.

Tijdens de eerste verbrandingsproef waarbij nat tuinafval verbrand werd, was tevens de rookgastemperatuur op het meetpunt aanzienlijk lager dan in de drie andere gevallen, 50°C tegenover ± 120°C.

Zoals uit de samenvattingstabel 273 kan afgeleid worden zijn de O₂-concentraties in het rookgas bij de experimenten met open vuren lager en de gemiddelde CO₂-concentraties hoger dan bij de proefnemingen in tonnetjes. Dit wijst op een betere zuurstoftoevoer waardoor een betere verbranding plaatsvindt en het vuur minder smeult. Dit weerspiegelt zich in opmerkelijk lagere emissieconcentraties voor CO en KWS, vergeleken met de afvaltonnetjes.

De invloed van de brandstofsamenstelling op beide parameters is gering, enkel tijdens de verbranding van nat tuinafval worden significant hogere concentraties geregistreerd.

Voor NO_x worden relatief kleine concentratieverschillen tijdens de verschillende metingen genoteerd.

De fluctuaties in de SO₂-concentraties moeten gezocht worden in het S-gehalte van de respectievelijke brandstoffen. Bijstook van gras resulteert in een duidelijke verhoging van de SO₂-emissie. Het verbranden van reclamefolders met opvallen meer S heeft evenwel dit effect niet op de SO₂-concentratie.

Voor wat de stofemissies betreft worden de hoogste waarden gemeten wanneer bladeren en gras worden mee verbrand.

De gemeten PAK-concentraties zijn over de hele lijn laag, met een maximum van 38,5 mg/Nm³ tijdens de verbranding van nat tuinafval.

Voor PCDD/F worden de hoogste concentraties gemeten bij de co-verbranding van plastic en papier, namelijk 7,13 ng TEQ/Nm³.

7.3 Emissiemetingen op kachels met vaste brandstof

7.3.1 Dovre 750 GM kachel voor steenkool

de Dovre 750 GM kachel voor steenkool werd in het totaal vijfmaal aangestoken:

- eenmaal met antraciet 20/30 van Calor Pack op vol vermogen
- eenmaal met bruinkoolbriketten Rheinbraun 100% op vol vermogen
- driemaal met antraciet 20/30 van Calor Pack op klein vermogen

Een overzicht van de elementaire brandstofsamenstelling en van de bekomen emissie-meetresultaten wordt gegeven in de tabellen 274 en 275.

Tabel 274: Overzicht van de elementaire brandstofsamenstelling

Element	Antraciet 20/30	Bruinkool
N in %	0,880	1,75
C in %	84,40	61,4
S in mg/kg	2 097	2 166
Cl in mg/kg	261	321
Cal. waarde kJ/kg	31 200	18 600

In vergelijking tot de experimenten in tonnetjes en open vuren zijn de rookgasdebieten die in het meetkanaal van de kachels geregistreerd worden ongeveer de helft in waarde, $\pm 400 \text{ Nm}^3/\text{dr/h}$.

De rookgastemperatuur bedraagt 80°C tijdens gebruik bij vol vermogen, terwijl bij de experimenten op klein vermogen een temperatuur van 30 à 35°C gemeten werd.

De O_2 -concentraties bij vol vermogen zijn $\pm 20,1\%$. Bij klein vermogen verhogen ze nog tot een gemiddelde waarde van $20,6\%$. Dit gaat gepaard met afname van de CO_2 -concentratie van $\pm 0,6\%$ naar $0,175\%$.

De emissies van NO_x worden slechts beperkt beïnvloed door de aard van de brandstof en het stookregime en variëren van $400 \text{ mg NO}_2/\text{Nm}^3$ tot $1000 \text{ mg NO}_2/\text{Nm}^3$.

De CO -concentraties zijn laag wanneer de kachel op vol vermogen brandt. Zowel met antraciet als met bruinkool worden hoeveelheden van $\pm 3 500 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ of $0,25\%$ gemeten. Wanneer de kachel evenwel op klein vermogen brandt wordt een verdrievoudiging van deze emissie vastgesteld.

Tabel 275: Overzicht van de meetresultaten tijdens de verbrandingsproeven met de Dovre 750 GM voor steenkool

Brandstof	Debiet Nm ³ dr/h	T °C	H ₂ O %	P _{stat} mbar	O ₂ %	CO ₂ %	NO _x mg/Nm ³	CO mg/Nm ³	SO ₂ mg/Nm ³	KWS mg/Nm ³	Stof mg/Nm ³	PAK's mg/Nm ³	PCDD/F ngTEQ/Nm ³
Antraciet, vol vermogen	403	80	1,6	-2,2	20,1	0,658	423	3 585	294	169	-	2,1	0,13
Bruinkool, vol vermogen	414	75	2,0	-2,2	20,1	0,577	409	3 169	78,8	341	122	4,2	1,5
Antraciet, klein vermogen													
Totaal 1	407	35	1,3	-1,0	20,6	0,171	757	16 063	70,3	1 252	277	12,9	
Totaal 2	412	35	1,6	-1,0	20,6	0,177	671	10 590	76,3	986	9	13,9	
Totaal 3	441	30	1,0	-1,0	20,7	0,185	693	8 447	181	626	104	21,9	
Aanmaak 1+2+3													0,748
Normaal 1+2+3													0,360
Uitbrand 1+2+3													0,108
Aanmaak 1					20,4	0,378	621	9 634	101	1 975			
Normaal 1					20,7	0,100	1 031	17 779	2,0	1 477			
Uitbrand 1					20,6	0,172	420	16 774	156	552			
Aanmaak 2					20,5	0,289	563	9 808	139	2 390			
Normaal 2					20,6	0,170	820	8 053	10,6	980			
Uitbrand 2					20,7	0,131	508	14 772	143	292			
Aanmaak 3					20,6	0,271	656	8 628	84	1 200			
Normaal 3					20,7	0,146	888	8 284	129	548			
Uitbrand 3					20,7	0,203	429	8 589	300	44,1			

SO₂ wordt in alle omstandigheden geëmitteerd in hoeveelheden gaande van 70 tot 300 mg/Nm³. De zwavelgehalten in beide typen brandstof zijn vergelijkbaar, ook de SO₂-emissies zijn niet wezenlijk verschillend.

KWS kennen, zoals verwacht, de hoogste concentraties tijdens de aanmaakfase. Ook zijn de KWS emissies hoger wanneer de kachel brandt bij klein dan bij groot vermogen.

De stofemissies zijn aanzienlijk lager dan bij de verbranding van tuin- en huishoudelijk afval in tonnetjes en open vuren en blijven allen ruim beneden de 300 mg/Nm³.

De PAK's- en dioxineconcentraties die bij de verbranding van antraciet en bruinkool in de kolenkachel van Dovre gevormd worden zijn laag, maximaal 22 mg/Nm³ voor PAK's en 1,5 ng TEQ/Nm³ voor PCDD/F.

Grote fluctuaties worden niet teruggevonden terwijl voor wat de dioxine-emissie betreft ook geen wezenlijke verschillen worden vastgesteld tussen de verschillende fasen van het stookproces.

7.3.2 Dovre 750 GH kachel voor hout

De Dovre 750 GH, een versie die geschikt is voor de verbranding van hout, werd in het totaal 11 maal gestookt met:

- droog naald- en loofhout, < 1 jaar, op vol vermogen
- droog naald- en loofhout, < 1 jaar, aangevuld met plasticflessen, plasticverpakking en drankkartons op vol vermogen
- droog loofhout, > 2 jaar, op vol vermogen
- droog loofhout, < 1 jaar, op vol vermogen
- droog naaldhout, > 2 jaar, op vol vermogen
- behandeld hout, > 2 jaar, op vol vermogen
- halfgrote, droge eik, > 2 jaar, op vol vermogen
- kleine, droge eik, > 2 jaar, op vol vermogen
- naald- en loofhout, < 1 jaar, op vol vermogen, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen aanmaakfase, normaal vermogen en uitdooffase.

De resultaten van de elementaire brandstofanalyses en van de emissiemetingen worden samengevat in tabel 276 en 277.

Tabel 276: Overzicht van de elementaire brandstofsamenstelling

Element	Naaldhout < 1 jaar	Eik < 1 jaar	Beuk < 1 jaar	Drankflessen
N in %	< 0,031	< 0,031	< 0,031	< 0,031
C in %	48,7	47,5	47,9	64,6
S in mg/kg	< 200	344	145	< 100
Cl in mg/kg	< 21	< 21	< 21	29
Cal. waarde kJ/kg	13 700	18 600	15 100	23 300
Element	Verpakkings- plastic	Drankkartons	Eik > 2 jaar	Behandeld hout (afzelia)
N in %	1,08	1,14	0,670	< 0,031
C in %	78,6	44,5	48,0	50,1
S in mg/kg	< 250	441	199	174
Cl in mg/kg	80	127	85	202
Cal. waarde kJ/kg	35 500	8 300	16 200	14 100

Uit beide tabellen kunnen de volgende besluiten getrokken worden:

- Tijdens de metingen op de emissies van de Dovre 750 GH op vol vermogen bedroeg het afgasdebiet in het meetkanaal gemiddeld 350 à 400 Nm³dr/h, terwijl de rookgastemperatuur op dezelfde locatie, met uitzondering van de eerste meting, ongeveer gelijk was aan 70°C.
- De gemiddelde O₂-concentratie die in de meetsectie geregistreerd werd, was ± 20,2% terwijl de CO₂-concentratie rond 0,5% schommelde. Uitzondering hierop vormde, de eerste twee experimenten waar O₂ en CO₂ concentraties van 19,7 en 1% gemeten werden.
- Ongeacht de aard van de brandstof – loofhout, naaldhout, < 1 jaar, > 2 jaar, plastic.... – bleef de NO_x-concentratie in de orde van grootte van 200 à 250 mg NO₂/Nm³.
- De CO-concentraties waren over de hele lijn laag, gemiddeld rond 0,35% of 4000 mg/Nm³. Bij de laatste drie experimenten, waar een onderscheid gemaakt werd tussen de aanmaakfase, normaal regime en uitdooffase, werden evenwel licht verhoogde concentraties vastgesteld in de aanmaakfase en vooral in de uitdooffase.
- De SO₂-emissies werden weinig of niet beïnvloed door de aard van de brandstof en waren over de hele lijn laag.
- De KWS-concentraties waren in vergelijking met verbrandingsexperimenten in tonnetjes en open vuren aanzienlijk lager. Ook hier werden echter verhoogde waarden waargenomen tijdens de aanmaakfase en in iets mindere mate tijdens de uitdooffase.
- De gemeten stofemissies waren in 5 van de 10 experimenten kleiner dan 100 mg/Nm³. In de overige 5 proeven varieerden ze van 106 tot 269 mg/Nm³.
- PAK's werden slechts in minimale hoeveelheden teruggevonden. De hoogst waargenomen concentratie voor de som van de 16 van EPA bedroeg "slechts" 8 mg/Nm³.

