

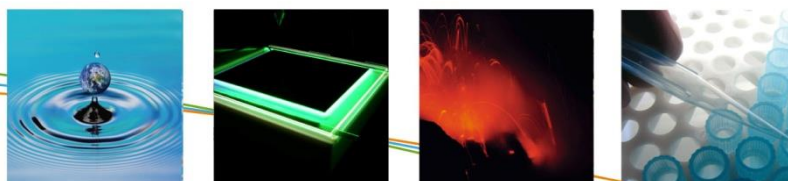
Eindrapport

Ontwikkeling van een meetmethode om de concentratie van PER (tetrachlooretheen) in de lucht te bepalen voor textielreinigingsmachines die gebruikmaken van PER als reinigingsmiddel

Frank Sleeuwaert, Bart Baeyens, Wim Aerts, Guido Lenaers en Rob Brabers

Studie uitgevoerd in opdracht van LNE
2014/MRG/R/270

December 2014



VITO NV

Boeretang 200 - 2400 MOL - BELGIE
Tel. + 32 14 33 55 11 - Fax + 32 14 33 55 99
vito@vito.be - www.vito.be

BTW BE-0244.195.916 RPR (Turnhout)
Bank 375-1117354-90 ING
BE34 3751 1173 5490 - BBRUBEBB

Alle rechten, waaronder het auteursrecht, op de informatie vermeld in dit document berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV ("VITO"), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916. De informatie zoals verstrekt in dit document is vertrouwelijke informatie van VITO. Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO mag dit document niet worden gereproduceerd of verspreid worden noch geheel of gedeeltelijk gebruikt worden voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin aangewend worden

VERSPREIDINGSLIJST

Opdrachtgever:

LNE

Jan Baeten, LNE

Uitvoerders:

Frank Sleenwaert, VITO (contactpersoon)

Bart Baeyens, VITO

Wim Aerts, VITO

Guido Lenaers, VITO

Gert Otten, VITO

Rob Brabers, VITO

Bedrijven en Federaties:

Maarten Van Severen, FBT (Federatie van de Belgische Textielverzorging)

Secretariaat VITO

INHOUD

HOOFDSTUK 1. Doelstelling	7
HOOFDSTUK 2. Ontwerp meetmethoden	8
2.1. Bestudeerde pollutent	8
2.2. Analyse probleemstelling	9
2.2.1. Toepassingsgebied meetmethode	9
2.2.2. Huidige Vlarem wetgeving	9
2.2.3. Interpretatie huidige Vlarem wetgeving	10
2.3. Literatuuronderzoek en contacten met experts	12
2.3.1. ISO 8232	12
2.3.2. Wetgeving Nederland	12
2.3.3. Wetgeving Verenigde Staten	13
2.3.4. Wetgeving Duitsland	13
2.3.5. Luchthuishouding droogcyclus	15
2.3.6. Praktijkvoorbeeld meting Duitsland	17
2.3.7. Voorbeeld verslaggeving metingen volgens 2. BlmSchV	20
2.3.8. Schema onderdelen en leidingen PER reinigingsmachine	20
2.3.9. Voorbeeld kostprijs installatie PER bewakingssysteem bij bestaande reinigingsmachine	22
2.3.10. FBT (Federatie van de Belgische Textielverzorging)	22
2.4. Ontwerp meetmethode	23
2.4.1. Toepassingsgebied meetmethode (type reinigingsmachines)	23
2.4.2. Selectie meetplaats	24
2.4.3. Te meten parameters en meetbereik	24
2.4.4. Meetmethode	25
2.4.5. Tijdstip controle grenswaarde en meetperiode	26
2.4.6. Randvoorwaarden meetomstandigheden	26
HOOFDSTUK 3. Experimentele testen	27
3.1. Algemeen	27
3.1.1. Overzicht meetprogramma	27
3.1.2. Toegepaste meetopstelling en algemene vaststellingen	28
3.1.3. Opmerkingen aangaande andere mogelijke parameters van het afgas	29
3.2. PER reinigingsmachine A (bedrijf 1)	30
3.3. PER reinigingsmachine B (bedrijf 1)	33
3.4. PER reinigingsmachine C (bedrijf 2)	37
3.5. PER reinigingsmachine D (bedrijf 3)	39
3.6. PER reinigingsmachine E (bedrijf 3)	41
3.7. Besluit experimentele testen	42
HOOFDSTUK 4. Het meetvoorschrift	44
4.1. Toepassingsgebied	44

4.2.	<i>Tijdstip van meting en aantal metingen bij controle van grenswaarde</i>	44
4.3.	<i>Bemonsteringspositie</i>	44
4.4.	<i>Bemonsteringsduur</i>	44
4.5.	<i>Meetmethode</i>	45
4.6.	<i>Randvoorwaarden meetomstandigheden</i>	47
4.7.	<i>Referenties</i>	47

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Belgische MAC waarden voor PER _____	8
Tabel 2: Oplijsting PER monitoren die voldoen aan de 2. BlmSchV [15] _____	18
Tabel 3: Overzicht meetresultaten ter hoogte van de trommel tijdens de testen _____	20
Tabel 4: Overzicht meetprogramma experimentele testen _____	27
Tabel 5: Overzicht meetresultaten machine A - vergelijking AK-metingen met FID-metingen _____	33
Tabel 6: Overzicht meetresultaten machine B - vergelijking AK-metingen met FID-metingen _____	36
Tabel 7: Overzicht meetresultaten machine C - vergelijking AK-metingen met FID-metingen _____	39

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: De verschillende fasen tijdens de droogcyclus van reinigingsmachines van het gesloten type _____	16
Figuur 2: Luchttraject doorheen de trommel _____	17
Figuur 3: Geïnstalleerde meetpunten en PER monitor van gemeten reinigingsmachine [14] _____	18
Figuur 4: Verschillende onderdelen PER reinigingsmachine [16] _____	21
Figuur 5: Schematisch overzicht leidingen PER reinigingsmachine [16] _____	22
Figuur 6: Toegepast koppelstuk met 3 doorgangen voor de bestaande opening _____	28
Figuur 7: Machine A met zicht op de voorzijde en achterzijde _____	31
Figuur 8: Locatie meetpunt machine A _____	31
Figuur 9: Overzicht continue FID-metingen bij machine A op 27/11/2013 _____	32
Figuur 10: Overzicht continue FID-metingen bij machine A op 10/12/2013 _____	32
Figuur 11: Machine B met zicht op de voorzijde en achterzijde _____	34
Figuur 12: Locatie meetpunt machine B _____	34
Figuur 13: Zicht op de geopende filterkast machine B _____	35
Figuur 14: Overzicht continue FID-metingen bij machine B op 27/11/2013 _____	35
Figuur 15: Overzicht continue FID-metingen bij machine B op 10/12/2013 _____	36
Figuur 16: Machine C met zicht op de voorzijde en achterzijde _____	37
Figuur 17: Locatie meetpunt machine C _____	38
Figuur 18: Overzicht continue FID-metingen bij machine C op 3/12/2013 _____	38
Figuur 19: Machine D met zicht op de voorzijde en achterzijde _____	40
Figuur 20: Locatie meetpunt machine D _____	40
Figuur 21: Machine D met zicht op de voorzijde _____	41
Figuur 22: Locatie meetpunt machine E _____	42

LIJST VAN AFKORTINGEN

PER perchloorethyleen (tetrachlooretheen)

HOOFDSTUK 1. DOELSTELLING

In 2009 werd de BBT-nota 'Droogkuis' van 1997 geactualiseerd en opnieuw werd de voorwaarde opgenomen "Machines die gebruikmaken van tetrachlooretheen als reinigingsmiddel moeten bovendien uitgerust zijn met een actief koolfilter, die de resterende lucht in de reinigingstrommel op het einde van de droogcyclus reinigt, zodat de concentratie aan tetrachlooretheen, direct boven pas gelost textiel, maximaal 240 mg/m³ bedraagt. De actief koolfilter moet zo vaak vervangen of geregenereerd worden dat de goede werking daarvan is gegarandeerd."

Op basis hiervan werd in Vlarem II artikel 5.41.2.2 opgenomen waarvan §4 de meetverplichting beschrijft. Momenteel wordt de meetverplichting in de praktijk niet opgevolgd omdat er geen standaardmethodologie bestaat om zulke meting uit te voeren.

