



Aanwezigheid van PCDD/F's en dl-PCB's in assen en roeten uit houtkachels

1 november 2024

Kenmerk R001-1294993MAJ-V03-Ios-NL

Verantwoording

Titel	Aanwezigheid van PCDD/F's en dl-PCB's in assen en roeten uit houtkachels
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Projectleider	Jurgen Ooms
Auteur(s)	Huig Bergsma, Matthijs de Jong
Tweede lezer	Jurgen Ooms
Uitvoering meet- en inspectiewerk	Diversen
Kenmerk	R001-1294993MAJ-V03-Ios-NL
Aantal pagina's	25 (exclusief bijlagen)
Datum	1 november 2024
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

TAUW bv
Handelskade 37
Postbus 133
7400 AC Deventer
T +31 57 06 99 91 1
E info.deventer@tauw.com

Inhoud

English Summary.....	4
1 Inleiding	5
2 Achtergrondinformatie en werkwijze.....	6
2.1 Bepaling variabelen die van invloed zijn op het PCDD/F-gehalte	6
2.2 Onderzoeksstrategie	8
2.3 Inplannen en uitvoering monsterneming	9
2.4 Monstersselectie en laboratoriumanalyses	10
2.5 Analyseren en interpretatie van de resultaten.....	10
3 Resultaten	11
3.1 Datadistributie as en roet	11
3.2 Correlatie tussen as en roet	13
3.3 Brandstof.....	13
3.4 Stookmethode	15
3.5 Sfeer of verwarming	17
3.6 Stookduur	18
3.7 Opslag.....	19
3.8 Stookinstallatie	19
3.9 Percentages data van de vragenlijst.....	21
3.10 Leeftijd as	22
4 Discussie	22
5 Conclusies	23
6 Dankwoord	23
Literatuurlijst	24
Bijlage 1 Vragenlijst bij roet- en asinzameling	
Bijlage 2 Berekende toxische equivalentwaarden voor PCDD/F's en dl-PCB's	

English Summary

According to regulation (EU) 2019/1021 of the European parliament and of the council of June 20th 2019 on persistent organic pollutants as given in Annex IV, legislation will come into force as from December 31st 2024, stating that ash and soot from domestic fireplace and woodstove burning contaminated with dioxines, furans and dioxine like polychlorinated biphenyls (PCDD/F's and dl-PCB's) above a toxic equivalency threshold of 5 µg/kg will be regarded as hazardous waste and have to be disposed of accordingly. Currently, there is very little data available indicating whether this legislation will pose a challenge when considering collection and disposal of this potential new hazardous waste stream. In order to obtain an impression of the range of concentrations of PCDD/F's and dioxine like PCB's found in Dutch ash and soot from domestic fireplaces and woodstoves, a sampling campaign including a short survey was set up. Soot and ash were sampled with the aid of professional chimney sweepers in March and April 2024 and samples were analyzed by AI-West laboratories. Results showed that practically all (99%) soot and ash derived from the wood burning domestic heating appliances in this study have concentrations of PCDD/F and dioxine like PCB far below the new threshold value. The impact of type of heating appliance, source of firewood, and burning method on the quality of soot and ash could not be statistically significant determined because of a limit to the number of samples. The accumulative effect of the parameters addressed in this study and published in literature, may cause an exponential increase of TEQ-PCDD/F/dl-PCB values but does rarely exceed the new threshold values.

1 Inleiding

Volgens verordening (EU) 2019/1021 van het Europees parlement en de raad van 20 juni 2019 betreffende persistente organische verontreinigende stoffen wordt as- en roetafval verontreinigd met dioxinen en furanen (PCDD/F's) boven de toxische equivalentie concentratiegrenswaarde zoals gegeven in bijlage IV van dit document, beschouwd als gevaarlijk afval. Deze grenswaarde is in 2023 bijgesteld van 15 microgram/kg naar 5 microgram/kg. Daarbij zijn ook de dioxine-achtige polychloorbifenylen (dl-PCB's) toegevoegd aan de groep PCDD/F's, waarmee de verplichtingen zijn gaan gelden voor de som van PCDD's, PCDF's en dl-PCB's. Europees is evenwel besloten om de verlaging van 15 naar 5 microgram/kg pas vanaf 31 december 2024 van toepassing te laten zijn op assen en roet afkomstig van huishoudens, omdat onduidelijk is welke gehalten aan PCDD/F's in deze stromen verwacht kunnen worden. Mocht na de invoering van de nieuwe grenswaarden een as- en roetraafval als gevaarlijk afval moeten worden geclassificeerd, dan moet het afvalbeheer van dit afval vanaf 1 januari 2025 voldoen aan de eisen voor gevaarlijk afval. In praktijk betekent dit, dat het afval separaat ingezameld moet worden, en onder de juiste omstandigheden moet worden verwerkt volgens de POP-verordening.

Het doel van dit onderzoek is om een representatief beeld te krijgen van de gehalten aan dioxinen en furanen (PCDD/F's) en dioxineachtige PCB's in huishoudelijk roet en assen, waarbij binnen de grenzen van de omvang en mogelijkheden van dit onderzoek gekeken wordt naar stookinstallaties, type brandstof en stookmethode voor zover deze representatief zijn voor de Nederlandse praktijk. Ook wordt beknopt onderzocht via welke kanalen deze assen en roet nu ontgaan worden, om duidelijkheid te krijgen over het risico van verspreiding van de PCDD/F's in het milieu.

Tot nu toe is er binnen Europa weinig bekend over de gehalten van PCDD/F's en dl-PCB's in as behalve een Deens onderzoek (Frey et al., 2023), een Ests onderzoek (Konist et al., 2022) en een beperkt aantal niet gepubliceerde metingen uit Finland (Timo Seppälä, Finnish Environmental institute). In het Estse onderzoek vallen alle waarden van as en roet uit de huisstook onder 5 µg/kg. Roet heeft daarbij doorgaans hogere waarden dan as. In dit onderzoek zijn slechts 4 as en 2 roetsamples geanalyseerd. In het Deense onderzoek zijn 5 as en 5 roetmonsters in duplo geanalyseerd. Binnen deze set is een grote spreiding waarneembaar maar geen van de waarden vallen boven de nieuwe normering. Uit Finland 9 analyses waarvan 8 ruim onder nieuwe norm en eentje ver erboven. Van deze laatste werd gemeld dat het waarschijnlijk om verbranding van bouwafval ging waarin mogelijk ook PVC zat.

2 Achtergrondinformatie en werkwijze

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op een aantal parameters die van invloed zijn op de vorming van PCDD/F's en dl-PCB's in roet en as zoals onder andere brandstof, stookinstallatie en stookmethode. Vervolgens wordt uiteengezet hoe de inzameling van as en roet voor de analyse uitgevoerd is, hoe de data verzameld zijn aan de hand van een korte vragenlijst en hoe vervolgens aan de hand van deze data de selectie van de as- en roetmonsters voor de analyse gemaakt is.

2.1 Bepaling variabelen die van invloed zijn op het PCDD/F-gehalte

Invloed van de brandstof

Aan de basis speelt houtsoort een kleine rol bij de vorming van PCDD/F's, naaldhout heeft doorgaans wat hogere gehalten in het rookgas dan loofhout, (Gullett et al., 2003, Tame et al., 2007 Syč et al., 2011). Gehaltes van 0,25 tot 2,4 ng/kg verstoekt hout worden gerapporteerd en de variatie tussen verschillende houtsoorten is vergelijkbaar met de variatie die gemeten wordt tussen gecontroleerde verbranding in open haard en kachel (Gullett et al., 2003). Over het algemeen blijft de vorming van PCDD/F's bij stook van onbewerkt hout ruim beneden de waarden die een risico vormen voor de volksgezondheid (Perez-Jimenez, 2015). Chloor speelt een limiterende rol bij de vorming van PCDD/F's, maar de lage concentraties die van nature in hout voorkomen (0,01-0,05 %) laten geen correlatie zien. Pas bij hogere concentraties, afkomstig van andere bronnen zoals PCP (pentachloorphenol), neemt de vorming van PCDD/F's sterk toe. In bijzondere gevallen, zoals de nabijheid van de zee, kunnen hogere natuurlijke chloorgehalten (0,04-0,28 %) voorkomen en bestaat het risico van PCDD/F-vorming (Lopes en Proença, 2020). Het vochtgehalte zorgt ook voor extra PCDD/F-vorming, alleen neemt in dit geval de TE-PCDD/F niet toe omdat relatief meer laag gechlorideerde verbindingen ontstaan (Grandesso et al., 2011). Of chloor een verbinding kan vormen met aromatische koolwaterstoffen is afhankelijk van een aantal katalysatoren. Koper is hiervan de belangrijkste en zorgt er voor dat HCl, dat ontstaat bij de verbranding, gereduceerd wordt tot Cl₂, hetgeen weer reageert tot PCDD/F. Zwavel aan de andere kant, kan dit proces afremmen door de Cl₂ weer te oxideren en het koper te immobiliseren (Thomas en McCreight, 2008). Ook stikstofverbindingen in gelijmde houtpanelen, zoals MDF (Skodras et al., 2002) of ammoniumsulfaat dat als brandvertrager wordt toegepast (Pandelova et al., 2007) kunnen, ondanks de aanwezigheid van koper, de vorming van PCDD/F sterk reduceren. Versterkende effecten hebben chroom (Salthammer et al., 1995) en andere metalen. Een meer gedetailleerd overzicht van welke stoffen de vorming van PCDD/F stimuleren of juist afremmen wordt ook gegeven door Qian et al. (2005). Waar onbehandeld hout en gelijmd hout een laag risico op de vorming van PCDD/F's hebben geldt dit niet voor de meeste soorten verduurzaamd hout (Salthammer et al., 1995, Tame et al., 2007). Opvallend hierbij is, dat het verduurzamingsmiddel zelf al de vorming van PCDD/F's kan verhogen, maar dat het effect van de combinatie van type stookinstallatie met deze middelen vele malen (tot wel 40 x) sterker is (Salthammer et al., 1995). Ook nieuwere hout verduurzamingsmiddelen zoals tebuconazole en pyrethroides versterken de effecten van Cu op de vorming van PCDD/F's en het wordt dan ook sterk afgeraden om geïmpregneerd hout in de thuisstook te gebruiken (Tame et al., 2007).

Uit de literatuur blijkt dat er veel, vooral chemische, factoren van invloed zijn op de vorming van PCDD/F's. Het is niet mogelijk om in detail via een vragenlijst informatie te krijgen over de chemie van het gebruikte hout. Het enige dat mogelijk is, is het indelen van hout in de categorieën hakhout (van bomen) en sloophout. In deze laatste categorie zou geïmpregneerd hout aanwezig kunnen zijn dat resulteert in hogere PCDD/F-gehalten.