Tabel 277: Overzicht van de meetresultaten tijdens de verbrandingsproeven met de Dovre 750 GH voor hout

Brandstof	Debiet Nm ³ dr/h	T °C	H ₂ O %	P _{stat} mbar	O ₂ %	CO ₂ %	NO _x mg/Nm ³	CO mg/Nm ³	SO ₂ mg/Nm ³	KWS mg/Nm ³	Stof mg/Nm ³	PAK's mg/Nm ³	PCDD/F ngTEQ/Nm ³
Naald- en loofhout <1jaar, vol vermogen	335	130	2,29	-2,2	19,7	0,964	197	3 800	10,6	217	96,4	2,86	0,4
Naald- en loofhout, < 1 jaar, drankfles, drankkarton, plastic vol vermogen	353	80	2,36	-2,2	19,6	1,108	201	235	2,86	136	186	4,03	10,8
Droog loofhout, > 2 jaar, vol vermogen	365	70	2,1	-2,2	20,2	0,559	281	4 439	9,1	415	48,7	5,84	2,69
Droog loofhout, < 1 jaar Vol vermogen	379	60	2,1	-2,2	20,2	0,588	288	5 261	4,8	562	269	6,03	2,91
Droog naaldhout, < 1 jaar Vol vermogen	383	70	2,5	-2,2	20,2	0,569	279	3 553	2,3	375	87,5	4,17	2,6
Behandeld hout, > 2 jaar, vol vermogen	384	70	2,4	-2,2	20,2	0,590	249	4 043	5,7	632	56,2	7,73	200
Halfgrote eik, > 2 jaar Vol vermogen	376	70	2,2	-2,2	20,2	0,559	240	4 769	11,1	246	42,5	5,98	7,26
Kleine eik, > 2 jaar Vol vermogen	392	65	2,4	-2,2	-	-	-	-	-	250	-	6,45	2,71

Tabel 277: Overzicht van de meetresultaten tijdens de verbrandingsproeven met de Dovre 750 GH voor hout (vervolg)

Brandstof	Debiet Nm ³ dr/h	T °C	H ₂ O %	P _{stat} mbar	O ₂ %	CO ₂ %	NO _x mg/Nm ³	CO mg/Nm ³	SO ₂ mg/Nm ³	KWS mg/Nm ³	Stof mg/Nm ³	PAK's mg/Nm ³	PCDD/F ngTEQ/Nm ³
Naaldhout, beuk en eik, < 1 jaar, vol vermogen													
Totaal 1	413	70	1,46	-2,2	20,4	0,468	161	6 384	14,9	915	136	8,3	
Totaal 2	378	76	1,72	-2,2	20,2	0,591	185	6 875	17,7	739	155	8,3	
Totaal 3	384	70	2,30	-2,2	20,2	0,643	265	5 668	0,6	372	106	7,5	
Aanmaak 1+2+3													0,66
Normaal 1+2+3													0,81
Uitbrand 1+2+3													2,48
Aanmaak 1					20,5	0,349	210	5 757	19,7	1 408			
Normaal 1					20,3	0,536	158	4 588	0,0	742			
Uitbrand 1					20,5	0,425	141	9 226	31,7	961			
Aanmaak 2					20,4	0,432	205	7 850	40	2 227			
Normaal 2					20,1	0,666	201	2 765	0,0	255			
Uitbrand 2					20,3	0,552	150	12 682	33,7	738			
Aanmaak 3					19,9	0,837	219	4 022	0,6	424			
Normaal 3					20,1	0,753	273	2 942	0,0	390			
Uitbrand 3					20,5	0,377	277	10 623	1,1	321			

- Voor wat de dioxine-emissies betreft werd een extreem hoge waarde bekomen bij het verbranden van behandeld hout, 200 ng TEQ/Nm³. Ook de co-verbranding van plastic, karton en drankkartons resulteerde in een verhoogde emissieconcentratie van 10 ng TEQ/Nm³.
Een verklaring voor de hogere waarde van 7 ng TEQ/Nm³ bij de verbranding van halfgrote eiken blokken is niet onmiddellijk beschikbaar.
- Uit de resultaten van de laatste drie experimenten waarbij afzonderlijke dioxinestalen bemonsterd werden tijdens de verschillende fasen van het verbrandingsproces, werden geen extreme verschillen in emissie waargenomen. Het resultaat dat gepaard ging met de uitdooffase was ongeveer 3 tot 4 maal hoger dan tijdens de aanmaakfase en normaal vermogen maar bleef toch beperkt tot 2,5 ng TEQ/Nm³ bij 8% CO₂.

7.3.3 Verbrandingsexperimenten met een Flam Kameleon 44/70 kachel voor hout

De Flam Kameleon houtkachel werd bij vijf verschillende experimenten gebruikt. Niettegenstaande het feit dat volgens de bijgeleverde installatierichtlijnen, de aansluiting aan de uitgang van de kachel een diameter moet hebben van minimum 20 cm, werd tijdens de eerste drie proefnemingen, analoog aan de vroegere experimenten met de andere toestellen, een aansluiting van 15 cm diameter gebruikt. Omwille van de onverwacht hoge CO-emissie tijdens deze proeven (zie tabel 279), werd besloten twee extra proeven in te lassen waarbij hetzelfde scenario als bij de eerste twee werd aangehouden maar nu met een uitgang met een inwendige diameter van 20 cm.

De resultaten van de elementaire brandstofanalyses evenals deze van de 5 meetcampagnes worden samengevat in tabel 278 en 279.

Tabel 278: Overzicht van de elementaire brandstofsamenstelling

Element	Naaldhout < 1jaar	Eik < 1 jaar	Beuk < 1 jaar	Drankkartons
N in %	< 0,031	< 0,031	< 0,031	1,14
C in %	48,7	47,5	47,9	44,5
S in mg/kg	< 200	344	145	441
Cl in mg/kg	< 21	< 21	< 21	127
Cal. waarde kJ/kg	13 700	18 600	15 100	8 300
Element	Drankflessen	Verpakkings- plastic	Riet	
N in %	< 0,031	1,08	< 0,031	
C in %	64,6	78,6	49,3	
S in mg/kg	< 100	< 250	586	
Cl in mg/kg	29	80	1 180	
Cal. waarde kJ/kg	23 300	35 500	13 500	

Tabel 279: Overzicht van de meetresultaten tijdens de verbrandingsproeven met de Flam Kameleon 44/70 voor hout

Brandstof	Debiet Nm ³ dr/h	T °C	H ₂ O %	P _{stat} mbar	O ₂ %	CO ₂ %	NO _x mg/Nm ³	CO mg/Nm ³	SO ₂ mg/Nm ³	KWS mg/Nm ³	Stof mg/Nm ³	PAK's mg/Nm ³	PCDD/F ngTEQ/Nm ³
Naald- en loofhout <1jaar, vol vermogen Ø=15cm	403	80	2,37	-2,2	19,8	0,920	301	12 190	41,1	1 071	191	48,4	0,64
Naald- en loofhout, < 1 jaar, drankfles, drankkarton, plastic vol vermogen, Ø=15cm	397	90	1,2	-2,2	19,9	0,850	249	18 281	79,4	2 441	587	116	172
Naald- en loofhout < 1 jaar, klein vermogen, Ø=15cm	286	36	1,4	-1,0	20,3	0,555	147	13 116	26,6	1 855	208	56,2	14,1
Naald- en loofhout, < 1 jaar, drankfles, drankkarton, plastic vol vermogen, Ø=20cm	357	80	2,6	-2,2	19,6	1,071	238	9 587	56,6	999	332	57,0	5,88
Naald- en loofhout <1jaar, vol vermogen Ø=20cm	339	73	2,2	-2,2	19,9	0,870	222	8 963	6,0	595	149	53	0,26

Uit de bekomen resultaten kunnen de volgende besluiten worden afgeleid:

- Evenals bij de voorgaande proefnemingen werden bij de verbrandingsexperimenten op vol vermogen statische drukken gemeten van -2,2 mbar. De afgasdebieten zijn van de orde van grootte van 400 Nm³dr/h bij temperaturen van 80 à 90°C. Tijdens de exploitatie bij klein vermogen zijn de statische druk en temperatuur gehalveerd tot -1,0 mbar en 36°C.
- De O₂- en CO₂-concentraties bedroegen gemiddeld 19,9% en 0,9% bij vol vermogen en 20,3%, respectievelijk 0,555% bij klein vermogen.
- De NO_x-concentratie was gemiddeld 250 mg NO₂/Nm³ bij vol vermogen en 147 mg NO₂/Nm³ bij klein vermogen.
- Voor wat de CO-emissies betreft werden onverwacht hoge concentraties geregistreerd, in de orde van grootte van 1% tot 1,5%.
In overeenkomst met de installatievoorschriften van dit toestel werd daarom overgegaan naar het installeren van een kacheluitgang met een inwendige diameter van 20 cm in plaats van de eerder gebruikte 15 cm.
Dit ging gepaard met een CO-vermindering met bijna een factor 2 tot 0,77 en 0,72 %.
- De SO₂-emissies zijn over de hele lijn eerder beperkt van 6 mg/Nm³ tot een maximumwaarde van 79 mg/Nm³.
- Voor wat de KWS-emissies aangaat ging de installatie van een uitgang met grotere diameter eveneens gepaard met een vermindering van de uitstoot met een factor 2 tot waarden die deze van de experimenten met het toestel van het merk Dovre benaderen.
- Ook de stofemissies tijdens de eerste campagne waren eerder hoog. Aanpassing van de kachel leverde gunstigere resultaten alhoewel de geregistreerde waarden toch hoger bleven dan met het voorgaande toestel.
- De PAK-concentraties varieerden van 48 mg/Nm³ tot 116 mg/Nm³ hetgeen eveneens meer is dan de waarden die tijdens vergelijkbare experimenten met de Dovre kachel gemeten werden.
- De PCDD/F-emissie was extreem hoog tijdens de co-verbranding van plastic en drankkartons bij gebruik van een uitgang van 15 cm, nml 172 ng TEQ/Nm³. Aanpassing van deze uitgang naar 20 cm diameter verminderde de PCDD/F-emissie met een factor 28.
- Tot slot dient hier nog vermeld te worden dat exploitatie van de haard op klein vermogen een verwaarloosbare invloed heeft op de emissieconcentraties in vergelijking met vol vermogen. Alleen voor PCDD/F werden significant hogere waarden bekomen. Voor KWS bleef de verhoging minder dan een factor 2.

7.3.4 Verbrandingsproeven met de Flam Kameleon 44/70 voor steenkool

De Flam Kameleon configuratie voor de verbranding van steenkool werd slechts eenmaal gebruikt en wel voor de verbranding van antraciet 20/30 bij vol vermogen.

Rekening houdend met de vaststellingen die tijdens de stookproeven met hout gedaan werden, werd ditmaal onmiddellijk een uitgangsaansluiting gebruikt met een inwendige diameter van 20 cm.

De resultaten van de elementaire brandstofsamenstellingsanalyse en van de emissiemetingen worden samengevat in tabellen 280 en 281.

Tabel 280: Elementaire brandstofsamenstelling van antraciet 20/30

Element	Antraciet 20/30
N in %	0,880
C in %	84,4
S in mg/kg	2 097
Cl in mg/kg	261
Calorische waarde in kJ/kg	31 200

Tabel 281: Overzicht van de meetresultaten tijdens de emissiemetingen met de Flam Kameleon kolenkachel met antraciet

Debiet Nm ³ dr/h	T °C	H ₂ O %	P _{stat} mbar	O ₂ %	CO ₂ %	NO _x mg/Nm ³ dr
405	35	1,3	-2,2	20,5	0,285	555
CO mg/Nm ³ dr	SO ₂ mg/Nm ³ dr	KWS mg/Nm ³ dr	Stof mg/Nm ³ dr	PAK's mg/Nm ³ dr	PCDD/F ng TEQ/Nm ³ dr	
6 661	130	426	48	3,57	25,5	

Vergelijking van de resultaten met deze van de Dovre kolenkachel toont aan dat de emissieconcentraties van de Flam overeenkomen met deze van de Dovre wanneer deze laatste bij klein vermogen gebruikt wordt. Dit geldt voor de parameters debiet, temperatuur, O₂, CO₂, NO_x en SO₂.

CO gemeten bij de Flam is ongeveer het dubbele van de Dovre waarde bij vol vermogen, maar aanzienlijk lager dan bij klein vermogen.

De KWS concentraties zijn relatief laag, dit geldt tevens voor stof en PAK's.

De dioxine-emissie is met een concentratie van 25,5 ng TEQ/Nm³ hoog. Een eenduidige verklaring kan hiervoor niet onmiddellijk gegeven worden.

7.3.5 Emissiemetingen op een Cardoen CA4 houtkachel

Het derde type houtkachel dat voor verbrandingsexperimenten werd gebruikt, was een Cardoen CA4. Met deze kachel werden drie proeven uitgevoerd waarbij achtereenvolgens:

- naald- en loofhout < 1 jaar op vol vermogen
- naald- en loofhout < 1 jaar aangevuld met drankflessen, drankkartons en verpakkingsplastic op vol vermogen
- naald- en loofhout < 1 jaar op klein vermogen

verbrand werden.

Een overzicht van de elementaire brandstofsamenstelling en van de gemeten emissieresultaten wordt gegeven in tabellen 282 en 283.

Tabel 282: Overzicht van de elementaire brandstofsamenstelling

Element	Naaldhout < 1jaar	Eik < 1 jaar	Beuk < 1 jaar	Drankkartons
N in %	< 0,031	< 0,031	< 0,031	1,14
C in %	48,7	47,5	47,9	44,5
S in mg/kg	< 200	344	145	441
Cl in mg/kg	< 21	< 21	< 21	127
Cal. waarde kJ/kg	13 700	18 600	15 100	8 300
Element	Drankflessen	Verpakkings- plastic		
N in %	< 0,031	1,08		
C in %	64,6	78,6		
S in mg/kg	< 100	< 250		
Cl in mg/kg	29	80		
Cal. waarde kJ/kg	23 300	35 500		

Ook bij deze reeks experimenten blijkt dat bij klein vermogen debiet, temperatuur en statische druk afnemen tot ongeveer de halve waarde van vol vermogen.

De O₂-concentratie neemt lichtjes toe hetgeen gepaard gaat met een beperkte afname van de CO₂-concentratie.

Branden bij klein vermogen heeft weinig invloed op de concentraties van de meeste andere anorganische parameters.

Ook stof en dioxines worden slechts in relatief kleine mate beïnvloed door het stookgedrag.

De PAK-emissie vermindert met een factor 3 van groot naar klein vermogen.

Voor wat de co-verbranding van huishoudelijk afval tijdens het tweede experiment betreft wordt ook hier, zoals in alle voorgaande experimenten, en significante verhoging van de dioxine-concentratie vastgesteld.

7.3.6 Emissiemetingen op de Jøtul type 118 houtkachel

Tot slot werden nog twee experimenten uitgevoerd met een Jøtul type 118 houtkachel. Hierbij werden achtereenvolgens een mengsel van naaldhout, eik en beuk, allen jonger dan 1 jaar, en hetzelfde mengsel, aangevuld met drankkartons, drankflessen en verpakkingsplastic verwerkt.

In de beide gevallen brandde de kachel op vol vermogen.

De resultaten van de elementaire brandstofsamenstelling en van de emissiemetingen worden samengevat in tabel 284 en 285.

Tabel 283: Overzicht van de meetresultaten tijdens de verbrandingsproeven met de Cardoenkachel CA4 voor hout

Brandstof	Debiet Nm ³ dr/h	T °C	H ₂ O %	P _{stat} mbar	O ₂ %	CO ₂ %	NO _x mg/Nm ³	CO mg/Nm ³	SO ₂ mg/Nm ³	KWS mg/Nm ³	Stof mg/Nm ³	PAK's mg/Nm ³	PCDD/F ngTEQ/Nm ³
Naald- en loofhout <1jaar, vol vermogen	353	80	3,6	-2,2	19,9	0,813	285	6 322	32,9	383	419 86	33,2	0,58
Naald- en loofhout, < 1 jaar, drankfles, drankkarton, plastic vol vermogen	411	60	1,57	-2,2	19,9	0,819	243	3 000	49,1	282	230	15,6	20,4
Naald- en loofhout < 1 jaar, klein vermogen	283	38	2,0	-1,0	20,2	0,698	223	5 042	3,7	695	117	10,8	1,0

Tabel 285: Overzicht van de meetresultaten tijdens de verbrandingsproeven met de Jøtul type 118 voor hout

Brandstof	Debiet Nm ³ dr/h	T °C	H ₂ O %	P _{stat} mbar	O ₂ %	CO ₂ %	NO _x mg/Nm ³	CO mg/Nm ³	SO ₂ mg/Nm ³	KWS mg/Nm ³	Stof mg/Nm ³	PAK's mg/Nm ³	PCDD/F ngTEQ/Nm ³
Naald- en loofhout <1jaar, vol vermogen	417	50	1,73	-2,2	20,2	0,547	283	10 787	17,4	2 736	270	13,8	0,727
Naald- en loofhout, < 1 jaar, drankfles, drankkarton, plastic vol vermogen	397	70	1,97	-2,2	20,0	0,570	238	8 946	107	2 036	77	13,08	0,691

Tabel 284: Overzicht van de elementaire brandstofsamenstelling

Element	Naaldhout < 1 jaar	Eik < 1 jaar	Beuk < 1 jaar	Drankkartons
N in %	< 0,031	< 0,031	< 0,031	1,14
C in %	48,7	47,5	47,9	44,5
S in mg/kg	< 200	344	145	441
Cl in mg/kg	< 21	< 21	< 21	127
Cal. waarde kJ/kg	13 700	18 600	15 100	8 300
Element	Drankflessen	Verpakkings- plastic		
N in %	< 0,031	1,08		
C in %	64,6	78,6		
S in mg/kg	< 100	< 250		
Cl in mg/kg	29	80		
Cal. waarde kJ/kg	23 300	35 500		

De emissies van de producten van onvolledige verbranding, CO en KWS, zijn eerder aan de hoge kant en gaan in de richting van de Flam Kameleon. Ook de SO₂-concentraties liggen in vergelijking redelijk hoog.