De inhoudelijke taakstelling van het referentielaboratorium VITO bestaat o.a. in het op punt stellen, valideren en verspreiden van aanbevolen analyse- en meetmethoden. Op basis van deze taakstelling zal VITO als referentielaboratorium de ontbrekende standaardmethodologie vastleggen. Het uitvoeren van deze opdracht gebeurt in 2 fasen:

- Ontwerp en testen van meetmethoden;
- Opstellen van een meetvoorschrift.

HOOFDSTUK 2. ONTWERP MEETMETHODEN

HOOFDSTUK 2 formuleert op basis van een literatuurstudie en contacten met experts een voorstel inzake geschikte meetomstandigheden en meetmethoden.

2.1. BESTUDEERDE POLLUENT

De meetmethode wordt opgesteld voor de pollutant tetrachlooretheen in lucht. Deze pollutant is ook bekend als tetrachlooretheen, perchlooretheen of afgekort PER. Voor de verdere verslaggeving wordt de afkorting PER gebruikt.

Het is een organische verbinding met als brutoformule C_2Cl_4 . De concentratie van 1 ppm PER bij 20°C en 1013,25 hPa bedraagt 6,89 mg PER/m³. De dampspanning bij 20°C bedraagt 18,9 hPa.

De stof verdampt heel gemakkelijk en bezit een scherpe, zoete geur. De meeste mensen kunnen de stof ruiken bij een concentratie van 1 ppm, sommigen bij nog lagere concentraties [5].

MAC waarde. Onder bijlage 1 'Grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling' van referentie [2] kunnen de grenswaarden voor PER worden teruggevonden die van toepassing zijn in België, zie onderstaande Tabel 1.

EINECSnr. ⁽¹⁾	CAS-nr. ⁽²⁾	Naam agentia	Grenswaarde ⁽³⁾		Kortetijds waarde ⁽⁴⁾	
			ppm ⁽⁵⁾	mg/m ³ ⁽⁶⁾	ppm ⁽⁵⁾	mg/m ³ ⁽⁶⁾
204-825-9	00127-18-4	Perchlooretheen	25	172	100	695

⁽¹⁾ EINECS: European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances.

⁽²⁾ CAS: Chemical Abstracts Service Registry Number.

⁽³⁾ Gemeten of berekend voor een referentieperiode van acht uur, tijdsgewogen gemiddelde

⁽⁴⁾ Een grenswaarde voor blootstelling die niet mag worden overschreden en geldt voor een periode van 15 minuten tenzij anders vermeld

⁽⁵⁾ ppm: deel per miljoen in luchtvolume (ml/m³)

⁽⁶⁾ mg/m³ = milligram per kubieke meter lucht bij 20 °C en 101,3 kPa

Tabel 1: Belgische MAC waarden voor PER

In **Nederland** bedraagt de grenswaarde voor PER momenteel 138 mg/m³ (20 ppm; referentieperiode van acht uur, tijdsgewogen gemiddelde) respectievelijk 250 mg/m³ (36,3 ppm; referentieperiode van 15 minuten, tijdsgewogen gemiddelde). De **voorgaande grenswaarde** werd tot midden 2005 in Nederland vastgelegd op **240 mg/m³** (35 ppm; referentieperiode van acht uur, tijdsgewogen gemiddelde), zie referentie [3]. Voor meer informatie wordt verwezen naar referentie [4] waar ook MAC waarden van andere landen kunnen worden teruggevonden.

2.2. ANALYSE PROBLEEMSTELLING

2.2.1. TOEPASSINGSGEBIED MEETMETHODE

Door de opdrachtgever LNE werd aangegeven dat de meetmethode uitsluitend zal dienen om de goede werking te controleren van textielreinigingsmachines die gebruikmaken van PER als reinigingsmiddel. Dit type machines wordt toegepast door de droogkuisbedrijven in Vlaanderen. Een uitvoerige beschrijving van de werking van deze machines alsook de droogkuissector zelf kan worden teruggevonden in de BBT studie 'Droogkuis' van VITO uit 2008 [1].

Er dient opgemerkt te worden dat de te ontwikkelen meetmethode niet zal kunnen dienen om uitspraken te maken over het al dan niet naleven van de grenswaarden van PER voor beroepsmatige blootstelling. Deze grenswaarden voor beroepsmatige blootstelling zijn immers o.a. ook afhankelijk van:

- een goede bedrijfsvoering inzake het gebruik van de textielreinigingsmachines alsook van het reinigingsmiddel PER zelf;
- een goed en blijvend onderhoud van machines;
- een goede verluchting/ventilatie van de hal.

2.2.2. HUIDIGE VLAREM WETGEVING

De belangrijkste sectorale voorschriften voor droogkuisbedrijven zijn opgenomen in hoofdstuk 5.41 en 5.59 van Vlarem II.

Artikel 5.41.2.2 bevat de meetverplichting alsook de grenswaarde voor PER en wordt hieronder volledig weergegeven:

- *“§ 1. Alle machines, met inbegrip van de leidingen en elke afvoer van residuen zijn van het volledig gesloten type. Ze zijn uitgerust met alle nodige systemen voor oplosmiddelrecuperatie. Deze systemen zijn op een onverplaatsbare wijze geïntegreerd om automatisch elke verbinding te vermijden tussen de omringende lucht van de werkplaats en de binnenzijde van de machine tijdens alle fasen van de reiniging.*
- § 2.
 - 1° de machines moeten uitgerust zijn met:
 - a) een diepkoelsysteem en een actief koolfilter, die de resterende lucht in de reinigingstrommel op het einde van de droogcyclus reinigt, zodat de concentratie aan tetrachlooretheen, direct boven pas gelost textiel, maximaal 240 mg/m³ bedraagt. De actief koolfilter moet zo vaak vervangen of geregenereerd worden dat de goede werking daarvan is gegarandeerd;
 - b) een dubbele waterafscheider in serie om de hoeveelheid tetrachlooretheen in het afvalwater te verkleinen;
 - c) een automatische afgrendelsysteem van de laaddeur, spelden- en pluizenvanger, dat ervoor zorgt dat die pas geopend kunnen worden nadat de droogcyclus volledig is afgelopen;
 - d) een vulstreep op de laaddeur, de oplosmiddeltanks en de destillator als beveiliging tegen overvullen. De machine mag nooit boven deze vulstreep geladen worden;
 - e) een dubbele controle tegen het overkoken van de destillatieketel;
 - f) een regenereerbare filter voor het zuiveren van het oplosmiddel;
 - 2° de machines mogen geen directe verbinding met de riolering hebben.
- § 3. Van de bepalingen van § 2 kan in de milieuvergunning afgeweken worden als met andere voorzieningen een gelijkwaardige bescherming van het milieu gewaarborgd kan worden.
- § 4. Voor elke machine houdt de exploitant een verslag ter beschikking van de toezichthoudende overheid, waarin aangetoond wordt dat aan de voorwaarden van § 2 of § 3 voldaan is. Dat verslag moet worden opgesteld door een milieudeskundige, erkend in de discipline lucht, en bevat de volgende elementen:
 - 1° het verslag van een meting waaruit blijkt dat de concentratie aan tetrachlooretheen in de lucht, direct boven pas gelost textiel, maximaal 240 mg/m³ bedraagt;
 - 2° een attest waarin de conformiteit wordt bevestigd van de machine met de in § 2 of § 3 bepaalde voorwaarden;

- 3° een beschrijving van de voorwaarden die bij de exploitatie nageleefd moeten worden zodat de grenswaarde 240 mg/m^3 voor tetrachlooretheen in de lucht, direct boven pas gelost textiel, te allen tijde nageleefd zal worden, zodat de emissies in de lucht tot een minimum beperkt worden.

De exploitant bezorgt een afschrift van dit verslag aan de toezichthoudende overheid als die daarom verzoekt.

In plaats van dit verslag kan ook een verslag aanvaard worden van een identieke machine. In dat geval moet de exploitant een attest toevoegen van de leverancier waarin die bevestigt dat de machine identiek is aan de machine waarover het verslag werd opgesteld.

- § 5. Bij de exploitatie van de machines worden de voorwaarden nageleefd die beschreven zijn in het verslag, vermeld in § 4.”