Binnen de categorie hakhout kan nog onderscheid gemaakt worden tussen de verschillende bronnen voor hakhout, levering door een nationaal opererende aanbieder van stookhout, aankoop bij een lokale aanbieder en zelf kap door de respondent zelf. Binnen deze categorieën zou het vochtgehalte kunnen verschillen en zodoende de vorming van PCDD/F's.

Stookinstallatie

De verbrandingsefficiëntie en de samenstelling van de rookgassen zijn afhankelijk van de stookinstallatie. Met onbehandeld hout zijn de verschillen tussen stookinstallaties niet zo groot (open haard en houtkachel, Gullett et al., 2003), maar met meer exotische brandstoffen zoals bruinkool en bitumineuze kool worden de verschillen al groter (Šyc et al., 2011). Over het algemeen zijn de rookgassen van moderne installaties schoner dan die van oude installaties, waarbij wel binnen dezelfde soorten installaties moet worden vergeleken. Een moderner soort kachel van een vervuilend systeem kan nog steeds meer vervuilend zijn dan een schoon oud systeem (Hopan et al., 2009). Afhankelijk van de gebruikte brandstof en de gemeten vervuiling kan een moderne installatie ook vervuilender zijn dan een oude installatie (Šyc et al., 2011). Het soort verbrandingsinstallatie speelt een nog grotere rol bij de vorming van PCDD/F's uit geïmpregneerd hout (Salthammer et al., 1995) waarbij de verschillen tussen de soorten verbrandingsinstallatie exponentieel kunnen toenemen.

De geraadpleegde literatuur laat al zien dat de relatie tussen de kwaliteit van de as en roet en de stookinstallatie complex is. Om binnen een beperkte dataset toch inzicht te krijgen in de vorming van PCDD/F's en dl-PCB's is gekozen voor de volgende eenvoudige indeling van stookinstallaties.

- Open haard
- Accumulatie kachel
- Kachel jonger dan 15 jaar
- Kachel ouder dan 15 jaar
- Eco Design kachels

Open haarden zijn minder efficiënte stookinstallaties die doorgaans minder lang branden. Accumulatie kachels zijn kachels die korter maar intens gestookt worden en langzaam hun warmte afgeven aan de omgeving. Het onderscheid van 15 jaar is ruwweg gebaseerd op leeftijdsklassering in het TNO-rapport van Visschedijk en Droge uit 2020. Eco Design kachels zijn kachels met een hoog rendement en lage productie van fijnstof, overlappend met de categorie < 15 jaar. Ook enkele assen van pelletkachels zijn ingezameld, maar dit aantal was te laag om meegenomen te worden in het onderzoek. Pelletkachels worden daarom verder buiten beschouwing gelaten.

Stookmethode

PCDD/F's worden gevormd bij hoge zuurstofconcentraties op het oppervlak van onvolledig verbrande vlieg-asdeeltjes in het temperatuurbereik van 180 tot 500°C. Deze vorming kan sterk gereduceerd worden door een meer volledige verbranding bij een lager overschot aan zuurstof (Oberberger et al., 2006). Dit wordt bereikt door een maximale stooktemperatuur, maximaal verblijf van afgas in verbrandingsruimte, goede menging van de verbrandingsgassen en een 3-6 % overmaat aan zuurstof (McKay, 2002). Doordat de vorming van PCDD/F's sterk beïnvloed wordt door de omstandigheden waaronder af- en verbrandingsgassen afkoelen, wordt er in de praktijk een grote variatie aan gehalten aangetroffen (Perez-Jimenez, 2015).

Op de thuisstookvragenlijst zijn er 3 parameters in die inzicht geven in de manier van stoken en de invloed die dat heeft op de vorming van PCDD/F's en dl-PCB's. Allereerst of men stookt met de Zwitserse methode, waarbij men het vuur aan de top van de houtstapel aansteekt en naar beneden laat ontbranden, zodat geen verbranding van koud en mogelijk vochtig hout bij te lage temperaturen plaatsvindt. Vervolgens is ook gevraagd naar de gemiddelde stookduur vanuit de redenatie dat de stooktemperatuur bij langere sessies hogere piekwaarden bereikt en gemiddeld hoger ligt dan bij kortere sessies. Deels overlappend is de vraag of men voor de gezelligheid stookt of om het huis te verwarmen. Ook hier wordt verwacht dat voor de sfeer minder intensief en korter gestookt wordt bij gemiddeld lagere temperaturen.

2.2 Onderzoeksstrategie

Door het grote aantal parameters dat de kwaliteit van de as en roet kan beïnvloeden en het in verhouding lage aantal analyses dat kan worden uitgevoerd, is ervoor gekozen om ruim meer monsters in te zamelen dan het aantal analyses dat uiteindelijk uitgevoerd gaat worden. Het lag voor de hand om bij een professionele, goed georganiseerde en snelle inzameling de hulp van schoorsteenvegerbedrijven in te roepen. Het grootste deel van de monsters is ingezameld door 4 schoorsteenveegbedrijven. Bij de inzameling is de klanten gevraagd een vragenlijst in te vullen met vragen die betrekking hebben op de meeste en belangrijkste parameters die direct of indirect van invloed zijn op de vorming van PCDD/F's en dl-PCB's in roet en as. De vragenlijst is opgesteld met behulp van de stichting NHK (Nederlandse haarden en Kachelbranche) en de deelnemende schoorsteenvegers en staat in bijlage 1. De vragenlijst wordt door de eigenaar van een stookinstallatie zelf ingevuld en is eenvoudig opgesteld, zodat voor de invulling geen gedetailleerde kennis nodig is en het invullen niet veel langer duurt dan voor het schoonmaken van het rookkanaal nodig is. Op basis van de vragenlijst wordt een deel van de monsters na afronding van de inzamelingsactie zodanig geselecteerd dat een significante correlatie van de gevraagde 3 parameters brandstof, stookinstallatie en stookmethode duidelijker naar voren komt. De meerkeuze vragen op de lijst zijn onder te verdelen in 3 groepen met betrekking tot a) hout- en askwaliteit (bron, opslag en bewaartijd as), b) stookgedrag (sfeer- of verwarming, stookduur en stookmethode) en c) stookinstallatie. Daarnaast is een vraag toegevoegd die geen invloed heeft op de as- en roetkwaliteit, maar die inzicht geeft via welke routes de as verwerkt wordt. Met de voorselectie aan de hand van de vragenlijst wordt de kans op succesvol kunnen aantonen van correlaties tussen brandstof, stookgedrag en stookinstallatie verhoogd.

Door met een selectie van monsters te werken, en daarmee de variatie veroorzaakt door andere parameters te dempen, is de kans groter dat een correlatie tussen PCDD/F en de gevraagde 3 parameters kan worden gelegd. Maar omdat we op basis van 50 roet- en 50 asmonsters geen beeld hebben van de werkelijke verdeling van brandstof, stookinstallaties en stookgedrag in Nederland is het niet mogelijk om een representatief beeld te krijgen van de PCDD/F-gehalten in as en roet in heel Nederland.

Tijdens het verzamelen door de schoorsteenvegers bleek dat er vaak nog maar weinig as in de aslade zat, omdat veel mensen de aslade legen voordat de schoorsteenveger langskomt. Het percentage huishoudens waar alleen roet in te zamelen was lag dusdanig hoog dat de inzameling sterk vertraagd werd. Om dit probleem te ondervangen werd besloten dat vanaf een bepaald moment de schoorsteenvegers alleen nog maar roet zouden verzamelen.

Vanuit TAUW is een verzamelingsactie voor as begonnen onder het eigen personeel om toch voldoende monsters binnen te krijgen.

2.3 Inplannen en uitvoering monsterneming

Voor het verzamelen van de monsters, en dan met name de roetmonsters, is de hulp van schoorsteenvegers noodzakelijk. Aanvankelijk heeft TAUW op eigen kracht geprobeerd om schoorsteenvegers aan boord te krijgen maar dit bleek zeer moeilijk. Door de toenemende regeldruk was de motivatie om aan een onderzoek rond nieuwe regelgeving mee te doen laag, maar vooral de extra tijd en moeite die het zou kosten om de monsters te nemen bleek bezwaarlijk. In de omgeving van Deventer werden 2 bedrijven bereid gevonden om met de inzameling te helpen. Met hulp van de stichting NHK werden uiteindelijk nog 2 schoorsteenveegbedrijven in de Achterhoek en het Gooi bereid gevonden om as en roet in te zamelen. Hoewel al op 19 februari 2024 was begonnen met zoeken naar schoorsteenvegers die mee wilden werken aan dit project, kwam de eerste positieve reactie pas op 29 februari 2024. Op het moment van de startvergadering in week 9 was al een maand vertraging opgelopen ten opzichte van de oorspronkelijke planning. Op 1 maart 2024 is de eerste batch van 100 potjes weggebracht en op 26 maart 2024 zijn de laatste potjes weggebracht. Bij 2 bedrijven, die op afroep komen vegen, nam de frequentie van de inzameling in het voorjaar al sterk af, en om het project niet te veel vertraging op te laten lopen is besloten de totale inzamelings tijd in te korten tot 1 maand. Op 2 mei 2024 waren alle monsterpotten ingezameld.

Bij het ophalen van de monsterpotten werd kort geïnformeerd hoe de inzameling was verlopen. Voor de bedrijven waar het schoorsteenvegen een hoofdactiviteit is, was de inzameling een éénmalige actie die niet voor herhaling vatbaar is. De extra handelingen bleken veel vertraging op te leveren. Niet alleen kostte het veel tijd om de klant uitleg te geven over het doel van het project, maar ook het doorbreken van de routine door de extra handelingen die gedaan moesten worden. In verhouding tot de korte tijd die een veegbeurt doorgaans kost was dit te veel. De bedrijven die schoorsteenvegen als nevenactiviteit hadden, met soms maar een enkele klant per dag, hadden minder hinder ondervonden.