De stofemissies blijven dan weer beperkt tot op het niveau van de Dovre hetgeen ook het geval is voor de PAK-emissie.

De dioxine-emissies die gemeten werden zijn laag, zelfs onverwacht laag tijdens de coverbranding van huishoudelijk afval. Een onmiddellijke verklaring voor dit feit kan niet gegeven worden.

7.3.7 Onderlinge vergelijking tussen de verschillende toestellen

In de volgende paragraaf wordt nog een beknopte vergelijking gemaakt tussen de verschillende toestellen. Dit gebeurt zowel voor de kolen- als voor de houtkachels.

7.3.7.1 Vergelijking tussen de verschillende kolenkachels

In het totaal werden slechts twee verschillende kolenkachels gebruikt, een Dovre 750 GM en een Flam Kameleon 44/70.

Een korte vergelijking toont aan dat de emissiegegevens van de Flam Kameleon zich situeren halfweg tussen de waarden van deze van Dovre 750 GM die bekomen werden bij verbranding op klein en op vol vermogen. Dit geldt met uitzondering van dioxines voor alle parameters. Voor de hoge dioxinewaarde bij de Flam kachel is niet onmiddellijk een verklaring te vinden.

7.3.7.2 Vergelijking tussen de verschillende houtkachels

De parameters debiet, temperatuur, statische druk, O₂, CO₂ en NO_x zijn vergelijkbaar bij de verschillende toestellen.

Voor CO, SO₂, KWS, stof en PAKs wordt een vergelijkende tabel opgesteld.

Tabel 286: Vergelijking van de emissieconcentraties van een aantal parameters bij de verschillende toestellen

	Dovre 750GH	Flam Kameleon		Cardoen CA4	Jøtul 118
		Ø=15cm	Ø=20cm		
CO in mg/Nm ³ dr	4 503 (235–6 875)	14 529 (12 190–18 281)	9 275 (8 963–9 587)	4 788 (3 000–6 322)	9 866 (9 946–10 787)
SO ₂ in mg/Nm ³ dr	7,97 (0,6–17,7)	49,0 (26,6–79,4)	31,3 (6,0–56,6)	28,6 (3,7–49)	62,2 (17–107)
KWS in mg/Nm ³ dr	442 (136–915)	1 789 (1 071–2 441)	797 (595–999)	453 (282–659)	2 386 (2 036–2 736)
Stof in mg/Nm ³ dr	118 (42,5–269)	329 (191–587)	241 (149–332)	213 (86–419)	174 (77–270)
PAK in mg/Nm ³ dr	6,1 (2,86–8,3)	73,5 (48,4–116)	55 (53–57)	20 (10,8–33,2)	13,4 (13,0–13,8)
PCDD/F in ng TEQ/Nm ³ dr *	3,2 (0,4–7,3)	7,4 (0,64–14,1)	0,26	0,79 (0,58–1,0)	0,727
PCDD/F in ng TEQ/Nm ³ dr **	105 (10,8–200)	116	5,88	20,4	0,691

*: zonder bijstook van afval en plastic

**: met bijstook van afval en plastic

Bij de niet gemarkeerde parameters wordt er geen onderscheid gemaakt tussen de experimenten met en zonder bijstook

Voor PCDD/F is vooral de brandstofsamenstelling bepalend en is het de co-verbranding van huishoudelijke afvalstoffen die significante verhogingen van de emissieconcentraties veroorzaakt.

7.4 Bespreking van de analyseresultaten van de roetstalen

Om een eenduidig overzicht te krijgen van de analyseresultaten van de verschillende roetstalen worden deze stalen geklasseerd volgens het type brandstof dat in het verwarmingstoestel gebruikt werd en wordt er tevens rekening mee gehouden of het om hoofd- of bijverwarming gaat. Dit resulteert in de tabellen 287 tot en met 291.

Tabel 287: Roetstalen van houtkachels als hoofdverwarming

Nr	Leeftijd toestel	Totaal S mg/kg	Totaal Cl mg/kg	Totaal C %	PAK mg/kg	PCDD/F pg TEQ/g
01-LU-686 Harshout	2 – 5 jaar	19 200	23 200	47,8	85	9 116

Tabel 288: Roetstalen van houtkachels als bijverwarming

Nr	Leeftijd toestel	Totaal S mg/kg	Totaal Cl mg/kg	Totaal C %	PAK mg/kg	PCDD/F pg TEQ/g
01-LU-681 Loofhout, harshout, papier	5 – 10 jaar	13 200	4 000	58,6	399	207
01-LU-682 Afval-, behandeld-, sloophout	> 10 jaar	35 000	36 500	32,7	528	1 999
01-LU-683	5 – 10 jaar	23 200	13 200	46,2	432	1 346
01-LU-684 eik	2 – 5 jaar	32 200	20 100	43,0	1 238	2 786
02-LU-073 Harshout	5 – 10 jaar	7 110	4 080	66,9	87,9	144
02-LU-076 Sloop, afval, behandeld	5 – 10 jaar	23 900	9 400	46,3	869	1 351
02-LU-083 Harshout	5 – 10 jaar	27 000	33 200	25,5	190	893

Tabel 289: Roetstalen van open haarden

Nr	Leeftijd toestel	Totaal S mg/kg	Totaal Cl mg/kg	Totaal C %	PAK mg/kg	PCDD/F pg TEQ/g
01-LU-688 Harshout	2 – 5 jaar	28 900	6 660	18,4	1 132	163
01-LU-689 Afval-, behandeld-, sloophout	> 10 jaar	54 100	3 590	22,6	78,9	3 680
01-LU-690 Loof- en harshout	> 10 jaar	12 800	17 100	54,4	329	1 229
02-LU-074 Loofhout	5 – 10 jaar	12 400	6 740	44,3	218	590
02-LU-075 Loofhout, futurex	5 – 10 jaar	34 400	40 300	18,9	95,8	2 597
02-LU-081 Loofhout	5 – 10 jaar	17 600	3 450	1,72	81,9	73,2

Tabel 290: Roetstalen van kolenkachels als hoofdverwarming

Nr	Leeftijd toestel	Totaal S mg/kg	Totaal Cl mg/kg	Totaal C %	PAK mg/kg	PCDD/F pg TEQ/g
01-LU-685 Magere kool	2 – 5 jaar	37 500	365 000	9,1	460	496
01-LU-687 Magere kool	5 – 10 jaar	72 000	247 000	11,6	267	276

Tabel 291: Roetstalen van mazoutvuren als hoofdverwarming

Nr	Leeftijd toestel	Totaal S mg/kg	Totaal Cl mg/kg	Totaal C %	PAK mg/kg	PCDD/F pg TEQ/g
02-LU-077	2 – 5 jaar	104 000	160	1,69	27,9	12,1
02-LU-078	> 10 jaar	67 300	444	6,20	550	632
02-LU-079	5 - 10 jaar	51 400	666	17,0	1 552	398
02-LU-080	5 – 10 jaar	55 100	4 420	38,6	7 436	1 429
02-LU-082	2 – 5 jaar	34 200	906	1,72	21	29,3

Uit deze tabellen kan afgeleid worden dat de samenstelling van het roet in hoofdzaak bepaald wordt door de gebruikte brandstof en dat de leeftijd van de kachel weinig of geen invloed heeft.

Het **S-gehalte** in de roetstalen van de houtkachel en/of open haarden gestookt met hout, is gelegen tussen 7 110 en 35 000 mg/kg, met één uitschieter tot 54 100 mg/kg wanneer een mengeling van sloop- en behandeld hout gestookt wordt.

Bij het gebruik van steenkool lopen de S-gehalten op tot 72 000 mg/kg terwijl voor mazout de minimum en maximumwaarden respectievelijk 34 200 mg/kg en 104 000 mg/kg bedragen.

Voor wat de **chloorconcentraties** in het roet betreft worden de laagste waarden teruggevonden bij de mazoutkachels, orde van grootte beneden de 1000 mg/kg op één uitzondering van 4 420 mg/kg na.

In het roet afkomstig van houtkachels bedraagt het elementair chloorgehalte minimum 3 500 mg/kg en loopt dit op tot een maximum van 36 500 mg/kg. Het roet dat in de schouw van de kolenkachels bemonsterd werd, bevat enkele honderdduizenden mg elementair chloor per kg, tot 365 000 mg/kg.

Het **C-gehalte** in de roetfractie < 2 mm is het hoogst bij houtgestookte vuren. In bijna alle gevallen worden waarden van 20 tot 65 % gedetecteerd. In de geanalyseerde roetfractie van de kolenkachels is dit percentage amper 10% terwijl in 3 van de 5 stalen afkomstig van mazoutvuren tweemaal 1,7 % en eenmaal 6% wordt teruggevonden.

De hoogste **PAK-concentraties** worden teruggevonden in de roetstalen afkomstig van mazoutvuren, tot 7 400 mg/kg.

