

Meetmethoden luchtemissies bij ECN in relatie met meetnormen

P. Kroon
J. Kuipers

January 2015
ECN-E--15-001

Verantwoording

Bij ECN is dit project geregistreerd onder nummer 52620

Abstract

With the Implementation of the Industrial Emission Directive in the legislation of the different EU countries, all countries have to use the same CEN standard for measuring the air emissions. If no EN standard is available an ISO standard or a national standard might be used. The group Bio Energy of ECN Biomass & Energy Efficiency (ECN BEE) is active in measurement of gas compositions and gas emissions, both at their own research installations as well as at client locations. ECN BEE has equipment available including sampling probes, pumps, and mobile sampling and analyzing equipment to facilitate measurements in power plants, waste incinerators and coal and biomass power installations. In this report the methods of ECN BEE are compared with the latest standards. ECN BEE is not a certified emission measurement party, but is striving for compliance with official measurements.

For all gaseous emissions and for additional parameters like flow, water and oxygen content the ECN method for the measurement, sampling, handling and analyzing is sufficient in line with the latest standard. ECN BEE is also active in measuring of deposit, ^{14}C isotope measurement and tar components. In some cases ECN had contributed to development of new standards. ECN is now looking into the measurement of gaseous alkali metals and salts like potassium. Next to alkali metals some additional research fields are mentioned in this report: measurement of fine and ultrafine dust, siloxanes and verification of the usability of cheaper methods for dioxins measurement.

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1 Inleiding	7
2 Emissiemetingen in de richtlijn industriële emissies	9
2.1 Richtlijn industriële emissies	9
2.2 Verbrandingsinstallaties	9
2.3 Afvalverbrandingsinstallaties en afvalmeeverbrandingsinstallaties	10
2.4 Emissies en referentie documenten met Best Beschikbare Technieken (BREF)	11
2.5 Andere eisen: geuremissie bij afvalverbranding	11
2.6 Andere eisen: gebruik reststoffen bij afvalverbranding	12
3 Normen voor het meten van luchtmissies per land	13
3.1 Nederland	13
3.2 Ierland	24
3.3 Groot Brittannië	30
4 Beschrijving ECN meetmethoden	34
4.1 Hoofdpijnen bij een meting	34
4.2 Beschrijving ECN methode en evaluatie	35
5 Mogelijkheden bij ECN	46
5.1 Mobiele meetinstallaties van ECN	46
5.2 Specifiek analyses	50
6 Aanbevelingen en conclusies	55
7 Referenties	58
Bijlagen	
A. Namenlijst normen	62
B. Meetmethoden Bees A	70

Samenvatting

Met de komst van de richtlijn Industriële emissies (IED) in 2010 zijn de grotere verbrandingsinstallaties in de Europese Unie onder één gezamenlijke richtlijn gebracht. De richtlijn geeft aan dat bij de controle of een installatie aan de eisen voldoet de voorgeschreven normen gebruikt moeten worden. Als er Europese EN normen bestaan moeten deze worden gebruikt. Alleen als dit niet het geval is mogen ISO normen of landelijke normen worden gebruikt.

Een analyse van de normen voor het meten van luchtverontreiniging in Nederland, Ierland en Groot-Brittannië laat zien dat inderdaad in toenemende mate naar internationale normen wordt verwezen. De EN normen komen in alle drie de landen terug. De landen leveren in de vorm van een handleiding ook handvaten voor toepassing van de normen. Dit geldt trouwens voor meer landen, bijvoorbeeld ook voor België en Duitsland.

De afdeling Bio Energy van ECN Biomass & Energy Efficiency (ECN BEE) is actief op het gebied van het meten van gassamenstellingen en emissies in het kader van onderzoek met de eigen installaties als ook op locatie bij klanten. Inmiddels is de IED bij diverse landen in de nationale wetgeving verwerkt. Een goed moment voor ECN BEE om de eigen meetmethoden, in dit rapport, te toetsen aan de laatste stand van zaken.

Voor de gebruikelijke stoffen als SO₂, NO_x, CO, fijnstof, maar ook voor debiet, vochtigheid en zuurstofgehalte zijn internationale normen beschikbaar. Dit geldt ook voor de extra stoffen die gemeten moeten worden bij het verbranden van afvalstoffen. Voor het meten van het zwavelgehalte en andere eigenschappen van brandstoffen is een grote diversiteit aan normen aanwezig. Als het gaat om de Nederlandse beoordeling van AVI bodemas in relatie met het Besluit bodemkwaliteit worden voornamelijk Nederlandse normen genoemd. Andere EU-landen hebben hiervoor hun eigen regels.

Hierna zijn de meetmethoden die ECN Biomass & Energy Efficiency (ECN BEE) gebruikt vergeleken met de normen die hiervoor beschikbaar zijn. Voor een groot aantal stoffen als: totaal stof, deeltjesgrootte, HCl, HF, SO_x, NO_x, CO, CO₂, CH₄, totaal koolwaterstoffen (C_xH_y), O₂, H₂, dioxines en dibenzofuranen, zware metalen, Hg, NH₃, HCN, H₂S, COS, thiophenen en mercaptanen, benzeen en toluen, C₂H₂, C₂H₄, C₂H₆, en Ar zijn de door ECN gehanteerde methoden voldoende vergelijkbaar met de normen. In enkele gevallen kan het nuttig zijn om de gebruikte wasvloeistof nog eens te checken met die van de meest recente norm.

Ook bij zaken die met de gascondities en bemonstering te maken hebben zoals watergehalte, debiet, monsternamen en monsterbehandeling zijn er geen opmerkelijke verschillen gevonden. Een correcte uitvoering van de monsternamen blijft echter een constant aandachtspunt. De monsterbehandeling is veelal in de diverse normen beschreven. Een goede uitvoering met controle van werking van de apparatuur is van belang. Aandacht voor verstoringen door andere componenten blijft belangrijk.

Op het gebied van teer en stofdeeltjes in het productgas van biomassa vergassing, het teerdauwpunt en de bepaling van het ¹⁴C gehalte, om het biomassa-aandeel in de brandstof te bepalen, heeft ECN bijgedragen aan de ontwikkelingen van normen geleverd. Daarnaast heeft ECN BEE een meting van deposiet beschikbaar en wordt gewerkt aan het meten van gasvormige alkalimetalen.

Voor het meten bij de eigen installaties beschikt ECN BEE over de nodige analyse apparatuur. Omdat ook op locatie, bij bijvoorbeeld een elektriciteitscentrale, gemeten wordt, is er ook een complete uitrusting beschikbaar van pompkasten, mobiele monsternamen, mobiele analyse apparatuur en (lange) meetprobes. Monsters, die niet ter plekke geanalyseerd worden, kunnen bij ECN BEE geanalyseerd worden, bij andere laboratoria van ECN of verstuurd worden naar gespecialiseerde externe laboratoria.

Als het gaat om het identificeren van richtingen waarin ECN BEE zich verder zou kunnen ontwikkelen, dan kunnen enkele terreinen worden genoemd. Er is, ingegeven door de gezondheidseffecten, een toenemende behoefte aan kennis op het gebied van fijn en ultrafijn stof (zowel in de buitenlucht als bijvoorbeeld in schoorstenen). ECN BEE is al bezig met het meten van alkali metalen en dediens zouten. Een nieuw gebied zou het meten van siloxanen kunnen zijn. Tenslotte kan ook gekeken worden of er de goedkopere methodes voor dioxine bepalingen goed bruikbaar zijn.

1

Inleiding

Binnen de Europese Unie zijn een zevental wetten op het gebied van luchtverontreiniging in 2010 samengebracht in de IED (Industrial Emissions Directive 2010/75/EU). Landen als Ierland, Groot-Brittannië en Nederland hebben de IED inmiddels omgezet in nationale wetgeving. In Nederland is dit gebeurd in het activiteitenbesluit. De IED geeft aan dat metingen “moeten worden uitgevoerd overeenkomstig de CEN-normen of indien CEN-normen ontbreken, de ISO-normen, nationale of andere internationale normen die gegevens van een gelijkwaardige wetenschappelijke kwaliteit opleveren”. De CEN-normen worden vastgesteld door de European Committee for Standardization. Het Nederlands activiteitenbesluit noemt zelf een aantal ISO en NEN-normen maar verwijst ook naar paragraaf 3.7 van de NeR (Nederlandse emissierichtlijn lucht). Hoewel de IED keuze ruimte laat is er wel een nieuwe fase in de afstemming van internationale emissiemetingen ontstaan.

Hoewel ECN-BEE niet de ambitie heeft om een gecertificeerd meetinstituut te worden, is het wel van belang, zowel intern als voor onze klanten, om metingen uit te voeren conform de meest gebruikelijke internationale richtlijnen of op een goedkopere manier die met internationale richtlijnen goed vergelijkbare resultaten oplevert. Alleen zo kan ECN internationaal en richting zijn klanten betrouwbaar rapporten. Er zijn namelijk diverse voorbeelden bekend waarbij de meetmethode een significante invloed had op het gevonden resultaat.

Doelstelling

De centrale vraag in dit project is welke meetmethoden er internationaal in de wetgeving vereist zijn en welke meetmethode ECN op dit moment kan leveren.

In een tweede fase kan in een vervolgproject ingaan worden op wat effectief is (kunnen we, als dat voldoende is, ook goedkoper meten) en wat zouden we willen verbeteren. Ook zouden dan de implementatie van een aantal aanbeveling plaats kunnen vinden zoals bijvoorbeeld het aanschaffen van noodzakelijke apparatuur en het implementeren van meetvoorschriften.

De Industrial Emissions Directive (IED) vervangt 7 oude richtlijnen en regelt ook EU breed de meetmethode volgorde.

ECN-BEE geen gecertificeerd meetinstituut maar ECN metingen moeten wel goed vergelijkbaar.

Afbakening

In principe richt dit project zich op de emissies naar de lucht, maar er wordt ook op enkele aspect van vaste reststoffen ingegaan (bijvoorbeeld ammoniak uit vliegass). In eerste instantie is naar de Nederlandse vereisten gekeken, maar er is ook internationaal gekeken naar bijvoorbeeld de situatie in het Groot Brittannië en Ierland.

Als speciale aandachtspunten zijn in de projectvoorbereiding genoemd:

- Meten van dioxines
- Meten van ammoniak in vliegass
- Meten van ¹⁴C gehalte bij mee en bijstook van kolencentrales om aandeel biogeen vast te stellen.
- SO₃-emissie meten.

In dit rapport komen twee aandachtspunten terug namelijk het meten van dioxines en de ¹⁴C meetmethode. Over ammoniak in vliegass is te weinig informatie gevonden. De gegevensverzameling voor dit project heeft vooral eind 2013 plaatsgevonden. Ontwikkelingen in 2014 zijn daarom niet in dit rapport opgenomen.

Inhoud

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de diverse soorten installaties die in de richtlijn industriële emissies (IED) zijn opgenomen en op de opmerkingen die hierbij gemaakt zijn over de meetmethoden en normen. Hierna wordt in hoofdstuk 3 gekeken naar de meetnormen voor luchtemissies die op de website van InfoMil staan en welke meetnormen er in Nederland aan de IED zijn gekoppeld. Apart wordt nog ingegaan op het meten van het zwavelgehalte van brandstoffen en de kwaliteit van de vaste reststoffen. Hierna is ter vergelijking gekeken naar de situatie in Ierland en Groot Brittannië. In hoofdstuk 4 worden de diverse meetmethoden die ECN gebruikt vergeleken met de voorgeschreven normen. Na een illustratie van de bij ECN beschikbare monsternamen en analyse apparatuur in hoofdstuk 5 volgen in hoofdstuk 6 de aanbevelingen en conclusies. Het rapport wordt afgesloten met referenties en een lijst met de in dit rapport genoemde normen.

2

Emissiemetingen in de richtlijn industriële emissies

2.1 Richtlijn industriële emissies

In de Richtlijn Industriële Emissies (Industrial Emission Directive; IED) zijn verschillende eerdere richtlijnen, waaronder die van grote stookinstallaties en van afvalverbranding, samengevoegd (EU, 2010). Binnen de hele Europese Unie moeten de overheden hun wetgeving aanpassen aan de eisen die in de IED richtlijn staan.

2.2 Verbrandingsinstallaties

De emissie-eisen voor verbrandingsinstallaties (combustion plants) betreffen:

- SO₂,
- NO_x,
- CO,
- Stofdeeltjes.

De eisen hiervoor staan in Bijlage V van de IED. De meetfrequentie hangt onder andere van het type en de grootte van de installatie af. In deze bijlage wordt voor wat betreft de meetmethoden in Deel 3 artikel 8 het volgende aangegeven:

“Steekproeven en analyses van de betrokken verontreinigende stoffen en metingen van procesparameters alsmede de kwaliteitsborging van geautomatiseerde meetsystemen en de referentiemeetmethoden om deze systemen te ijken, worden uitgevoerd overeenkomstig de CEN-normen. Indien er geen CEN-normen bestaan, moeten ISO-normen, nationale normen of andere internationale normen worden toegepast die waarborgen dat gegevens van een gelijkwaardige wetenschappelijke kwaliteit worden verstrekt. De geautomatiseerde meetsystemen worden tenminste eenmaal per jaar met behulp van parallelmetingen met de referentiemethoden gecontroleerd.”

Er zijn emissie-eisen aan maximaal 4 componenten bij gewone verbrandingsinstallaties: SO₂, NO_x, CO en stofdeeltjes.

Alleen als er geen Europese CEN normen zijn, mogen andere normen gebruikt worden.

2.3 Afvalverbrandingsinstallaties en afvalmeeverbrandingsinstallaties

Bij verbranding van afval moeten veel meer (schadelijke) stoffen in het rookgas gemeten worden. Ook de monsternametijd is voorgeschreven.

De emissie-eisen voor afvalverbrandingsinstallaties en afvalmeeverbrandingsinstallaties (waste incineration plants and waste co-incineration plants) staan in Bijlage VI van de IED en betreffen:

- Dibenzo-para-dioxinen en dibenzofuranen¹. Deze moeten gemeten worden met een monsternametijd van minimaal 6 tot maximaal 8 uur.

Zowel met een daggemiddelde als een halfuurlijks gemiddelde waarde:

- Totaal stof
- Gas- en dampvormige organische stoffen, uitgedrukt in totale organische koolstof (TOC)
- Waterstofchloride (HCl)
- Waterstoffluoride (HF)
- Zwaveldioxide (SO₂)
- Stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO₂), uitgedrukt in NO₂
- Zware metalen gemeten met een monsternametijd van minimaal 30 minuten tot maximum 8 uur als: cadmium (Cd), thallium (Tl), kwik (Hg), antimoon (Sb), arseen (As), lood (Pb), chroom (Cr), kobalt (Co), koper (Cu), mangaan (Mn), nikkel (Ni) en vanadium (V)
- Koolmonoxide (CO). Hiervoor gelden eisen ook eisen per 10 minuten gemiddelde

De eisen voor dioxines en furanen gelden voor het totaal, waarbij de diverse stoffen een weegfactor hebben. Voor zware metalen zijn er eisen per metaal (bijvoorbeeld kwik) of per groep metalen.

Hier wordt voor wat betreft de meetmethoden in Deel 6 artikel 1.2 van Bijlage VI het volgende aangegeven: “De bemonstering en analyse van alle verontreinigende stoffen, met inbegrip van dioxinen en furanen, de kwaliteitsborging van geautomatiseerde meetsystemen, evenals de referentiemetingen ter ijking daarvan, moeten worden uitgevoerd overeenkomstig de CEN/ISO-normen. Indien er geen CEN-normen bestaan, moeten ISO-normen, nationale normen of andere internationale normen worden toegepast die waarborgen dat gegevens van een gelijkwaardige wetenschappelijke kwaliteit worden verstrekt. Geautomatiseerde meetsystemen worden tenminste eenmaal per jaar aan de hand van parallelmetingen met de referentiemethoden gecontroleerd”.

¹ Het gaat om de volgende 17 stoffen. 2,3,7,8 — Tetrachlorodibenzodioxin (TCDD), 1,2,3,7,8 — Pentachlorodibenzodioxin (PeCDD), 1,2,3,4,7,8 — Hexachlorodibenzodioxin (HxCDD), 1,2,3,6,7,8 — Hexachlorodibenzodioxin (HxCDD), 1,2,3,7,8,9 — Hexachlorodibenzodioxin (HxCDD), 1,2,3,4,6,7,8 — Heptachlorodibenzodioxin (HpCDD), Octachlorodibenzodioxin (OCDD), 2,3,7,8 — Tetrachlorodibenzofuran (TCDF), 2,3,4,7,8 — Pentachlorodibenzofuran (PeCDF), 1,2,3,7,8 — Pentachlorodibenzofuran (PeCDF), 1,2,3,4,7,8 — Hexachlorodibenzofuran (HxCDF), 1,2,3,6,7,8 — Hexachlorodibenzofuran (HxCDF), 1,2,3,7,8,9 — Hexachlorodibenzofuran (HxCDF), 2,3,4,6,7,8 — Hexachlorodibenzofuran (HxCDF), 1,2,3,4,6,7,8 — Heptachlorodibenzofuran (HpCDF), 1,2,3,4,7,8,9 — Heptachlorodibenzofuran (HpCDF), Octachlorodibenzofuran (OCDF)

Voor de meeste stoffen wordt hierbij continu meting geëist (zie Bijlage VI deel 6 paragraaf 2.1). Ook moet op een representatieve plek temperatuur, druk, zuurstofgehalte en waterdampgehalte bepaald worden. Dioxines en furanen en zware metalen moeten minstens 2 keer per jaar gemeten worden.

Bij de meeste stoffen wordt continu meting geëist. Dioxines, furanen en zware metalen moeten twee keer per jaar worden gemeten.

2.4 Emissies en referentie documenten met Best Beschikbare Technieken (BREF)

De IED richtlijn verwijst voor het verlenen van vergunningen ook door naar de BREF (Best Available Technology Reference Document) documenten. Hierin staat wat de emissieniveaus zijn die aan de Beste Beschikbare Techniek (BBT), in het Engels: Best Available Technology (BAT), zijn gekoppeld en die vergunningverleners moeten meenemen bij hun vergunningverlening. In de IED (Annex II) is een lijst gegeven van stoffen in emissies naar lucht die in de vergunningen, indien van belang, terug moeten komen:

1. Zwaveloxide en andere zwavelverbindingen
2. Stikstofoxiden en andere stikstofverbindingen
3. Koolmonoxide
4. Vluchtige organische stoffen
5. Metalen en metaalverbindingen
6. Stof met inbegrip van fijn stof
7. Asbest (zwevende deeltjes en vezels)
8. Chloor en chloorverbindingen
9. Fluor en fluorverbindingen
10. Arseen en arseenverbindingen
11. Cyaniden
12. Stoffen en mengsels waarvan is aangetoond dat zij via de lucht een kankerverwekkende, mutagene of voor de voortplanting gevaarlijke werking hebben
13. Polychloordibenzodioxine en polychloordibenzofuranen

Hierbij is niets vermeld over meetmethoden. Er is een vergelijkbare lijst met stoffen die emissies naar water veroorzaken.