Artikel 5.41.2.3 bevat aanvullend voorwaarden inzake de controle van de goede werking van de reinigingsmachine. Hierbij wordt geen kwantitatieve bepaling van PER vereist. Dit artikel wordt hieronder volledig weergegeven:

- “§ 1. Minstens om het jaar moet elke reinigingsmachine een grondige onderhouds- en controlebeurt ondergaan zodat de goede werking van de machines steeds is gegarandeerd.
- § 2. Wekelijks moet elke reinigingsmachine op lekken gecontroleerd worden. Die kwalitatieve meting moet gebeuren met een draagbaar elektronisch lekzoektoestel.
- § 3. De exploitant registreert alle storingen, calamiteiten en de resultaten van de voorgeschreven metingen en controles van de machines, zoals bepaald in dit artikel, in een logboek. Dat logboek wordt voor een periode van minstens 5 jaar na de laatste registratie bewaard en ter inzage van de toezichthoudende overheid gehouden.”

Wat betreft de monsterneming geeft Vlarem in Artikel 4.4.4.3 volgend wetgevend kader mee dat hieronder volledig wordt weergegeven:

- Voor het bepalen van één meetwaarde kunnen de volgende bemonsteringsmethoden worden aangewend:
 - 1° continue bemonstering gedurende de volledige referentieperiode;
 - 2° bemonstering gedurende een aantal opeenvolgende tijdsintervallen van één uur die de volledige referentieperiode omvatten; de meetwaarde overeenstemmend met de beschouwde referentieperiode wordt hierbij berekend als het tijdgewogen rekenkundige gemiddelde van de verschillende metingen;
 - 3° *discontinue bemonstering*, tijdens de referentieperiode, waarbij de monsternemingsduur van de verschillende bemonsteringen ten hoogste een factor 2 mag verschillen; in dat geval dienen afhankelijk van de toegepaste monsternemingsduur **tenminste het volgende aantal monsters** genomen:
 - voor een referentieperiode van 1 uur:

<u>monsternemingsduur</u>	<u>aantal monsters</u>
< 2,5 minuten	4
7,5 minuten	3
15 minuten	2
>30 minuten	1
 - voor andere referentieperioden:

<u>monsternemingsduur</u>	<u>aantal monsters</u>
< 15 minuten	4 of meer
30 minuten	3 of meer
1 uur	2 of meer
2 uur of meer	1
- De monsternemingsduur en/of frequentie moet zonodig worden verhoogd indien men met de aangegeven monsternemingsduur en/of frequentie niet tot een betrouwbaar eindresultaat komt.
- De erkende deskundige, zoals bedoeld in artikel 4.4.4.1., en/of de exploitant dient te verifiëren dat de gekozen monsternemingsduur en meetfrequentie een representatief gemiddelde oplevert voor de voorgeschreven referentiemethode.

2.2.3. INTERPRETATIE HUIDIGE VLAREM WETGEVING

Artikel 5.41.2.2 en Artikel 5.41.2.3 geven de wettelijke omkadering waaraan de te ontwikkelen meetmethode dient te voldoen. Hieronder worden de belangrijkste punten opgelijst en geïnterpreteerd:

- **Grenswaarde.** De grenswaarde bedraagt 240 mg PER/m^3 en is niet uitgedrukt t.o.v. normaalomstandigheden (Nm^3). Er wordt geen meetverplichting inzake een (mogelijk) debiet vermeld.

- **Meetbereik.** De meetmethode zal opgesteld worden met een minimum meetbereik van 0,1 tot 3 keer de grenswaarde zoals algemeen voorgeschreven door Vlare II.
- **Tijdstip controle grenswaarde.** Als tijdstip waar aan de grenswaarde dient te worden voldaan wordt het einde van de droogcyclus opgegeven. Onder Artikel 5.41.2.2, §2, 1,°c) wordt aangegeven dat de droogcyclus volledig is afgelopen op het moment dat het automatisch afgrendelsysteem het toelaat om de laaddeur (en spelden- en pluizenvanger) manueel te openen. Dit tijdstip voor de controle van de grenswaarde wordt bij het ontwikkelen van de meetmethode verder aangehouden.
- **Referentieperiode discontinue bemonstering.** Volgens Artikel 4.4.4.3 van Vlare heeft de referentieperiode invloed op het aantal te nemen monsters bij een discontinue bemonstering. Er werd echter geen referentieperiode voor de PER grenswaarde in Vlare opgegeven maar eerder een tijdstip vanaf wanneer aan de grenswaarde dient te worden voldaan. Volgens Artikel 4.4.4.3., 3° dient bij een bemonsteringsduur van minder dan 15 minuten per monster minimum 4 monsters genomen te worden. Er wordt getracht om hiermee rekening te houden tijdens het ontwikkelen van de meetmethode.
- **Meetperiode.** Er wordt hierbij gestreefd om de meetperiode zo kort mogelijk te houden. Het is immers mogelijk dat de meetmethode zelf de concentratie in de trommel kan beïnvloeden doordat bemonsteringslucht afgezogen wordt. Wanneer bv. gekozen wordt om tijdens de bemonstering de laaddeur te openen dan wordt onvermijdelijk verse (verdunnings)lucht naar binnen gezogen.
- **Meetplaats.** Artikel 5.41.2.2, §2, 1°, a) geeft aan om 'direct boven pas gelost textiel' te meten. De interpretatie hiervan is onduidelijk. Er wordt in dezelfde zin voorafgaand wel aangegeven dat een diepkoelsysteem en actief koolfilter de resterende lucht in de reinigingstrommel op voldoende wijze dient te reinigen. Op basis hiervan wordt in eerste instantie aangenomen dat de meest voor de hand liggende meetplaats in de reinigingstrommel zelf is, temeer omdat hierbij ook op een meer representatieve/reproduceerbare wijze gemeten kan worden in vergelijking met een meting bv. boven de wasmand of ter hoogte van het droogrek. Een meting boven de wasmand of ter hoogte van het droogrek is immers sterk afhankelijk van de luchthuishouding (aanwezige afzuigingen) en grootte van de werkhal alsook mogelijke andere (interfererende) emissiebronnen, zoals bv. andere reinigingsmachines en ander met PER gereinigd textiel dat reeds aanwezig is in de hal.
- **Meetfrequentie.** Artikel 5.41.2.2 en Artikel 5.41.2.3 vermelden geen meetfrequentie. Indirect kan wel afgeleid worden dat de meting slechts eenmalig dient te worden uitgevoerd per reinigingsmachine en dat de meetresultaten steeds ter beschikking van de controlerende overheid gesteld moeten worden gedurende minstens 5 jaar. Bij aanwezigheid van meerdere identieke reinigingsmachines bij de exploitant dient slechts een van deze identieke reinigingsmachines gemeten te worden. *In dit geval dient de exploitant een attest toe te voegen van de leverancier waarin die bevestigt dat de reinigingsmachine identiek is aan de reinigingsmachine waarover het verslag wordt opgesteld.*
- **Uitvoerder.** Voor elke reinigingsmachine houdt de exploitant een verslag (incl. o.a. de meting) ter beschikking van de toezichthoudende overheid, zie Artikel 5.41.2.2, §4. Dit impliceert dat de meting, uitgevoerd door een labo erkend in de discipline lucht, ten laste van de exploitant van de reinigingsmachine is. *(Opmerking: Zoals eerder vermeld kan een vrijstelling van de eenmalige meting bekomen worden bij meerdere identieke reinigingsmachines waardoor de exploitant slechts een van deze reinigingsmachines dient te laten meten. Het is onduidelijk of dat deze redenering nog verder kan worden doorgetrokken naar de leverancier. De leverancier kan bv. zelf eenmalig een meting op een bepaald type reinigingsmachine laten uitvoeren waar de kopers (exploitanten) van dit type reinigingsmachine telkens naar kunnen refereren.)*

Artikel 5.41.2.2 en Artikel 5.41.2.3 vermelden daarnaast nog enkele belangrijke eigenschappen waaraan de reinigingsmachines dienen te voldoen en die mogelijk een invloed kunnen hebben op de te ontwikkelen meetmethode:

- De reinigingsmachine is van het volledig gesloten type.
- Om de droogcyclus uit te voeren is de reinigingsmachine voorzien van een diepkoelsysteem en een actief koolfilter. Van deze vereiste kan (in de milieuvergunning) afgeweken worden als met andere voorzieningen een gelijkwaardige bescherming van het milieu gewaarborgd kan worden.
- De reinigingsmachine beschikt over een automatisch afgrendelsysteem van de laaddeur, spelden- en pluizenvanger, dat ervoor zorgt dat die pas geopend kunnen worden nadat de droogcyclus volledig is afgelopen. Er wordt verder niet gespecificeerd welke types afgrendelsystemen in aanmerking komen of de voorkeur verdienen. Ook hier kan van deze vereiste (in de milieuvergunning) afgeweken worden als met andere voorzieningen een gelijkwaardige bescherming van het milieu gewaarborgd kan worden.