2.4 Monsteselectie en laboratoriumanalyses

In totaal zijn in de gestelde inzamelingstijd 340 potten as en roet ingezameld. Van 36 potten ontbraken de ingevulde formulieren en deze zijn buiten de selectie gehouden. Daarna bleven 173 asmonsters en 131 roetmonsters over waarvan 55 asmonsters en 53 roetmonsters een te laag gewicht hadden voor analyse. Uiteindelijk bleven 118 asmonsters en 78 roetmonsters over voor selectie voor het lab. Bij de selectie is gekeken naar een verdeling waarbij voor elke onderzoeksparameter een min of meer gelijk aantal potten geanalyseerd werd. Voor een aantal onderzoeksparameters, zoals 'accumulerend' en 'sloophout' was dit niet mogelijk. Hiervan zijn alle beschikbare potten geanalyseerd en het aantal potten dat in deze categorieën te kort kwam is zo veel mogelijk gelijkmatig verdeeld over de andere parameters. Op 23 mei 2024 zijn 100 potten aangeleverd bij Al-West, 1 pot is kwijtgeraakt en 2 potten bevatten alsnog te weinig materiaal om alle analyses te kunnen uitvoeren. Uiteindelijk zijn 49 roetmonsters en 48 asmonsters geanalyseerd. Er zijn 16 adressen waar zowel as- als roet zijn geanalyseerd.

De monsters zijn gedroogd volgens NEN-EN12880; AS3000, AS3200; NEN-EN15934, en vervolgens geanalyseerd op dl-PCB's (DIN38414-24) en dioxinen en dibenzofuranen (NEN-EN-1948). Bij de resultaten waren zowel de afzonderlijke resultaten van de dl-PCB's en PCDD/F's gegeven als ook de berekende gesommeerde toxicologische equivalenten.

2.5 Analyseren en interpretatie van de resultaten

De 17 PCDD/F's en 12 dl-PCB's worden afzonderlijk gemeten maar verschillen sterk in giftigheid, waardoor het vergelijken van toxiciteit met de absolute concentraties niet mogelijk is. Om het totaal aan gehalten in een monster in een vergelijkbare toxiciteit uit te drukken wordt met een toxische equivalentiefactor (TEF) de toxische equivalentiewaarde van de verschillende PCDD/F's en dl-PCB's berekend en bij elkaar opgeteld tot een toxische equivalentie (TEQ) van een PCDD/F en dl-PCB mengsel. De giftigste dioxineverbinding 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8-tetrachloor-dibenzo-p-dioxine) heeft een TFA van 1, bij de overige verbindingen is de TFA een fractie hiervan die overeenkomt met hun relatieve giftigheid.

Bij het analyseren en interpreteren van de waarden is alleen gekeken naar de gesommeerde toxische equivalentiewaarden van PCDD, PCDF en dl-PCB (TEQ-PCDD/F/dl-PCB-WHO 2005). Voor de interpretatie van de data is gebruik gemaakt van de 'upper bound' waarden, dat wil zeggen dat waar de meting onder de detectielimiet viel de detectielimiet zelf is gebruikt als worstcasescenario waarde.

3 Resultaten

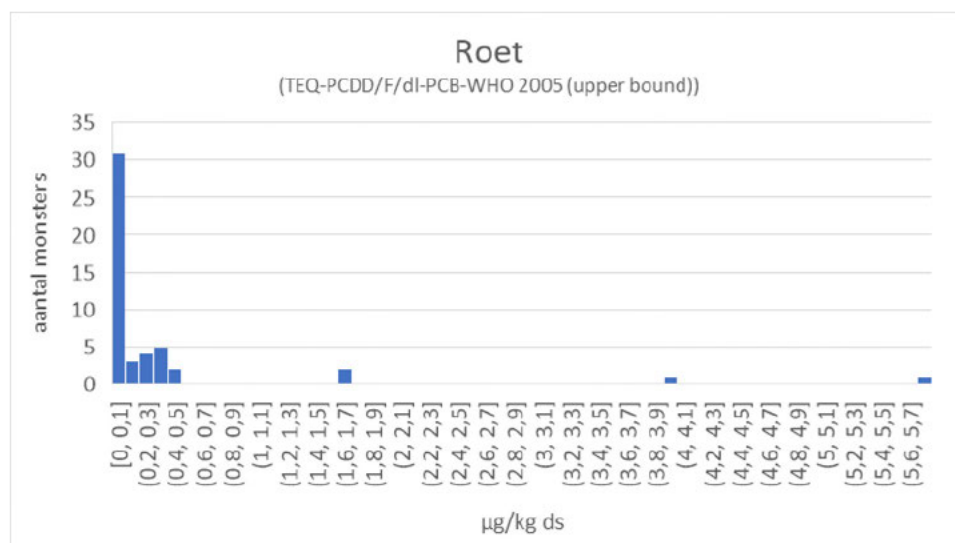
De analysesresultaten zijn geanalyseerd met als doel een beeld te krijgen van de volgende onderwerpen:

- Spreiding in de resultaten en verschillen tussen assen en roeten
- Correlatie tussen gehalten PCDD/F en dioxineachtige PCB's in assen en roeten
- Correlatie tussen gehalten PCDD/F en dioxineachtige PCB's en de brandstof
- Correlatie tussen gehalten PCDD/F en dioxineachtige PCB's en de stookwijze
- Correlatie tussen gehalten PCDD/F en dioxineachtige PCB's en het kachelttype

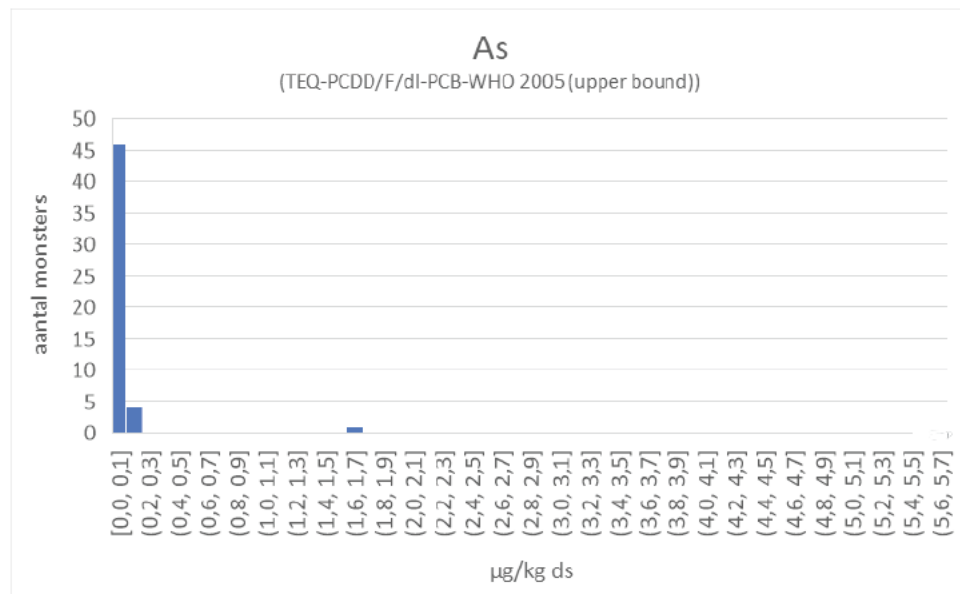
Deze onderwerpen staan in de volgende paragrafen beschreven. Aan het einde van het hoofdstuk gaan we kort in op de resultaten van de vragenlijsten over de manier waarop stokers van hout zich van het asafval ontdoen.

3.1 Datadistributie as en roet

- Zoals in de onderstaande histogrammen te zien is, vallen de meeste gesommeerde toxische equivalentiewaarden van PCDD, PCDF en dl-PCB voor zowel de roeten als de assen onder de 0,1 $\mu\text{g}/\text{kg ds}$. De dataset is te klein en de gemeten waarden te laag om een duidelijke type verdeling te kunnen zien, maar een rechts scheve verdeling ligt voor de hand. De roetmonsters hebben gemiddeld bijna 2 x zo hoge gehalten als de assen. Bij de roetmonsters zijn 4 uitbijters, waarvan er 1 boven de nieuwe norm uitkomt. Bij de asmonsters is 1 uitbijter aanwezig en deze komt niet boven de nieuwe norm uit. De rechts scheve verdeling wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de combinatie van parameters die vorming van PCDD/F's en dl-PCB's exponentieel kunnen stimuleren. Zware metalen en houtverduurzamingsmiddelen spelen hierbij een grote rol maar zijn in dit onderzoek niet specifiek onderzocht



Figuur 3.1 Distributie van de berekende TEQ-PCDD/F/PCB-WHO 2005 waarden in de gehele set roetmonsters



Figuur 3.2 Distributie van de berekende TEQ-PCDD/F/PCB-WHO 2005 waarden in de gehele set asmonsters

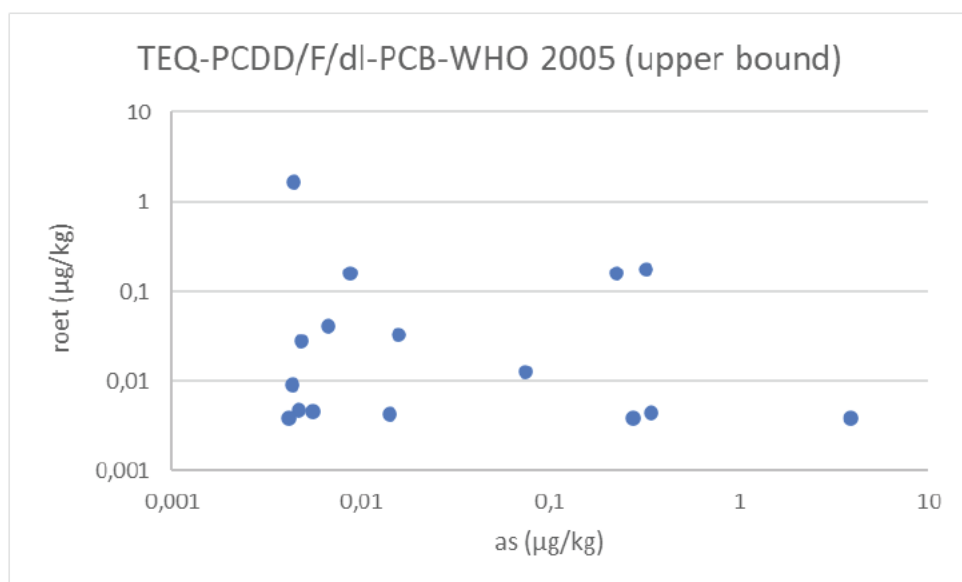
Bij de data interpretatie zijn de uitbijters buiten beschouwing gelaten omdat deze het gemiddelde en de standaarddeviatie buitensporig zouden beïnvloeden. Zoals in tabel 3.1 te zien is lijken de uitbijters niet door een relevante parameter bepaald te worden. Hoge waarden komen voor bij alle soorten stookinstallaties, bronnen hout, stookduren, en stookmethodes.