In vergunningen kunnen voor meer stoffen emissie-eisen zijn opgenomen, als deze voor de betreffende locatie van belang zijn.

2.5 Andere eisen: geuremissie bij afvalverbranding

In artikel 52 van de IED is nog een brede verplichting ten aanzien van afval opgenomen: “De exploitant van de afvalverbrandingsinstallatie of afvalmeeverbrandingsinstallatie treft in samenhang met de aflevering en inontvangstneming van de afvalstoffen alle

Bij aanvoer van afvalstoffen worden voorzorgsmaatregelen tegen geurhinder genoemd, maar wordt niets gezegd over een meetmethode.

nodige voorzorgsmaatregelen om de verontreiniging van lucht, bodem, oppervlaktewater en grondwater alsmede andere negatieve milieueffecten, geurhinder en geluidshinder en directe risico's voor de menselijke gezondheid te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken". Hierbij komt wel de emissie van geur aan de orde, maar er wordt hierbij niets gezegd over meetmethoden.

2.6 Andere eisen: gebruik reststoffen bij afvalverbranding

Bij de keuze voor toepassing van reststoffen moet gekeken worden naar het uitlooggedrag. Een meetmethode wordt niet genoemd.

In artikel 53 van de IED gaat het over reststoffen. Ook hier wordt nog gesproken over testen: "Voordat de methoden van verwijdering of recycling van de residuen worden vastgesteld, worden passende tests uitgevoerd om na te gaan welke de fysische en chemische eigenschappen en het verontreinigend vermogen van de residuen zijn. Die tests hebben betrekking op de totale oplosbare fractie en de oplosbare fractie zware metalen". Primair lijkt het hier om het uitlooggedrag te gaan. Er wordt hierbij niets gezegd over meetmethoden.

3

Normen voor het meten van luchtemissies per land

Van verschillende landen is bekeken wat de eisen zijn voor wat betreft het meten van luchtemissies. Zoals in hoofdstuk 2 al aangegeven schrijft de IED voor dat een internationale meetmethode gebruikt moet worden als deze beschikbaar is. Deze zou dan ook bij de diverse landen terug moeten komen

3.1 Nederland

3.1.1 Meetvoorschriften site InfoMil

Door Infomil wordt op de website (www.infomil.nl) een actueel overzicht gegeven van de diverse normen die per stof gelden. De versie van november 2013 is één op één in **Tabel 1**, **Tabel 2** en **Tabel 3** opgenomen (infomil, 2013a). In dit overzicht worden de Europese normen (met EN aanduiding) vermeld. Ook toekomstige EN normen; als deze van kracht worden vervallen de nationale normen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen continue en periodieke metingen. Parallelmetingen zijn periodieke metingen voor de kalibratie van geautomatiseerde meetsystemen.

Een aantal normen heeft niet direct met de emissie zelf te maken maar met de condities, zoals debiet, zuurstofgehalte en vochtgehalte. Deze zijn nodig om de gemeten waarde om te kunnen rekenen naar standaardcondities of emissies per tijdseenheid. Ook voor zaken zoals monsternamen, kwaliteitsborging, etc. zijn er normen ontwikkeld.

Op dezelfde website is ook een handleiding te vinden (InfoMil 2013b) en een groot aantal praktijkwerkborden (zie **Tabel 4**) waarin bepaalde metingen in meer detail zijn beschreven (InfoMil, 2013c). Ook de Vereniging Kwaliteit Luchtmetingen geeft algemene informatie over meetmethoden (VKL, 2009).

Voor Nederland geeft InfoMil een actueel overzicht van de normen met meetmethoden die gelden per stof.

Om te zien of een installatie aan de eisen voldoet moeten ook zaken als debiet, zuurstofgehalte en vochtgehalte gemeten worden.

Naast nummer van de norm zijn er bij InfoMil ook praktijkwerkborden. Ook VKL geeft informatie over meetmethoden.

Tabel 1: Luchtemissienormen in Nederland (deel 1)

Parameter	Type meting	Europese normen	Overige normen	Toekomstige (Europese) normen
CO ₂ , CO	continu		NEN-ISO 12039:2001	
CO	periodiek	NEN-EN 15058:2006		
O ₂	continu		NEN-ISO 12039:2001	
	periodiek	NEN-EN 14789:2005		
C _x H _y (totaal)	continu	NEN-EN 12619:2013		
C _x H _y (individuele componenten)	periodiek	NEN-EN 13649:2001		NEN-EN 13649:2011 Ontw.
NO _x	continu		NEN-ISO 10849:1998	
	periodiek of parallel	NEN-EN 14792:2005		
SO ₂	continu		NEN-ISO 7935:2001	
	periodiek of parallel	NEN-EN 14791:2005		
Stof	continu	NEN-EN 13284-2:2004	NEN-ISO 10155:2002	
	periodiek of parallel	NEN-EN 13284-1:2001		
Deeltjesgrootte	periodiek	NEN-EN-ISO 23210:2009		
Debiet	continu		NEN-ISO 14164:1999	NEN-EN-ISO 16911-2:2011 Ontw.
	periodiek of parallel		ISO 10780:1994	NEN-EN-ISO 16911-1:2011 Ontw.
Vocht / H ₂ O concentratie	periodiek	NEN-EN 14790:2005		
Kwik	periodiek	NEN-EN 13211:2007		
	continu	NEN-EN 14884:2006		
Zware metalen	periodiek	NEN-EN 14385:2004		
NH ₃	periodiek		NEN 2826:1999	

Tabel 2: Luchtemissienormen in Nederland (deel 2)

Parameter	Type meting	Europese normen	Overige normen	Toekomstige (Europese) normen
HCl, Cl	periodiek of parallel	NEN-EN 1911: 2010		
Cl ₂	periodiek		VDI 3488-1:1979	
	periodiek		VDI 3488-2:1980	
HF, F	periodiek		NEN-ISO 15713:2011	
H ₂ S	periodiek		VDI 3486-2:1979	
	periodiek		VDI 3486-2:1979	
PAK	periodiek		NEN-ISO 11338-1:2012	
	periodiek		NEN-ISO 11338-2:2012	
PCB	periodiek	Conform PCDD's en PCDF's ²		
Dioxines (PCDD's en PCDF's)	periodiek	NEN-EN 1948-1:2006		
	periodiek	NEN-EN 1948-2:2006		
	periodiek	NEN-EN 1948-3:2006		
	periodiek	NEN-EN 1948-4:2010		
BTX (benzeen/tolueen/ xyleen)	periodiek	NEN-EN 13649:2001		NEN-EN 13649:2011 Ontw.
Vinylchloride	periodiek		VDI 3493-1:1982	
Acrylonitril	periodiek		VDI 3863-1:1987	
	periodiek		VDI 3863-2:1991	
Geur - concentratie	periodiek	NEN-EN 13725:2006		
Geur - hedonische waarde	periodiek	NEN-EN 1911: 2010	NVN 2815:2005	

² Wel met andere reinigings- en analysemethode

Tabel 3: Luchtemissienormen in Nederland (deel 3)

Parameter	Type meting	Europese normen	Overige normen	Toekomstige (Europese) normen
Asbest	periodiek		ISO 8672:1993	
	periodiek		NEN-ISO 10397:2001	
Prestatiekenmerken meetmethode			NEN 7777:2011	
Gelijkwaardigheid meetmethoden			NEN 7778:2003	
			NPR-CEN/TS 14793:2005	
Onzekerheid van meetresultaten			NEN 7779:2008	
Monstername		NEN-EN 15259:2007		
Monsterbehandeling			NTA 8014:2007	NEN 8014:2012 Ontw.
Meetdoel, meetplan en rapportage		NEN-EN 15259:2007		
Kwaliteitsborging automatische meetsystemen		NEN-EN 14181:2006	NPR 8114:2010	
		NEN-EN 15267-3:2008	NPR-CEN/TR 5983:2010	
		NEN-EN-ISO 14956:2002	NTA 7379:2012	
Kwaliteitsborging meetinstanties		NEN-EN-ISO 17025:2005		
		NEN-EN-ISO/IEC 17020:2012 ³		

³ De toevoeging IEC komt van de International Electrotechnical Commission

Tabel 4: Praktijkbladen InfoMil

Stof	Praktijkblad
Stikstofoxiden (NO _x)	L40-1C continue (bedrijfs)meting; L40-1P periodieke meting
Zwavedioxide (SO ₂)	L40-2C continue (bedrijfs)meting; L40-2P periodieke meting
Stof	L40-3C continue (bedrijfs)meting; L40-3P periodieke meting
Koolwaterstoffen (C _x H _y)	L40-4C continue (bedrijfs)meting; L40-4P periodieke meting
Zuurstof (O ₂)	L40-5C continue (bedrijfs)meting; L40-5P periodieke meting
Vocht (H ₂ O)	L40-6P periodieke meting
Kwaliteitsborging geautomatiseerde meetsystemen (NEN-EN 14181)	L40-7C continue (bedrijfs)meting
Debiet	L40-8P periodieke meting
Zware metalen	L40-9P periodieke meting
Kwik	L40-10P periodieke meting
Dioxines	L40-11P periodieke meting
Eisen voor meetvlakken en meetlocaties en voor doelstelling, meetplan en rapportage van de meting (NEN-EN 15259)	L40-12P periodieke meting
Geur	Geur L40-13P periodieke meting

Tabel 5: Meetmethoden bij Bees A (brandstofeigenschappen)

Grootheid	Type norm	Nummer norm		Uitgave	Titel
Normen voor het vaststellen van brandstofeigenschappen als bedoeld in artikel 6 van Bees A					
Stikstofgehalte van een vloeibare brandstof	ASTM	D 3228	03		Test Method for Total Nitrogen in Lubricating Oils and Fuel Oils by modified Kjeldahl Method
Asgehalte van een vloeibare brandstof	ASTM	D 482	04		Standard Test Method for Ash from Petroleum Products
Stookwaarde van een vaste brandstof	NEN-ISO	1928		2009	Vaste brandstoffen – Bepaling van de verbrandingswarmte met behulp van de bomcalorimeter en berekening van de stookwaarde
Stookwaarde van een vaste secundaire brandstof	NEN-EN	15400	ontw.	2009	Vaste secundaire brandstoffen – Methoden voor de bepaling van calorische waarden
Stookwaarde van vloeibare brandstoffen	NEN	1884		1980	Vloeibare brandstoffen – Bepaling van de verbrandingswarmte met behulp van een adiabatische calorimeter en afleiding van de stookwaarde

Tabel 6: Meetmethoden zwavelgehalte brandstoffen volgens de Regeling brandstoffen luchtverontreiniging

Groetheid	Type norm	Nummer norm		Uitgave	Titel
Gasolie voor mobiele machines	NEN-EN	590		2013	Brandstoffen voor wegvoertuigen - Diesel - Eisen en beproevingsmethoden (2013; eerdere versies zijn ingetrokken)
Zware stookolie en gasolie zeescheepvaart	NEN-EN ISO	8754		2003	Petroleum products - Determination of sulfur content - Energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry (wetgeving noemt nog 1992)
Idem	NEN-EN-ISO	14596		2007	Petroleum products - Determination of sulfur content - Wavelength-dispersive X-ray fluorescence spectrometry. (wetgeving heeft nog met Pr een "in ontwikkeling aanduiding)
Andere gasolie	EN	24260		1994	Petroleum products and hydrocarbons - Determination of sulfur content - Wickbold combustion method (ISO 4260:1987). Wetgeving noemt nog 1987
Idem	NEN-EN-ISO	8754		1992	Zie boven 8754
Idem	NEN-EN-ISO	14596		2007	Zie boven 14596
Vaste brandstof					
- Bemonstering	NEN	3010		1991	Vaste brandstoffen - Monsterneming en monstervoorbereiding van steenkool (ingetrokken in 2012)
- Analyse	NEN-ISO	351		1996	Vaste brandstoffen - Bepaling van het totale zwavelgehalte - Methode door verbranding bij hoge temperatuur
Vloeibare brandstof					
- Bemonstering	ASTM D	4057	12		Standard Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products
- Analyse	NEN-EN-ISO	14596			Zie boven 14596
Gasvormige brandstof					
- Bemonstering	ASTM D	1145	80		Test Method for Sampling Natural Gas (ingetrokken in 1986)
- Analyse	ASTM D	2784	11		Standard Test Method for Sulfur in Liquefied Petroleum Gases (Oxy-Hydrogen Burner or Lamp)
Gas vloeibaar gemaakt					
- Bemonstering	ASTM D	1265	11		Standard Practice for Sampling Liquefied Petroleum (LP) Gases, Manual Method
- Analyse	ASTM D	2784	11		Standard Test Method for Sulfur in Liquefied Petroleum Gases (Oxy-Hydrogen Burner or Lamp)
Interpretatie meetwaarde	NEN EN-ISO	4259		2006	Petroleum products - Determination and application of precision data in relation to testing methods

3.1.2 Meten zwavelgehalte

Aan het Besluit emissie-eisen grote stookinstallaties A (Bees A) (VROM, 1987) is ook een regeling met meetmethoden verbonden (VROM, 2005). Omdat Bees A overgaat naar het Activiteitenbesluit vervalt de regeling per 1 januari 2016. De betreffende normen zijn opgenomen in Bijlage B. De concentratiemetingen in de bijlage zijn gelijk aan die van de InfoMil website. Dit geldt ook voor de normen voor kwaliteitsborging. Bees A geeft ook meetmethoden voor een aantal brandstofeigenschappen die in de wetgeving zijn vermeld. Deze methoden in **Tabel 5** zijn niet genoemd op de InfoMil internet pagina, omdat dit niet direct om het meten van luchtmissies gaat.

Voor het meten van eigenschappen van brandstoffen zijn er vanzelfsprekend ook normen.

Om te voldoen aan een SO₂-emissie-eis kan soms worden volstaan met het aantonen dat de brandstof over een bepaald zwavelgehalte beschikt. Wat bij brandstofeigenschappen in Bees A ontbreekt is een referentie meetmethode voor het zwavelgehalte van brandstoffen. In het Besluit brandstoffen luchtverontreiniging (VROM, 2011), staan wel verschillende eisen aan het zwavelgehalte met verwijzingen naar normen, zie **Tabel 6**. Wat opvalt is dat dit besluit nog steeds verwijst naar normen die er waren bij het formuleren van deze wetgeving. Inmiddels zijn een aantal van deze normen vernieuwd en is er zelfs één norm ingetrokken.

Ook voor het meten van het zwavelgehalte is er een uitgebreide set van normen ontwikkeld. Soms verwijst de wet naar ingetrokken normen.

Voor bepaalde vloeibare brandstoffen wordt in artikel 3.4 en artikel 4.3 lid 1 (zware stookolie) voor de bepaling van het zwavelgehalte verwezen naar artikel 6 lid 2 van de EU Richtlijn zwavelgehalte vloeibare brandstoffen 1999/32/EG (EU, 1999). Ook wordt in het Besluit brandstoffen luchtverontreiniging verwezen naar de regeling brandstoffen luchtverontreiniging (IenM, 2011). Voor gasolie voor mobiele werktuigen (artikel 2.6 lid 3) wordt in deze regeling verwezen naar de EN 590 norm uit 2009. Voor vaste brandstoffen, (andere) vloeibare en gasvormige brandstoffen (artikel 4.2 lid 2) staat in de regeling brandstoffen luchtverontreiniging een uitgebreid artikel 5 met zowel bemonstering als bepaling en interpretatie ervan. Een aantal normen waarnaar verwezen wordt blijkt inmiddels te zijn ingetrokken, zie ook **Tabel 6**.

3.1.3 Activiteitenbesluit

Verschillende soorten emissiewetgeving zijn inmiddels overgezet naar het Activiteitenbesluit (VROM, 2007a) (IenM, 2012)⁴. Bij het Activiteitenbesluit behoort ook een regeling (Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer), met daarin onder andere de normen en meetvoorschriften (VROM, 2007). Een lijst hiervan, inclusief normen voor het meten van luchtmissies is in de regeling opgenomen in artikel 1.2 lid 1. Hier staan ook normen bij. Voor vuurhaarden wordt in artikel 3.7 naar de volgende normen verwezen:

De regeling bij het Activiteitenbesluit verwijst naar normen die allemaal in het overzicht van InfoMil staan.

Voor emissiemeting:

- stikstofoxiden (NO_x): NEN-EN 14792;
- zwaveldioxide (SO₂): NEN-EN 14791;
- onverbrande koolwaterstoffen (C_xH_y): NEN-EN 12619;
- totaal stof: NEN-EN 13284-1 of NEN-EN 13284-2;

⁴ Met elke toevoeging wordt de tekst van het Activiteitenbesluit aangepast. De meest recente versie is te vinden via <http://wetten.overheid.nl/zoeken/>

- zuurstof (O₂): NEN-EN 14789.

Voor Monsternamen geldt: NEN-EN 15259.

Voor kwaliteitsborging NEN-EN 14181.

Dit zijn ook allemaal meetmethoden die door InfoMil op hun internetsite worden genoemd en opgenomen zijn in **Tabel 1**, **Tabel 2** en **Tabel 3**.

Ook normen voor luchtmissies bij afvalverbranding staan in het InfoMil overzicht.

Voor Afvalverbrandings- of afvalmeeverbrandingsinstallaties is de lijst langer. Deze is zichtbaar in **Tabel 7**. De normbladen voor water zijn hier niet opgenomen. Dit zijn ook op één na allemaal meetmethoden die door InfoMil op de site worden genoemd en opgenomen zijn in **Tabel 1**, **Tabel 2** en **Tabel 3**.

De uitzondering is het normblad voor het meten van organisch koolstof in slakken en bodemas (beoordelingsrichtlijn BRL 2307). Dit heeft te maken met artikel 5.18 lid 2 van het Activiteitenbesluit, waarin gesteld wordt dat het ontstaan van afvalverbrandingsresiduen bij de exploitatie van een verbrandingsinstallatie en de schadelijkheid daarvan tot een minimum wordt beperkt. Bij het voldoen aan de beoordelingsrichtlijn kunnen de asresten als ophoogmateriaal worden gebruikt.