Voor kolenkachels zijn deze concentraties van de orde van grootte van enkele honderden mg/kg terwijl voor houtvuren in 35% van de gevallen concentraties genoteerd werden van minder dan 100 mg/kg en oplopend tot een waarde van 1 200 mg/kg.

De hoogste **dioxineconcentraties** werden gemeten in het roet van houtkachels, tot 9 000 pg TEQ/g bij een houtkachel die als hoofdverwarming dienst deed en gestookt werd met harshoudende houtsoorten.

De dioxineconcentraties zijn trouwens voor alle houtgestookte kachels relatief hoog vergeleken met kolenkachels waar waarden van 300 tot 500 pg TEQ/g genoteerd worden en mazoutvuren met waarden gaande van 12 tot 1 400 pg TEQ/g. Bij deze laatste categorie is het grote verschil tussen de stalen onderling opvallend.

7.5 Emissiefactoren voor dioxines, PAK's, stof en CO en vergelijking met vroegere gegevens

Met het oog op een verdere en meer verfijnde inventarisatie van de dioxine-emissie ten gevolge van de verbranding van vaste brandstof, hetzij verbranding van tuin- en huishoudelijk afval in tonnetjes en open vuren, hetzij verwarming van gebouwen met eventuele co-verbranding van huishoudelijk afval, worden in de volgende paragraaf de emissiefactoren voor de verschillende proefnemingen berekend. Hiervoor wordt de gemeten dioxineconcentratie in het rookgas, uitgedrukt als toxicologische equivalent, vermenigvuldigd met het gemiddelde debiet,

uitgedrukt in Nm³dr/h en het aantal uren dat de bemonstering geduurd heeft, en vervolgens gedeeld door de totale hoeveelheid verbruikte brandstof. De resultaten worden samengevat in tabel 288 voor tonnetjes en open vuren en in tabel 289 voor kachels op vaste brandstof.

Ook voor CO, PAK's en stof worden EF berekend. Voor CO wordt hierbij gebruik gemaakt van de gemiddelde emissieconcentratie over de volledige meetperiode en dit gerelateerd aan de totale hoeveelheid verwerkte brandstof. Voor PAK's en stof wordt de gemeten concentratie vermenigvuldigd met debiet en bemonsteringsduur, en gedeeld door de brandstofhoeveelheid die uit de gewichtsregistratie voor de betreffende periode kan afgeleid worden.

Voor PAK's wordt de berekening enerzijds uitgevoerd voor de som van de 16 PAK's van EPA en anderzijds voor de twee componenten die gereguleerd zijn in Vlarem II, met name benzo(a)pyreen en dibenzo(a,h)anthraceen. Voor deze beide laatste geldt volgens de algemene bepalingen een emissiegrenswaarde van 0,1 mg/Nm³dr. Ook de resultaten van deze berekeningen zijn opgenomen in de tabellen 292 en 293.

Tabel 292: Emissiefactoren voor dioxines, PAK's, stof en CO ten gevolge van de verbranding van tuin- en huishoudelijk afval in tonnetjes en open vuren

Brandstofsamenstelling	EF dioxines* ng TEQ/kg	EF PAK's* 16 van EPA mg/kg	EF Benzo(a)pyreen* mg/kg	EF dibenzo(a,h) anthraceen* mg/kg	EF CO* g/kg	EF stof* g/kg
Tonnetje type 1						
100% droog snoeihout	1,25 (52)	443 (12,5) 440 (14,0)	5,84 (12,5) 11,3 (14,0)	0,389 (12,5) 0,351 (14,0)	51,5 (27) 57,3 (25)	5,30 (6,10) 7,70 (3,52)
80% droog snoeihout, 10% bladeren en 10% droog gras	0,79 (50)	523 (12,7) 289 (10,5)	7,62 (12,7) 5,21 (10,5)	0,387 (12,7) 0,316 (10,5)	57,7 (25) 57,0 (25)	12,5 (8,4) 9,3 (6,9)
80% droog snoeihout, 10% karton, 10% plastic	5,85 (50)	558 (9,9) 885 (11,0)	16,1 (9,9) 25,6 (11,0)	0,848 (9,9) 0,907 (11,0)	70,8 (25) 80,3 (25)	5,8 (7,6) 6,2 (5,4)
5,5% droog snoeihout (aanmaak), 75,5% nat snoeihout, 9,5% bladeren, 9,5% droog gras	9,13 (53)	401 (25)** 285 (16,0)	7,73 (25)** 5,12 (16,0)	0,414 (25)** 0,223 (16,0)	- 85,4 (28)	24,7 (25)** 23,3 (7,6)
Tonnetje type 2						
80% droog snoeihout, 5,5% kartonnen dozen, 4,5% drankkartons, 5% drankflessen, 5% rioolbuizen	363 (50)	1628 (12,6) 2151 (13,8)	62,5 (12,6) 38,5 (13,8)	0,919 (12,6) 0,827 (13,8)	108 (25) 117 (25)	13,5 (7,78) 16,3 (8,67)
Tonnetje type 3						
77,8% droog snoeihout, 7,9% karton, 4,8% reclamefolders, 9,5% drankflessen	1748 (63)	253 (17,7) 72,5 (22,1)	7,57 (17,7) 1,08 (22,1)	0,435 (17,7) 0,154 (22,1)	46,8 (33) 57,2 (30)	6,38 (9,49) 1,58 (15,8)

*: De cijfers tussen haakjes wijzen op de hoeveelheid brandstof, uitgedrukt in kg, die tijdens de bemonstering van de betreffende parameter verwerkt werd.

** : Door een defect aan de uitlezing van de brandstofregistratie werden de meetgegevens als representatief voor de volledige verbrandingsproef beschouwd.

Tabel 292: Emissiefactoren voor dioxines, PAK's, stof en CO ten gevolge van de verbranding van tuin- en huishoudelijk afval in tonnetjes en open vuren (vervolg)

Brandstofsamenstelling	EF dioxines* ng TEQ/kg	EF PAK's* 16 van EPA mg/kg	EF Benzo(a)pyreen* mg/kg	EF dibenzo(a,h) anthraceen* mg/kg	EF CO* g/kg	EF stof* g/kg
Open vuren						
4,8% riet, 76,2% nat snoeihout, 9,5% droog gras, 9,5% droge bladeren	1,44 (210)	143 (105) 135 (105)	1,45 (105) 1,83 (105)	0,033 (105) 0,062 (105)	51,8 (105) 50,8 (105)	9,51 (105) 8,07 (105)
3,6% riet, 96,4% droog snoeihout	0,64 (166)	23,3 (83) 30,1 (83)	0,248 (83) 0,214 (83)	0,036 (83) 0,014 (83)	31,9 (83) 33,6 (83)	1,62 (83) 1,51 (83)
2,9% riet, 77,7% droog snoeihout, 9,7% droog gras, 9,7% bladeren	0,86 (206)	34,5 (103) 32,3 (103)	0,402 (103) 0,314 (103)	0,201 (103) 0,171 (103)	27,6 (103) 37,2 (103)	4,18 (103) 4,59 (103)
2,9% riet, 77,7% % droog snoeihout, 9,7% reclamefolders, 9,7% drankflessen	32,0 (206)	74,5 (103) 25,8 (103)	1,07 (103) 0,303 (103)	0,144 (103) 0,027 (103)	29,8 (103) 26,5 (103)	2,61 (103) 1,53 (103)

*: De cijfers tussen haakjes wijzen op de hoeveelheid brandstof, uitgedrukt in kg, die bij de berekening van de emissiefactor beschouwd werd. Vermits voor open vuren om praktische redenen geen registratie van het brandstofverbruik kon uitgevoerd worden werden de meetgegevens als representatief voor de volledige verbrandingsproef beschouwd.

Tabel 293: Emissiefactoren voor dioxines, PAK's, stof en CO ten gevolge van de verbranding van vaste brandstof voor huisverwarming

Brandstofsamenstelling	EF dioxines* ng TEQ/kg	EF PAK's* 16 van EPA mg/kg	EF Benzo(a)pyreen* mg/kg	EF dibenzo(a,h) anthraceen* mg/kg	EF CO* g/kg	EF stof* g/kg
Dovre 750 GM voor steenkool						
Antraciet, vol vermogen	1,15 (8,4)	33,5 (5,05)	0,319 (5,05)	0,160 (5,05)	42,9 (8,4)	
Rheinbraun briketten, vol vermogen	21,1 (12,7)	44,0 (7,86)	0,316 (7,86)	0,042 (7,86)	30,7 (12,7)	1,37 (12,7)
Antraciet, klein vermogen						
Aanmaakfase	6,04 (6,05)					
Normaal branden	4,55 (4,99)					
Uitbrandfase	2,31 (2,18)					
Antraciet, klein vermogen	-					
Dag 1		125 (2,57)	1,59 (2,57)	0,634 (2,57)	161 (4,23)	3,45 (0,70)
Dag 2		114 (3,33)	1,24 (3,33)	0,247 (3,33)	93,0 (5,10)	1,30 (0,89)
Dag 3		235 (1,89)	1,40 (1,89)	0,466 (1,89)	119 (3,89)	1,25 (0,46)
Dovre 750 GH voor hout						
25,9% naaldhout <1 jaar, 41,4% eik <1 jaar, 32,7% beuk < 1 jaar, vol vermogen	3,47 (29)	24,0 (14,7)	0,137 (14,7)	0,018 (14,7)	24,5 (29)	0,873 (7,25)
25,1% naaldhout < 1 jaar, 40,1% eik <1 jaar, 31,8% beuk <1 jaar, 1% drankflessen, 1% drankkartons, 1% verpakkingsplastic, vol vermogen	106 (29,9)	35,7 (12,0)	0,177 (12,0)	0,024 (12,0)	21,0 (29,9)	1,52 (5,52)
5,3% aanmaakhout, 94,7% eik >2 jaar, vol vermogen	21,8 (19)	42,1 (9,81)	0,223 (9,81)	0,030 (9,81)	30,4 (19)	0,360 (3,96)

*: De cijfers tussen haakjes wijzen op de hoeveelheid brandstof, uitgedrukt in kg, die tijdens de bemonstering van de betreffende parameter verwerkt werd.