Tabel 3.1 Uitbijters binnen de as- en roetmonster dataset met parameter selectie

Sample code (R= Roet, A=As)	Stookinstallatie				Herkomst hout			Stookduur			Stookmethode		µg TE/kg Ds		
	Ouder dan 15 jaar	Jonger dan 15 jaar	Eco Design	Accumulerend	Open haard	Commercieel nationaal	Commercieel regionaal	Zelf kap	Sloophout	3 uur	5 uur	Meer		Zwitfers	Klassiek
A24R	x							x		x					5,8
C7R					x	x				x				x	3,9
B1R	x						x					x	x		1,6
C3R				x		x	x		x		x			x	1,6
A21A			x				x			x			x		1,6

3.2 Correlatie tussen as en roet

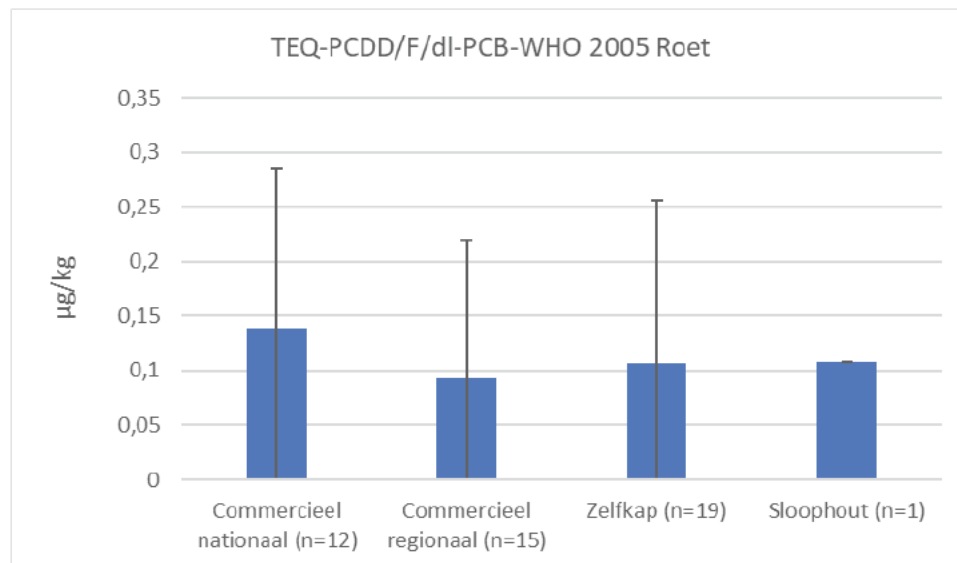
De waarden van TEQ-PCDD/F/dl-PCB-WHO 2005 in as en roet zijn tegen elkaar uitgezet in figuur 3.3. Omdat de uitbijters meestal meer dan 10 standaarddeviaties van het gemiddelde afliggen, zijn de assen logaritmisch weergegeven om toch een redelijk overzicht van een eventuele correlatie te krijgen. Het aantal huishoudens waar zowel voldoende as als roet is verzameld is klein. In deze dataset is geen correlatie te zien tussen de PCDD, PCDF en dl-PCB-gehalten in de assen en de roet. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het feit dat assen een opname van 1 of enkele stookbeurten zijn terwijl roet een opname van het gemiddelde stookgedrag van een heel jaar is. Daarnaast is het mogelijk dat, ondanks optimaal stookgedrag in de installatie, vervuiling in het rookkanaal vanuit het verleden zorgt voor PCDD, PCDF en dl-PCB-vorming. Dit laat duidelijk zien dat vorming en afzetting van deze stoffen in het rookkanaal (groten)deels onafhankelijk is van de vorming van deze stoffen in de verbrandingskamer zelf.



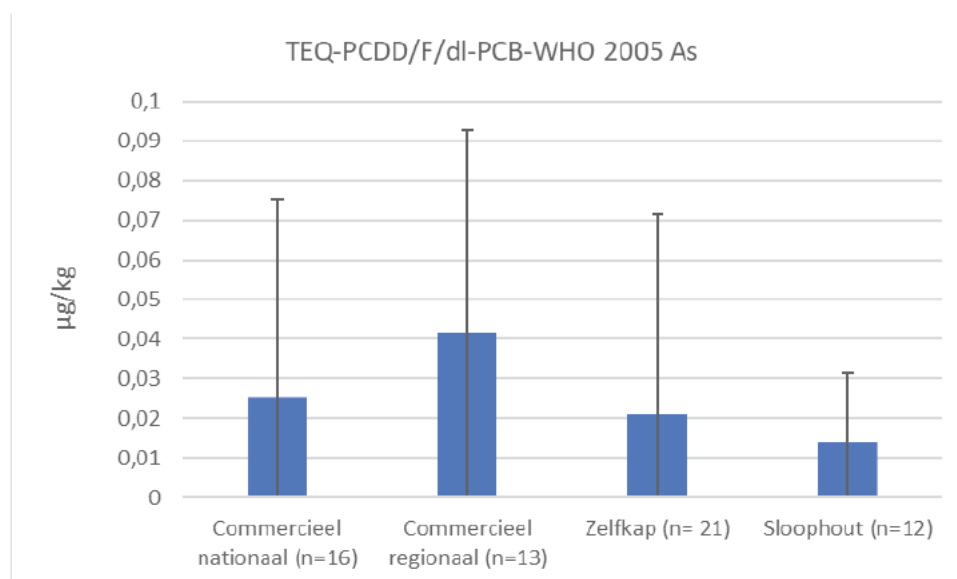
Figuur 3.3 TEQ-PCDD/F/PCB-WHO 2005 waarden as uitgezet tegen roet

3.3 Brandstof

Ook binnen de categorieën hout die voor dit onderzoek opgesteld zijn, is geen significant verschil in TEQ-PCDD/F/dl-PCB-waarden vast te stellen (figuur 3.4 en 3.5). Het meest opvallend is dat het gebruik van sloophout in deze dataset niet te koppelen is aan verhoogde gehalten aan PCDD/F's en dl-PCB's. Het is goed mogelijk dat het invullen van de vragenlijst enigszins beïnvloed is door de aanwezigheid van de schoorsteenveger en dat mensen in die situatie minder snel aangeven dat ze sloophout gebruiken. Het kan ook zijn dat mensen die sloophout stoken vaker hun eigen rookkanaal vegen. Het is ook de vraag in hoeverre het onderscheid commercieel nationaal (bijvoorbeeld 1,2,3 Hout) en commercieel regionaal (bijvoorbeeld handelaar om de hoek) duidelijk was overgekomen bij de respondenten. Veel huishoudens stoken hout uit verschillende bronnen. Waar meerdere bronnen zijn aangegeven zijn deze huishoudens in beide categorieën meegeteld. Daarom is de totaalstelling hoger dan het aantal geanalyseerde monsters.



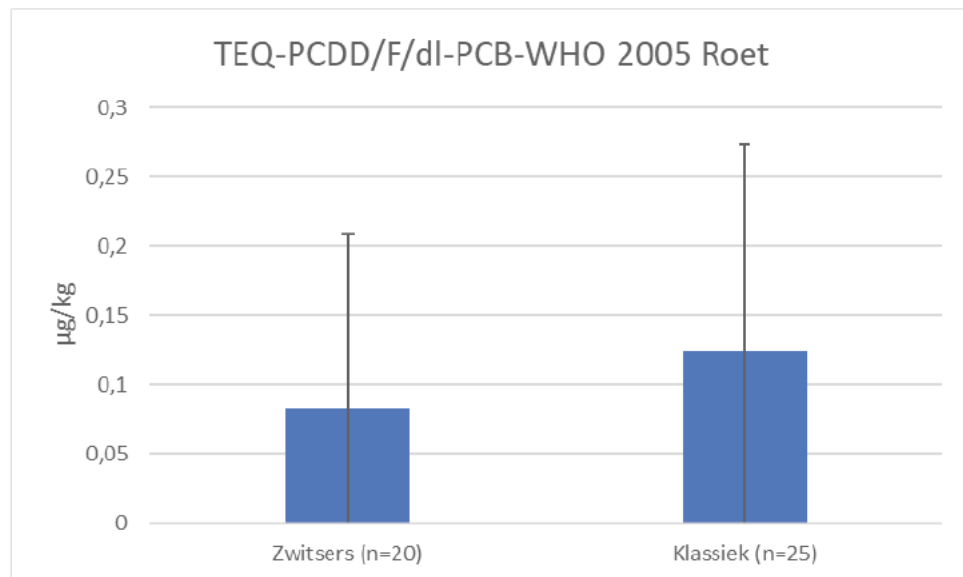
Figuur 3.4 Gemiddelden en standaarddeviatie voor TEQ-PCDD/F/dl-PCB-WHO 2005 in roet per herkomst van het stookhout. Tussen haakjes het aantal monsters waarop gemiddelde en standaarddeviatie zijn gebaseerd. De foutenbalk geeft een standaarddeviatie van 1 sigma aan



Figuur 3.5 Gemiddelden en standaarddeviatie voor TEQ-PCDD/F/dl-PCB-WHO 2005 in as per herkomst van het stookhout. Tussen haakjes het aantal monsters waarop gemiddelde en standaarddeviatie zijn gebaseerd. De foutenbalk geeft een standaarddeviatie van 1 sigma aan

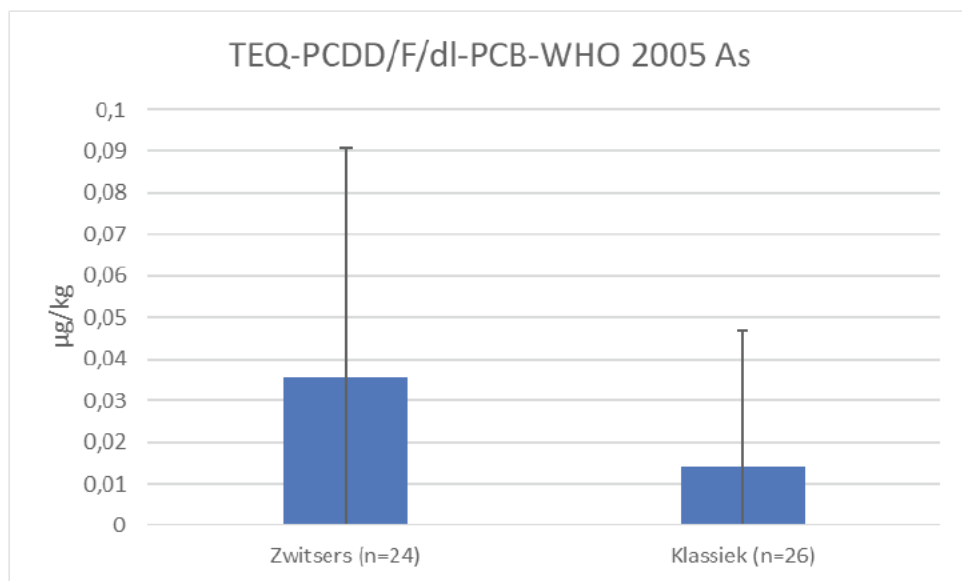
3.4 Stookmethode

De gemiddelde waarden en standaarddeviatie voor de TEQ-PCDD/F/dl-PCB in roet en as onderverdeeld per stookmethode is gegeven in figuur 3.6 en 3.7. Bij de stookmethode wordt gekeken naar de zogenaamde 'Zwitserse' methode en een verzamelnaam voor alle andere methoden 'Klassiek'. Bij de Zwitserse methode¹ wordt hout gestapeld van groot onderin tot klein op de top waar het vuur wordt aangestoken. Op deze manier gaan er geen rookgassen langs koud en vochtig hout en wordt de vorming van fijnstof sterk teruggebracht. Voor de vorming van PCDD/F's en dl-PCB's lijkt de keuze van de methode statistisch weinig verschil te maken. De Zwitserse methode lijkt beter te scoren voor de gehalten in roet maar vreemd genoeg slechter voor de gehalten in as. Als naar de medianen gekeken wordt (tabel 3.2) verdwijnt het verschil in de as maar wordt het verschil in roet vergroot.