Tabel 7: Voorgeschreven meetmethoden afval(mee)verbranding

Stoffen	Normen
Normbladen voor continue van meting emissies naar lucht	
Totaal stof	NEN-EN 13284-2
Normbladen voor periodieke en parallelmetingen van emissies naar lucht	
Totaal stof	NEN-EN 13284-1
Totaal organische koolstof	NEN-EN 12619
Zoutzuur	NEN-EN 1911
Waterstoffluoride	NEN-ISO 15713
Zwavel dioxide (SO ₂)	NEN-EN 14791
Stikstofoxiden (NO _x)	NEN-EN 14792
Koolmonoxide	NEN-EN 15058
Kwik	NEN-EN 13211
Som van cadmium en thallium / Som van antimon, arseen, chroom, kobalt, lood, mangaan, nikkel en vanadium	NEN-EN 14385
Som van dioxinen en furanen	NEN-EN 1948-1 NEN-EN 1948-2 NEN-EN 1948-3
Zuurstof	NEN-EN 14789
Waterdamp	NEN-EN 14790
Debiet	ISO 10780
Normblad totale hoeveelheid organische koolstof in slakken en bodemas	
Totale hoeveelheid organische koolstof	BRL 2307
Algemene normbladen voor kwaliteitsborging	
Kwaliteitsborging geautomatiseerde metingsystemen	NEN-EN 14181
Bekwaamheid laboratoria	NEN-EN-ISO/IEC 17025
Monsternamenstrategie, meetdoel, meetplan en meetrapportage	NEN-EN 15259

3.1.4 Beoordelingsrichtlijn gebruik AVI bodemas in relatie met het Besluit bodemkwaliteit

Voor het gebruik van “AVI bodemas voor ongebonden toepassing in grond- en wegenbouwkundige werken” is door het Kiwa een Nationale beoordelingsrichtlijn (BRL 2307) uitgebracht (Kiwa, 2008). Omdat reststoffen ook voor ECN relevant zijn, wordt in deze paragraaf bij deze richtlijn stilgestaan. De richtlijn is uitgegeven door de Kiwa, die door het Ministerie van Infrastructuur, Leefmilieu en Transport erkend is om certificaten uit te geven en regelingen te maken op gebied van kwaliteitsborging rond het Besluit bodemkwaliteit. Op de Kiwa site wordt gemeld dat op de volgende versie tot september 2013 commentaar gegeven kan worden. De nieuwe richtlijn krijgt AEC bodemas in de titel. Dit komt omdat in de sector tegenwoordig de benaming “afvalenergiecentrale” (AEC) gebruikt wordt. De opbouw is verder gelijk aan de vorige. Omdat deze de nieuwste regelingen bevat is in deze paragraaf alvast de commentaar versie gebruikt.

Eisen aan vaste reststoffen in Nationale beoordelingsrichtlijn van Kiwa.

Wat opvalt is dat ook een gecertificeerde instelling een rapport, waarmee aangetoond wordt dat de eisen voldaan wordt, mag verstrekken. De tekst geeft aan dat de instelling moet voldoen aan een van toepassing zijnde accreditatienorm, te weten:

- NEN-EN-ISO/IEC 17025 voor laboratoria;
- NEN-EN-ISO/IEC 17065 voor certificatie-instellingen die producten certificeren.

Voor de milieuhygiënische eisen gelden de volgende normen:

Samenstelling en emissie (Besluit bodemkwaliteit)

- De monstervoorbehandeling moet plaatsvinden volgens de Nederlandse voornorm (NVN) 7312, waarbij expliciet geldt dat het monster bij $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ tot een constant gewicht wordt gedroogd, zie ook paragraaf 4.5.4 en NVN 7313.
- De samenstellingswaarden voor organische stoffen worden bepaald in overeenstemming met NEN 7330.
- De emissie (uitloging van anorganische stoffen) dient te worden bepaald overeenkomstig NEN 7373 dan wel NEN 7383, of NVN 7384.

Gehalte aan asbest (Besluit bodemkwaliteit)

- Het Asbestgehalte moet bepaald worden via NEN 5897.

Gevaar eigenschappen (Eural) (Europese afvalstoffen)

- Hiervoor geldt NEN 7320.

Gloeiverlies / TOC (Besluit vrijstelling stortverbod buiten inrichtingen)

- AEC-bodemas moet voldoende zijn uitgebrand en moet een gloeiverlies hebben van minder dan 5,5% (m/m) óf een totale hoeveelheid organisch koolstofgehalte (TOC) van minder dan 3% (m/m). Het gloeiverlies van AEC-bodemas wordt bepaald met behulp van proef 28 “Gloeiverlies, organisch-stofgehalte en CaCO_3 -gehalte”, van de Standaard RAW Bepalingen (RAW, 2011, 2013).
- Het totale organisch koolstofgehalte (TOC) wordt bepaald overeenkomstig NEN-EN 13137.

De beoordeling van de asresten gebeurt met Nederlandse normen.

Daarnaast zijn er nog normen voor korrelverdeling, gehalte fijne bestanddelen, los metallisch ijzer, korreligheid, vlakheidindex, de Los Angeles coëfficiënt⁵. Ook is er een uitgebreide beschrijving rond de monsternamen en is de frequentie aangegeven waarmee de metingen moeten worden uitgevoerd. Omdat dit toch een heel andere categorie normen betreft dan elders in dit rapport, zijn deze normen hier niet verder uitgewerkt. Een namenlijst van de normen is aanwezig in de genoemde publicatie (Kiwa, 2013).

Overigens is er volgens de Regeling bodemkwaliteit (VROM, 2008c) ook een document BRL9302: "E-bodemas en KV-slak in ongebonden toepassing op of in de bodem in grond- en wegenbouwkundige werken" uit 2008, met een wijzigingsblad van 1 juni 2012.

3.2 Ierland

Als er geen standaarden zijn kan ook in Ierland via een kwaliteitsmanagement systeem aan de eisen worden voldaan.

Volgens de Ierse EPA moeten emissies volgens de BREF gemeten worden door ISO 17025 gecertificeerde bedrijven (EPA Ireland, 2012). In Ierland was dit nog niet het geval, maar is deze eis per 1 januari 2014 ingevoerd. Naast de ISO certificering moeten de meetbedrijven ook aan de relevante eisen van de internationale standaarden CEN/TS 15657 en EN 15259 voldoen. Niet voor alle emissies is certificering nodig. In sommige gevallen kan volstaan worden met een quality management system (QMS) en gedocumenteerde procedures (zie **Tabel 8**). De opname van stoffen in deze laatste groep is een indicatie dat hier nog geen internationale normen voor beschikbaar zijn.

Tabel 8: Invoering certificering in Ierland

	Gecertificeerd per januari 2014	Gecertificeerd per januari 2015	QMS systeem en gedocumenteerde procedures (voorbeelden)
Stofnaam of stofsoort	Totaal stof NO _x , SO ₂ , CO VOC (met vlam ionisatie detectie) Snelheid en temperatuur Dioxines Zuurstof Vochtgehalte	HCl Formaldehyde Metalen (incl Kwik) Speciale organische stoffen; bijvoorbeeld TA lucht organische stoffen (I, II en III)	Geur Mercaptanen H ₂ S en amines CVOCs ⁶ , Fenol Totaal aldehyde Isocyanide, Methanol, MDI ⁶ Bioaerosols, MIBK ⁶ Isopropanol Isopropyl acetate PM10. PM 2.5 en anderen HF NH ₃

⁵ De Los Angeles coëfficiënt bepaalt de weerstand tegen verbrijzeling van grove granulaten. Een lage LA coëfficiënt betekent een goede weerstand tegen verbrijzeling.

In een rapport uit 2007 (EPA Ireland, 2007) wordt in een soort handleiding, waarvoor onder andere overleg is geweest met England en Wales, uitgebreid ingegaan op hoe metingen moeten worden uitgevoerd. Dit betreffende document bevat ook een hiërarchie van standaarden:

Allereerst:

- Comité Européen de Normalisation (CEN).
- International Standardisation Organisation (ISO).

Daarna volgen:

- American Society for Testing and Materials (ASTM).
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI).
- British Standards Institution (BSI).
- Association Francaise de Normalisation (AFNOR).
- Deutsches Institute fur Normung (DIN).
- United States Environmental Protection Agency (US EPA).

Mocht het nog niet mogelijk zijn om de methoden hierboven te gebruiken dan kan een meetmethode ontwikkeld en gevalideerd worden, waarbij conform CEN/TS 14793 wordt gehandeld:

- Method for the Determination of Hazardous Substances (MDHS) series. Dit is gepubliceerd door de Health and Safety Executive (HSE).
- National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH).
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA).

In de betreffende rapportage is een beschrijving opgenomen van de diverse meetmethoden. Ook is er een lijst met per stof (groep) de aangewezen methode (norm). Hieruit is af te leiden, waar al Europese normen beschikbaar zijn en waar niet. Het overzicht is zichtbaar⁷ in **Tabel 9**, **Tabel 10**, **Tabel 11** en **Tabel 12**. In de betreffende publicatie zijn ook de nodige opmerkingen over de meetprocedure gemaakt. Een deel hiervan is in de tabellen opgenomen. Voor meer details wordt naar het rapport verwezen (EPA Ireland, 2007). Opgemerkt moet nog worden dat het rapport uit 2007 is. Hierna zijn inmiddels een aantal procedures vernieuwd of door nieuwe normen vervangen.

Ierland heeft handleiding voor meetmethoden. Ook is er een ranglijst waarin staat dat CEN en ISO normen de voorkeur hebben.

Als er geen CEN of ISO normen zijn wordt verwezen naar ASTM, VDI, BSI, AFNOR, DIN en US EPA.

Mocht er geen bruikbare methode beschikbaar zijn, dan kan er een worden ontwikkeld.

De Ierse nationale handleiding bevat een lijst met te gebruiken meetmethoden met per norm diverse aandachtspunten.

⁷ Omdat vertalen extra tijd zou kosten en niet aan duidelijkheid zou winnen is het overzicht in het Engels.

Tabel 9: Aangewezen meetmethoden in Ierland (2007) deel 1

Determinand	Preferred Methods	Remarks
Aldehydes	EN 13649 (sampling) NIOSH (analyses)	
Amines and amides	EN 13649 (sampling) NIOSH analyses or Colorimetric Indicator tubes	There is a small number of suppliers of colorimetric indicator tubes for Amines. These may be applicable as tools both for semi-quantitation and as screening methods to determine whether more extensive analysis methods above are required.
Ammonia	US EPA 26 (sampling) No general analytical method Colorimetric Indicator tubes	Impingement is achieved using dilute H ₂ SO ₄ and Ion Chromatography is the most common form of analysis Tubes work with PH, so other compound can react as well.
Carbon monoxide	EN 15058	It describes the Non Dispersive Infra-Red (NDIR) analytical technique.
Dioxin/Furan	EN 1948 Part 1, 2 and 3	Choose between three methods: 1) Filter/Condenser Method 2) Dilution Method 3) Cooled Probe Method.
Formaldehyde (wood product sources)	NCASI Method C1/WP-98.01	The source gas is drawn through at least two midjet impingers, each containing chilled organic free water. Formaldehyde, Methanol, Ketones and Phenols are absorbed by the water. Per compound different analyses methods.
Gas velocity and temperature	EN 13284 Part 1 or ISO9096	The stated scope of each of these two standards is the isokinetic sampling and determination of particulate (Dust) in waste gas emissions. For this purpose also temperature and flow measurement is needed.
Halogens and halides	US EPA Method 26 & 26A	This method is applicable for determining emissions of hydrogen halides (HX) [HCl, HBr, and HF] and halogens (X ₂) [Cl ₂ and Br ₂] from stationary sources. Sources, such as those controlled by wet scrubbers, that emit acid particulate matter must be sampled using Method 26A.
Hydrochloric acid (gaseous)	I.S. EN 1911 part 1, 2 and 3	The method applies to ducted gaseous streams emitted by waste incinerators, and more generally to waste gases in which HCl concentration may vary between 1 mg/m ³ and 5 000 mg/m ³ under normal pressure and temperature conditions. Trapping agent is reagent grade water.

Tabel 10: Aangewezen meetmethoden in Ierland (2007) deel 2

Determinand	Preferred Methods	Remarks
Total Acids (expressed as HCl)	Sampling based on IS EN 1911 Part1	This parameter is used in licences where acid scrubbers are in operation. The procedure is based on potentiometric titration of the acid impinger solution with dilute Sodium Hydroxide to neutrality.
Hydrogen fluoride	ISO 15713	This International Standard is applicable to the measurement of the gaseous fluorides that are entrained in gases carried in stacks or ducts. this standard the impinger solution is 0.1M Sodium Hydroxide. Interaction with HCl.
Hydrogen sulphide	US EPA method 11 Colorimetric indicator tubes	A sample is extracted from a source and passed through a series of midget impingers containing a Cadmium sulphate (CdSO ₄) solution; H ₂ S is absorbed, forming Cadmium sulphide (CdS). The latter compound is then measured by iodometric titration. Colorimetric tubes can suffer from a number of interferences associated with cross sensitivity to compounds such as Sulphur Dioxide and Mercaptans at high concentrations.
Mercury	EN 13211	This standard is validated for the determination of the mass concentration of total mercury in exhaust gases from the incineration of waste for the concentration range of total mercury from 0,001 mg/m ³ to 0,5 mg/m ³ .
Metals	VDI 3868 part 1 (sampling). VDI 2268 parts 1-4 (analysis)	These series of German standards offer a broad approach to the problem of the analysis of a wide range of trace metals in particulate and gaseous forms but are now a little dated. They bear strong similarities to I.S. EN 14385 below however the latter has been specifically validated for assessment of emissions from incinerators.
Metals (As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl and V)	I.S. EN 14385	This European Standard specifies a manual reference method for the determination of the mass concentration of specific elements in exhaust gases from hazardous and municipal waste incinerators. The method is applicable to each of the specific elements in the concentration range of 0,005 mg/m ³ to 0,5 mg/m ³ .
Nitrogen oxides	I.S. EN 14792	This European Standard describes the chemiluminescence method, including the sampling and the gas conditioning system, to determine the NO/NO ₂ /NO _x concentrations in flue gases emitted from ducts and stacks at atmosphere.
Odour	Odour	This European Standard (EN) specifies a rigorous method for the objective determination of the odour concentration of a gaseous sample using dynamic olfactometry with human assessors. The odour concentration at the detection threshold is by definition 1 ouE/m ³ . Range 10 ¹ ouE/m ³ to 10 ⁷ ouE/m ³ (including pre-dilution).
Organic carbon (Individual gaseous compounds)	Adsorption onto ATD tubes. Analysis by GCMS / Solvent desorption as appropriate	ATD is Automatic Thermal Desorber; GCMS is Gas chromatography–mass spectrometry. The use of selective polymeric resins such as Tenax™/ SpheroCarb™ or similar highly retentive material allows considerable scope and flexibility for the assessment of organic emissions. Tubes can be packed with multiple sorbents in series to ensure quantitative trapping.

Tabel 11: Aangewezen meetmethoden in Ierland (2007) deel 3

Determinand	Preferred Methods	Remarks
Organic carbon (Individual gaseous compounds)	I.S. EN 13649	This European Standard specifies procedures for the sampling onto activated carbon, the preparation and the analysis of samples of volatile organic components such as those arising from solvent using processes (most commonly used solvent CS ₂).
Organic carbon (Individual gaseous compounds)	US EPA Method 18	EN13649 is the preferred method.
Organic carbon (Individual gaseous compounds)	VDI 3481 parts 2, 3 and 6.	Gaseous emission measurement Part 2 Determination of gaseous organic carbon in waste gases - Adsorption on silicagel; Part 3 Determination of volatile organic compounds, especially solvents, flame ionization detector (FID); Part 6 Choice and application of methods of measuring total gaseous organic carbon.
Organic carbon (Individual gaseous compounds)	VDI 2457 parts 2-7	Part 2 Gaseous emission measurement – Gas chromatographic determination of organic compounds -Sampling by absorption in a solvent (2-(2-methoxyethoxy)ethanol, methyldiglycol) at low temperature Part 7 Gaseous emission measurement – Gas chromatographic determination of acetic acid esters with boiling points up to 90 °C.
Organic carbon (Total gaseous at low concentrations)	I.S. EN 12619	Defines a set of minimum performance requirements for an instrument using flame ionization detection, together with procedures for its operation and calibration, for the measurement of the mass concentration of total gaseous organic carbon (TOC) in stationary source combustion emissions.
Condensable Volatile Organic Compounds (CVOCs)	Document not clear	The standard is not mentioned. For solvent using processes EN13526 should be used. The Draft BEF on Production of Wood-based Panels mentions NIOSH 1500 (used for CVOC, hydrocarbons with boiling point 36 – 126 °C).
Organic carbon (Total gaseous from solvent processes)	I.S. EN 13526	
Oxygen	I.S. EN 14789	Oxygen will generally be determined using proprietary Flue gas analysers fitted with Oxygen sensitive sensors for this purpose.
PAH's	ISO 11338 part 1 (3 sampling methods) and part 2 (analyses)	This method is used for the mass concentration of PAH in flue gas emissions from stationary sources such as aluminium smelters, coke works, waste incinerators, power stations, and industrial and domestic combustion appliances. It does not deal with the sampling of fugitive releases of PAHs.

Tabel 12: Aangewezen meetmethoden in Ierland (2007) deel 4

Determinand	Preferred Methods	Remarks
Particle size fractionation	US EPA method 201A	For particulates from 10 µm (PM10). Does not measure condensable emissions. New standards are being developed by ISO in cooperation with CEN and will be published in 2008 and comprises a standard for below 50 mg/m ³ using impactors of different design and performance characteristic to M201a. The second standard is for above 50 mg/m ³ and uses cyclones similar to those in M201a.
Particulate	ISO 9096	This standard is similar to EN 13284-1 but with a higher range of 20 to 1000 mg/m ³ . Uses Gravimetric assay of dust filters.
Particulate (low range)	I.S. EN 13284 Part 1	For ducted gaseous streams with concentrations below 50 mg/m ³ . This Standard is primarily developed and validated for gaseous streams emitted by waste incinerators. This analysis is extremely challenging. A number of difficulties exist with the robustness of sampling and measurement procedures.
PCB's	I.S. EN 1948 Part 1, 2 and 3	Refer to scope for Dioxins. A revised standard (soon to be published) has a Part 4 section that deals specifically with PCB's. While PCBs can be determined in the same trap as Dioxins / PCDFs it is recommended that separate traps are used to ensure maximum recovery.
Phenols & Cresols	I.S. EN 13649 (sampling) NIOSH or OSHA methods (analysis) Impinger sampling with IS EN 1911 Part1	EN 13649 is a general sampling method. Select the NIOSH (or OSHA) analytical method that is specific to the pollutant of interest. IS EN 1911 uses aqueous impingers for the trapping of acid gases however the extremely hydrophilic nature of Phenols / Cresols means that they can also be trapped in impingers for determination as Phenol Index (Colorimetry), or individual phenols by HPLC or GC
Sulphur dioxide	I.S. EN 14791	Sulphur Dioxide will generally be determined in-situ using proprietary Flue gas analysers fitted with infra-red cells for this purpose.
Validation of an alternative method	I.S. CEN TS 14793	The purpose of including this section is to highlight the approach required to developing and validating an entirely new procedure for air emissions monitoring
Water vapour	I.S. EN 14790	Assessment is by volumetric / gravimetric analysis using impingers / Silica gel traps.