Besluit. De interpretatie van de huidige Vlarew wetgeving voor PER reinigingsmachines blijkt niet steeds even duidelijk, vooral m.b.t. de meetplaats.

2.3. LITERATUURONDERZOEK EN CONTACTEN MET EXPERTEN

De literatuur wordt in voorliggende paragraaf onderzocht alsook worden experts gecontacteerd om een (praktische) oplossing te zoeken voor de knelpunten en/of onduidelijkheden aangegeven tijdens de analyse van de probleemstelling in 2.2.

2.3.1. ISO 8232

ISO 8232 handelt over reinigingsmachines van het gesloten type die algemeen gebruikmaken van solventen, waaronder PER [8]. De norm stelt een gestandaardiseerde methode voor om volgende eigenschappen van deze reinigingsmachines na te gaan:

- solventverbruik;
- efficiëntie van solventrecuperatie tijdens de droging;
- concentratie van solventen in de lucht in de omgeving van de reinigingsmachine.

Besluit. Deze norm is o.a. bedoeld om representatief de invloed van de reinigingsmachine op de werkplaatsatmosfeer te meten op basis van een testhal. Er wordt aangegeven onder welke voorwaarden (o.a. samenstelling en hoeveelheid textiel, edm) de reinigingsmachine moet draaien om representatief te meten. Mogelijk dat deze voorwaarden nuttig zijn voor voorliggend onderzoek.

2.3.2. WETGEVING NEDERLAND

Voor het reinigen en wassen van textiel is in Nederland een algemene emissie-eis voor koolwaterstoffen en een specifieke immissie-eis voor PER opgenomen [7]:

- De emissie van koolwaterstof in de drooglucht van het gereinigde textiel mag maximaal 20 gram per kilo gedroogd textiel zijn. Er is geen sprake van een meetverplichting voor de emissie van PER.
- De immissieconcentratie van PER mag in bepaalde naastliggende ruimten, bijvoorbeeld een leefruimte (woonkamer), niet meer bedragen dan 0,25 mg per normaal kubieke meter als

weekgemiddelde. In de buitenlucht mag de PER-immissieconcentratie niet meer bedragen dan 0,25 mg per normaal kubieke meter als jaargemiddelde. De meetmethode voor binnenmetingen is ook toegestaan voor metingen in de buitenlucht.

Besluit. De Nederlandse wetgeving maakt geen gebruik van een grenswaarde zoals toegepast in Vlaanderen en bevat verder geen bruikbare informatie.

2.3.3. WETGEVING VERENIGDE STATEN

In 2006 en 2008 heeft EPA (Environmental Protection Agency) een regelgeving uitgevaardigd voor droogkuisbedrijven [9, 10] ¹. Een omzetting van deze wetgeving voor bv. de staat Minnesota kan onder [11] worden teruggevonden. In het geval dat de PER beladen luchtstroom (bij einde droogcyclus) door een actief koolfilter wordt geleid *voordat* de deur van de trommel wordt geopend, geldt het volgende:

- Meetprocedure. Meet de PER concentratie in de trommel op het einde van de droogcyclus. Gebruik hierbij een colorimetrische detector buis (patroon) of PER analyzer dat een concentratie van PER in lucht kan meten van 300 ppm met een nauwkeurigheid van 75 ppm. Plaats onmiddellijk na het openen van de deur de buis (patroon) of analyzer in de open ruimte boven het textiel achteraan in de trommel.
- Grenswaarde: 300 ppm PER (of omgerekend 2067 mg/m³ bij 20°C en 1013,25 hPa).
- Meetfrequentie: wekelijks door de exploitant.

Besluit. Door EPA wordt als meetplaats de binnenkant van de trommel voorgesteld, de grenswaarde is echter beduidend hoger dan wat in Vlaanderen wordt voorgeschreven. Er wordt verder niet aangegeven of dat de deur terug gesloten moet worden tijdens de meting noch wat de (maximale) meetperiode is.

2.3.4. WETGEVING DUITSLAND

De wetgeving in Duitsland omtrent reinigingsmachines die gebruik maken van vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen, waaronder PER, is in vergelijking met andere nationale wetgeving zeer uitgewerkt. Voor de volledige wetgeving wordt verwezen naar de 2. BImSchV [6]. In deze paragraaf worden de meest relevante punten toegelicht die mogelijk een bijdrage kunnen leveren tot de ontwikkeling van een geschikte meetmethode voor Vlaanderen.

Meetplaats en grenswaarde

Er worden 2 grenswaarden voor vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen, waaronder PER, voorgeschreven bij volgende locaties, zie 2. BImSchV, §4:

- Aan de uitgang van de trommel. Na beëindiging van de droogcyclus, bij draaiende trommel, bij lopende ventilatie, bij gesloten trommeldeur en bij een temperatuur van het textiel van minstens 35°C, geldt een grenswaarde van 2.000 mg/Nm³ (t.o.v. normaalomstandigheden: 273,15 K, 1.013 hPa) aan de uitgang van de trommel en dit bij een luchtverversing van min. 2 tot max. 5 m³/(uur*kg geladen textiel) tijdens de meting. Bij reinigingsmachines met een hogere luchtverversing dient de waarde te worden gerelateerd t.o.v. een luchtverversing van 5 m³/(uur.kg).

¹ Referenties [9] is een aanvulling/aanpassing op referentie [10] en beide referenties dienen samen gelezen te worden.

- Aan de uitgang van het reinigingssysteem voor de trommellucht (bv. uitgang actief koolfilter). Hier geldt een grenswaarde van 20 mg/Nm³ (t.o.v. normaalomstandigheden: 273,15 K, 1.013 hPa).

Opmerking naast deze 2 grenswaarden wordt een immissiegrenswaarde opgelegd voor aanpalende leefruimten en aanpalende bedrijven actief in de voedingssector. Voor deze ruimten geldt een immissiegrenswaarde van 0,1 mg PER/m³ als weekgemiddelde waarde. Deze waarde is van dezelfde grootte-orde als wat in Nederland wordt voorgesteld, nl. 0,25 mg PER/m³.

Meetfrequentie

De controle van de grenswaarden dient jaarlijks uitgevoerd te worden.

De jaarlijkse meetverplichting vervalt in volgende gevallen:

- Bij reinigingsmachines met een maximale vulcapaciteit van 50 liter PER en dit onder bepaalde voorwaarden.
- Bij reinigingsmachines met een continu PER meettoestel. Het continu PER meettoestel dient wel jaarlijks door een officiële instantie gecontroleerd te worden (ijking en werking). De toetsing van de grenswaarde gebeurt op een aangepaste manier ².

Meetperiode

Er wordt voorgeschreven om de grenswaarde te controleren op basis van minimaal 3 metingen tijdens de normale werking van de reinigingsmachine. De meetperiode per meting is hierbij:

- Aan de uitgang van de trommel of in de trommel zelf: 30 seconden.
- Aan de uitgang van het reinigingssysteem voor de trommellucht (bv. uitgang actief koolfilter): 30 minuten (tijdens de afzuigingsfase).

Deze meetperiode mag ingekort worden indien de werking van de reinigingsmachine het niet toelaat om de voorgeschreven meetperiode te halen.

Technische vereisten reinigingsmachine

De reinigingsmachine dient aan volgende technische vereisten te voldoen:

- Regelsysteem afgrendelsysteem laaddeur. Het regelsysteem voor het afgrendelsysteem van de laaddeur moet gebaseerd zijn op een continue meting van de PER concentratie aan de uitgang van de trommel. Praktisch betekent dit dat de reinigingsmachine voorzien moet zijn van een continue PER monitor. Pas wanneer de concentratie onder de grenswaarde daalt mag de laaddeur manueel geopend worden. De continue PER-monitor is enkel verplicht te gebruiken ter hoogte van de uitgang van de trommel. Bij aanwezigheid van een actiefkoolfilter kan het overeenkomstig meetpunt hiervan ook aan het PER meettoestel gekoppeld worden zodat de jaarlijkse meetverplichting vervalt (zie Meetfrequentie).
- Aanwezigheid van 2 meetopeningen. Op basis van 2. BlmSchV, §10, volgt dat de reinigingsmachine dient voorzien te worden van 2 (hermetisch afsluitbare) meetopeningen om de grenswaarde aan de uitgang van de trommel respectievelijk aan de uitgang van het reinigingssysteem voor de trommellucht te kunnen controleren.