Figuur 3.6 Gemiddelden en standaarddeviatie voor TEQ-PCDD/F/dl-PCB-WHO 2005 in roet gerelateerd aan stookmethode. Tussen haakjes het aantal monsters waarop gemiddelde en standaarddeviatie zijn gebaseerd. De foutenbalk geeft een standaarddeviatie van 1 sigma aan

¹ [infographic-zwitserse-aangepast.pdf \(stichting-nhk.nl\)](#)



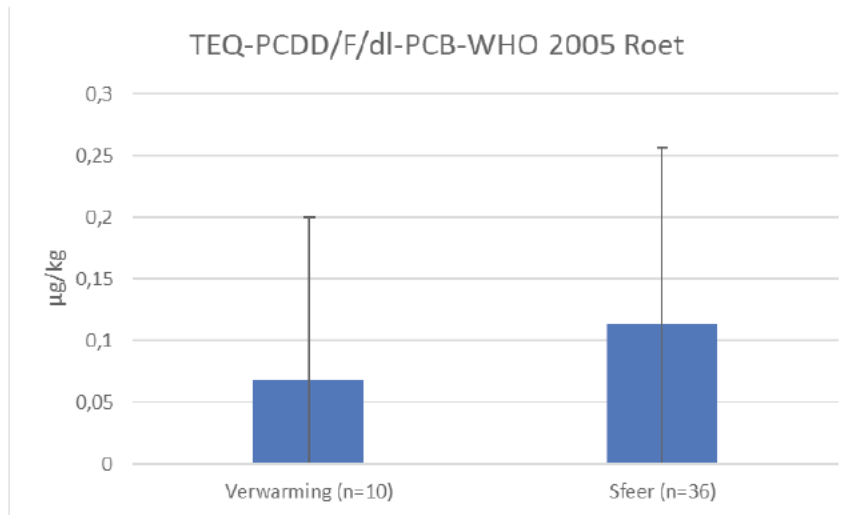
Figuur 3.7 Gemiddelden en standaarddeviatie voor TEQ-PCDD/F/dl-PCB-WHO 2005 in as gerelateerd aan stookmethode. Tussen haakjes het aantal monsters waarop gemiddelde en standaarddeviatie zijn gebaseerd. De foutenbalk geeft een standaarddeviatie van 1 sigma aan

Tabel 3.2 Gemiddelden en medianen van de waarden voor TEQ-PCDD/F's en dl-PCB's in roet en as gerelateerd aan de stookmethode

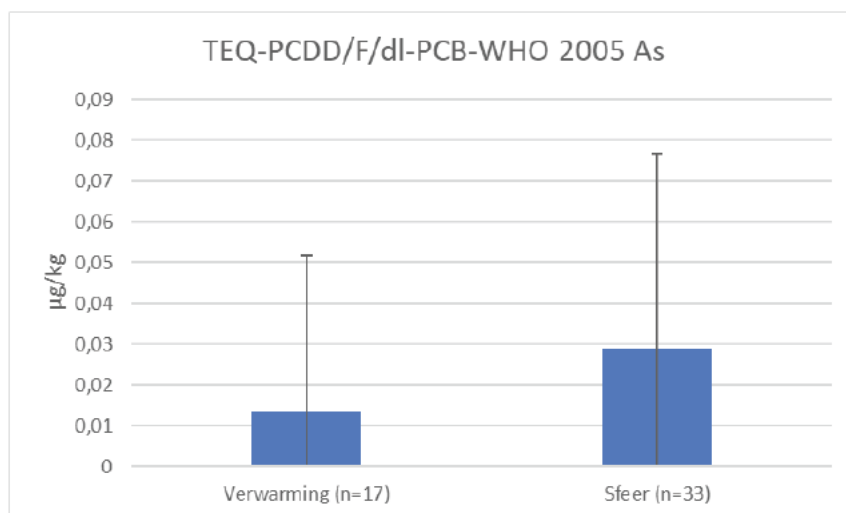
TEQ-PCDD/F/dl-PCB		Roet		As	
		Gemiddelde	Mediaan	Gemiddelde	Mediaan
Zwitserse methode	µg/kg ds	0,082	0,015	0,036	0,005
Klassiek	µg/kg ds	0,124	0,048	0,014	0,004

3.5 Sfeer of verwarming

De gemiddelde waarden en standaarddeviatie voor de TEQ-PCDD/F/dl-PCB in roet en as van de mensen die recreatief stoken zijn gemiddeld hoger dan de mensen die stoken om het huis te verwarmen (figuren 3.8 en 3.9). Dit is aannemelijk omdat bij een langere stookduur meer as en roet zal ontstaan bij een gemiddeld hogere temperatuur.



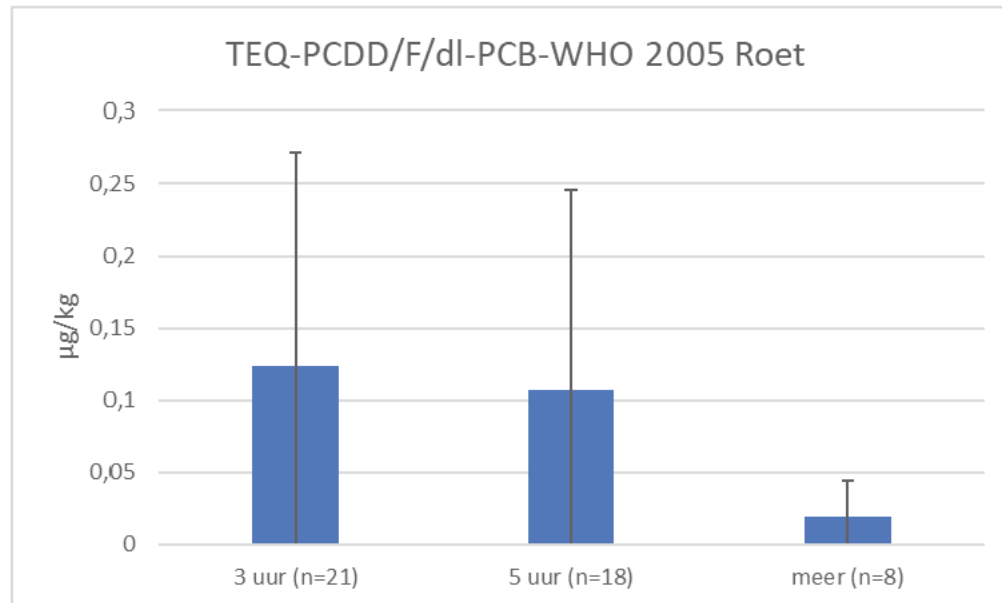
Figuur 3.8 Gemiddelden en standaarddeviatie voor TEQ-PCDD/F/dl-PCB-WHO 2005 in roet gerelateerd aan stookgedrag. Tussen haakjes het aantal monsters waarop gemiddelde en standaarddeviatie zijn gebaseerd. De foutenbalk geeft een standaarddeviatie van 1 sigma aan



Figuur 3.9 Gemiddelden en standaarddeviatie voor TEQ-PCDD/F/dl-PCB-WHO 2005 in as gerelateerd aan stookgedrag. Tussen haakjes het aantal monsters waarop gem en stdev zijn gebaseerd. De foutenbalk geeft een standaarddeviatie van 1 sigma aan

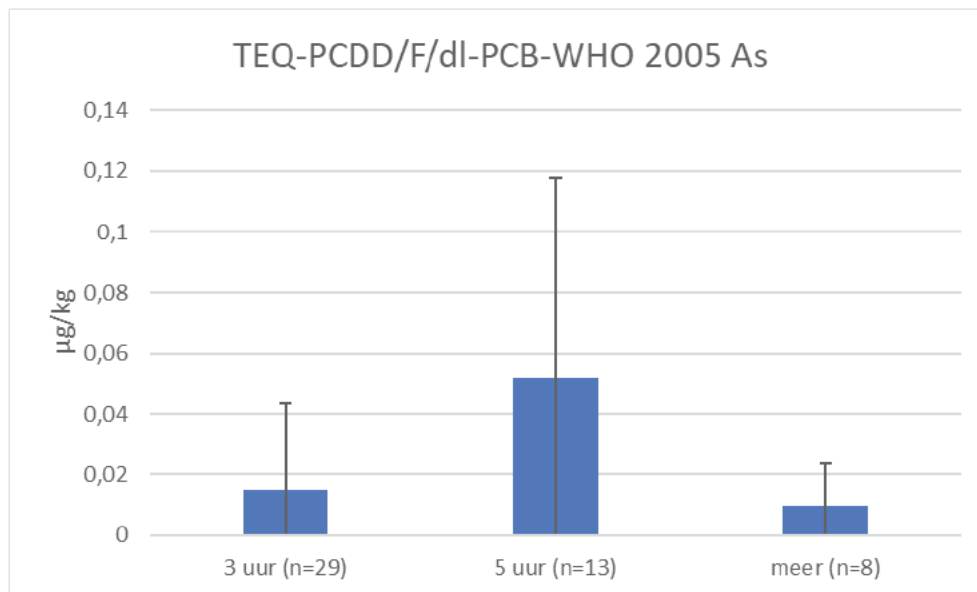
3.6 Stookduur

Het beeld dat naar voren komt voor de metingen van PCDD/F's en dl-PCB's in roet naar stookduur komt overeen met de verwachting zoals beschreven in paragraaf 3.5.6. dat bij langer stoken de temperatuur gemiddeld hoger is en daardoor minder PCDD/F's en dl-PCB's ontstaan.