3.3 Groot Brittannië

De UK heeft een uitgebreide set met handleidingen over het meten van emissies naar lucht. Het document M2 voor luchtemissies is recent (2013).

Vergelijkbaar met Ierland heeft ook het Environment Agency van Groot Brittannië een handleiding voor het meten van schoorsteenemissies uitgebracht (Environment Agency, 2013). Dit is het M2 in een publicatielijst met nog meer methoden. Een deel hiervan heeft ook betrekking op het meten van de buitenlucht:

- M1 - sampling requirements for stack emissions monitoring.
- M2 - monitoring of stack emissions to air.
- M3 - how to assess monitoring arrangements for emissions to air in EPR permit applications.
- M4 - guidance for ash sampling and analysis.
- M8 - monitoring ambient air.
- M15 - monitoring PM10 and PM2.5.
- M16 - monitoring volatile organic compounds and methane in stack gas emissions.
- M17 - monitoring ambient particulates in air around waste facilities.
- M18 - monitoring discharges to water and sewer.
- M20 - quality assurance of continuous emissions monitoring systems.
- M21 Stationary source emissions — a procedure to use an alternative method for measuring emissions of sulfur dioxide, using instrumental techniques.
- M22 - measuring stack gas emissions using FTIR instruments.

Hier zijn in de overzichten alleen de handmatige metingen opgenomen. Er is ook een lijst voor continumetingen.

In **Tabel 13**, **Tabel 14** en **Tabel 15** zijn de procedures voor het meten van schoorsteenemissies opgenomen. Het gaat hierbij alleen om de handmatig gemeten emissies. Een aantal emissies kan ook direct met meetinstrument gemeten worden. Hiervoor wordt verwezen naar de publicatie (Environment Agency, 2013). Alleen indien geen handmatige techniek beschikbaar was, is in de tabel de instrumentele meting weergegeven.

Tabel 13: Handmatige (manual) meetmethoden in de UK (deel 1)

Stof	Monitoring technique	Monitoring standard
1. Aldehydes	None in common use for aldehydes specifically.	Sampling BS EN 13649, analysis to NIOSH 2016 or NIOSH 2541 for formaldehyde, NIOSH 2539 for aldehyde screening.
	Isokinetic extraction and impingement into water. Analysis by spectrophotometric determination of Pararosaniline derivative.	US EPA Method 316.
2. Amines and amides	Non-isokinetic sampling ¹ and collection on silica gel tubes. Analysis by GC	Sampling BS EN 13649, NIOSH 2002 and NIOSH 2010 for analysis.
3. Ammonia	Non-isokinetic and isokinetic sampling and impingement into dilute H ₂ SO ₄ . Analysis by IC1.	Procedural requirements of BS EN 14791 for sampling.
4. Arsine	Extractive sampling onto sorbent, solvent extraction and analysis by AA with a graphite furnace.	Procedural requirements of BS EN 13649 for sampling and NIOSH 6001 for analysis.
5. Bioaerosols	Isokinetic sampling and impingement into saline solution. Analysis by serial dilution and cultivation onto agar plates followed by counting of visually recognizable colonies following cultivation.	VDI 4257 Blatt 2.
6. Carbon dioxide		Instrumental: ISO 120391.
7. Carbon monoxide	Extractive sampling and NDIR analyzer.	Instrumental: BS EN 15058.
8. Carbon disulphide	Non-isokinetic sampling and collection on charcoal sorbent tube. Analysis by GC.	Procedural requirements of BS EN 13649 for sampling, NIOSH 1600 for analysis.
9. Carbonyl sulphide	Portable GC with appropriate detector (GC-FID, GC-PID, GC-ECD.)	Instrumental: US EPA Method 15.
10. Carboxylic acids	Extractive sampling onto carbon sorbent. Solvent desorption by formic acid, analysis by GC-FID.	Sampling BS EN 13649, NIOSH 1603 for analysis.
11. Dioxins and furans	Isokinetic sampling, extraction, then GC-MS analysis.	BS EN 1948: Parts 1,2 and 3 and MID.
12. Gas velocity and temperature	Traverse of sample plane using Pitot probe with manometer and thermocouple.	BS EN 13284-11.
13. Halogens and halides (excluding methods specific to monitoring HCl and HF)	Non-isokinetic or isokinetic sampling and impingement. Analysis by ion chromatography.	US EPA Method 26 (non-isokinetic) and 26A (isokinetic).
14. Homogeneity test	Measurement of gas concentrations using a grid measurement approach	Instrumental: BS EN 15259 (section 8.3) and MID ⁸ .
15. Hydrogen chloride	Isokinetic /non-isokinetic sampling and impingement. Analysis by titration, spectrometry or IC.	BS EN 1911.
16. Hydrogen cyanide	Isokinetic sampling and impingement. Analysis by ion chromatography.	US EPA OTM29.
17. Hydrogen fluoride	Isokinetic or non-isokinetic sampling and impingement. Analysis by ion selective electrode.	BS ISO 15713 and MID.
18. Hydrogen sulphide	Non-isokinetic sampling. Impingement in cadmium sulphate. Analysed idiomatically.	US EPA Method 11.
	Non-isokinetic sampling and collection on charcoal tube.	Procedural requirements of BS EN 13649 for sampling, NIOSH 6013 for analysis.
19. Isocyanates	Isokinetic sampling onto a filter coated with 1-(2-pyridyl) piperazine. Analysis by HPLC.	US EPA CTM 36 (sampling), CTM 36 A (analysis).

⁸ MID's staat voor: use of Agency Method Implementation Documents

Tabel 14: Handmatige (manual) meetmethoden in de UK (deel 2)

Stof	Monitoring technique	Monitoring standard
20. Mercaptans (thiols)	Extractive sampling onto a desorption tube with a molecular sieve or a dual bed sorbent ATD tube with an inert coating designed for sulphur compounds, including mercaptans. Analysis by GC-FPD or GC-MS.	BS EN 13649 for sampling. None published for analysis.
	Extractive sampling onto a mercuric acetate treated filter, analysis by GC-FPD or GC-MS.	None published, NIOSH 2542 for analysis.
21. Metals	Isokinetic sampling and impingement. Analysis by CVAAS, ICPMS or AFS.	BS EN 13211 (see MID for BS EN 143851).
	Isokinetic sampling and impingement. Analysis by ICPMS, ICP-OES or AAS.	BS EN 14385 and MID1.
	Isokinetic sampling and impingement. Analysis by IC.	US EPA Method 0061.
22. Methane	Extraction into a gas sampling bag or canister. Analysis by GC-FID.	BS EN 25139.
23. Methanol	Extractive sampling onto sorbent and analysis by GC.	Sampling BS EN 13649, analysis NIOSH 2000 or OSHA 91.
24. Nitric acid vapour	Non-isokinetic sampling into impingers containing alkaline potassium permanganate. Analysis by IC.	USEPA M7d.
25. Nitrogen monoxide and nitrogen dioxide	Extractive sampling and chemiluminescence analyser.	Instrumental: BS EN 14792; also other related to EN 14792.
26. Nitrous oxide (Dinitrogen monoxide)	Extractive sampling and NDIR analyser.	Instrumental: BS EN ISO 21258; also other related to EN 21258.
27. Odour	Extractive sampling into inert containers. Assessment by olfactometry using an odour panel.	BS EN 13725.
28. Oil mist	Isokinetic sampling, extraction into cyclohexane, then gravimetric analysis.	BS EN 13284-1 with analysis based on MDHS 84.
29. Oxygen	Paramagnetic analyser, Zirconium cells or Electrochemical cell.	Instrumental: BS EN 14789.
30. PAHs	Isokinetic sampling, extraction, then HPLC or GC-MS analysis.	BS ISO 11338-1,2.
31. Particulate matter	Isokinetic sampling followed by weighing.	BS EN 13284-1 and MID; BS ISO 9096 above 50 mg/Nm ³ .
32. Particulate matter size fractionation	Impaction based on a round nozzle two stage impactor.	BS EN ISO 23210. Allows simultaneous measurement of <PM10 to >PM2.5 concentrations and <PM2.5 concentrations using a cascade impactor.
33. PCBs (dioxin like)	Isokinetic sampling, extraction, then GC-MS analysis.	BS EN 1948-4.
34. Phenols and cresols	Extractive sampling onto XAD-7 sorbent resin. Methanol desorption and analysis by HPLC-UV detection.	Sampling BS EN 13649, OSHA 32 for analysis.
	Extractive sampling onto XAD-7 sorbent resin. Methanol desorption and analysis by GC-FID.	Sampling BS EN 13649, NIOSH 2546 for analysis.
35. Phosphorous and its inorganic compounds	Non-isokinetic extraction and impingement. Analysis by visible spectrophotometry.	Procedural requirements of BS EN14791, NIOSH 6402 for analysis.
	Non-isokinetic extraction and adsorption onto mercuric cyanide-treated silica gel tubes. Analysis by colorimetry.	Procedural requirements of BS EN13649, NIOSH 6002 for analysis. OSHA ID180 may also be used for analysis.
	Isokinetic extraction and impingement. Analysis by AAS or ICAP.	BS EN14385 (see metals).

Tabel 15: Handmatige (manual) meetmethoden in de UK (deel 3)

Stof	Monitoring technique	Monitoring standard
36. Quality assurance of CEMs (EN 14181 – QAL2 & AST		BS EN 14181 and MID.
37. Siloxanes	VOC sampling techniques with GC MS analysis.	BS EN 13649 or procedural requirements of BS EN 14791.
38. Sulphur dioxide	Non isokinetic / isokinetic extraction and impingement into hydrogen peroxide solution. Analysis by IC or Thorin method.	BS EN 14791.
39. Sulphuric acid including sulphuric acid mist and sulphur trioxide	Isokinetic extraction and impingement with propan-2-ol. Analysis by barium-thorin titration method or IC.	US EPA method 8.
40. Tar and bitumen fume	Isokinetic sampling, extraction into cyclohexane, then gravimetric analysis.	BS EN 13284-1 with analysis based on MDHS 84.
41. Total reduced sulphur compounds (TRS)	Non-isokinetic sampling. Combustion of S in sample to SO ₂ , analysis by barium-thorin titration.	US EPA Method 15A (combustion air added) or 16A (no combustion air added).
42. VOCs (speciated)	Extractive sampling onto sorbent, solvent extraction and analysis by GC with appropriate detector.	BS EN 13649.
43. VOCs (total)	Extractive sampling and FID analyser	BS EN 12619.
44. Water vapour (moisture)	Gravimetric (impingers).	BS EN 14790.

Overigens hebben ook andere landen handleidingen met welke methoden er bij het meten van luchtemissies gebruikt moeten worden. Zie bijvoorbeeld voor Duitsland (UBA, 2008). België heeft een “Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht (LUC) - versie 28/06/2013⁹” met daaronder een groot aantal document. Een voorbeeld hiervan betreft het meten van CO, CO₂, SO₂, NO_x, O₂ en TOC (Vito, 2013). Het compendium is door de minister goedgekeurd en is per 1 juli 2013 in werking getreden.

Ook andere landen als Duitsland en België hebben handleidingen/voorschriften voor monsterneming, meting en analyse van luchtemissies.

⁹ <http://www.emis.vito.be/luc-2013>

4

Beschrijving ECN meetmethoden

4.1 Hoofdpijnen bij een meting

In hoofdpijnen kan onderscheidt gemaakt worden in drie stappen. In de beschrijving van de methoden die ECN gebruikt komen deze ook terug.

Drie stappen: Goede monstername, correcte monsterbehandeling en een analyse methode die regelmatig geijkt wordt.

Allereerst de monstername. Dit moet op de juiste plek gebeuren (representatief) en vooral op het moment dat er stofdeeltjes of waterdruppels aanwezig zijn ook isokinetisch (er mag geen snelheidsverschil zijn tussen de gasstroom die het monstername pijpje ingaat en het omringende gas). Voorts moet voorkomen worden dat het onderweg tussen monstername punt en monsteropvang mis gaat. Bijvoorbeeld door condensatie. Ook is het van belang dat het volume correct wordt bepaald en zaken als zuurstofgehalte en watergehalte. Ook controle op lektheid is van belang.

Het tweede is de monstername zelf. Het filter of de wasvloeistof moet correct zijn. Van belang is dat hier rekening gehouden wordt met mogelijk verstovende stoffen. Soms moet zowel de wasvloeistof als het stoffilter worden meegenomen om de total hoeveelheid van een stof te bepalen inclusief de naspoelvloeistof van de leidingen.

De derde stap is de analyse. De analysemethode moet geschikt zijn voor de stof. Verder is het belangrijk dat de apparatuur en de analysemethode regelmatig met gekalibreerd wordt met kalibratievloeistoffen of gecertificeerde referentiemonsters. Bij ECN wordt de apparatuur met regelmaat op deze manier geijkt.

Over het hele traject moet op een correcte manier (volgens voorschrift) gehandeld worden en moet er een goede eenduidige registratie zijn van monstername condities, monsters en analyseresultaten. In een aantal gevallen is er een aanzienlijke opwarmtijd nodig voordat de meetapparatuur op de goede temperatuur is.

4.2 Beschrijving ECN methode en evaluatie

Hieronder volgt per stof de beschrijving van de ECN meetmethode. De meetmethode is vergeleken met de gebruikelijke meetnorm, indien deze beschikbaar is. Onder het kopje evaluatie zijn hierna eventuele opmerkingen opgenomen. Op basis van de beschrijving van de ECN werkwijze en de meetnorm kan de conclusie getrokken worden de ECN methode in het algemeen voldoende representatief is. Op de gebruikte ECN apparatuur, bijvoorbeeld in de beschrijving van het meten van totaal stof hieronder, wordt in hoofdstuk 5 meer in detail ingegaan.

ECN meetmethode over het algemeen voldoende representatief.

4.2.1 Totaal stof

ECN methode beschrijving:

Bij ECN wordt totaal stof in rookgas bepaald door isokinetisch te bemonsteren via een RVS filterhouder met kwartsvezel vlak filter (QMA) of nuclepore filter (afhankelijk van de temperatuur). Allereerst wordt met een pitotbuis het rookgasdebiet in het rookgaskanaal bepaald (op enkele punten) alsmede de temperatuur, druk en vochtgehalte. Uit deze gegevens wordt een geschikte diameter van de aanzuigmond op de monsternameprobe bepaald en wordt het isokinetisch aanzuigdebiet berekend en ingesteld voor de pompkist. Gedurende een bepaalde tijd wordt het stof isokinetisch aangezogen via een (verwarmde) monsternameprobe door een verwarmd filterhouder met vlakfilter, een gaskoeler (of gekoelde wasflessen) voor condensaat afvang en een pompkist met silicagel droogmiddel, drukmeter, debietmeter, thermokoppel en gasmeter. Voor de monstername wordt een lektest voor controle op lekdichtheid uitgevoerd. Ook wordt de gasmeter vooraf gecontroleerd met een gecertificeerde debietmeter. Door het filter voor en na monstername te wegen op een gecertificeerde analytische balans wordt het totaal stofgehalte in het rookgas op basis van het bemonsterde rookgasvolume in het rookgas berekend in mg/Nm^3 (droog gas van 273 K en 101,3 kPa).

De totaal stof monstername kan in plaats van extractief ook “in stack” worden uitgevoerd door de filterhouder met aanzuigmond op de kop van de monstername probe te monteren.

ECN heeft meerdere meetprobes en kan zelf ook probes op maat laten maken in de werkplaats.

Naast totaal stof kan ECN ook stof bemonsteren met een cyclonenset of bedas of vliegmonsters nemen en laten analyseren op het laboratorium op elementsamenstelling.

De ECN totaal stof methode komt voor een groot deel overeen met NEN-EN 13284-1: 2001 “periodiek”. Dat niet aan alle details genoemd in de norm wordt voldaan, heeft te maken met de debiet meting die voorschrijft dat de pitotbuizen en de droge gasmeters moeten worden gekalibreerd (zie ook paragraaf 4.2.26).

De groep Bio Energy van ECN Biomass & Energy Efficiency (ECN BEE) heeft apparatuur voor stofmonstername beschikbaar. Het gaat hierbij om monstername probes, pompkisten, vlakfilterhouders, impactoren, cyclonenset, silicagel drogers, koelbaden

ECN heeft alle apparatuur om op locatie te meten beschikbaar.

met wasflessen, drukmeters, pitotbuizen (niet gekalibreerd), thermokoppels met temperatuur uitlezing zie ook hoofdstuk 5.

Volautomatische systemen voor stofmonstername zijn op de markt te koop.

ECN BEE heeft geen automatische monstername systemen voor stofmonstername die zichzelf regelen afhankelijk van wisselende temperaturen en debieten. Deze zijn wel op de markt.

Evaluatie:

Opgemerkt moet worden dat zeer kleine stofdeeltjes door het filter heengaan en net als in de EN test methode niet worden gemeten. ECN werkt ook isokinetisch.

4.2.2 Deeltjesgrootte (periodiek)

ECN methode beschrijving:

Monstername zoals hierboven (paragraaf 4.2.1) maar in plaats van een heet stoffilter wordt nu een impactor gebruikt. De monstername kan “in situ” of extractief plaatsvinden. Ook een combinatie van impactor met vlakfilter kan worden toegepast. Vaak wordt eerst een totaal stofmeting gedaan om een indicatie te hebben van de hoeveelheid stof en de monstername tijd voordat een impactormeting wordt uitgevoerd. De precutter en verschillende stages van de impactor vangen verschillende deeltjesgroottes af. Er worden afhankelijk van de temperatuur en stofdeeltjes diverse substraat materialen toegepast op de stages. Dit kan kunststof of RVS zijn. Ook kan gekozen worden tussen het gebruik van droge depositie substraten of invetten van substraten. Gravimetrisch kan worden bepaald hoe groot de massa percentages zijn voor een bepaalde deeltjesgrootte verdeling door de substraten op de stages voor en na te wegen. Tevens kunnen deze monsters nog worden geanalyseerd op zware metalen gehalte met Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES) of worden bekeken/geanalyseerd met Scanning electron microscope (SEM) in combinatie met element analyse.