² De relevante meetwaarden van het gehele jaar worden beschouwd en aan de wetgeving wordt voldaan indien alle uursgemiddelde waarden 1,5 keer de grenswaarde niet overschrijden en indien alle daggemiddelde waarden de grenswaarde niet overschrijden.

Besluit

De Duitse wetgeving blijkt zeer uitgewerkt te zijn en bevat elementen die mogelijk kunnen worden overgenomen voor het ontwikkelen van de meetmethoden. Er wordt voor het meten in de trommel de aanwezigheid van een meetopening verplicht. De grenswaarde in de trommel is (ongeveer) dezelfde als bij EPA en is beduidend hoger dan wat in Vlareem wordt voorgeschreven.

2.3.5. LUCHTHUISHOUDING DROOGCYCLUS

De droogcyclus bij reinigingsmachines van het gesloten type bestaat uit 3 fasen. In Figuur 1 worden de trajecten weergegeven die de circulerende lucht volgt tijdens elke fase [12], nl:

- Fase 1: droging
- Fase 2: reductie
- Fase 3: adsorptie (zoals in Duitsland toegepast)

Figuur 2 geeft het luchttraject doorheen de trommel weer.

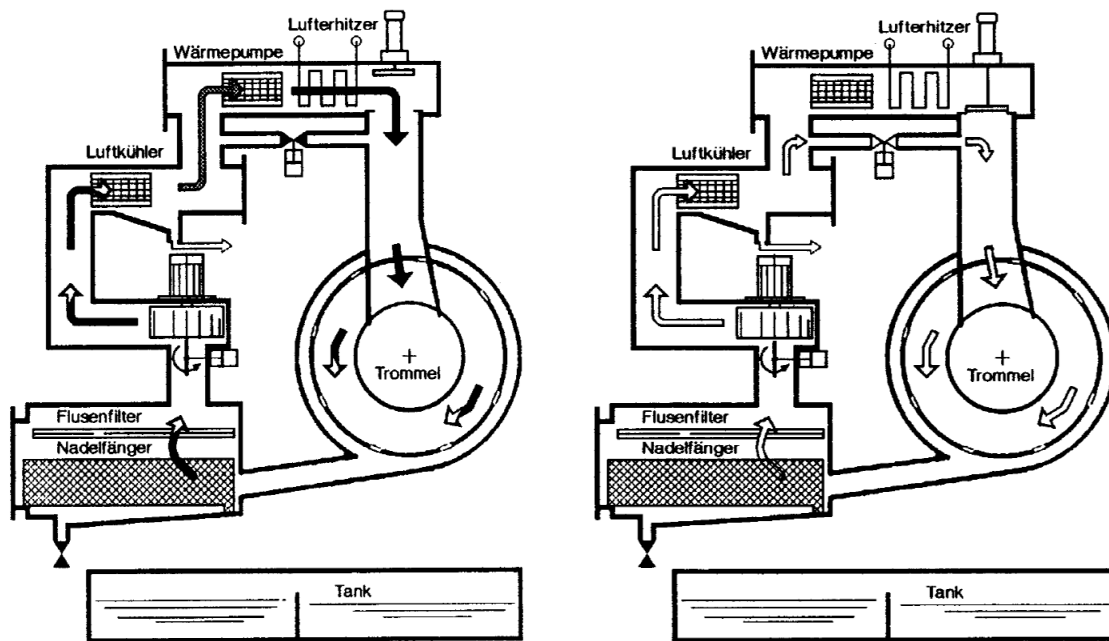
Fase 1: droging. De lucht wordt voorverwarmd met een verwarmingselement tot temperaturen van 80 tot 95°C en naar de ingang van de trommel geleid. De lading in de trommel wordt hierbij op drogingstemperaturen van 55 tot 65°C verwarmd. De lucht neemt het PER op en stroomt via de trommeluitgang naar de spelden- en pluizenvanger en vervolgens naar het koelelement waar het PER condenseert en teruggewonnen wordt. De lucht wordt vervolgens terug naar het verwarmingselement gestuurd en terug naar de trommel gestuurd. Voor een beter energetisch rendement wordt doorgaans de afvalwarmte van het koelelement benut voor (voor)verwarming van de lucht.

Fase 2: reductie. Aangezien de capaciteit van de drooglucht om PER op te nemen afhankelijk is van de temperatuur (grotere opname van PER bij warme lucht, beperktere opname bij koude lucht) kan na de droging van het textiel de PER concentratie in de circulerende lucht via koeling (d.m.v. het koelelement) verder gereduceerd worden. De cyclus is analoog als de droogcyclus waarbij de lucht niet meer door het verwarmingselement wordt geleid en enkel het koelelement nog actief is. De concentratie van PER neemt af in de lucht en het gecondenseerde PER wordt ook hier vervolgens teruggewonnen.

Fase 3: adsorptie (zoals in Duitsland toegepast). Om de concentratie van PER voldoende te verlagen tot onder 2.000 mg/m³ (zoals in Duitsland voorgeschreven) wordt de lucht vanuit de trommel via de spelden- en pluizenvanger geleid naar een actief koolfilter. Een continu meettoestel volgt de PER concentratie op en pas wanneer de concentratie onder de maximaal toelaatbare waarde valt wordt de laaddeur vrijgegeven.

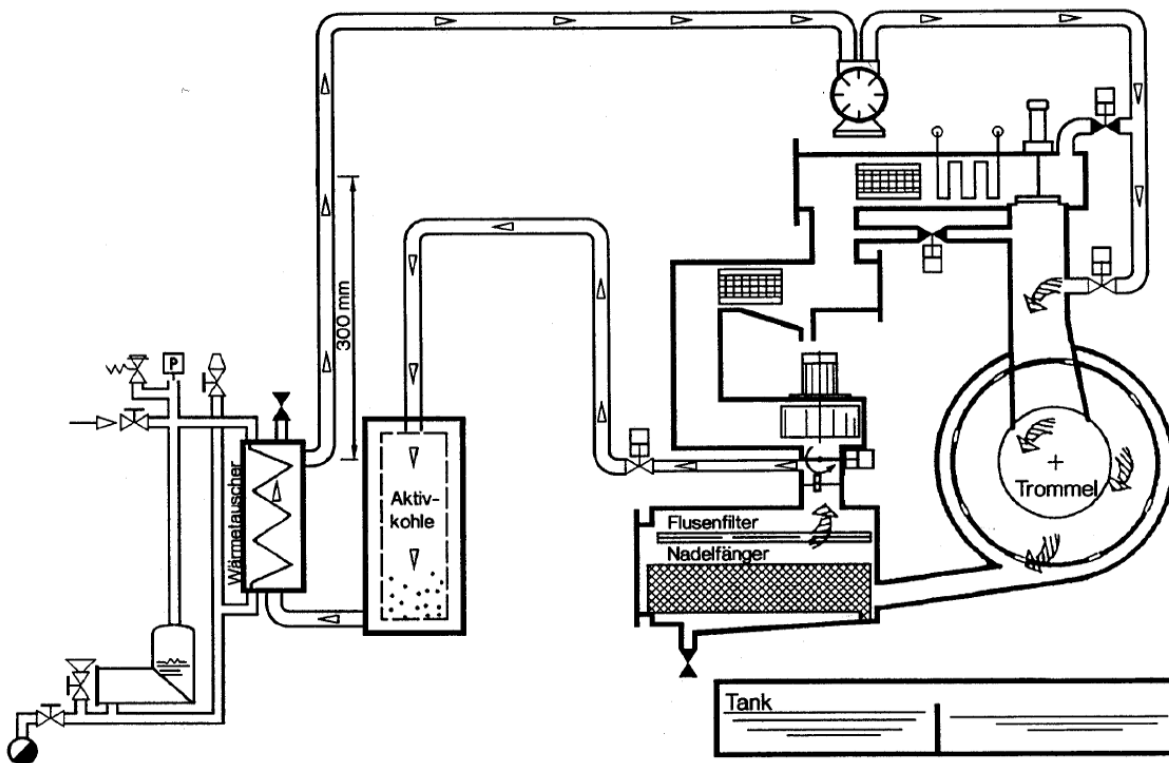
Beluchting bij open laaddeur [14]. Wanneer de laaddeur vrijgegeven wordt en manueel geopend wordt, start de beluchting van de laaddeur. Via de open laaddeur wordt verse lucht naar binnen gezogen, over de actief koolfilter geleid en naar de trommel teruggevoerd. Deze beluchting werkt totdat de laaddeur weer gesloten wordt.