Figuur 3.10 Gemiddelden en standaarddeviatie voor TEQ-PCDD/F/dl-PCB-WHO 2005 in roet gerelateerd aan stookduur. Tussen haakjes het aantal monsters waarop gemiddelde en standaarddeviatie zijn gebaseerd. De foutenbalk geeft een standaarddeviatie van 1 sigma aan

Bij de as zien we dit beeld niet voor de gemiddelden. Daar levert een stookduur van 5 uur de hoogste concentraties op. Deze piek verdwijnt echter vrijwel geheel als we naar de medianen gaan kijken (tabel 3.3). Dit geeft nogmaals aan dat we voorzichtig moeten zijn met de interpretatie van een dataset met zo'n grote spreiding van waarden en een vrij kleine populatie.



Figuur 3.11 Gemiddelden en standaarddeviatie voor TEQ-PCDD/F/dl-PCB-WHO 2005 in as gerelateerd aan stookduur. Tussen haakjes het aantal monsters waarop gemiddelde en standaarddeviatie zijn gebaseerd. De foutenbalk geeft een standaarddeviatie van 1 sigma aan

Tabel 3.3 Gemiddelden en medianen van de waarden voor TEQ PCDD/F's en dl-PCB's in roet en as gerelateerd aan de stookduur

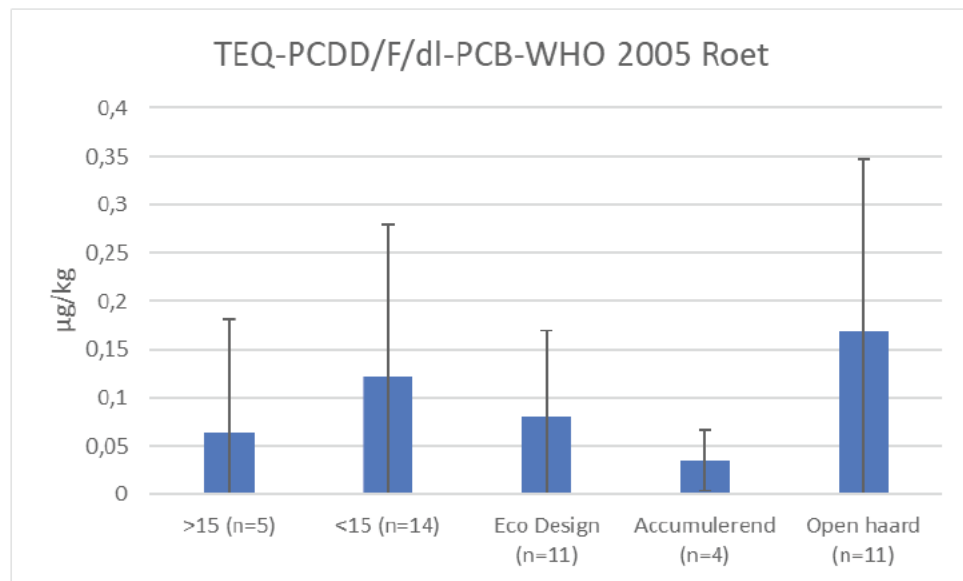
		Roet		As	
		Gemiddelde	Mediaan	Gemiddelde	Mediaan
3 uur	µg/kg ds	0,123	0,047	0,015	0,004
5 uur	µg/kg ds	0,107	0,018	0,053	0,005
meer	µg/kg ds	0,020	0,012	0,008	0,004

3.7 Opslag

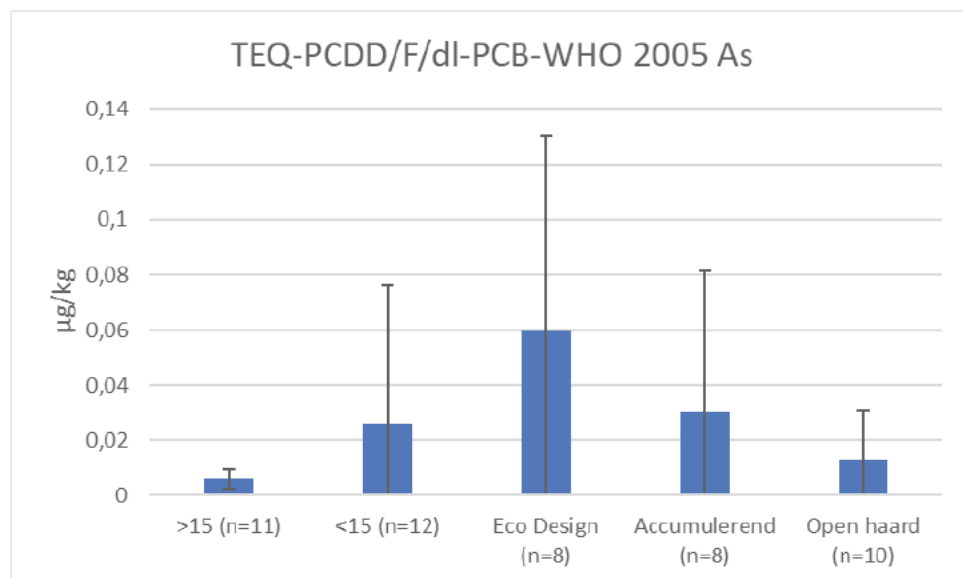
Op de vraag of het hout binnen dan wel buiten wordt opgeslagen antwoordde de grote meerderheid dat het hout buiten wordt opgeslagen. Slechts één huishouden sloeg het hout uitsluitend binnen op. Een vergelijk met zulke verschillende populatieaantallen bij zo'n grote spreiding van waarden is niet zinvol.

3.8 Stookinstallatie

In figuur 3.12 en 3.13 zijn de gemiddelde waarden en standaarddeviaties gegeven van de TEQ-PCDD/F/dl-PCB waarden onderverdeeld per stookinstallatie. Voor alle stookinstallaties zijn de standaarddeviaties even groot of groter dan de gemiddelde waarde, hetgeen aangeeft dat de stookinstallatie geen doorslaggevende factor lijkt te zijn voor de mate van vorming van PCDD/F's en dl-PCB's. De iets hogere gemiddelde gehalten in het roet van kachels ligt in de lijn van de verwachting, de gemiddeld hogere waarden in de as van Eco Design toestellen is opvallend.



Figuur 3.12 Gemiddelde waarden voor TEQ-PCDD/F/dl-PCB-WHO 2005 gemeten in roet van verschillende soorten stookinstallaties. > 15 = stookinstallatie ouder dan 15 jaar, < 15 = stookinstallatie jonger dan 15 jaar, Eco Design = kachel met hoger rendement en lagere uitstoot fijnstof, Accumulerend = kachel met warmteopslag en vertraagde afgifte. In haakjes is het aantal metingen gegeven waarmee gemiddelde en standaarddeviatie zijn berekend. De foutenbalk geeft een standaarddeviatie van 1 sigma aan



Figuur 3.13 Gemiddelde waarden voor TEQ-PCDD/F/dl-PCB-WHO 2005 gemeten in as uit verschillende soorten stookinstallaties. > 15 = stookinstallatie ouder dan 15 jaar, < 15 = stookinstallatie jonger dan 15 jaar, Eco Design = kachel met hoger rendement en lagere uitstoot fijnstof, Accumulerend = kachel met warmteopslag en vertraagde afgifte. In haakjes is het aantal metingen gegeven waarmee gemiddelde en standaarddeviatie zijn berekend. De foutenbalk geeft een standaarddeviatie van 1 sigma aan

De statistisch zwakke signalen geven aan dat er a) meer invloedrijke parameters op de vorming van PCDD/F's en dl-PCB's zijn dan het soort stookinstallatie en b) binnen de groep stookinstallaties ook grote verschillen kunnen optreden. Omdat volgens a) het signaal in de dataset mogelijk zwakker is dan veroorzaakt door andere parameters, zegt de mediaan mogelijk meer dan het gemiddelde. Zoals aan de hand van de datadistributie in figuur 3.1 en 3.2 te verwachten is, ligt de mediaan een stuk lager dan het gemiddelde. De mediaan geeft min of meer hetzelfde beeld als het gemiddelde (zie tabel 3.4), de opvallend hogere waarden voor de Eco Design categorie zijn ook in de mediane waarden terug te zien en worden zelfs wat versterkt.

Tabel 3.4 Gemiddelden en medianen van de TEQ PCDD/F's en dl-PCB's in roet en as van de categorieën stookinstallaties

TEQ-PCDD/F/dl-PCB per stookinstallatie		Roet		As	
		Gemiddelde	Mediaan	Gemiddelde	Mediaan
Ouder dan 15 jaar	µg/kg ds	0,063	0,014	0,006	0,004
Jonger dan 15 jaar	µg/kg ds	0,122	0,012	0,026	0,005
Eco Design	µg/kg ds	0,081	0,048	0,060	0,024
Accumulerend	µg/kg ds	0,035	0,030	0,030	0,005
Open haard	µg/kg ds	0,168	0,111	0,013	0,004

3.9 Percentages data van de vragenlijst

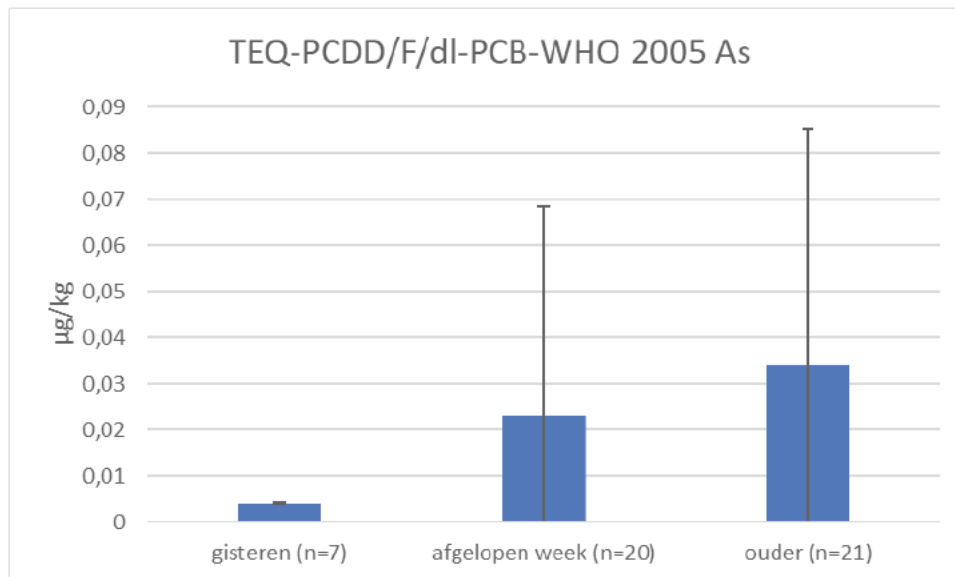
Naast de geanalyseerde monsters zijn er ook de data van de vragenlijst van de huishoudens waarvan de monsters niet geanalyseerd zijn. Deze zijn gegeven in tabel 3.5.