Evaluatie:

ISO 23210 gebruikt ook de cascade impactor. De methode registreert geen secundair aerosol, dat later in het rookgas gevormd wordt. ECN koppelt aan de meting nog nadere analyses om niet alleen het gewicht maar ook de aard en samenstelling vast te stellen.

4.2.3 Deposiet

ECN methode beschrijving:

Voor het bepalen van “fouling” van installatie onderdelen (afzet van vuil en stof op koelers of warmtewisselaars) kan ECN een depositiemeting doen. Op een (gekoelde) probe wordt een substraat gemonteerd die gedurende een bepaalde tijd in het proces wordt gebracht bij een te bepalen temperatuur. Tijdens de meting kan al een indicatie worden gegeven over de dikte van het deposiet aan de hand van een verminderde warmteoverdracht. Zo kan de monstername op tijd worden gestopt voordat het deposiet weer van het substraat valt. Na afloop wordt de hoeveelheid deposiet bepaald en vindt analyse plaats via SEM analyse of ICP analyse om de samenstelling en deeltjesgrootte van het deposiet te bepalen.

Evaluatie:

Geen NEN norm gevonden.

4.2.4 Gasvormige organische verbindingen (TOC)

Gasvormige organische verbindingen kunnen uitgedrukt worden als totaal organisch koolstof (TOC). De gebruikelijke eenheid is mg C/Nm^3 in propaanequivalenten. De flamionisatiedetector wordt namelijk gekalibreerd met propaan. Deze meting wordt nog niet uitgevoerd bij ECN. Indien gewenst kan ECN deze methode opzetten en uitvoeren.

Evaluatie:

Hoewel dit niet volgens de norm is, wordt ook wel gekalibreerd met methaan. De norm waarna verwezen wordt is EN 12619. In Nederland wordt naar deze norm verwezen voor het meten van C_xH_y . De vraag doet zich voor of er dan nog verschil is tussen TOC en C_xH_y als beide in mg C/Nm^3 worden uitgedrukt (zie ook paragraaf 4.2.10).

Is er nog wel verschil tussen de meting van gasvormige organische verbindingen (TOC) en van totaal koolwaterstoffen (C_xH_y).

4.2.5 Zoutzuur (HCl)

ECN methode beschrijving:

Voor HCl hanteert ECN een extractieve methode. Hierbij wordt rookgas uit het rookgaskanaal via een metalen of kwarts monstername probe en verwarmd filter (optioneel) bemonsterd met wasflessen met demiwater of verdund salpeterzuur. Het hete ($> 120^\circ\text{C}$) rookgas met daarin gasvormig HCl condenseert en lost op in de wasfles oplossing. Het leidingwerk na het hete filter wordt nagespoeld. De oplossing wordt in het ECN laboratorium geanalyseerd op het chloride gehalte via ionchromatografie. Er wordt een blanco analyse meegenomen. Het ECN laboratorium is voor de analyse Sterlab geaccrediteerd. Het geanalyseerd Cl gehalte wordt teruggerekend naar een gehalte in het rookgas mg/Nm^3 HCl.

Het kan zijn dat HCl reageert met stof of bij afkoelen leidt tot zoutvorming in de probe en/of op het filter. Dit wordt niet meegenomen in de analyse. Het stof kan namelijk zelf ook al zouten bevatten. Het gaat dus om gasvormig HCl bij een te bepalen monstername temperatuur.

Evaluatie:

De methode lijkt vergelijkbaar met EN 1911 (VKL, 2009).

Bij HCl, HF en SO_x wordt alleen het gehalte in gasvorm gemeten. Ze kunnen zich ook afzetten op stofdeeltjes. Dit wordt niet gemeten.

4.2.6 Waterstoffluoride (HF)

ECN methode beschrijving:

Hetzelfde als hierboven voor zoutzuur (paragraaf 4.2.5) maar in plaats van borosilicaat (glas) wasflessen worden voor HF kunststof wasflessen gebruikt. Analyse met ionchromatografie op het Fluorgehalte.

Het kan zijn dat HF reageert met stof of bij afkoelen leidt tot zoutvorming in de probe en/of op het filter. Dit wordt niet meegenomen in de analyse. Het stof kan namelijk zelf ook al zouten bevatten. Het gaat dus om gasvormig HF bij een te bepalen monstername temperatuur.

Evaluatie:

De methode lijkt vergelijkbaar met EN 1911 (VKL, 2009)

4.2.7 Zwaveloxiden SO_x (periodiek)

ECN methode beschrijving:

Hetzelfde als hierboven voor zoutzuur (paragraaf 4.2.5) maar de wasflessen worden niet gevuld met demiwater of verdund salpeterzuur maar met een 3% peroxide (H_2O_2) oplossing in demiwater. Het SO_2/SO_3 gas wordt in de wasflesoplossing geoxideerd tot SO_4 . Op het ECN lab worden de monsters geanalyseerd met ionchromatografie op het SO_4 ion gehalte. Op deze manier wordt er een totaal SO_x gehalte bepaald ($= \text{SO}_2 + \text{SO}_3$).

Het kan zijn dat SO_2/SO_3 reageert met stof of bij afkoelen leidt tot zoutvorming in de probe en/of op het filter. Dit wordt niet meegenomen in de analyse. Het stof kan namelijk zelf ook al zouten bevatten. Het gaat dus om gasvormig SO_2/SO_3 bij een te bepalen monstername temperatuur.

Evaluatie:

EN 14791 werk ook met een 3% peroxide oplossing

4.2.8 Stikstofoxide NO_x ($\text{NO} + \text{NO}_2$)

ECN methode beschrijving:

Het rookgas wordt (al dan niet via een heet stoffilter) uit het rookgaskanaal gezogen, gekoeld met een Peltier gaskoeler met continue condensaat afvoer, gefiltreerd met een aerosolfilter en online gemeten via een CEM (Continue Emission Monitor). De bij ECN voor NO en NO_2 toegepaste CEM is een ABB-LIMAS Advanced Optima meetsysteem. Het is een UV meting van het rookgas. De monitorenset wordt regelmatig gecontroleerd met een gecertificeerd ijkgasmengsel en indien nodig gejusteerd. De CEM data (actuele gemeten NO en NO_2 concentraties) worden bij ECN continue en online gelogd via onze eigen installatie software (WIZCON).

Evaluatie:

In EN 14792 wordt NO gemeten via chemiluminescentie. Door reactie met Ozon wordt NO_2 gevormd dat deels (circa 10%) is aangeslagen en licht uitzend. Dit licht wordt gemeten. Na een reductiestap waarbij NO_2 is gereduceerd, tot NO wordt de meting nogmaals uitgevoerd. Het meetprincipe van de CEM wordt wel gebruikt bij het continue in situ meten van de NO_x . Waarbij opgemerkt wordt dat SO_2 de meting kan beïnvloeden. ABB geeft aan dat de LIMAS in de Duitse wetgeving (BlmSchV) voor emissiewetgevingen mag worden ingezet. De monstervoorbereiding bij ECN bevat koeling. In de handleiding van Limas wordt juist een verwarmde monsternameleiding

Meting in EN 14792 eerste NO dan NO_2 omzetten in NO en nog een keer NO meten.

De LIMAS CEM mag gebruikt worden bij de Duitse emissiewetgeving.

geadviseerd (ABB, 2004). Uit de handleiding blijkt echter dat er voor NO_x-meting, bij een risico op condensatie, juist wel gekoeld en afvoer van condensaat moet plaatsvinden. Opgemerkt kan nog worden dat NO₂ met water reageert en er zo verlies aan NO_x-concentratie plaats kan vinden.

4.2.9 CO, CO₂, CH₄

ECN methode beschrijving:

Idem als hierboven voor NO_x (paragraaf 4.2.8). Het meetprincipe is een CEM bestaande uit een NDIR (Non Dispersief Infrarood) analyser. Ook is semi-continue analyse mogelijk via een micro-GC (micro-gaschromatograaf).

Evaluatie:

De UK noemt het gebruik van een CEM met NDIR voor kooldioxide (CO₂) en koolmonoxide (CO), maar geeft hierbij aan dat methaan hierbij interfereert. Bij een goede verbranding is er echter meestal weinig methaan en kan CO goed gemeten worden. Bij methaan (CH₄) wordt onder andere gaschromatografische analyse genoemd (Environment Agency, 2013). Zowel bij CO₂ in EN 12039 als bij CO in EN 15058 zit er bij kans op condensatie een koeling in het monsternamen systeem. De UK noemt als opties voor methaan de gaschromatische analyse (ISO 25139) en, als een katalysator alle andere componenten verwijderd heeft, de vlamionisatiedetector (FID) (ISO 25140) (Environment Agency, 2012).

4.2.10 Totaal koolwaterstoffen (C_xH_y)

ECN methode beschrijving:

Idem als hierboven voor NO_x (paragraaf 4.2.8). Het meetprincipe is een CEM bestaande uit een FID (Flame Ionisation Detector) waarbij alle koolwaterstoffen worden gemeten inclusief methaan.

Evaluatie:

Ook EN 13526 werkt met een FID. Deze norm is inmiddels vervangen door NEN EN 12619, waar ook een FID wordt toegepast. Volgens InfoMil is waterdampverwijdering door monstergaskoeling ongeschikt, omdat hogere koolwaterstoffen in de koeler kunnen condenseren (InfoMil, 2013c).

In condensaat kunnen hoger koolwaterstoffen opgenomen worden, die dan niet meer gemeten worden.

4.2.11 Zuurstof (O₂)

ECN methode beschrijving:

Idem als hierboven voor NO_x (paragraaf 4.2.8). Het meetprincipe is een CEM bestaande uit een paramagnetische sensor. Ook is semi-continue analyse mogelijk via een micro-GC.

Evaluatie:

De methode via paramagnetische meting is vergelijkbaar met EN 14789 volgens het praktijkblad van InfoMil (Zuurstof O₂ Periodieke meting) (InfoMil, 2013c).

4.2.12 Waterstof (H₂)

ECN methode beschrijving:

Idem als hierboven voor NO_x (paragraaf 4.2.8). Het meetprincipe is een CEM bestaande uit een TCD detector (thermische geleiding detector). Voor kruisgevoeligheid wordt gecorrigeerd aan de hand van kalibratiegassen.

Evaluatie:

Omdat H₂ niet terugkomt in emissie-eisen, is er ook geen EN norm voor gevonden. Voor gassamenstellingen wordt het meten van H₂ via thermische geleiding vaker genoemd.

Voor de emissie van waterstof zijn er nog geen emissie-eisen dus ook geen Europese meetnorm.

4.2.13 Dioxines en dibenzofuranen

ECN methode beschrijving:

ECN past voor de monsternamen de gekoelde sonde methode toe zoals beschreven in NEN-EN 1948-1 en "praktijkblad infomil L40-11P LUCHT dioxines Periodieke meting". Er wordt isokinetisch bemonsterd. Afwijkend van de norm wordt de monsternamen trein zelf vooraf niet "gespiked" met ¹³C (toevoeging van minieme hoeveelheid ¹³C gelabelde interne standaarden). De monsters worden verzameld en gekoeld en donker bewaard en vervolgens opgestuurd naar een hiervoor gecertificeerd lab "ALcontrol laboratories in Zweden". Aldaar worden de monsters gespiked en gemeten en de gehalten worden gerapporteerd.

Evaluatie:

De standaard EN 1948 geeft een drietal methodes. ECN hanteert hiervan de gekoelde methode.

4.2.14 Zware metalen m.u.v. Hg, Si

ECN methode beschrijving:

Monsternamen, zie totaal stof in paragraaf 4.2.1. Achter het verwarmde stoffilter worden nu een tweetal gekoelde wasflessen met 1 molair salpeterzuur geplaatst. De zware metalen bevinden zich voornamelijk op het stoffilter. Het stoffilter wordt ontsloten op het natchemisch laboratorium van ECN via een bom ontsluiting¹⁰. De ontsluitingsoplossing alsmede de wasflesoplossingen worden geanalyseerd op diverse zware metalen en alkalimetalen met ICP-AES. Het ECN lab is voor de ICP analyse Sterlab geaccrediteerd. Er wordt een blanco (onbeladen) filter meegenomen in de analyse.

¹⁰ Bij een bom ontsluiting wordt het monster met een sterk zuur (geconcentreerd salpeterzuur of bijvoorbeeld koningswater) in een kleine drukvat opgesloten waarna het geheel gedurende enige tijd verhit wordt. De metalen die in het stofmonster aanwezig zijn lossen dan op in het zuur.

Evaluatie:

De methode is vergelijkbaar met EN 14385, alleen wordt daar waarschijnlijk¹¹ gewerkt met een wasvloeistof van 3,3% HNO₃ / 1,5% H₂O₂-oplossing in drie impingers (VKL, 2012). Bij meer een wasvloeistof van 3,3% HNO₃ / 1,5% H₂O₂-oplossing in drie impingers (VKL, 2012). Het ECN met een iets andere wasvloeistof te werken dan ECN.

4.2.15 Kwik (Hg)

ECN methode beschrijving:

Monstername als hierboven voor zware metalen (paragraaf 4.2.14). Alleen wordt er nu een wasflesoplossing van dichroomaat/zwavelzuur gebruikt. Het Hg wordt geanalyseerd op het ECN laboratorium volgens een door Sterlab geaccrediteerde analyse methode van koude damp AES (Atomic Emission Spectroscopy).

Evaluatie:

De methode is vergelijkbaar met EN 13211 alleen wordt daar waarschijnlijk gewerkt met een absorptievloeistof voor kwik van: 4% K₂Cr₂O₇ / 20% HNO₃ of 2% KMnO₄ / 10% H₂SO₄-oplossing¹² in twee impingers (VKL, 2012). Het praktijkblad van InfoMil (Kwik Periodieke meting) spreekt wel van een dichroomaat/zwavelzuur oplossing (InfoMil, 2013c).

Bij kwik lijkt EN 13211 met een iets andere wasvloeistof te werken dan ECN.

4.2.16 Alkali's gasvormig

ECN methode beschrijving:

Er is een onderzoek gaande bij ECN naar de optimale monstername probe. De bedoeling is om het stof van het gas te scheiden en de gasvormige alkali's (zouten) in de aanzuigprobe te quenchen met vloeistof en de oplossing te analyseren met ICP op alkalimetalen (zouten).

Evaluatie:

Het meten van alkalimetalen (zouten) is relevant omdat deze zich af kunnen zetten op SCR katalysatoren die gebruikt worden om NO_x uit het rookgas te verwijderen. Ook vormen leveren ze vervelende afzettingen en corrosie in de installatie (Charlie Ma, 2012). Er is hier geen NEN methode voor gevonden. Het analyseren van de gehalten met Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) is wel gebruikelijk. (Kaasman, 2011), (UBA 2007).

Alkalimetalen in rookgas kunnen de werking van katalysatoren in rookgasreinigers verminderen.

4.2.17 NH₃ (periodiek)

ECN methode beschrijving:

Extractieve monstername door het productgas door een heet stoffilter (>200 °C) te zuigen en het gas door gekoelde wasflessen met verdund salpeterzuur te leiden. Het

¹¹ Om dit na te gaan is de precieze tekst van de norm nodig. Voor dit rapport is gewerkt met publicaties en rapporten die naar de norm verwijzen.

¹² De eerst genoemde oplossing bezit kankerverwekkende eigenschappen. Bij de tweede genoemde oplossing dient de vorming van bruinsteen (MnO₂) te worden voorkomen (VKL, 2012).

NH₄ gehalte wordt vervolgens op het laboratorium van ECN geanalyseerd via een eigen huismethode. Het ECN laboratorium is voor deze NH₄ analyse sterlab gecertificeerd.

Evaluatie:

De Vereniging Kwaliteit Luchtmetingen (VKL) meldt het gebruik van een extractieve monstername in plaats van salpeterzuur (VKL, 2009). Ook NEN 2826 gebruikt zwavelzuur. De NEN norm voor NH₃ wordt zwavelzuur gebruikt in de wasflessen; ECN gebruikt salpeterzuur.

4.2.18 Waterstofcyanide (HCN)

ECN methode beschrijving:

ECN gebruikt een extractieve monstername door het productgas door een heet stoffilter (>200 °C) te zuigen en het gas daarna door gekoelde wasflessen met natronloog te leiden. Het vrije en totaal cyanide wordt geanalyseerd door een extern gecertificeerd laboratorium. De monsters worden hiervoor opgestuurd.

Evaluatie:

Geen EN of ISO norm gevonden. De UK verwijst ook naar een methode met een natronloogoplossing (6.0 N NaOH) (Environment Agency, 2013).

4.2.19 H₂S, COS, thiophenen en mercaptanen

ECN methode beschrijving:

ECN gebruikt een extractieve monstername door het productgas via een heet gasfilter te koelen/conditioneren. Hetzelfde systeem van gasconditionering wordt gebruikt als die voor de online analyse van CO, CO₂, O₂, en H₂ via CEMs. Het gasmonster wordt vervolgens geanalyseerd met een micro-GC met TCD detector. Ook kan er een gaszak worden gevuld met het geconditioneerde gas en kan het gas via een GC-FPD (Gas Chromatography with Flame Photometric Detection) worden geanalyseerd op diverse zwavelverbindingen als H₂S, COS, thiophenen en mercaptanen. Ook is een GC-MS analyse mogelijk op het laboratorium bij ECN.

Evaluatie:

Nederland hanteert VDI 3486; een methode die uiteindelijk via titratie werkt. In de UK wordt naar US EPA method 11 verwezen die met impingers werkt. Wel wordt ook naar een gaschromatografische methode verwezen, namelijk US EPA Method 5. Bij de CEM methoden in de UK komen ook onderdelen van de ECN methode terug (Environment Agency, 2013).

4.2.20 Benzeen en Tolueen

ECN methode beschrijving:

De monstername is hierbij identiek als hierboven voor H₂S (paragraaf 4.2.18). Analyse met micro-GC.

Evaluatie:

NEN 13649 gebruik na stoffiltering absorptie op actieve kool. ECN gaat direct over tot analyse met micro-GC. Dit laatste heeft als voordeel dat direct ter plekke de meetresultaten bekend zijn.

Geen EN of ISO norm voor het meten van deze groep gasvormige zwavelverbindingen.

Het gehalte aan benzeen en tolueen wordt door ECN direct op de locatie geanalyseerd. In de NEN norm wordt het eerst geabsorbeerd op actieve kool.

4.2.21 C₂H₂, C₂H₄, C₂H₆, Ar

ECN methode beschrijving:

Het gaat hier om het meten van ethyn (C₂H₂), etheen (C₂H₄), ethaan (C₂H₆) en argon. De monsternamen zijn identiek als hierboven voor H₂S (paragraaf 4.2.18). Analyse met micro-GC.