Desorptie actief koolfilter. De desorptie van de actief koolfilter gebeurt via een tijdschakelaar. Hierbij wordt het actief kool verwarmd en het vrijgekomen PER wordt uit de lucht gecondenseerd via het koelelement en vervolgens afgescheiden.



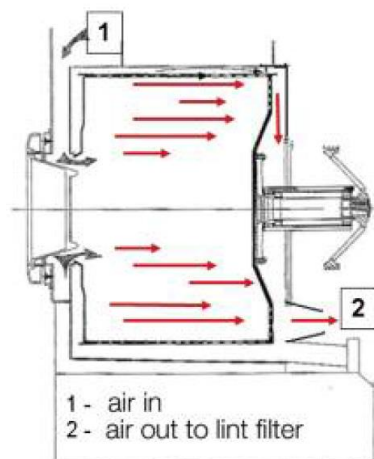
Fase 1: droging

Fase 2: reductie



Fase 3: adsorptie

Figuur 1: De verschillende fasen tijdens de droogcyclus van reinigingsmachines van het gesloten type



Figuur 2: Luchttraject doorheen de trommel

2.3.6. PRAKTIJKVOORBEELD METING DUITSLAND

Een praktijkvoorbeeld, op basis van een presentatie, voor de meting van PER volgens de 2. BImSchV kan onder referentie [14] worden teruggevonden:

- Type gemeten reinigingsmachine: Multimatic C 640 x 2 met actief koolfilter (Multisolver) - Multimatic Reinigungssysteme GmbH & Co., Melle;
- Type PER bewakingssysteem reinigingsmachine: Metatron (Meta, Altenberge), meetprincipe op basis van infrarood.

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van mogelijk nuttige elementen uit dit praktijkvoorbeeld.

PER monitoren die voldoen aan 2. BImSchV

In [14] wordt een gedeeltelijke oplijsting van PER monitoren gegeven die mogen toegepast worden voor de bewaking van de grenswaarden in het kader van de 2. BImSchV.

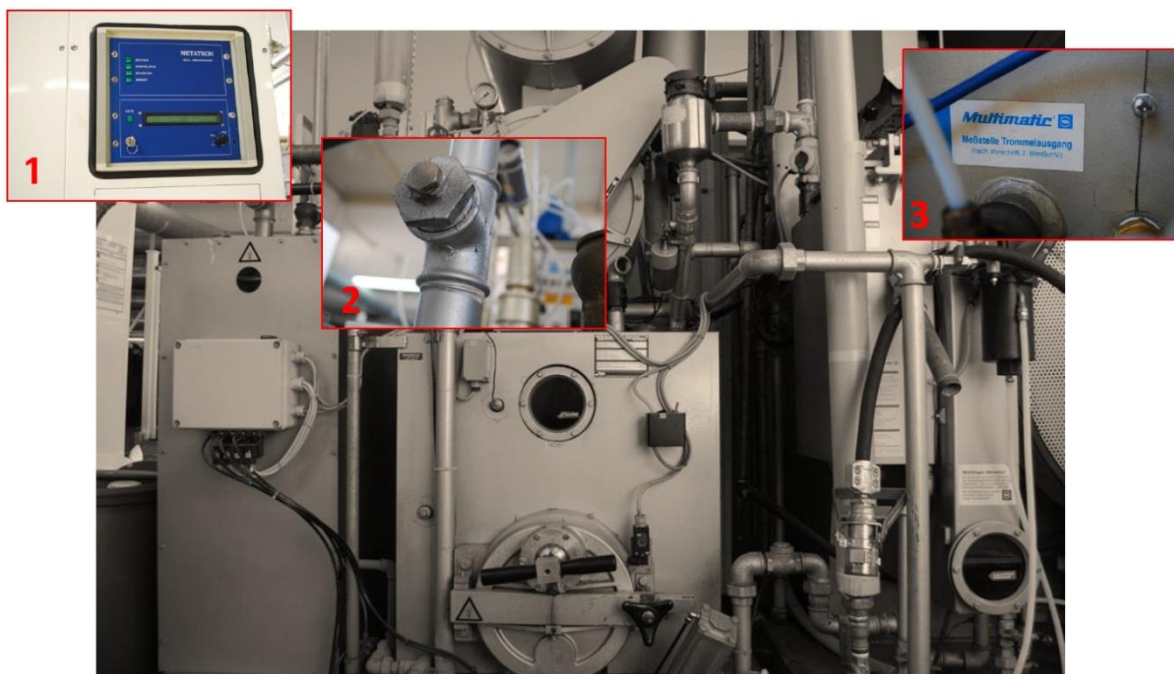
De volledige oplijsting van 17 PER monitoren met laatste actualisatie in 2006, kan onder [15] worden teruggevonden, zie ook Tabel 2.

Typ/Gerät	Hersteller	Bekanntgabe im	Datum	Nr.	Seite	Hinweise
Metatron	Meta Messtechn. Systeme	GMBI.	1995	7	131	- Schwellenwert 2 g/m ³
MSI 5104	MSI	GMBI.	1995	7	131	- Schwellenwert 2 g/m ³
BÖWE, P.M.S. 2000	Fresenius	GMBI.	1995	7	132	- Schwellenwert 2 g/m ³
Air TOX Grenzwertgeber	Fresenius Umwelttechnik	GMBI.	1995	33	705	- Schwellenwert 2 g/m ³
LMM 1	GEOSYS	GMBI.	1995	33	705	- Schwellenwert 2 g/m ³
Compur Multi-FID 100	Hartmann & Braun	GMBI.	1995	7	132	- Schwellenwert 1 g/m ³ sowie kontinuierlich 20 mg/m ³
MECCOS EVS IR	Leopold Siegrist	GMBI.	1996	8	191	- Schwellenwert 2 g/m ³
Gasphotometer II	Fresenius Umwelttechnik	GMBI.	1996	8	191	- Schwellenwert 1 g/m ³ sowie kontinuierlich 20 mg/m ³
MSI 5104-E	MSI Elektronik	GMBI.	1996	8	191	- Schwellenwert 1 g/m ³
Grenzwertgeber	Fresenius Umwelttechnik	GMBI.	1996	8	191	- Schwellenwert 1 g/m ³
BA 3006	Bernath Atomic	GMBI.	1996	8	191	- kontinuierlich 20 mg/m ³
MECCOS EVS IR 2 für Tetrachlorethen	Leopold Siegrist	GMBI.	1996	28	595	- Schwellenwert 2 g/m ³ sowie 1 g/m ³
M.A.C. 2040/2050	Wenger	GMBI.	1996	28	595	- Schwellenwert 2 g/m ³ sowie 1 g/m ³
FID 3-200 FID 3-300 VID VE7	J.U.M.	GMBI.	1996	28	596	- kontinuierlich 20 mg/m ³
METATRON-IR	Meta Messtechn. Systeme	GMBI.	1996	29	886	- Schwellenwert 2 g/m ³ sowie 1 g/m ³

Tabel 2: Oplijsting PER monitoren die voldoen aan de 2. BImSchV [15]

Geïnstalleerde meetpunten en PER monitor van gemeten reinigingsmachine

Figuur 3 geeft de 2 meetpunten en de vast geïnstalleerde PER monitor weer van de gemeten reinigingsmachine [14].



Legende:

- 1 Dit is de vast geïnstalleerde PER monitor van de reinigingsmachine.
- 2 Meetopening voor de bepaling van het luchtversningsdebiet en de PER concentratie aan de uitgang van de actief koolfilter. De meetopening is gelegen in een recht stuk leiding van de terugvoerleiding van de actief koolfilter naar de trommel (inloop 30 cm, uitloop 90 cm, diameter buis 3,6 cm).
- 3 Meetopening (8 mm diameter) voor de meting van PER ter hoogte van de trommel. De meetopening is aangebracht in het afzuigkanaal onmiddellijk na de uitgang van de trommel en vóór de spelden- en pluizenvanger.