Tabel 3.5 Verdeling in percentages binnen de categorieën van de vragenlijst uit de onderzoeksgroep

	Stookinstallatie					Hout				Verwarming		Stookmethode		Afvoer		
	> 15	< 15	Eco Design	Accumulerend	Open haard	Commercieel nationaal	Commercieel regionaal	Zelf kap	Sloophout	Verwarming	Steer	Zwitsers	Klassiek	Grijze container	Groene container	Meststof
(%)	19	29,5	25	9,5	17	16	33,5	43	7,5	23	77	53	47	45	26	29

3.10 Leeftijd as

De leeftijd van de as, ofwel de tijd dat de as in de aslade blijft zou van invloed kunnen zijn op de in de droge stof gemeten gehalten van PCDD/F en dl-PCB. Verse as bestaat voor het grootste deel uit Ca- en K- oxiden die hygroscopisch van aard zijn en CO₂ kunnen binden. In de tijd dat de as in de lade ligt kan de binding van CO₂ en H₂O het gewicht van de as doen toenemen en het gehalte aan PCDD/F verdunnen. De data laten echter het omgekeerde zien: het gehalte neemt toe naarmate de as langer in de aslade ligt. Dit spreekt bovenstaande hypothese tegen. Mogelijk is de binding van CO₂ en H₂O een snel proces dat binnen een dag nauwelijks nog verder toeneemt. De toename van de PCDD/F in de as kan veroorzaakt worden door terugval van roet uit de schoorsteen in de kachel.



Figuur 3.14 Gemiddelden en standaarddeviatie voor TEQ-PCDD/F/dl-PCB-WHO 2005 in as gerelateerd aan leeftijd van de as. Tussen haakjes het aantal monsters waarop gemiddelde en standaarddeviatie zijn gebaseerd. De foutenbalk geeft een standaarddeviatie van 1 sigma aan

4 Discussie

De hier gepresenteerde dataset is op dit moment de meest omvangrijke set as en roet uit huishoudelijke stook die in Europa op PCDD/F's en dl-PCB's gemeten is. Ook in deze set komt een grote spreiding naar voren die ook al zichtbaar is in de beperkte Deense en Finse data. Alle analyseresultaten op één na vallen ruim tot zeer ruim binnen de gestelde grenswaarden voor TEQ-PCDD/F/dl-PCB van 5 µg/kg die op 1 januari 2025 ingaat. Qua grootte en inzameling is de dataset niet representatief voor heel Nederland, de roetmonsters zijn ingezameld in de regio's Gooi en Vechtstreek, Achterhoek en Deventer en omstreken. Voor de as is de spreiding groter, maar nog steeds niet evenredig verdeeld.

De inzameling vond plaats in maart en april 2024, een periode waarin het stookseizoen op zijn einde liep en waarin naar verwachting korter en minder intensief gestookt werd. Dit zou de gehalten van PCDD/F's en dl-PCB's negatief kunnen beïnvloeden en dan uitsluitend in het as omdat het roet de opbouw van een heel jaar weergeeft. Uiteindelijk is dit geen probleem gebleken, omdat alle gehalten in as veel lager lagen dan het roet en dus de kans dat de nieuwe grenswaarden overschreden wordt vrijwel afwezig is.

Uit de dataset komen geen significante verschillen naar voren die uniek gekoppeld kunnen worden aan het gebruik van brandstof uit verschillende bronnen, de stookinstallatie of de wijze van stoken. Het is wel mogelijk dat de vorming van PCDD/F's door andere parameters (zware metalen) met name in combinatie met het type stookinstallatie wordt versterkt (Salthammer et al., 1995), maar zonder verder onderzoek blijft dit speculatief. De veelheid aan parameters, die de vorming van PCDD/F's en dl-PCB's bepalen en de exponentiele invloed die zij op elkaar kunnen hebben, maakt de interpretatie van de dataset lastig. De medianen, die de meest voorkomende waarde aangeven, lijken beter bruikbaar voor een nauwkeuriger interpretatie. De medianen liggen vaak bij de zeer lage waarden en dit is het bereik waar geen sprake is van een exponentieel versterkend effect van 2 of meer elkaar beïnvloedende parameters.

Ongeacht de beperkingen van dit onderzoek is de belangrijkste constatering dat, op één uitzondering na, alle geanalyseerde monsters onder de vanaf 31 december 2024 geldende grenswaarden voor TEQ-PCDD/F/dl-PCB vallen, en de meest daarvan zeer ruim.

5 Conclusies

- Vrijwel alle roet en as afkomstig van de Nederlandse huisstook voldoet aan de nieuwe grenswaarden van 5 µg/kg voor TEQ-PCDD/F/dl-PCB die vanaf 31 december 2024 van kracht worden
- De stookinstallatie, bron van het brandhout, en stookmethode zijn statistisch gezien niet van invloed op de kwaliteit van de as en roet en het risico om boven de nieuwe grenswaarden uit te komen

6 Dankwoord

Deze studie had nooit uitgevoerd kunnen worden zonder de hulp van Stichting Nederlandse Haarden- en Kachelbranche, De Heide Smid Haarden en Kachels, Meester Schoorsteenveger Henk Keijer & Zonen, Boddeke Haarden, Kachels & Schouwen, Schoorsteenveger Nederland en de collega's bij TAUW.

Literatuurlijst

Frey, A.M., Strauss, H., Nørgaard, T., Pødenphant, A. (2023). "Analyse af dioxin og furan i aske og sod fra private brændeovne og i flyveaske og bundaske fra biomasseanlæg", Miljøprojekt nr. 2227, Miljøstyrelsen ISBN: 978-87-7038-479-7.

Grandesso, E., Gullett, B., Touati, A., Tabor, D., (2011). "Effect of moisture, charge size, and chlorine concentration on PCDD/F emissions from simulated open burning of forest biomass", Environ. Sci. Technol. 45, 3887.

Gullett, B.K.; Touati, A., Hays, M.D. "PCDD/F, PCB, HxCBz, PAH, and PM emission factors for fireplace and woodstove combustion in the San Francisco Bay region", Environ. Sci. Technol. 2003, 37, 1758-1765.

Hopan, F.E., Šyc, M., Horák, J., Dej, M., Krpec, K., Ocelka, T.S., Tomšej, T.S., Pekárek, V. (2009). "Emission factors of selected organic compounds from domestic hardwood combustion", Transactions of the VŠB - Technical University of Ostrava, Mechanical Series No. 3, 2009, vol. LV article No. 1723.

Konist A., Järvik O., Ummik M-L. (2022). "Biomassi tuhkades sisalduvate dioksiinide ja furaanide uuring", TalTech University Talinn.

Lopes H. and Proença, S. (2020). "Insights into PCDD/Fs and PAHs in Biomass Boilers Envisaging Risks of Ash Use as Fertilizers", Applied Sciences 2020, Vol. 10, Page 4951, vol. 10, no. 14, p. 4951, Jul. 2020, doi: 10.3390/APP10144951.

McKay, G. (2002). "Dioxin characterisation, formation and minimisation during municipal solid waste (MSW) incineration: review", Chem. Eng. J. 86, 2002, 343-368.

Obernberger, I., Brunner, T., Bärnthaler, G. (2006). "Chemical properties of solid biofuels - significance and impact", Biomass and Bioenergy 973-982.

Perez-Jimenez, J.A. (2015). "Gaseous emissions from the combustion of biomass pellets", WIT Trans. State Art Sci. Eng. 85, 87-99. <https://doi.org/10.2495/978-1-84566-062-8/006>.

Qian, Y., Zheng, M., Liu, W., Ma, X. and Zhang, B. (2005). "Influence of metal oxides on PCDD/Fs formation from pentachlorophenol", *Chemosphere* 60, 2005, 951-958.

Salthammer, T., Klipp, H., Peek, R.D. and Marutzky, R. (1995). "Formation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD) and polychlorinated dibenzofurans (PCDF) during the combustion of impregnated wood", *Chemosphere* 30, 1995, 2051-2060.

Skodras, G., Grammelis, P., Samaras, P., Vourliotis, P., Kakaras, E. and Sakellariopoulos, G.P. (2002). "Emissions monitoring during coal waste wood co-combustion in an industrial steam boiler", *Fuel* 81, 2002, 547-554. Pandelova et al., 2007.

Šyc, M., Horák, J., Hopan, F.E., Krpec, K., Tomšej, T.S., Ocelka, T.S. and Pekárek, V. (2011). "Effect of fuels and domestic heating appliance types on emission factors of selected organic pollutants", *Environ. Sci. Technol.* 45: 9427-9434.

Tame, N.W., Dlugogorski, B.Z. and Kennedy, E.M., (2007). "Formation of dioxins and furans during combustion of treated wood", *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 33, no. 4. pp. 384-408, Aug. 2007. doi: 10.1016/j.pecs.2007.01.001.

Thomas, V.M., McCreight, C.M. (2008). "Relation of chlorine, copper and sulphur to dioxin emission factors", *J. Hazard Mater* 2008; 151:164-70.

Visschedijk A. en Droge R. (2020). "Aanpassing TNO houtkachelmodel aan de WoON 2018 houtverbranding enquêteresultaten en prognoses van emissies van huishoudelijke houtkachels tot 2030", TNO 2020 R10652.



Kenmerk

R001-1294993MAJ-V03-los-NL

Bijlage 1

Vragenlijst bij roet- en asinzameling



Onderzoek naar roet en as huishoudelijke houtstook

Hartelijk dank dat u meedoet aan een onderzoek van TAUW naar giftige stoffen in as en roet van huishoudelijke houtstook.

Hierover is te weinig kennis. Daarom laat het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat ministerie dit onderzoeken door TAUW.

Uw antwoorden helpen ons te begrijpen hoe het ontstaan van de giftige stoffen afhangt van het soort kachel of haard en de manier waarop die worden gebruikt. Dit onderzoek gaat over as en roet en niet over luchtkwaliteit.