Evaluatie:

NEN-EN 13649 gebruikt na stoffiltering absorptie of actieve kool. In de UK wordt aangegeven dat VOCs (Class A medium harm VOCs) meestal bemonsterd worden via de EN 13649 methode en daarna geanalyseerd worden in een laboratorium. In plaats van absorptie gaat ECN direct over tot gaschromatografische analyse.

Het gehalte aan C₂H₂, C₂H₄, C₂H₆ en Argon wordt door ECN direct op de locatie geanalyseerd.

4.2.22 Teer en stofdeeltjes in productgas van biomassa vergassing

ECN methode beschrijving:

ECN past CEN/TS 15439 toe en heeft deze mee ontwikkeld. Dit betreft een monsternamen via een heet gasfilter en een wasfles trein bij verschillende temperaturen. De wasflesoplossing (IPA) wordt op het laboratorium van ECN geanalyseerd op diverse teercomponenten.

Alternatief is monsternamen via SPA methode. Deze methode is ontwikkeld door het Royal Institute of Technology (KTH) uit Stockholm en geoptimaliseerd door ECN en wordt meestal toegepast. De SPA (solid-phase adsorption) methode is alleen bedoeld voor gasvormig teer exclusief benzeen en toluen. Hiervoor wordt 100 ml heet en stofvrij productgas direct via een sampleport door een commercieel absorbens kolommetje met injectienaald gezogen. De teer adsorberen op het kolom materiaal en deze worden met oplosmiddel geëxtraheerd en geanalyseerd op het laboratorium van ECN met GC-FID/MS. ECN is voor de analysemethode Sterlab gecertificeerd.

ECN heeft belangrijke bijdragen geleverd aan de ontwikkeling van meetmethoden voor teer.

Evaluatie:

Ook andere onderzoeksgroepen werken met de SPA methode voor teerbepaling (Lind, 2011).

4.2.23 Teerdauwpunt

ECN methode beschrijving:

ECN voert hiervoor een SPA meting uit zoals hierboven beschreven en stopt de analyseresultaten in een bij ECN opgezet teerdauwpunts model wat een teerdauwpunt van het productgas berekend¹³.

Evaluatie:

Zie teermeting hierboven bij paragraaf 4.2.22.

¹³ Zie voor meer informatie over het model <http://www.thersites.nl/default.aspx>.

4.2.24 Geur

Geen gestandaardiseerde meetmethode beschikbaar bij ECN

4.2.25 Watergehalte

ECN methode beschrijving:

Het watergehalte is goed gravimetrisch te bepalen als het gas maar niet teveel teer bevat.

ECN bepaalt indien dit mogelijk is het watergehalte door het gas af te koelen tot het vriespunt met gekoelde wasflessen en silicagel droger en de wasflessen + droger voor en na te wegen. Dit is een gravimetrische methode. Dit kan alleen bij rookgassen die geen teren of andere gasvormige verbindingen bevat die kunnen condenseren.

Voor rookgas kan ook nog een online dauwpuntmeter worden toegepast. De groep Bio Energy heeft deze niet in huis maar binnen ECN zijn die er wel.

Bij stookgas (productgas van vergassers) wordt wel een huismethode gebruikt door een bekende hoeveelheid stookgas door een kolommetje met vast P_2O_5 te zuigen en het kolommetje voor en na te wegen. Deze methode kan worden toegepast als het teergehalte een factor 100 lager is dan het watergehalte.

Evaluatie:

De gravimetrische methode is ook in EN 14790 aanwezig.

4.2.26 Debiet

ECN methode beschrijving:

ECN gebruikt hiervoor een pitot-buis. Deze kan van het L-type of het S-type zijn. De huidige pitotbuizen bij ECN zijn niet voorzien van een certificaat. Aan de hand van een drukverschilmeting (tussen stuwdruk en statische druk/zuigdruk) kan de gassnelheid in het rookgaskanaal worden berekend. Aan de hand van andere procesparameters zoals temperatuur, luchtdruk, diameter rookgaskanaal, diameter aanzuigmond, vochtgehalte en gassamenstelling kan het isokinetisch aanzuigdebiet van een monstername worden bepaald.

Evaluatie:

In ISO 10780 wordt de zelfde meetmethode gebruikt.

4.2.27 Monstername

ECN methode beschrijving:

ECN kiest meestal een representatief monsterpunt en neemt geen monsters over het hele meetvlak.

ECN probeert zoveel mogelijk de norm NEN-EN 15259 te volgen. Echter een meetpunt/vlak dat aan alle eisen van de norm voldoet is in de praktijk moeilijk te vinden. Vaak is het sluiten van compromissen. ECN is niet geaccrediteerd/gecertificeerd voor het uitvoeren van metingen voor officiële instanties / vergunningsverleners. De meeste metingen worden uit research overwegingen uitgevoerd. Vaak zijn de resultaten van deze metingen voldoende voor de klanten om hun proces te sturen of te

evalueren en levert één monsternamepunt in het meetvlak voldoende informatie op zonder volledig de norm toe te passen.

Evaluatie:

EN 15259 stelt hier de nodige eisen. Zowel aan meetpunten als aan meetplan. ECN heeft de apparatuur om op een representatief monsterpunt te meten.

4.2.28 Monsterbehandeling

Moet goed naar gekeken worden door ECN. Is een belangrijk aandachtspunt.

Evaluatie:

De monsterbehandeling is veelal in de diverse normen beschreven. Een goede uitvoering met controle van werking van de apparatuur is van belang. Aandacht voor verstoringen door andere componenten blijft belangrijk.

De monsterbehandeling blijft een belangrijk aandachtspunt.

4.2.29 Bepaling C14 gehalte

ECN methode beschrijving:

Het ^{14}C gehalte van de koolstof in biomassa is anders dan van fossiele brandstof. Door het ^{14}C gehalte te bepalen in het rookgas kan het aandeel biomassa worden vastgesteld. ECN heeft een online C14 monstername methode en daarbij behorend online meetinstrument ontwikkeld om het aandeel biogeen koolstof in bij- of meestook van biomassa bij kolencentrales te kunnen meten/berekenen. Dit meetinstrument loopt mee (gebruikt hetzelfde geconditioneerde productgas) met de standaard gasanalyse bij de centrale en maakt gebruik van het aldaar online te meten CO_2 -gehalte. Na twee weken wordt de monstername beëindigd en wordt het ^{14}C gehalte door de RUG in het verzamelmonster gemeten. Vervolgens wordt het gehalte biogeen C berekend aan de hand van de gemeten ^{14}C concentratie en de monstername gegevens.

ECN heeft bijgedragen aan een eenduidige norm om via het ^{14}C gehalte het aandeel biomassa in de verstookte brandstof te bepalen.

Evaluatie:

De bij ECN ontwikkelde ^{14}C Credits methode is inmiddels verwerkt in NEN-EN-ISO 13833:2013 "Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van biogene en fossiele CO_2 - Bemonstering en bepaling met radioactieve koolstof" (ECN, 2013). Er is nog een andere norm om het biomassa gehalte te bepalen, namelijk NEN-EN 15440:2011 "Vaste secundaire brandstoffen - Methode voor de bepaling van het biomassagehalte". Deze heeft echter de nodige beperkingen. De methode NPR-CEN/TS 15747 uit 2008 "Biomass Content Determination for SRF with ^{14}C " is ingetrokken.

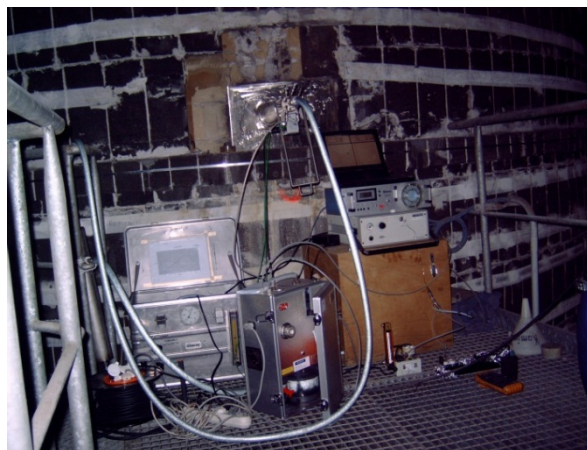
5

Mogelijkheden bij ECN

5.1 Mobiele meetinstallaties van ECN

5.1.1 Algemene beschrijving

Om op locatie te kunnen meten beschikt de groep Bio Energy van ECN BEE over een uitgebreide set van apparaten en onderdelen. Dit betreft niet alleen monstername probes maar de complete voorziening, inclusief reserve installaties. Het gaat hierbij om zaken als pompkisten, verwarmde monstername leidingen, flensen om de aansluiting op de installatie te maken, gasanalyse apparatuur en pre-sampling systemen. Een voorbeeld van de meetinstallatie op locatie is zichtbaar in **Figuur 1**.

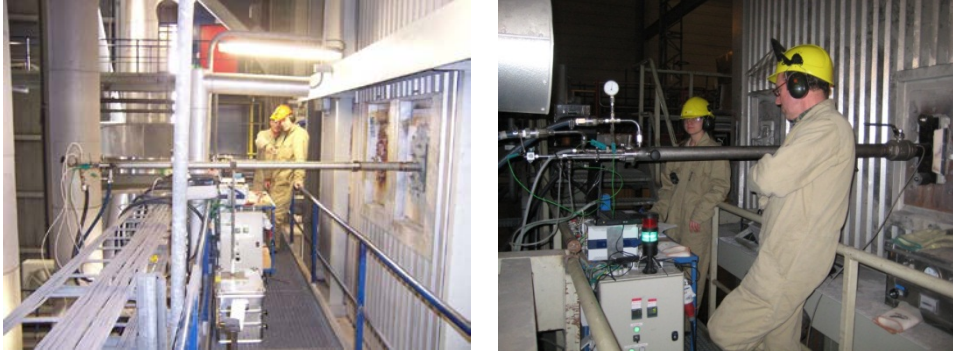


Figuur 1: Monstername en meetapparatuur van ECN op locatie.

Om bij een meetcampagne problemen te ondervangen worden er van de essentiële onderdelen en apparaten reserve exemplaren meegenomen.

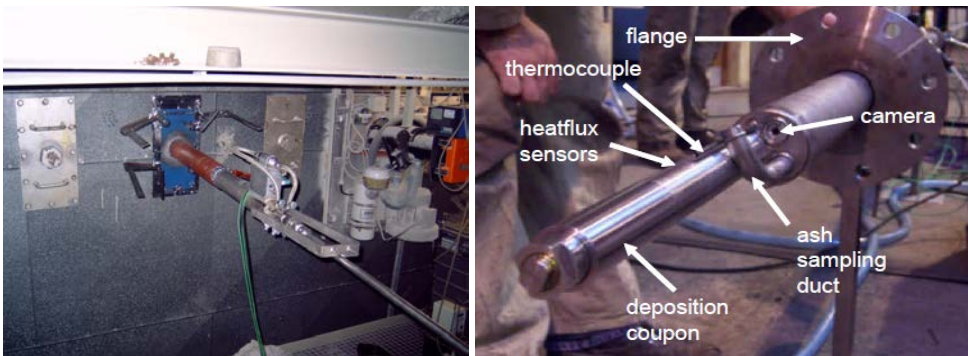
5.1.2 Meetprobes van ECN

ECN Biomass & Energy Efficiency beschikt over drietal meetprobes om bij grote installaties gasmonsters te nemen. De probes kunnen meerdere meters de installatie ingeschoven worden. In **Figuur 2** zijn de meetprobes in actie te zien. Via de probe kunnen gassen aangezogen worden voor de analyse.



Figuur 2: Meetprobe van ECN in gebruik, onder andere uit (Kiel, 2012).

Hoewel de probes circa 10 jaar oud zijn, functioneren ze door het beperkte aantal gebruiksuren nog goed. In **Figuur 3** is te zien hoe de probe met een afdichting op de te meten installatie is aangesloten. De kop van de meetprobe bevat de nodige opties. In de figuur is hierop bijvoorbeeld ook een metalen buis, een coupon¹⁴, gemonteerd voor depositie meting. Op het meetpunt kan via de aanwezige instrumenten ook de luchtsnelheid en de temperatuur gemeten worden.



Figuur 3: Meetprobe aangesloten op de installatie, en voorbeeld van de kop van de probe.

Bij het meten van vloeistof of vaste deeltjes in bijvoorbeeld een schoorsteen, is het belangrijk dat dit isokinetisch gebeurt. De snelheid en richting waarmee het monster afgezogen wordt, moet gelijk zijn aan het overige gas in de ruimte, zodat er geen snelheidsverschillen rond het monsternamenpunt ontstaan. Dit vergt een nauwkeurige meting van de snelheid op het monsternamenpunt en een goede regeling van de afzuigingsnelheid van het monster.

¹⁴ De term "coupon" staat voor een monster van metaal of bewerkt metaal voor een klant of een test instelling.

5.1.3 Pompkist

Een belangrijk onderdeel is de pompkist. Hiermee wordt het gasmonster met de juiste snelheid (isokinetisch) uit de gasstroom afgetapt. De pompkist waarvan er meerdere exemplaren zijn, bevat ook onderdelen om het gas te kunnen drogen. In **Figuur 4** is een vooraanzicht en een zijaanzicht zichtbaar.



Figuur 4: Pompkist om juiste hoeveelheid gasmonster aan te kunnen zuigen.

5.1.4 Continue Emission Monitor (CEM)

Het is mogelijk om de gassamenstelling direct te meten of om monster te nemen en deze in een laboratorium te meten. In **Figuur 5** is apparatuur zichtbaar voor het meten van stookgassamenstellingen op locatie. De CEM links analyseert bijvoorbeeld het gehalte aan CO, CO₂, O₂, CH₄ en H₂. In de rechter figuur staat een oudere CEM met op de voorgrond een micro gaschromatograaf.



Figuur 5: Apparatuur voor het meten een stookgassamenstelling; rechts een micro gaschromatograaf.

De micro gaschromatograaf heeft 4 kanalen en thermische geleidbaarheid detectoren (TCD) en kan meerdere stoffen meten (H_2 , O_2/Ar , CH_4 , CO , CO_2 , C_2H_4 , C_2H_6 , benzeen, toluen, H_2S , COS). In **Figuur 6** is een CEM zichtbaar voor het meten van rookgassen. Het gaat hierbij om zaken als totaal koolwaterstoffen (C_xH_y), O_2 , NO , NO_2 , CO_2 en CO . Dit zijn losse modules die samen in één rek zijn geschoven. Voor een meetcampagne kan een module uit dit rek worden losgekoppeld en meegenomen. Deze kan dan bijvoorbeeld in de open ruimte van **Figuur 5** (links) geschoven worden.



Figuur 6: CEM voor analyse van rookgassen.

Het is ook mogelijk om gasmonsters in gaszakjes op te vangen en voor analyse bij ECN mee te nemen. In **Figuur 7** zijn twee gaschromatografen zichtbaar die bij ECN in de hal met proefinstallaties zijn geplaatst. Deze worden gebruikt voor gasmetingen tijdens proefnemingen en testen maar kunnen, zoals bij het apparaat links zichtbaar is, ook gaszakjes analyseren.



Figuur 7: Vaste apparatuur bij ECN voor analyses van gasmonsters.

De gaschromatograaf links is ingericht voor zwavelhoudende componenten zoals COS en H_2S . De gaschromatograaf rechts meet onder andere CO , H_2 , O_2 , CO_2 , CH_4 , alkanen en alkenen.

5.2 Specifiek analyses

5.2.1 Cascade impactor voor stof

Voor het meten van stof is er een stapeling van geperforeerde plaatjes beschikbaar, met steeds kleinere gaatjes waarin telkens stof met een kleinere diameter wordt opgevangen. In **Figuur 8** is links een afbeelding van deze Cascade Impactor zichtbaar die ECN gebruikt. Dit is een gesloten exemplaar. Het principe is goed zichtbaar het voorbeeld van de figuur rechts. Behalve de hoeveelheid stof, wordt daarbij ook de deeltjesgrootteverdeling bepaald. Ook kunnen per deeltjesgrootteklasse aparte analyses uitgevoerd worden naar samenstelling of geadsorbeerde stoffen op het oppervlak van de stofdeeltjes.



Figuur 8: Cascade impactor voor het meten van stofdeeltjes in verschillende grootte klassen.

5.2.2 Meten van depositie (vervuiling) in installaties

Een ander mogelijkheid die bij ECN beschikbaar is, is het meten van de afzetting van stof. Hiervoor is de volschaal ketelvervuilingsdiagnostiek: MDP – Mobiele Diagnostische Probe – beschikbaar (Cieplik, 2010). Dit is bijvoorbeeld van belang om de snelheid van vervuiling van warmtewisselaars te bepalen in gastromen met veel stofdeeltjes. In **Figuur 3** is de coupon al zichtbaar, gemonteerd op een meetprobe. **Figuur 9** laat zien hoe een staaf er na afloop van een meting uit kan zien.

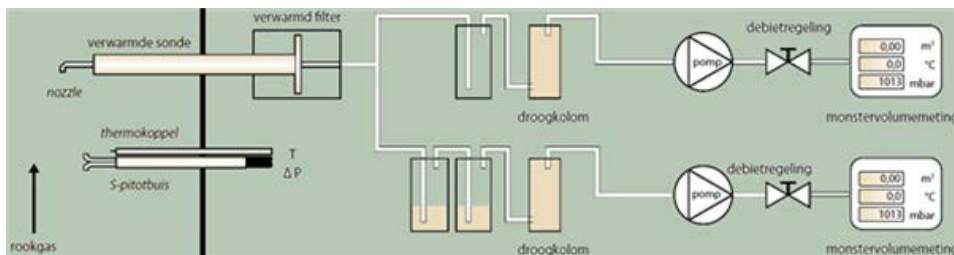
Via deze metingen kan bepaald worden onder welke condities en met welke brandstofsamenstelling de vervuiling het hoogst of het laagst is. Ook kan de aard van de vervuiling worden vastgesteld en daarmee de meest optimale manier om de installatie te reinigen.



Figuur 9: Industriële depositie meting (Kiel, 2012).

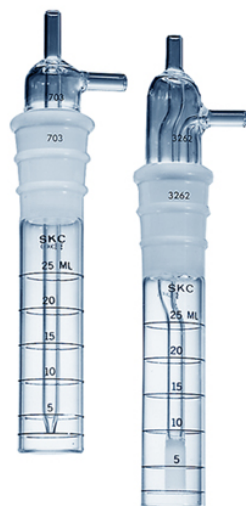
5.2.3 Methoden om het monsters in vloeistof te verzamelen.

In veel normen is sprake van impingers of wasflessen (zie **Figuur 11**). Deze worden bijvoorbeeld gebruikt bij het meten van het gehalte aan zware metalen. De impinger wordt dan gevuld met een zure vloeistof die de zware metalen oplost als de gasstroom er doorheen borrelt. Bij zware metalen worden 2 of 3 impingers in serie toegepast. Zie bijvoorbeeld **Figuur 10** afkomstig uit het praktijkblad L40 9P Zware metalen Periodieke meting van InfoMil (InfoMil, 2013c).