Figuur 3: Geïnstalleerde meetpunten en PER monitor van gemeten reinigingsmachine [14]

Toegepaste meettoestellen voor de vergelijkende metingen

Halogeenkoolwaterstofmonitor, gecalibreerd voor PER:

- Meetprincipe: infrarood volgens VDI 2460 Bl. 1
- Fabrikant: MSI Elektronik GmbH Hagen
- Type: MSI 5104 – P
- Ingesteld meetbereik: bv. 2000 ppm
- Calibratiegas: bv. 190 ppm PER in lucht (*‘synthetische Luft’*)

Verdere meetapparaten:

- Vleugelradanemometer (bepaling verhouding luchtverversing)
- Thermoelement (temperatuur van lading textiel)
- Weegschaal (gewicht van lading textiel)

Meetresultaten ter hoogte van de trommel

In Tabel 3 wordt een overzicht gegeven van de meetresultaten tijdens de testen. Op het tijdstip dat de deur mag geopend worden, wordt door het labo 1.240 mg PER/m³ gemeten (als gemiddelde van de meetwaarden van de laatste 30 seconden) en door het vast geïnstalleerde PER meettoestel van de reinigingsmachine 1.790 mg PER/m³. De temperatuur van de drooglucht bedraagt op dat ogenblik 60°C en van het textiel zelf 40,1°C. De droogcyclus heeft in het totaal 28 minuten geduurd en de totale duur van de chemische reiniging bedroeg 53 minuten. Er werd 20 kg textiel geladen in de reinigingsmachine.

Datum	Uhrzeit	Trommelkonzentration Per		30 sec. Mittelwert	Bemerkung
		[g/m³]	[ppm]	[g/m³]	
19.03.12	09:39:15	0,25	36		
19.03.12	09:39:20	5,64	818		
19.03.12	09:39:25	8,67	1256		
19.03.12	09:39:30	9,11	1321	7,09	
19.03.12	09:39:35	8,98	1302	8,18	
19.03.12	09:39:40	8,67	1256	8,44	
19.03.12	09:44:40	1,27	184	1,27	
19.03.12	09:44:45	1,28	185	1,27	
19.03.12	09:44:50	1,26	183	1,26	letzter 30 sec. Mittelwert
19.03.12	09:44:55	1,25	181		gleitend ermittelt
19.03.12	09:45:00	1,25	181		
19.03.12	09:45:05	1,23	178		Freigabe Metatron 1,79 g/m³

6.2.1 Bestimmung der Luftwechselrate

- Rohrquerschnitt i.H. der Messstelle	m²	0,00102
- Strömungsgeschwindigkeit	m/s	27,8
- Volumenstrom	m³/h	81,5
- max. Beladegewicht der Maschine	kg	32
- Luftwechselrate	m³/(kg*h)	2,55

6.2.2 Trommelbereich

- Messung Nr.		zum Zeitpunkt der Freigabe der Türverriegelung ¹⁾
- Zeitraum/Zeitpunkt der Messung	von bis	09:39:15 – 09:45:05 Uhr
- Beladegewicht	kg	20
- Gesamtdauer der Charge	min.	53
- Dauer der Trocknung	min.	28
- Temperatur des Beladegutes	°C	40,1
- Temperatur der Trockenluft (während der Trocknung)	°C	60
- Massenkonzentration (letzter 30-sec-Mittelwert, gleitend ermittelt und korrigiert)	g/m³	1,24
- Massenkonzentration (normiert auf 5 m³/(kg*h))	g/m³	- - -
- Massenkonzentration von Betriebsmessgerät ²⁾	g/m³	1,79
- Funktion Türverriegelung	ja/nein	ja
- Messunsicherheit (MU)	g/m³	± 0,07
- Massenkonzentration zzgl. MU	g/m³	1,31

Tabel 3: Overzicht meetresultaten ter hoogte van de trommel tijdens de testen

Opmerking. In de presentatie kunnen ook meetresultaten worden teruggevonden voor het meetpunt achter de actief koolfilter.

2.3.7. VOORBEELD VERSLAGGEVING METINGEN VOLGENS 2. BImSchV

Een voorbeeld voor de verslaggeving van metingen volgens 2. BImSchV kan onder [18] worden teruggevonden.

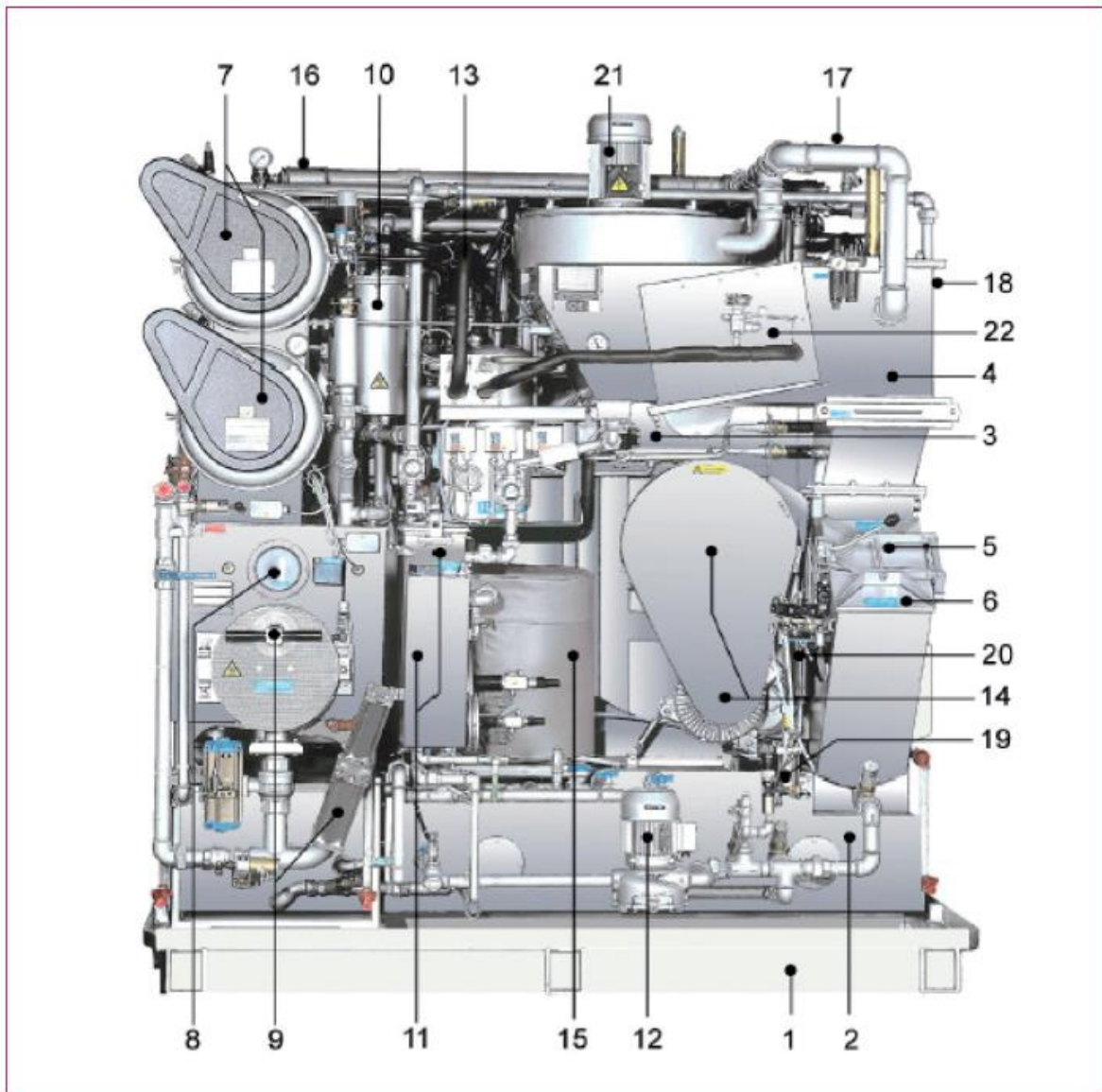
2.3.8. SCHEMA ONDERDELEN EN LEIDINGEN PER REINIGINGSMACHINE

Figuur 4 geeft een overzicht van de verschillende onderdelen van een PER reinigingsmachine [16].

Figuur 5 geeft een schematische aanduiding van de leidingen weer [16]. De monsternamaleidingen van de respectievelijke meetpunten (trommel en uitgang actief koolfilter, volgens de 2. BImSchV) naar het vast geïnstalleerde PER meettoestel zijn hierbij in het geel gemarkeerd.