Tabel 293: Emissiefactoren voor dioxines, PAK's, stof en CO ten gevolge van de verbranding van vaste brandstof voor huisverwarming (vervolg)

Brandstofsamenstelling	EF dioxines* ng TEQ/kg	EF PAK's* 16 van EPA mg/kg	EF Benzo(a)pyreen* mg/kg	EF dibenzo(a,h) anthraceen* mg/kg	EF CO* g/kg	EF stof* g/kg
Dovre 750 GH voor hout						
5,3% aanmaakhout, 47,4% eik <1 jaar, 47,4% beuk <1 jaar, vol vermogen	52,1 (19)	45,6 (7,80)	0,194 (7,80)	0,019 (9,81)	34,0 (19)	2,01 (3,1)
5,3% aanmaakhout, 94,7% droog naaldhout >2 jaar, vol vermogen	22,6 (19)	35,2 (7,64)	0,100 (7,64)	0,020 (7,64)	27,2 (19)	0,91 (2,82)
5% aanmaakhout, 5% riet, 90% behandeld hout >2 jaar, vol vermogen	1702 (20)	53,9 (9,33)	0,329 (9,33)	0,033 (9,33)	24,2 (20)	0,500 (3,76)
5% aanmaakhout, 1% riet, 90% halfgrote eik >2 jaar, vol vermogen	57,4 (20)	42,9 (9,32)	0,242 (9,32)	0,024 (9,32)	23,8 (20)	0,338 (4,01)
5% aanmaakhout, 1% riet, 90% kleine eik >2 jaar, vol vermogen	22,2 (20)	55,2 (8,52)	0,460 (8,52)	0,046 (8,52)	-	0,611 (3,02)
5% aanmaakhout, 5% riet, 22,5% naaldhout <1 jaar, 30% beuk <1 jaar, 37,5% eik <1 jaar, vol vermogen						
Aanmaakfase	5,71 (9,04)					
Normaal branden	4,41 (34,3)					
Uitdooffase	43,1 (7,62)					

*: De cijfers tussen haakjes wijzen op de hoeveelheid brandstof, uitgedrukt in kg, die tijdens de bemonstering van de betreffende parameter verwerkt werd.

Tabel 293: Emissiefactoren voor dioxines, PAK's, stof en CO ten gevolge van de verbranding van vaste brandstof voor huisverwarming (vervolg)

Brandstofsamenstelling	EF dioxines* ng TEQ/kg	EF PAK's* 16 van EPA mg/kg	EF Benzo(a)pyreen* mg/kg	EF dibenzo(a,h) anthraceen* mg/kg	EF CO* g/kg	EF stof* g/kg
Dovre 750 GH voor hout						
5% aanmaakhout, 5% riet, 22,5% naaldhout <1 jaar, 30% beuk <1 jaar, 37,5% eik <1 jaar, vol vermogen						
Dag 1		55,9 (20)	0,372 (20)	0,037 (20)	45,5 (17,7)	1,35 (3,1)
Dag 2		64,4 (6,39)	0,474 (6,39)	0,047 (6,39)	49,9 (16,7)	1,25 (3,58)
Dag 3		60,6 (8,05)	0,379 (8,05)	0,038 (8,05)	46,6 (16,6)	0,819 (4,33)
Flam Kameleon voor hout						
3,3% riet, 25% naaldhout <1 jaar, 31,7% beuk <1 jaar, 40% eik <1 jaar, vol vermogen, Ø = 15 cm	5,88 (30)	428 (11,8)	4,53 (11,8)	0,137 (11,8)	102 (30)	1,82 (5,04)
3,2% riet, 24,3% naaldhout <1 jaar, 30,7% beuk <1 jaar, 38,8% eik <1 jaar, 1% drankflessen, 1% drankkartons, 1% verpakkingsplastic, vol vermogen, Ø=15cm	1411 (30,9)	902 (13,2)	12,2 (13,2)	0,241 (13,2)	114 (30,9)	5,46 (4,47)
5,2% riet, 23,7% naaldhout <1 jaar, 31,6% beuk <1 jaar, 39,5% eik <1 jaar, klein vermogen, Ø = 15 cm	88,7 (19)	361 (6,42)	3,30 (6,42)	0,178 (6,42)	82,8 (19)	1,33 (4,24)

*: De cijfers tussen haakjes wijzen op de hoeveelheid brandstof, uitgedrukt in kg, die tijdens de bemonstering van de betreffende parameter verwerkt werd.

Tabel 293: Emissiefactoren voor dioxines, PAK's, stof en CO ten gevolge van de verbranding van vaste brandstof voor huisverwarming (vervolg)

Brandstofsamenstelling	EF dioxines* ng TEQ/kg	EF PAK's* 16 van EPA mg/kg	EF Benzo(a)pyreen* mg/kg	EF dibenzo(a,h) anthraceen* mg/kg	EF CO* g/kg	EF stof* g/kg
Flam Kameleon voor hout						
3,2% riet, 24,3% naaldhout <1 jaar, 30,7% beuk <1 jaar, 38,8% eik <1 jaar, 1% drankflessen, 1% drankkartons, 1% verpakkingsplastic, vol vermogen, Ø=20cm	54,6 (30,9)	491 (13,6)	4,80 (13,6)	0,474 (13,6)	90,9 (30,9)	2,92 (6,20)
3,3% riet, 25% naaldhout <1 jaar, 31,7% beuk <1 jaar, 40% eik <1 jaar, vol vermogen, Ø = 20 cm	1,97 (30)	418 (11,7)	4,17 (11,7)	0,347 (11,7)	58,1 (30)	1,35 (3,94)
Flam Kameleon voor steenkool						
12,5% riet en hout, 87,5% antraciet, vol vermogen	282 (8)	38,6 (2,98)	0,272 (2,98)	<0,272 (2,98)	47,1 (8)	0,998 (0,69)
Cardoen CA4 voor hout						
25,9% naaldhout <1 jaar, 32,7% beuk <1 jaar, 41,4% eik <1 jaar, vol vermogen	4,23 (29)	257 (16,5)	2,57 (16,5)	0,086 (16,5)	36,9 (29)	18,5 (9,81) 0,746 (2,46)
25,1% naaldhout <1 jaar, 31,8% beuk <1 jaar, 40,1% eik <1 jaar, 1% drankflessen, 1% drankkartons, 1% verpakkingsplastic, vol vermogen	173 (29,9)	140 (9,57)	1,55 (9,57)	0,172 (9,57)	24,8 (29,9)	2,07 (4,60)

*: De cijfers tussen haakjes wijzen op de hoeveelheid brandstof, uitgedrukt in kg, die tijdens de bemonstering van de betreffende parameter verwerkt werd.

Tabel 293: Emissiefactoren voor dioxines, PAK's, stof en CO ten gevolge van de verbranding van vaste brandstof voor huisverwarming (vervolg)

Brandstofsamenstelling	EF dioxines* ng TEQ/kg	EF PAK's* 16 van EPA mg/kg	EF Benzo(a)pyreen* mg/kg	EF dibenzo(a,h) anthraceen* mg/kg	EF CO* g/kg	EF stof* g/kg
Cardoen CA 4 voor hout						
5,2% riet, 23,7% naaldhout <1 jaar, 31,6% beuk <1 jaar, 39,5% eik <1 jaar, klein vermogen	7,86 (19)	71,4 (7,13)	0,56 (7,13)	0,079 (7,13)	36,9 (19)	0,834 (4,63)
Jøtul model 118 voor hout						
25,9% naaldhout <1 jaar, 32,7% beuk <1 jaar, 41,4% eik <1 jaar, vol vermogen	4,09 (30)	98,1 (7,18)	0,697 (7,18)	<0,116 (7,18)	49,7 (30)	1,94 (4,31)
3,2% riet, 24,3% naaldhout <1 jaar, 30,7% beuk <1 jaar, 38,8% eik <1 jaar, 1% drankflessen, 1% drankkartons, 1% verpakkingsplastic, vol vermogen	3,85 (30,9)	73,2 (30,9)	0,540 (30,9)	<0,077 (30,9)	36,8 (30,9)	0,638 (4,11)

*: De cijfers tussen haakjes wijzen op de hoeveelheid brandstof, uitgedrukt in kg, die tijdens de bemonstering van de betreffende parameter verwerkt werd.