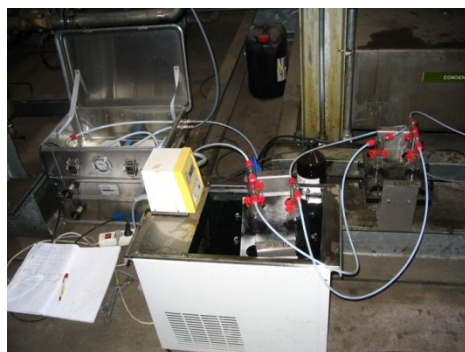
Figuur 10: Bemonstering van zware metalen via deelstoom (bron Infomil).

De wasflessen moeten gevuld worden met die vloeistof die de te meten stof opneemt, waarna deze naderhand geanalyseerd kan worden. Een voorbeeld van het gebruik is zichtbaar in **Figuur 11**.



Figuur 11: Impingers voor het opvangen van stoffen; rechts het vullen van impingers.

Een toepassing waar ECN de nodige expertise mee heeft is het meten van teer. Ook teer kan opvangen worden in een serie van wasflessen, zie **Figuur 12**. Hierna wordt op het laboratorium de teercomponent samenstelling bepaald.



Figuur 12: Wasflessen in gebruik voor het nemen van een teer monster.

5.2.4 Werken met adsorptie materialen.

Een andere mogelijkheid om teer te bemonsteren is gebruik te maken van de solid phase adsorption (SPA) techniek. Een precies bepaalde hoeveelheid gas wordt hierbij door een buisje met adsorptiemateriaal gevoerd. Een voorbeeld hiervan is zichtbaar in **Figuur 13**¹⁵.

¹⁵ Niet zichtbaar op de foto is dat de punt van de doseerspuit, waarmee het gasvolume wordt bepaald, verbonden is met het witte slangetje dat aan de drukmeter vast zit.



Figuur 13: Nemen van teermonster met adsorptie materiaal.

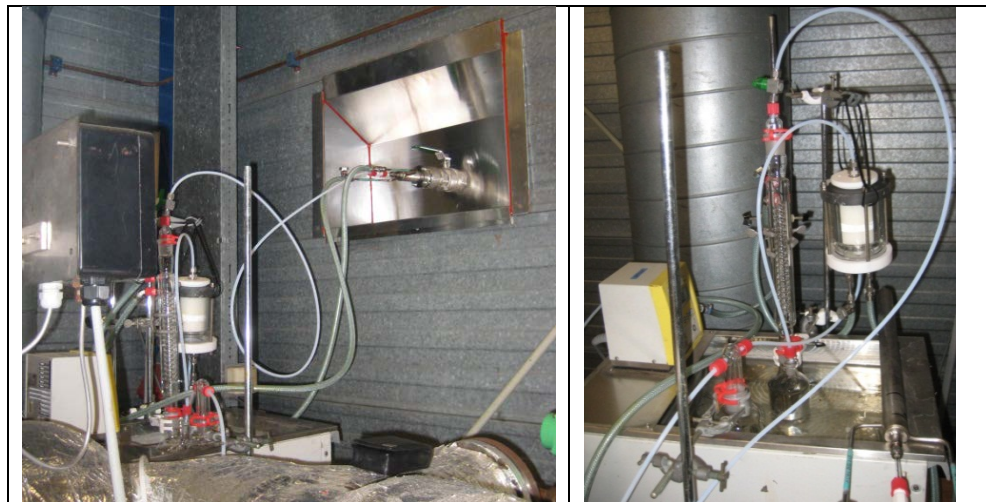
Voor het opvangen van organische verbindingen, om deze later gedetailleerd te kunnen analyseren, worden zogenaamde ATD tubes gebruikt (Thermal Desorption Tubes). Een voorbeeld hiervan is zichtbaar in **Figuur 14**. ECN maakt meestal gebruik van vergelijkbare buisjes, maar dan met andere vullingen. Voor een aantal stoffen gebruikt ECN directe analyse in een gaschromatograaf in plaats van eerst een adsorptie (en transport naar een laboratorium) en desorptie uit te voeren.



Figuur 14: ATB tube voor opvangen organische verbindingen en PUF Plug's voor dioxines.

5.2.5 Dioxine metingen

Voor dioxines is er bij ECN een filter met een schuimachtig materiaal beschikbaar, wat de dioxines opneemt bij het doorstromen van het gas, de zogenaamde PUF (Polyurethane Foam) Plug, zie **Figuur 14**. Voor dioxines wordt, meer precies, de PUF/XAD resin plug gebruikt. Uit dit schuim kunnen nadat de gewenste hoeveelheid gas is gepasseerd, de dioxines gewassen worden. Hoe de bemonstering, in dit geval bij een testinstallatie van ECN, plaatsvindt is zichtbaar in **Figuur 15**.



Figuur 15: Dioxine bemonstering bij een proefinstallatie van ECN met een PUF/XAD Plug.

6

Aanbevelingen en conclusies

Conclusies

De industrial Emission Directive (IED) vervangt sinds 2010 een zevental oude richtlijnen. De IED schrijft voor dat landen voor het beoordelen of een installatie wel of niet aan de voorschriften voldoet, gebruik moet maken van Europese CEN normen (aangeduid met EN). Pas als deze er niet zijn mogen andere normen worden gebruikt (zoals bijvoorbeeld de internationale ISO normen). Inmiddels blijken er voor alle luchtverontreinigende stoffen waaraan bij verbranding van brandstoffen of afval normaal gesproken eisen worden gesteld EN of ISO normen aanwezig. In Nederland worden de EN en ISO normen ook uitgebracht maar dan met het NEN voorvoegsel ervoor. Uit de uitgevoerde inventarisatie blijkt dat er in toenemende mate EN normen beschikbaar komen, en daarmee een Europees brede harmonisatie plaatsvindt. Als de norm zowel als EN en ISO wordt uitgebracht, is deze harmonisatie zelfs wereldwijd.

In Nederland zijn de gangbare meetmethoden voor luchtmissies door InfoMil op hun website geplaatst. Ook Ierland, Groot Brittannië, België en Duitsland hebben documenten en handleidingen met daarin de gangbare meetmethoden.

Voor de luchtverontreinigende stoffen uit normale verbrandingsinstallaties zoals NO_x, CO, SO₂ en stof bestaan er zowel voor continue als voor periodieke meting internationale normen (of ISO of EN). Daarnaast moet ook het debiet, temperatuur, vochtgehalte en zuurstofgehalte bepaald worden. Ook hiervoor bestaan normen. Alleen voor het continue meten van het vochtgehalte is geen verwijzing naar een norm gevonden. Wel is er een norm die aangeeft hoe de kwaliteitsborging van geautomatiseerde meetsystemen plaats moet vinden (NEN-EN 154181).

Het ECN is een onderzoeksinstituut en geen bedrijf dat gecertificeerde emissiemetingen bij bedrijven uitvoert. Aan de andere kant moeten de metingen die ECN uitvoert in het kader van onderzoek, bijvoorbeeld om het verbrandingsgedrag van een brandstof te bestuderen of de gevolgen van wijzigingen in een installatie of lucht/brandstoftoevoer, wel voldoende representatief zijn. Als in een later stadium een gecertificeerd meetbedrijf langskomt, moeten de door ECN gemeten waarden voldoende in lijn zijn, met wat het meetbedrijf gaat vinden.

Via EN en ISO normen vindt er en voortgaande harmonisatie plaats.

De onderzochte landen hebben voorschriften over welke meetnorm gehanteerd moet worden.

Uit de vergelijking met de normen blijkt dat de meetmethoden van ECN voldoende representatief zijn.

Centrale conclusie is dat de bij ECN gehanteerde werkwijze in het algemeen voldoende representatief is. Ofwel, bij een correcte uitvoering zouden de meetresultaten van ECN op een bepaalde locatie vergelijkbaar moeten zijn met de metingen van een gecertificeerd meetbedrijf. Een beperkt aandachtspunt is dat ECN in een aantal gevallen een vloeistof in de wasflessen gebruikt die niet exact met de norm overeenkomt.

ECN is als onderzoeksinstituut betrokken bij de ontwikkeling van nieuwe normen waaraan binnen de samenleving behoefte is.

Als onderzoeksinstituut dient ECN ook voldoende grensverleggend te zijn. Dit betekent dat metingen uitgevoerd moeten worden aan stoffen, waarvan de kennis nog in ontwikkeling is. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de ^{14}C methodiek om het aandeel duurzaam te bepalen bij het verbranden van combinaties van fossiele en biomassa brandstoffen of bijvoorbeeld bij het meten van teer. Uit deze studie blijkt dat ECN inderdaad deze rol vervuld en bijdraagt aan de ontwikkeling van bruikbare normen voor relevante nieuwe gebieden.

Aanbevelingen

Op welk terrein zouden nog verbeteringen kunnen plaatsvinden? In eerste instantie werd gedacht aan vernieuwing van de meetprobes. Op dit moment wordt de kwaliteit van deze oude meetprobes echter als ruim voldoende beschouwd. Er is verder niet onderzocht of andere apparatuur aan vervanging toe is. Op basis van kennis over het terrein van luchtverontreiniging worden hieronder nog een aantal ontwikkelingsrichtingen genoemd.

Metten van fijn stof is een belangrijk aandachtgebied. Er zijn nog veel vragen rond de soort fijn stof en gezondheidseffecten.

Een belangrijk aandachtsgebied dat meer en meer in de belangstelling komt, is het meten van fijn stof. Ook bij lagere concentraties blijft dit schadelijk voor de menselijke gezondheid. Niet alleen het gewicht aan fijn stof is van belang maar ook de deeltjesgrootte. Andere relevante parameters zijn waarschijnlijk deeltjesgrootteverdeling, vorm, samenstelling, oplosbaarheid en stoffen op het oppervlak. Aangezien verbrandingsprocessen van biomassa, kolen, olie en afvalstoffen een belangrijke bron van fijn stof vormen is dit een blijvend aandachtspunt voor ECN. Het gaat hierbij niet alleen om het meten van fijn stof in de buitenlucht, waar een andere afdeling van ECN (de groep Environment Assessment van ECN EEE) de nodige ervaring mee heeft, maar ook specifiek om het meten van fijn stof in schoorstenen. Bij dit laatste is niet alleen het vaste fijn stof van belang maar ook vloeistofdruppeltjes en andere precursors, die uiteindelijk aan fijn stof vorming in de buitenlucht bijdragen. Dit is van belang om de vraag te beantwoorden met welke maatregelen de concentratie van het meest schadelijke fijn stof in de buitenlucht verminderd kan worden.

Bij biomassa verbranding en vergassing is het belangrijk om te weten wat er met de alkalimetalen gebeurt.

Een tweede punt betreft de alkalimetalen. ECN kijkt hier al naar geschikte meetmethoden. De uitstoot van dit soort stoffen blijkt sterk afhankelijk van temperatuur en verbrandingscondities. Juist stoffen die aanvankelijk verdampen en daarna condenseren geven kleine stofdeeltjes ($<0,1\ \mu\text{m}$). Bovendien zijn dit soort stoffen schadelijk voor de katalysatoren die bij rookgasreiniging gebruikt worden.

Siloxanen, onder andere in het slib van rioolwaterzuiveringsinstallaties geven problemen bij het gebruik van gistingsgas.

Een groep verbindingen die ook aandacht verdient zijn de siloxanen. Dit zijn verbindingen met een ruggengraad van the Si–O–Si verbindingen. Onder andere via cosmetica en huidverzorgingsproducten komen deze in het afvalwater voor. Bij vergisting van slib uit rioolwaterzuiveringsinstallaties komen deze in het biogas terecht en zijn dan zeer schadelijk voor gasmotoren of voor eventueel aanwezige

rookgasreinigingsinstallaties. Ook geldt er bijvoorbeeld een maximum gehalte van 5 ppm aan siloxanen voor gas dat het Nederlandse gasnet ingaat.

De IED verplicht alle locaties waar afval verbrand wordt om dioxines en furanen te meten. Hoewel bij de juiste verbrandingscondities en voldoende verblijftijd in de verbrandingskamer de emissies voldoende laag blijven, is meting toch verplicht. De kosten van één meting zijn echter hoog. Wellicht dat gekeken kan worden naar goedkopere alternatieven¹⁶.

Onderzoek goedkopere methoden om dioxines te meten.

¹⁶ Voorbeeld: Op de website van BidDetection Systems wordt aangegeven dat het DR CALUX® systeem 10 tot 20% van de gangbare analyses kost en dat er naast voedingsmiddelen ook dioxine gehaltes zijn bepaald in schoorsteen en lucht monsters. <http://www.biodetectionsystems.com/1/hoofd/4.php>.

7

Referenties

ABB (2004): *Limas 11HW Gas Analyzer. Measuring of nitrogen compounds in exhaust gases of engines*. 01/24-1003, ABB Automation GmbH, Frankfurt am Main, February 2004.

ABB (2009): *Advance Optima Continuous Gas Analyzers. AO2000 Series Software Version 5.0 Operator's Manual*. Publication No. 42/2410 EN Rev. 9, ABB Automation GmbH, Frankfurt am Main, March 2009.

Kiel, J.H.A. (2012): *ECN Biomass combustion related R&D*. ECN-L--12-078, ECN, Petten, June 2012.

Cieplik, M., F. Verhoef, A. Dyjankon (2010): *Karakterisering en monitoring van vervuilingsgedrag in de ketel bij biomassa meestoken*. Biomassa Meestook Symposium, Amsterdam, 27 mei 2010.

[http://www.biomasscofiring.nl/fileadmin/biomasscofiring/user/Presentations/Presentatie Cieplik website versie .pdf](http://www.biomasscofiring.nl/fileadmin/biomasscofiring/user/Presentations/Presentatie_Cieplik_website_versie_.pdf)

Charlie Ma (2012): *Potassium Release to the Gas Phase during Wood Chip Combustion; Motivated by Small-scale Externally-fired Gas Turbine Power Generation*. Master's thesis, Luleå University of Technology, Department of Engineering Sciences and Mathematics, Sweden, 2012.

CROW (2013): *RAW 2010 in kort bestek....* CROW, Kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede, januari 2011.

CROW (2013): *RAW 2010 Actualisering RAW-systematiek 2010 aan UAV 2012*. CROW, Kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede, januari 2013.

ECN (2013): *14 credits an ECN innovation Standards*. Internet pagina <http://www.14credits.com/standards/> laatst bezocht 24 december 2014.

Environment Agency (2013): *Technical Guidance Note (Monitoring) M2 Monitoring of stack emissions to air*. Version 9, Environment Agency, UK, January 2013.
<http://www.environment-agency.gov.uk/business/regulation/31831.aspx>

Environment Agency (2012): *Technical Guidance Note (Monitoring) M16 Monitoring volatile organic compounds and methane in stack gas emissions*, Environment Agency, UK, June 2012.

EPA (1996) *Method 15 – Determination of Hydrogen Sulfide, Carbonyl Sulfide, and Carbon Disulfide Emissions from Stationary Sources*. United States Environmental Protection Agency, 10 October 1996.
<http://www.epa.gov/ttn/emc/methods/method15.html>

EPA Ireland (2012): *Policy on Monitoring of Stack Emissions to Air at EPA Licensed Sites*. Office of Environmental Enforcement, Wexford, Ireland, March 2012.
<http://www.epa.ie/pubs/advice/air/emissions/EPA%2017025%20Policy.pdf>

EPA Ireland (2007): *Air Emissions Monitoring Guidance Note #2 (AG2)*. Environmental Protection Agency (EPA) Office of Environmental Enforcement (OEE), Wexford, Ireland. 2007.
<http://www.epa.ie/pubs/advice/air/emissions/aemguidancenoteag2.html>

EU (2010): *Directive 2010/75/EU of the European Parliament and the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control)*. Official Journal of the European Union L 334/17, 17 December 2010.

EU (1999): *Richtlijn 1999/32/EG van de Raad van 26 april 1999 betreffende een vermindering van het zwavelgehalte van bepaalde vloeibare brandstoffen en tot wijziging van Richtlijn 93/12/EEG*. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen L 121/13, 11 mei 1999.

IenM (2011): *Regeling van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu van 20 april 2011, nr. BJZ2011043268, houdende nadere regels betreffende de kwaliteit en het zwavelgehalte van brandstoffen (Regeling brandstoffen luchtverontreiniging)*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 20 april 2011.

IenM (2012): *Besluit van 31 oktober 2012 tot wijziging van het Activiteitenbesluit milieubeheer en het Besluit omgevingsrecht en enkele andere besluiten (nieuwe activiteiten, integratie Besluit emissie-eisen middelgrote stookinstallaties milieubeheer, vereenvoudigingen en reparaties in het Activiteitenbesluit milieubeheer)*. Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, jaargang 2012, no. 558, 16 november 2012.

InfoMil (2013a): *Normen voor luchtemissiemetingen*. Laatst geraadpleegd 26 november 2013.
<http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/meten-rapporteren/meten-luchtemissies/tabel/>

InfoMil (2013b): *Metten luchtemissies L40 Handleiding Meten van luchtemissie*. Laatst geraadpleegd 26 november 2013.

<http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/meten-rapporteren/meten-luchtemissies/l40-handleiding/>

InfoMil (2013c): *L40 Praktijkbladen Meten*. Laatst geraadpleegd 26 november 2013.
<http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/meten-rapporteren/meten-luchtemissies/l40-praktijkbladen/>

Kaasman, H, J. Öhlin, J. Bohwalli, L Åmand (2011): *Influence of O₂ during Sulphation of KCl in a Biomass Fired CFB Boiler*. Swedish - Finnish Flame days, Piteå, Sweden, 26-27 January 2011.
http://www.ffrc.fi/FlameDays_2011/Session_1_Multifuel_combustion/9kassman.pdf

Kiwa (2008): *Nationale Beoordelingsrichtlijn voor KOMO® productcertificaat voor AVI-bodemas voor ongebonden toepassing in grond- en wegenbouwkundige werken*. Kiwa, Rijswijk, 16 april 2008.