Naam (niet verplicht):	
Adres (niet verplicht):	
Woonplaats:	
Datum:	
Potnummers bij dit enquêteformulier:	(minimaal 50 gram as)
E-mail:	

Vragen (a.u.b. het juiste antwoord aankruisen; bij sommige vragen kunt u meer dan één antwoord kiezen)

Wat voor type stookinstallatie gebruikt u?

<input type="checkbox"/> Klasseke kachel > 15 jaar oud	
<input type="checkbox"/> Klasseke kachel < 15 jaar oud	
<input type="checkbox"/> Eco design kachel	
<input type="checkbox"/> Accumulerende kachel (o.a. speeksteen, langzame warmteafgifte)	
<input type="checkbox"/> Open haard	

Wat voor hout gebruikt u hoofdzakelijk?

<input type="checkbox"/> Commercieel geleverd, nationale organisatie (o.a. 123hout)	
<input type="checkbox"/> Commercieel geleverd, regionale organisatie (winkel)	
<input type="checkbox"/> Zelfkap	
<input type="checkbox"/> Sloophout	

Hoe slaat u uw hout op?

<input type="checkbox"/> Binnen	
<input type="checkbox"/> Buiten (ook buiten onder een overkapping)	

Gebruikt u de stookinstallatie hoofdzakelijk als hoofdverwarming of als bijkverwarming/sfeerverwarming?

<input type="checkbox"/> Hoofdverwarming	
<input type="checkbox"/> Sfeerverwarming	

Hoeveel uur stookt u gemiddeld per keer?

<input type="checkbox"/> 1 uur	
<input type="checkbox"/> 3 uur	
<input type="checkbox"/> 5 uur	
<input type="checkbox"/> meer	

Hoe maakt u het vuur aan?

<input type="checkbox"/> Met aanmaakblokjes van boven naar beneden (de Zwitserse methode)	
<input type="checkbox"/> Aanmaakhout schuin tegen elkaar of gestapeld rond een kern van papier/aanmaakblokjes	

Hoe gooit u de as weg?

<input type="checkbox"/> In de grijze container	
<input type="checkbox"/> In de groene container	
<input type="checkbox"/> Ik gebruik het als mest in mijn (moes)tuin.	

Hoe oud is de as die nu uit de aslade is gekomen?

<input type="checkbox"/> Van gisteren	
<input type="checkbox"/> Van de afgelopen zeven dagen	
<input type="checkbox"/> Meer dan een week oud	

Bijlage 2**Berekende toxische equivalentwaarden
voor PCDD/F's en dl-PCB's**

	R = roef, A = as					
	TEQ-PCDD/F-WHO 2005		TEQ-PCDD/F-WHO 2005 (upper bound)		TEQ-PCDD/F-PCB-WHO 2005	
	ng TE/kg Ds	ng TE/kg Ds	ng/kg Ds	ng/kg Ds	ng TE/kg Ds	ng TE/kg Ds
A18R	12,2	12,3	0,0348	1,09	12,2	13,4
A10R	0,139	3,37	0,617	0,778	0,756	4,15
A12R	44,3	44,3	1,13	1,29	45,4	45,6
A15R	87,3	87,4	4,77	4,96	92,1	92,3
A16R	45,8	45,8	2,44	2,6	48,2	48,4
A19R	11,5	11,8	1,33	1,48	12,8	13,2
A20R	329	329	14,2	14,2	343	343
A21R	0,903	3,71	0,0117	0,675	0,915	4,38
A24R	5480	5480	290	290	5770	5770
A25R	12,8	13,3	0,0152	0,879	12,8	14,2
A28R	60,9	61	13,1	13,1	74	74,1
A9R	1,14	3,99	0,0167	0,88	1,15	4,87
B1R	1520	1520	112	112	1630	1630
B2R	11	11,3	0,0048	0,674	11	12
B30R	1,3	4,49	0,0082	1,08	1,31	5,56
B31R	13,4	14,6	2,49	2,64	15,9	17,2
B33R	0,43	3,62	0,0047	0,674	0,435	4,29
B36R	4,73	5,99	0,0116	0,675	4,74	6,66
B38R	342	342	9,27	9,53	351	352
B40R	1,44	4,05	0,0072	0,677	1,45	4,72
B42R	312	312	9,38	9,39	322	322
B50R	8,31	9,51	0,0065	0,876	8,32	10,4
B51R	0,16	3,35	0,00519	0,675	0,165	4,02
C11R	0,29	3,48	0,01	0,68	0,3	4,16
C12R	0,79	3,65	0,0056	0,675	0,796	4,32
C14R	11,3	12,4	3,36	3,51	14,7	15,9
C15R	435	435	4,12	4,12	439	439
C16R	125	125	12	12	137	137
C17R	429	429	8,34	8,34	437	437

R = roef, A = as	TEQ-PCDD/F-PCB-WHO 2005	TEQ-PCDD/F-PCB-WHO 2005 (upper bound)	TEQ-PCB-WHO 2005	TEQ-PCB-WHO 2005 (upper bound)	TEQ-PCDD/F/PCB-WHO 2005	TEQ-PCDD/F/PCB-WHO 2005 (upper bound)
C18R	16,4	16,9	0,0106	1,07	16,4	18
C19R	19,9	20,1	1,34	1,5	21,2	21,5
C2R	264	264	13,2	13,2	277	277
C21R	29,9	30,1	1,12	1,28	31	31,4
C23R	9,82	11	0,0048	0,674	9,83	11,6
C27R	104	104	3,63	3,8	108	108
C28R	207	207	18,2	18,2	225	225
C3R	1570	1570	42,2	42,2	1610	1610
C31R	343	343	14,8	14,8	358	358
C34R	73,4	73,4	3,01	3,21	76,4	76,6
C36R	80,1	80,1	5,73	5,73	85,8	85,8
C37R			6,57	6,58		
C38R	2,95	5,35	1,25	1,41	4,2	6,76
C4R	270	270	3,93	4,2	274	274
C40R	318	318	7,72	7,93	325	326
C43R	176	176	9,29	9,29	185	185
C45R	263	263	3,09	3,3	266	266
C6R	26,1	26,1	2,18	2,34	28,3	28,5
C7R	3890	3890	39,4	39,4	3930	3930
C8R	7,63	8,08	0,0036	0,673	7,63	8,76
A20A	0,58	3,77	n.a.	0,672	0,58	4,44
A21A	1630	1630	n.a.	0,672	1630	1630
A22A	n.a.	3,29	0,017	0,678	0,017	3,96
A23A	1,98	4,63	0,003	0,673	1,98	5,3
A25A	0,51	3,7	n.a.	0,672	0,51	4,37
A26A	0,17	3,36	0,0036	0,673	0,174	4,03
A28A	9,46	9,91	2,71	2,88	12,2	12,8
A5A	0,17	3,36	0,854	0,862	1,02	4,22
A9A	25,9	27,6	n.a.	0,672	25,9	28,2
B14A	56,5	57,8	n.a.	0,672	56,5	58,5

	TEQ-PCDD/F-WHO 2005		TEQ-PCDD/F-WHO 2005 (upper bound)	TEQ-PCB-WHO 2005	TEQ-PCB-WHO 2005 (upper bound)	
	TEQ-PCDD/F-PCB-WHO 2005		TEQ-PCDD/F-PCB-WHO 2005 (upper bound)	TEQ-PCDD/F-PCB-WHO 2005 (upper bound)		
	R = roet, A = as					
B19A	95	96,7	n.a.	0,672	95	97,4
B29A	12,3	12,9	1,2	1,37	13,5	14,2
B30A	0,804	3,86	n.a.	0,672	0,804	4,53
B36A	39,1	40,7	n.a.	0,672	39,1	41,4
B40A	0,88	4,07	n.a.	0,672	0,88	4,74
B42A	168	168	8,77	8,78	177	177
C7A	41,6	43,3	n.a.	0,672	41,6	44
C10A	7,5	9,06	n.a.	0,672	7,5	9,73
C11A	n.a.	3,29	n.a.	0,672	n.a.	3,96
C12A	5,6	8,36	n.a.	0,672	5,6	9,03
C14A	31	32,8	n.a.	0,672	31	33,5
C28A	159	161	0,0075	0,677	159	162
C2A	n.a.	3,29	n.a.	0,672	n.a.	3,96
C7A	n.a.	3,29	0,0126	0,676	0,0126	3,96
C8A	159	161	n.a.	0,672	159	161
D11A	0,13	3,32	n.a.	0,672	0,13	3,99
D13A	0,2	3,39	6,45	6,46	6,65	9,84
D15A			n.a.	0,672		
D16A	n.a.	3,29	n.a.	0,672	n.a.	3,96
D17A	n.a.	3,29	n.a.	0,672	n.a.	3,96
D18A	139	141	n.a.	0,672	139	142
D19A	1,3	4,05	0,0048	0,673	1,3	4,72
D20A	n.a.	3,29	n.a.	0,672	n.a.	3,96
D28A	0,32	3,51	n.a.	0,672	0,32	4,18
D30A	1	4,19	n.a.	0,672	1	4,86
D34A	8,01	9,31	n.a.	0,672	8,01	9,98
D38A	6,42	8,28	n.a.	0,672	6,42	8,95
D3A	53,2	53,2	3,63	3,63	56,8	56,8
D41A	0,175	3,36	0,0179	0,777	0,192	4,13
D42A	0,14	3,33	n.a.	0,672	0,14	4

	R = roet, A = as	TEQ-PCDD/F-PCB-WHO 2005	TEQ-PCDD/F-PCB-WHO 2005 (upper bound)	TEQ-PCB-WHO 2005	TEQ-PCB-WHO 2005 (upper bound)	TEQ-PCDD/F-PCB-WHO 2005	TEQ-PCDD/F-PCB-WHO 2005 (upper bound)
D4A	0,075	3,31	0,0135	0,677	0,0885	3,99	
D50A	0,72	3,91	n.a.	0,672	0,72	4,58	
D51A	n.a.	3,29	n.a.	0,672	n.a.	3,96	
D5A	0,19	3,38	n.a.	0,672	0,19	4,05	
D61A	0,26	3,45	0,0148	0,678	0,275	4,12	
D73A	n.a.	3,29	n.a.	0,672	n.a.	3,96	
D74A	n.a.	3,29	n.a.	0,672	n.a.	3,96	
D76A	n.a.	3,29	n.a.	0,672	n.a.	3,96	
D7A	0,25	3,44	n.a.	0,672	0,25	4,11	
D8A	0,44	3,63	0,0025	0,672	0,443	4,3	