De hoger berekende emissiefactoren voor dioxines en PAK's worden per type verbranding uitgemiddeld en vergeleken met de emissiefactoren die in de literatuur werden teruggevonden en verwerkt werden in rapport 2001/IMS/R/059 "Emissies van dioxines en PAK's voor gebouwenverwarming met vaste brandstoffen". Dit leidt tot volgend resultaat

Tabel 294: Vergelijking van de berekende emissiefactoren voor dioxines met vroegere literatuurgegevens

Installatie + brandstof	Dioxines in ng TEQ/kg Voorliggende studie			Dioxines in ng TEQ/kg Literatuur (2001/IMS/R/059)		
	Gem	Spreiding		Gem	Spreiding	
		Van	Tot		Van	Tot
Houtkachel + afval	350	3,85	1411	1640	50,0	3230
Houtkachel + onbehandeld hout	24,4	1,97	88,7	1,2	0,1	4,7
Houtkachel + behandeld hout	1702	1702	1702	87,0	10,0	173,3
Kachel + steenkool	77,1	1,15	282	1,2	0,1	4,2
Open ton + tuinafval + afval	706	5,85	1748	2150	3,0	28000
Open ton + tuinafval	3,72	0,79	9,13		5,0	140
Open vuur + tuinafval + afval	32,0	32,0	32,0	1330	26,5	6554
Open vuur + tuinafval	0,98	0,64	1,44		4,6	67,4

Tabel 295: Vergelijking van de berekende emissiefactoren voor PAK's (10 van VROM) met de vroegere literatuurgegevens

Installatie + brandstof	PAK's in mg/kg Voorliggende studie			PAK's in mg/kg Literatuur (2001/IMS/R/059)		
	Gem	Spreiding		Gem	Spreiding	
		Van	Tot		Van	Tot
Houtkachel + afval	247,7	32,3	660,5	2230	2230	2230
Houtkachel + onbehandeld hout	106,9	21,5	331,4	236,8	2,0	1271,3
Houtkachel + behandeld hout	45,7	45,7	45,7	466,0	27,2	878,5
Kachel + steenkool	77,5	28,3	180,3	0,7	0,3	1,3
Open ton + tuinafval + afval	651	51,1	1503			
Open ton + tuinafval	253	190	319			
Open vuur + tuinafval + afval	36,2	19,6	52,8			
Open vuur + tuinafval	48,6	22,9	104			

Toepassing van de emissiefactoren op de brandstofverbruiken en geschatte hoeveelheden verbrand afval leveren voor dioxines en PAK's de emissies die samengevat worden in tabel 296 voor dioxines en 297 voor PAK's. Deze waarden worden in de betreffende tabellen vergeleken met de reeds vroeger berekende (ref rapport 2001/IMS/R/059).

Vermits echter het aantal experimenten in deze studie vanuit statistisch oogpunt eerder beperkt is, en de spreiding op de emissiefactoren in een aantal gevallen meerdere ordes van grootte bedraagt (houtkachel + afval, open ton + afval...) lijkt het aangewezen de "nieuwe" emissiefactoren aan te wenden als input voor een herevaluatie in combinatie met de reeds beschikbare waarden uit de literatuur, en niet als enig uitgangspunt voor een nieuwe inventaris.

Tabel 296: Vergelijking van de nieuw berekende emissies van dioxines in Vlaanderen met de vroegere gegevens

Installatie + brandstof	Emissies dioxines in mg TEQ/jaar Voorliggende studie			Hoeveelheid brandstof (ton/jaar)	Emissies dioxines in mg TEQ/jaar Literatuur (2001/IMS/R/059)		
	Gem	Spreiding			Gem	Spreiding	
		Van	Tot			Van	Tot
Houtkachel + afval	3 110	34,2	12 538	8 860	14 573	444	28 702
Houtkachel + onbehandeld hout	17 124	1 383	62 251	701 813	842	70	3 299
Houtkachel + behandeld hout	150 656	150 656	150 656	88 517	7 701	885	15 340
Kachel + steenkool	11 500	172	42 061	149 152	178	15	626
Open ton + tuinafval + afval	9 141	75,7	22 631	12 947	27 835	39	362 502
Open ton + tuinafval							
Open vuur + tuinafval + afval	414	414	414	12 947	17 219	343	84 853
Open vuur + tuinafval							

Tabel 297: Vergelijking van de nieuw berekende emissies van PAK's (10 van VROM) in Vlaanderen met de vroegere gegevens

Installatie + brandstof	Emissies PAK's in g/jaar Voorliggende studie			Hoeveelheid brandstof (ton/jaar)	Emissies PAK's in g/jaar Literatuur (2001/IMS/R/059)		
	Gem	Spreiding			Gem	Spreiding	
		Van	Tot			Van	Tot
Houtkachel + afval	2 195	286	5 852	8 860			
Houtkachel + onbehandeld hout	75 024	15 089	232 581	701 813	166 189	1 425	892
Houtkachel + behandeld hout	4 045	4 045	4 045	88 517	41 249	2 408	215
							77 762
Kachel + steenkool	11 556	4 221	26 892	149 152	104	45	194
Open ton + tuinafval + afval	8 429	660	19 459	12 947			
Open ton + tuinafval							
Open vuur + tuinafval + afval	469	254	684	12 947			
Open vuur + tuinafval							

7.6 Toetsing van de emissieconcentraties aan de bestaande normen en reglementering

Inzake emissiereglementering op kachels, tonnetjes en open vuren is momenteel in België weinig beschikbaar.

Voor kachels op vaste brandstof worden in de Belgische norm NBN 301-1 uitsluitend grenzen opgelegd aan de rookgas temperatuur en het roetgetal. Belgische kachelverdelers maken dan ook veelal gebruik van de beschikbare DIN en EPA reglementering die emissiegrenswaarden voorschrijven voor respectievelijk CO en fijn stof (PM₁₀). In 2002 werden de Belgisch Europese normen NBN EN 13229 “Voorzetkachels inclusief open haarden voor vaste brandstoffen –Eisen en beproevingsmethoden” en NBN EN 13240 “Met vaste brandstof gestookte ruimteverwarmingen – Eisen en beproevingsmethodes” geadopteerd. Deze normen zijn evenwel productnormen hetgeen concreet betekent dat wanneer een toestel hier niet aan voldoet het niet noodzakelijk uit de handel moet genomen worden.

De emissiegrenswaarden die in de verschillende referenties terzake teruggevonden worden, worden samengevat in tabel 298.

Tabel 298: Overzicht van de emissiegrenswaarden voor kachels en open haarden die in de verschillende gangbare normen gehanteerd worden

Norm	Rookgas-temperatuur °C	Roetgetal	Stof	CO	CO ₂
NBN 301-1	< 500	< 1,5 g/kg	-	-	-
NBN EN 13229 Klasse 1	-	-	-	≤0,3% (13% O ₂)	-
Klasse 2	-	-	-	>0,3%<CO≤1,0% (13% O ₂)	-
NBN EN 13240 Klasse 1	-	-	-	≤0,3% (13% O ₂)	-
Klasse 2	-	-	-	>0,3%<CO≤1,0% (13% O ₂)	-
DIN 18890/2	< 400	-	-	≤0,6% (13% O ₂)	-
DIN 18890/10	-	RT< 200 (=roetteer)	-	-	-
DIN 18891/A1	<400	-	-	≤0,3% (13% O ₂)kolen ≤0,4% (13% O ₂)hout	-
DIN 18892	< 400	-	-	≤0,6% (13% O ₂)hout	-
DIN 18895	-	-	-	≤0,4% (13% O ₂)kolen ≤0,5% (13% O ₂) hout	-

Tabel 298: Overzicht van de emissiegrenswaarden voor kachels en open haarden die in de verschillende gangbare normen gehanteerd worden (vervolg)

Norm	Rookgas-temperatuur °C	Roetgetal	Stof	CO	CO ₂
EPA Fase I Katal houtk Nt katal houtk Fase II Katal houtk Nt katal houtk	- - - - -	- - - - -	PM ₁₀ ≤5,5 g/h ≤8,5 g/h ≤4,1 g/h ≤7,5 g/h	- - - - -	- - - - -
DS 887-2 Klasse 1 Klasse 2	< 350	Zwarting ≤4 Gewichtsindex 2,4 x 10 ⁻¹⁰ kg/J 1,2 x 10 ⁻¹⁰ kg/J			

Bovenstaande emissiegrenswaarden voor stof en CO zijn van toepassing onder zeer specifieke omstandigheden. Voor houtverbranding worden onder meer eisen gesteld aan de afmetingen van de individuele houtblokken en aan het watergehalte van het hout. Ook het werkingsregime van het toestel wordt vastgelegd. Volgens NBN EN 13229 en 13240 moeten de testproeven uitgevoerd worden bij nominaal vermogen. Performantietesten bij nominaal vermogen bestaan volgens deze normen uit twee delen, een ontstekings- en pre-testperiode en een testperiode. Concreet betekent dit dat de metingen opgestart worden wanneer de kachel opgewarmd is en een stabiele vuurhaard bereikt is. EPA werkt op zijn beurt met vier verschillende maar vast gedefinieerde verbrandingssnelheden. De kachel moet minstens gedurende 10 uur branden met gemiddelde snelheid en de metingen worden opgestart nadat 70% van een houtlading is opgebrand.

Ter vervollediging wordt in tabel 299 de toepassingsgebieden voor NBN EN 13229, respectievelijk NBN EN 13240 aangegeven terwijl tabel 300 het onderscheid tussen EPA Fase I en Fase II verduidelijkt.