Lind, F., M. Israelsson, M. Seemann, H. Thunman (2011): *Tar Cleaning in a Dual Fluidized Bed with Mn₃O₄ on Mg-ZrO₂ as Catalyst*. Swedish - Finnish Flame days, Piteå, Sweden, 26-27 January 2011.
http://www.ffrc.fi/FlameDays_2011/Session_4_Gasification/29lind.pdf

UBA (2008): *Air Pollution Prevention Manual on Emission Monitoring*. Research Report 360 16 004, UBA-FB 001090, TÜV Süd Industrie Service GmbH, München, 2008.
<http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3417.pdf>

UBA (2007): *Guidelines for Chemical Analysis; Determination of the Elemental Content of Environment Samples using ICP-OES*. Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology, Schmallenberg, July 2007.
http://www.ime.fraunhofer.de/content/dam/ime/en/documents/AE/SOP_ICP-OES_en.pdf

Vito (2013): *Bemonstering voor rookgassen en analyse van CO, CO₂, SO₂, NO_x, O₂ en TOC met monitoren*. Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht. VITO, Mol, 2013.
https://esites.vito.be/sites/reflabos/2013/Online%20documenten/LUC_II_001.pdf

VKL (2009): *Gasvormige componenten, Absorptie-emissiemetingen naar HCl, HF, NH₃ en SO₂*. CvGM-VKL 014 Versie 1.0, Vereniging Kwaliteit Luchtmetingen, Amersfoort, december 2009.
http://meijercreative.com/vkl/?page_id=78

VKL (2012): *Zware metalen en Hg*. CvGM-VKL 016 Versie 1.0, Vereniging Kwaliteit Luchtmetingen, Amersfoort, december 2012.

Vrom (1987): *Besluit van 10 april 1987, houdende emissie-eisen stookinstallaties Wet inzake de luchtverontreiniging*. Regeling vervalt per 01-01-2016.

VROM (2005): *Regeling meetmethoden emissie-eisen stookinstallaties milieubeheer A 2005*. Regeling vervalt per 01-01-2016.

VRM (2007a): *Besluit van 19 oktober 2007, houdende algemene regels voor inrichtingen (Besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer)*. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 19 oktober 2007.

VRM (2007b): *Regeling van de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 9 november 2007, nr. DJZ2007104180, houdende algemene regels voor inrichtingen (Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer)*. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 9 november 2007.

VRM (2007c): *Regeling van 13 december 2007, nr. DJZ2007124397, houdende regels voor de uitvoering van de kwaliteit van de bodem*. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 13 december 2007.

VRM (2011): *Besluit van 8 april 2011, houdende eisen met betrekking tot brandstoffen ter implementatie van richtlijn nr. 2009/30/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 april 2009 tot wijziging van Richtlijn 98/70/EG met betrekking tot de specificatie van benzine, dieselbrandstof en gasolie en tot invoering van een mechanisme om de emissies van broeikasgassen te monitoren en te verminderen, tot wijziging van Richtlijn 1999/32/EG van de Raad met betrekking tot de specificatie van door binnenschepen gebruikte brandstoffen en tot intrekking van Richtlijn 93/12/EEG (PbEU L 140) (Besluit brandstoffen luchtverontreiniging)*. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 8 april 2011.

Bijlage A. Namenlijst normen

ASTM D 482 04

Standard Test Method for Ash from Petroleum Products

ASTM D 1145 80

Test Method for Sampling Natural Gas (Withdrawn 1986)

ASTM D 1265 11

Standard Practice for Sampling Liquefied Petroleum (LP) Gases, Manual Method

ASTM D 2784 11

Standard Test Method for Sulfur in Liquefied Petroleum Gases (Oxy-Hydrogen Burner or Lamp)

ASTM D 4057 12

Standard Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products

ASTM D 3228 03

Test Method for Total Nitrogen in Lubricating Oils and Fuel Oils by modified Kjeldahl

ASTM D 3228 03

Test Method for Total Nitrogen in Lubricating Oils and Fuel Oils by modified Kjeldahl

BRL 2307:2008 (uitgebracht door Kiwa)

Nationale Beoordelingsrichtlijn voor KOMO[®] productcertificaat voor AVI-bodemas voor ongebonden toepassing in grond- en wegenbouwkundige werken (wordt vervangen door richtlijn voor AEC-bodemas)

BRL 2307:201X (in voorbereiding)

Nationale Beoordelingsrichtlijn voor KOMO[®] productcertificaat voor AEC-bodemas voor ongebonden toepassing in grond- en wegenbouwkundige werken (vervangen richtlijn voor AVI-bodemas)

BRL 9302:2008 (uitgebracht door Kiwa)

E-bodemas en KV-slak in ongebonden toepassing op of in de bodem in grond- en wegenbouwkundige werken , met wijzigingsblad van 1 juni 2012.

EN 24260: 1994

Petroleum products and hydrocarbons - Determination of sulfur content - Wickbold combustion method (ISO 4260:1987)

NEN 1884:1980

Vloeibare brandstoffen – Bepaling van de verbrandingswarmte met behulp van een adiabatische calorimeter en afleiding van de stookwaarde

NEN 2826:1999

Luchtkwaliteit - Uitworp door stationaire puntbronnen - Monsterneming en bepaling van het gehalte aan gasvormig ammoniak

NEN 3010:1991

Vaste brandstoffen - Monsterneming en monstervoorbereiding van steenkool (ingetrokken)

NEN 7777:2011

Milieu en voedingsmiddelen - Prestatiekenmerken van meetmethoden

NEN 7778:2003

Milieu - Gelijkwaardigheid van meetmethoden

NEN 7779:2008

Milieu - Onzekerheid van meetresultaten

NEN 8014:2012 Ontw.

Luchtkwaliteit - Emissies van stationaire bronnen - Monsterbehandelingsketen: veld, transport, laboratorium

NEN-EN 590:2013

Brandstoffen voor wegvoertuigen - Diesel - Eisen en beproevingsmethoden

NEN-EN 1911:2010

Stationary source emissions - Determination of mass concentration of gaseous chlorides expressed as HCl - Standard reference method

NEN-EN 1948-1:2006

Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs - Part 1: Sampling

NEN-EN 1948-2:2006

Stationary source emissions - Determination of mass concentration of PCDDs/PCDFs - Part 2: Extraction and clean-up

NEN-EN 1948-3:2006

Stationary source emissions - Determination of mass concentration of PCDDs/PCDFs - Part 3: Identification and quantification

NEN-EN 1948-4:2010

Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of PCDDs/PCDFs and dioxin-like PCBs - Part 4: Sampling and analysis of dioxin-like PCBs

NEN-EN 12619:2013

Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of total gaseous organic carbon - Continuous flame ionisation detector method

NEN-EN 13211:2007

Air quality - Stationary source emissions - Determination of the concentration of total mercury - Reference method (SRM^{17*})

NEN-EN 13284-1:2001

Stationary source emissions - Determination of low range mass concentration of dust - Part 1: Manual gravimetric method - Reference method (SRM*)

Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van massaconcentratie van stof in lage concentraties – Deel 1: Manuele gravimetrische methode

NEN-EN 13284-2:2004

Stationary source emissions - Determination of low range mass concentration of dust - Part 2: Automated measuring systems

Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van massaconcentratie van stof in lage concentraties – Deel 2: Geautomatiseerde meetsystemen

NEN-EN 13526:2001

Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of total gaseous organic carbon in flue gases from solvent using processes - Continuous flame ionisation detector method

NEN-EN 13649:2001

Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of individual gaseous organic compounds - Activated carbon and solvent desorption method

NEN-EN 13649:2011 Ontw.

Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of individual gaseous organic compounds - Active carbon and solvent desorption method

NEN-EN 13725:2006

Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry

NEN-EN 14181:2006

Stationary source emissions - Quality assurance of automated measuring systems

Emissies van stationaire bronnen – Kwaliteitsborging van geautomatiseerde meetsystemen

NEN-EN 14385:2004

Air quality - Stationary source emissions - Determination of the total emission of specific elements

¹⁷ * SRM = standard reference method; aangewezen in wet- en regelgeving voor het uitvoeren van periodieke of parallelmetingen.

NEN-EN 14789:2005

Stationary source emissions - Determination of the volume concentration of oxygen (O₂) - Reference method - Paramagnetism (SRM*)

Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van de volumeconcentratie van zuurstof (O₂) – Referentiemethode - Paramagnetisme

NEN-EN 14790:2005

Stationary source emissions - Determination of the water vapour in ducts - Reference method (SRM*)

Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van de waterdamp in leidingen

NEN-EN 14791:2005

Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of sulphur dioxide - Reference method (SRM*)

Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van de massaconcentratie aan zwaveldioxide – Referentiemethode

NEN-EN 14792:2005

Stationary source emissions - Determination of mass concentration of nitrogen oxides (NO_x) - Reference method - Chemiluminescence (SRM*)

Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van massaconcentratie aan stikstofoxiden (NO_x) – Referentiemethode – Chemiluminescentie

NEN-EN 14884:2006

Stationary source emissions - Determination of total mercury - Automated measuring systems

NEN-EN 15058:2006

Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of carbon monoxide (CO) - Reference method - Non-dispersive infrared spectrometry (SRM*)

NEN-EN 15259:2007

Air quality - Measurement of stationary source emissions - Measurement strategy, measurement planning, reporting and design of measurement sites

Luchtkwaliteit – Meetmethode emissies van stationaire bronnen – Eisen voor meetvlakken en meetlokalities en voor doelstelling, meetplan en rapportage van de meting

(Ierland) I.S. EN 15259:2007: Air Quality – Measurement of Stationary Source Emissions – Requirements for Measurement Section and Sites and for the Measurement Objective, Plan and Report;

NEN-EN 15267-3:2008

Air quality - Certification of automated measuring systems - Part 3: Performance criteria

and test procedures for automated measuring systems for monitoring emissions from stationary sources

NEN-EN 15400-ontw:2009

Vaste secundaire brandstoffen – Methoden voor de bepaling van calorische waarden

NEN-EN-ISO 4259:2006 en

Petroleum products -- Determination and application of precision data in relation to methods of test

Aardolieproducten - Bepaling en toepassing van gegevens over de precisie van beproevingsmethoden

NEN-EN-ISO 6976:2005

Aardgas – Berekening van de verbrandingswarmte, de stookwaarde, de dichtheid, de relatieve dichtheid en de Wobbe-index uit de samenstelling

NEN-EN-ISO 8754:2003 en

Petroleum products - Determination of sulfur content - Energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry

Aardolieproducten - Bepaling van het zwavelgehalte - Energie-dispersieve röntgenfluorescentiespectrometrie

NEN-EN-ISO 14956:2002

Air quality - Evaluation of the suitability of a measurement method by comparison with a required measurement uncertainty

NEN-EN-ISO 14596:2007 en

Petroleum products -- Determination of sulfur content -- Wavelength-dispersive X-ray fluorescence spectrometry.

Aardolieproducten - Bepaling van het zwavelgehalte - Golflengte-dispersieve röntgenfluorescentiespectrometrie

NEN-EN-ISO 16911-1:2011 Ontw.

Stationary source emissions - Determination of velocity and volume flow rate in ducts - Part 1: Manual reference method

NEN-EN-ISO 16911-2:2011 Ontw.

Stationary source emissions - Determination of velocity and volume flow rate in ducts - Part 2: Automated measuring systems

NEN-EN-ISO/IEC 17020:2012

Conformity assesment - General criteria for the operation of various types of bodies performing inspection

NEN-EN-ISO/IEC 17025:2007

General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

Algemene eisen voor de bekwaamheid van beproevings- en kalibratielaboratoria

(Ierland) I.S. EN ISO/IEC 17025:2005 - General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

NEN-EN-ISO 23210:2009

Stationary source emissions - Determination of PM10/PM2,5 mass concentration in flue gas - Measurement at low concentrations by use of impactors

NEN-ISO-351: 1996

NEN-ISO 351:1996 en - Vaste brandstoffen - Bepaling van het totale zwavelgehalte - Methode door verbranding bij hoge temperatuur

NEN-ISO-1928:2009

Vaste brandstoffen – Bepaling van de verbrandingswarmte met behulp van de bomcalorimeter en berekening van de stookwaarde

NEN-ISO 7935:2001

Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of sulfur dioxide - Performance characteristics of automated measuring methods

NEN-ISO 10155:2002

Stationary source emissions - Automated monitoring of mass concentrations of particles - Performance characteristics, test methods and specifications

NEN-ISO 10397:2001

Stationary source emissions - Determination of asbestos plant emissions - Method by fibre count measurement

NEN-ISO 10849:1998

Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of nitrogen oxides - Performance characteristics of automated measuring systems

NEN-ISO 11338-1:2012

Emissie van stationaire bronnen - Bepaling van de gas en deeltjesfase van polycyclische aromatische koolwaterstoffen - Deel 1: Monsterneming

NEN-ISO 11338-2:2012

Emissie van stationaire bronnen - Bepaling van de gas en deeltjesfase van polycyclische aromatische koolwaterstoffen - Deel 2: Monsterbehandeling, reiniging en bepaling

NEN-ISO 12039:2001

Stationary source emissions - Determination of carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen - Performance characteristics and calibration of automated measuring systems

NEN-ISO 14164:1999

Stationary source emissions - Determination of the volume flowrate of gas streams in ducts - Automated method

Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van het volumedebiet van gasstromen in schoorstenen – Geautomatiseerde methode

NEN-ISO 15713:2011

Emissie van stationaire bronnen - Monsterneming en bepaling van het gasvormige fluoridegehalte

NVN 2818:2005 (Nederlandse voornorm)

Geurkwaliteit - Sensorische bepaling van de hedonische waarde van een geur met een olfactometer

NPR 8114:2010 (Nederlandse praktijkrichtlijn)

Emissies van stationaire bronnen - Kwaliteitsborging van geautomatiseerde meetsystemen

NTA 7379:2012 (Nederlandse technische afspraak)

Richtlijnen voor Predictive Emission Monitoring Systems (PEMS) - Realisatie en kwaliteitsborging

NTA 8014:2007

Luchtkwaliteit - Emissies van stationaire bronnen - Monsterbehandelingsketen: veld, transport, laboratorium

NPR-CEN/TS 14793:2005 (Nederlandse praktijkrichtlijn - Technical specification)

Stationary source emission - Intralaboratory validation procedure for an alternative method compared to a reference method

NPR-CEN/TS 15675:2007 (Nederlandse praktijkrichtlijn - Technical specification)

Air quality - Measurements of stationary source emissions - Application of EN ISO/IEC 17025:2005 to periodic measurement

(Ierland) SR CEN/TS 15675: Air Quality – Measurement of Stationary Source Emissions – Application of EN ISO/IEC 17025:2005 to Periodic Measurements

NPR-CEN/TR 15983:2010 (Nederlandse praktijkrichtlijn - Technical report)

Stationary source emissions - Guidance on the application of EN 14181:2004

ISO 13833:2013

Stationary source emissions -- Determination of the ratio of biomass (biogenic) and fossil-derived carbon dioxide -- Radiocarbon sampling and determination

ISO 8672:1993

Air quality - Determination of the number concentration of airborne inorganic fibres by phase contrast optical microscopy - Membrane filter method

ISO 10780:1994

Stationary source emissions - measurement of velocity and volume flowrate of gas streams in ducts

VDI 2066-5:1994

Messen von Partikeln - Staubmessung in strömenden Gasen - Fraktionierende
Staubmessung nach dem Impaktionsverfahren - Kaskadenimpaktor

VDI 3486-1:1979

Messen gasförmiger Emissionen - Messen der Schwefelwasserstoff-Konzentration -
Potentiometrisches Titrationsverfahren

VDI 3486-2:1979

Messen gasförmiger Emissionen - Messen der Schwefelwasserstoff-Konzentration -
Jodometrisches Titrationsverfahren

VDI 3488-1:1979

Messen der chlorkonzentration: methylorange-verfahren

VDI 3488-2:1980

Messen der chlorkonzentration: bromid-jodid-verfahren

VDI 3493-1:1982

Messen gasförmiger Emissionen - Messen von Vinylchlorid - Gas-chromatographisches
Verfahren - Probenahme mit Gassammelgefäßen

VDI 3863-1:1987

Messen gasförmiger Emissionen - Messen von Acrylnitril - Gas-chromatographisches
Verfahren - Probenahme mit Gassammelgefäßen

VDI 3863-2:1991

Messen gasförmiger Emissionen - Messen von Acrylnitril - Gas-Chromatographisches
Verfahren - Probenahme durch Absorption in tiefkalten Lösemitteln

Zoeken naar normen:

<http://www.iso.org/iso/home/search.htm>

<http://www.nen.nl/>

<http://www.pngis.net/standards/>

<http://www.astm.org/>

http://www.bouwkwiteit.nl/dbase/brltitel/brl_zoek_result_all.php

<http://www.caslab.com/EPA-Methods/> (incl teksten)

Bijlage B. Meetmethoden Bees A

Tabel B1: Meetmethoden Bees A

Grootheid	Type norm	Nummer norm	Uitgave	Titel
Meetnormen voor continue metingen als bedoeld in artikel 2				
Totaal stof concentratie	NEN-EN	13284	2 2004	Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van massaconcentratie van stof in lage concentraties – Deel 2: Geautomatiseerde meetsystemen
Debiet	NEN-ISO	14164	1999	Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van het volumedebiet van gasstromen in schoorstenen – Geautomatiseerde methode
Meetnormen voor afzonderlijke metingen en parallelmetingen als bedoeld in artikel 4				
Totaal stof concentratie	NEN-EN	13284	1 2001	Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van massaconcentratie van stof in lage concentraties – Deel 1: Manuele gravimetrische methode
Debiet	ISO	10780	1994	Stationary source emissions – Measurement of velocity and volume flowrate of gas streams in ducts
H ₂ O concentratie	NEN-EN	14790	2005	Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van de waterdamp in leidingen
O ₂ concentratie	NEN-EN	14789	2005	Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van de volumeconcentratie van zuurstof (O ₂) – Referentiemethode - Paramagnetisme
SO ₂ concentratie	NEN-EN	14791	2005	Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van de massaconcentratie aan zwaveldioxide – Referentiemethode
NO _x concentratie	NEN-EN	14792	2005	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van massaconcentratie aan stikstofoxiden (NO _x) – Referentiemethode – Chemiluminescentie
Algemene normen voor kwaliteitsborging als bedoeld in artikel 5				
Kwaliteitsborging geautomatiseerde metingsystemen	NEN-EN	14181	C 1 2004 2006	Emissies van stationaire bronnen – Kwaliteitsborging van geautomatiseerde meetsystemen
Bekwaamheid laboratoria	NEN-EN-ISO/IEC	17025	C 1 2005 2007	Algemene eisen voor de bekwaamheid van beproevings- en kalibratie-laboratoria
Monsternamestrategie, meetdoel, -plan en -rapportage	NEN-EN	15259	2007	Luchtkwaliteit – Meetmethode emissies van stationaire bronnen – Eisen voor meetvlakken en meetlokaties en voor doelstelling, meetplan en rapportage van de meting

ECN

Westerduinweg 3
1755 LE Petten

Postbus 1
1755 LG Petten

T 088 515 4949
F 088 515 8338
info@ecn.nl
www.ecn.nl