Tabel 299: Toepassingsdomeinen voor de Belgisch Europese Normen NBN EN 13229 en NBN EN 13240

	Vrijstaande of in te bouwen vuurhaarden zonder functionele veranderingen	Vrijstaande of in te bouwen vuurhaarden met functionele veranderingen	In nissen of in bekleding in te bouwen toestellen
Vuurhaarden met gesloten deuren	NBN EN 13240	NBN EN 13229	NBN EN 13229
Vuurhaarden met open of gesloten deuren	NBN EN 13240	NBN EN 13229	NBN EN 13229
Vuurhaarden zonder deuren	NBN EN 13229	NBN EN 13229	NBN EN 13229

Tabel 300: Overzicht van de Fase I en Fase II emissiereglementering voor fijn stof (PM₁₀) voor houtkachels volgens EPA

	Katalytische houtkachel	Niet-katalytische houtkachel
Fase I		
Emissiegrenswaarde in g/h	5,5	8,5
Effectieve datum voor fabricatie	01-07-1988	01-07-1988
Effectieve datum voor verkoop	01-07-1990	01-07-1990
Fase II		
Emissiegrenswaarde in g/h	4,1	7,5
Effectieve datum voor fabricatie	01-07-1990	01-07-1990
Effectieve datum voor verkoop	01-07-1991	01-07-1992

Om toetsing van de overige verontreinigende stoffen, die vrijkomen bij particuliere verbranding van vaste brandstof in tonnetjes, open vuren en kachels, mogelijk te maken wordt beroep gedaan op de algemene emissiegrenswaarden in Vlarem II als indicatieve waarden.

Voor benzo(a)pyreen en dibenzo(a,h)anthraceen geldt volgens bijlage 4.4.2 bij een massastroom van 0,5 g/u en meer een concentratiebeperking van 0,1 mg/Nm³.

Voor koolwaterstoffen en dioxines worden geen algemene emissiegrenswaarden opgelegd. Wel werd onlangs voor de verbranding van biomassa-afval een voorstel tot wijziging van Vlarem II opgesteld met onder meer de volgende bepalingen:

Voor biomassa-afval, met uitzondering van niet verontreinigd behandeld houtafval, moet, volgens art. 5.2.3bis.4.8, elke verbrandingsinstallatie tot en met 5MW, ingedeeld onder rubriek 2.3.4.1.a)1°, wanneer zij in bedrijf is, voldoen aan de volgende emissiegrenswaarden:

- 100 mg/Nm³ voor stof
- 250 mg/Nm³ voor CO
- 400 mg/Nm³ voor NO_x
- 300 mg/Nm³ voor SO₂

Voor dioxines en furanen worden tot een vermogen van 5 MW geen emissiebeperkingen opgelegd.

Verbranding van niet verontreinigd behandeld houtafval in een verbrandingsinstallatie met een nominaal vermogen ≤5 MW krijgt volgens artikel 5.2.3bis.4.9 volgende begrenzings:

- 100 mg/Nm³ voor stof
- 250 mg/Nm³ voor CO
- 400 mg/Nm³ voor NO_x
- 0,4 ng TEQ/Nm³ voor dioxines

Bij deze bepalingen dient wel opgemerkt te worden dat de VLAREM II bepalingen van toepassing zijn op ingedeelde inrichtingen hetgeen voor stookinstallaties het geval is vanaf een nominaal vermogen van 300 kW, wat voor houtverbranding overeenkomt met ongeveer 50 kg/h.

Uit vergelijking van de meetresultaten met de bestaande normering of indicatieve emissiebeperkingen kunnen volgende punten worden afgeleid.

- 1: Voor de verbranding van vaste brandstof al dan niet aangevuld met afvalstoffen in kachels
 - Volgens de bepalingen in de NBN EN 13229 en NBN EN 240 wordt voor CO in 2 van de 20 experimenten voldaan aan de voorwaarden die geldig zijn voor klasse 1 ($CO \leq 0,3\%$). Zestien maal werden de vereisten voor klasse 2 gehaald ($0,3\% < CO < 1,0\%$), tweemaal werd een gemiddelde CO-concentratie van meer dan 1% genoteerd. Bij deze vaststellingen moet genoteerd worden dat de emissiegrenswaarden die in de norm gehanteerd worden gelden bij werking van de verbrandingstoestellen bij nominaal vermogen, na een ontstekings- en pretest-periode terwijl de voorliggende meetwaarden het resultaat zijn van een volledige stookproef met inbegrip van opstart- en uitbrandperiode.
 - Uit een vergelijking van de stofemissies door de houtkachels met de EPA beperkingen voor niet katalytische toestellen kan afgeleid worden dat in 11 van de 18 experimenten voldaan werd aan de Fase II voorwaarde van $\leq 7,5$ g/h. De resultaten van twee experimenten voldeden nog aan een uitstoot $\leq 8,5$ g/h die opgelegd werd aan Fase I toestellen. De overige vijf proeven resulteerden in een uuremissie van 9,2 tot 32,1 g stof/h. De meetwaarden in voorliggend rapport refereren evenwel naar het totaal stofgehalte terwijl de EPA-normering zich beperkt tot de PM_{10} fractie.
 - De uitstoot van benzo(a)pyreen en dibenzo(a,h)anthraceen van 0,5 g/h wordt nergens overschreden zodat de EGW van $0,1$ mg/Nm³ principieel niet van toepassing is. Ook de verbrandingscapaciteit van 50 kg/h wordt niet overschreden waardoor deze toestellen zelfs niet vergunningsplichtig zijn. Wanneer de vergelijking van de individuele meetwaarden met de EGW toch gemaakt wordt worden er voor dibenzo(a,h)anthraceen geen overschrijdingen vastgesteld ($0,002$ tot $0,054$ mg/Nm³). Benzo(a)pyreen wordt in 10 van de 27 experimenten wel in grotere concentraties teruggevonden gaande van $0,148$ tot $1,567$ mg/Nm³.
 - Wanneer de dioxine-emissieconcentraties van de verschillende experimenten getoetst worden aan de EGW van $0,4$ ng TEQ/Nm³ blijkt dat 10 van 37 waarden gelegen zijn tussen $0,1$ ng TEQ/Nm³ en $0,4$ ng TEQ/Nm³. De overige 27 waarden zijn allemaal hoger en liggen in een range van $0,58$ ng TEQ/Nm³ tot 172 ng TEQ/Nm³. De waarden boven de 10 ng TEQ/Nm zijn bijna allemaal gekoppeld aan coverbranding van afvalstoffen.
2. Voor de verbranding van hout met/zonder toevoegen van afvalstoffen in tonnetjes en open vuren. Voor deze experimenten wordt de vergelijking gemaakt met de waarden voorgesteld in het voorstel tot wijziging van Vlarem II bij verbranding van biomassa-afval
 - Aan de CO norm van 100 mg/Nm³ voor de kleinste ingedeelde inrichtingen volgens Vlarem II wordt in geen enkele verbrandingsproef beantwoord. De overschrijdingsfactor situeert zich in een gebied van 32 tot 120.

- De stofnorm van 100 mg/Nm³ wordt overschreden met een factor 3 tot 48.
- NO_x blijft in 40% van de gevallen beneden de grenswaarde van 400 mg/Nm³. De maximale gemiddelde waarde over een volledig experiment bedroeg 3 521 mg/Nm³.
- Ook SO₂ beantwoordde slechts in 40% van de gevallen aan de emissiegrenswaarde van 300 mg/Nm³.
- Voor dioxines werd in geen van de gevallen voldaan aan 0,1 ng TEQ/Nm³. In in 4 experimenten waren de emissies kleiner dan 0,4 ng TEQ/Nm³. In de overige proefnemingen werden concentraties van 0,4 ng TEQ/Nm³ tot 167 ng TEQ/Nm³ gemeten. Ook hier zijn de hoge emissieconcentratie gebonden aan de co-verbranding van afvalstoffen.
- Voor benzo(a)pyreen en dibenzo(a,h)anthraceen werd net zoals bij de kachels nergens de uitstoot van 0,5 g/h overschreden. Ook hier geldt de hoger vermelde opmerking dat de verbrandingscapaciteit van 50 kg/h niet wordt overschreden en deze toestellen dus niet vergunningsplichtig zijn. De emissiegrenswaarde werd voor beide parameters echter herhaaldelijk overschreden en dit zowel bij de verbranding in tonnetjes als in open vuren. In tonnetjes komt benzo(a)pyreen 8 van de 12 maal in hogere concentraties voor gaande van 0,2 tot 2,06 mg/Nm³. Voor dibenzo(a,h)anthraceen gebeurt dit 4 maal in een range van 0,96 tot 7,5 mg/Nm³. In open vuren wordt benzo(a)pyreen in 2 van de 8 gevallen teruggevonden met een concentratie van 0,22 en 0,40 mg/Nm³. Dibenzo(a,h)anthraceen blijft hier over de hele lijn kleiner dan 0,1 mg/Nm³.

Bovenstaande toetsing kan op haar beurt gebruikt worden als input voor een sensibiliseringscampagne naar de bevolking toe om aan te geven wat de impact van verbrandingsprocessen bij particulieren is, vergeleken met deze in industriële installaties.

Om na te gaan of CO kan toegepast worden als indicator voor de kwaliteit van het verbrandingsproces werden de concentraties van stof, KWS, PAK's en dioxines en furanen van alle verbrandingsexperimenten uitgezet in functie van de CO-concentratie. Het resultaat wordt weergegeven in figuur 136. Deze figuur toont aan dat voor stof en KWS met R-waarden van respectievelijk 0,85 en 0,88 een correlatie bestaat met CO. De correlatiecoëfficiënt voor PAK's bedraagt 0,69, deze voor PCDD/F slechts 0,12. Voor PAK's kan als dusdanig nog van een zwakke positieve correlatie met CO gesproken worden. Tussen dioxines en CO is er op basis van deze dataset geen verband.

Samengevat kan dus gesteld worden dat de CO-emissie voor verbrandingsprocessen in kachels, tonnetjes en open vuren een goede indicator is voor stof, KWS en (in beperkte mate) voor PAK's maar niet voor dioxines.

Figuur 136: Correlatie tussen de concentraties van stof, KWS, PAK's en dioxines en deze van CO