Technik der Maschinen für das Lösungsmittel PER

Maschinenaufbau/Funktion

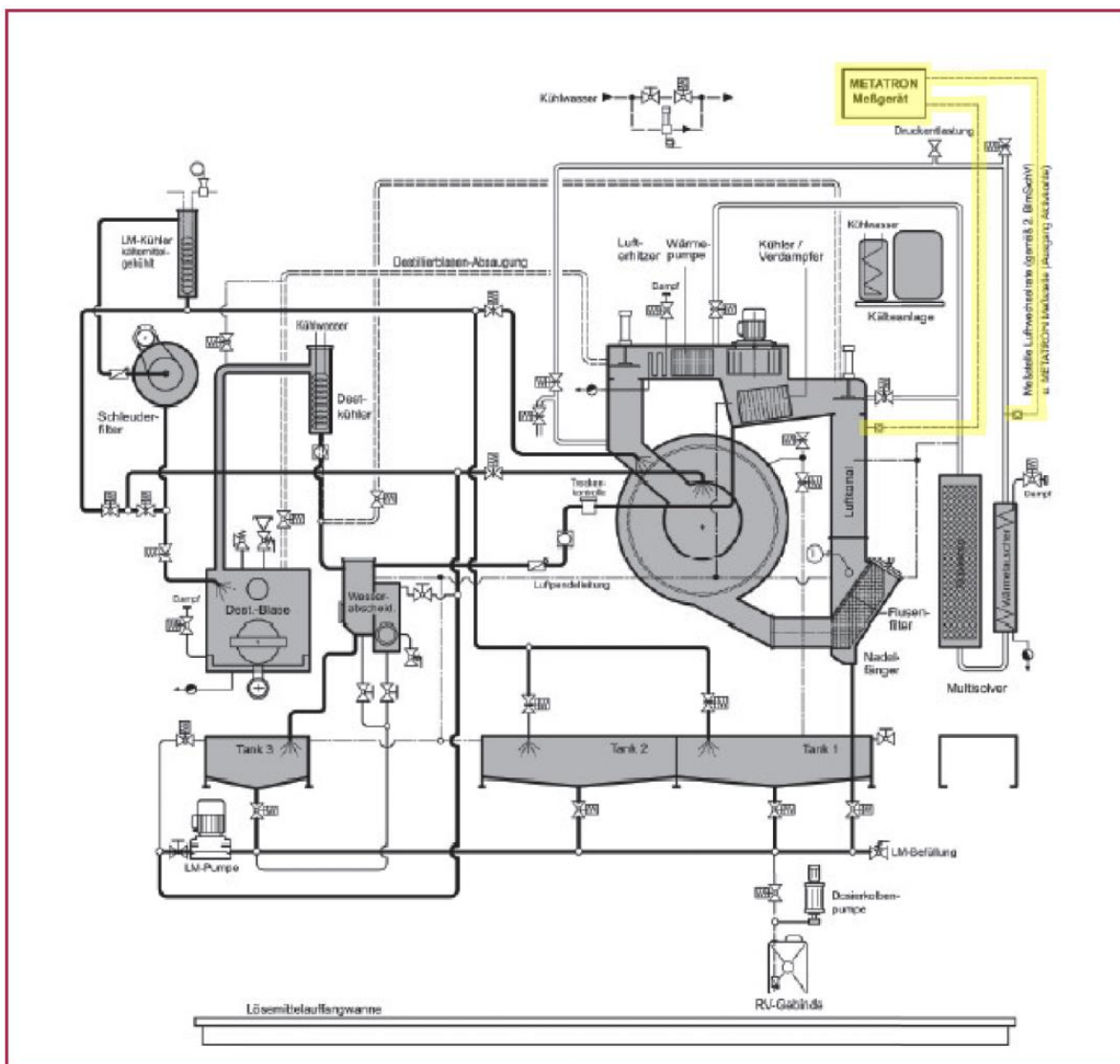


Maschinenrückseite

Quelle: Fa. Multimatic BW

- | | |
|---|---|
| 1. Lösemittelauffangwanne | 12. Lösemittelpumpe |
| 2. Lösemitteltanks | 13. Lösemittelkühler – verdeckt – |
| 3. Trommel/Trommelgehäuse | 14. Trommelantrieb |
| 4. Luftkanal/Luftführungsschacht | 15. Kälteanlage |
| 5. Flusenfilter | 16. Aktivkohle-Adsorptionsanlage – verdeckt – |
| 6. Nadelfänger | 17. Konzentrations-Messgerät – verdeckt – |
| 7. Schleuderfilter | 18. Computersteuerung – verdeckt – |
| 8. Destillierbehälter | 19. RV-Dosiereinrichtung |
| 9. Geschl. Dest.-Behälter-Reinigungs-vorrichtung | 20. Imprägniereinrichtung |
| 10. Destillationskühler (Kondensator) | 21. Trocknungsgebläse |
| 11. Wasserabscheider mit Sicherheitswasser-sammelkammer | 22. Trocknungskühler/Verdampfer |

Figuur 4: Verschillende onderdelen PER reinigingsmachine [16]



Rohrleitungsschema

Figuur 5: Schematisch overzicht leidingen PER reinigingsmachine [16]

2.3.9. VOORBEELD KOSTPRIJS INSTALLATIE PER BEWAKINGSSYSTEEM BIJ BESTAANDE REINIGINGSMACHINE

In de literatuur werd een voorbeeld teruggevonden van de kostprijs om een bestaande reinigingsmachine te voorzien van een PER bewakingssysteem, de kostprijs bedraagt ongeveer 2500 EUR [17]. De aan te passen installatie is uit 1993 en het PER bewakingssysteem dient om continu de PER concentratie in de trommel te meten en op basis daarvan het ontgrendelsysteem te regelen.

2.3.10. FBT (FEDERATIE VAN DE BELGISCHE TEXTIELVERZORGING)

Dhr. Maarten Van Severen van de Federatie van de Belgische textielverzorging (FBT) werd telefonisch en per email gecontacteerd met gerichte vragen: stand van zaken i.v.m. o.a. aanwezigheid meetopeningen, toegepaste ontgrendelsystemen (bv. op basis van tijdslot of PER

monitor) en het zoeken van (representatieve) kandidaatbedrijven voor de experimentele testen. Dhr. Maarten Van Severen heeft op basis van deze vragen een beknopte enquête bij diverse droogkuisbedrijven uitgevoerd om een idee te verkrijgen van de stand van zaken. Er werd ook een overlegvergadering gehouden tussen VITO en FBT en 1 van de kandidaatbedrijven.

Op basis deze contacten kan het volgende worden vastgesteld:

- Openingen ter hoogte van de trommel specifiek bedoeld voor het uitvoeren van emissiemetingen zullen vermoedelijk niet/nauwelijks aanwezig zijn bij de Vlaamse PER reinigingsmachines. Het is algemeen wel mogelijk om andere bestaande openingen te gebruiken die ook goed kunnen dienen als meetopening ter hoogte van de afvoerleiding van de trommel.
- Het ontgrendelsysteem bij de Vlaamse PER reinigingsmachines zal vermoedelijk doorgaans op basis van een tijdslot zijn uitgevoerd. Op basis van een vooraf ingestelde tijd wordt na beëindiging van de droogcyclus de deur vrijgegeven om manueel te openen.
- Er konden op basis van de contacten met FBT 2 kandidaatbedrijven gevonden worden. Deze bedrijven worden anoniem behandeld in dit verslag en hierna verder 'bedrijf 1' en 'bedrijf 2' genoemd. Aanvullend heeft VITO een derde bedrijf met oudere PER reinigingsmachines gevonden dat wilde meewerken, hierna 'bedrijf 3' genoemd.
- Opmerking. Er werden ook een reeks opmerkingen/discussiepunten door FBT aangegeven die buiten het bestek van deze referentietask vallen (bv. meetverplichting bij fabricanten ipv exploitanten leggen, ...).

2.4. ONTWERP MEETMETHODE

Op basis van de analyse van de probleemstelling (zie 2.2), het literatuuronderzoek en het contact met experts (zie 2.3) heeft VITO een ontwerp meetmethode opgesteld dat een antwoord kan bieden aan de doelstelling van de studie.

Vooralleer aan de experimentele testen te beginnen werd de ontwerp meetmethode aan de opdrachtgever LNE voorgelegd ter nazicht met de vraag om aan te geven of dat dit voorstel al dan niet voldoet aan de verwachtingen (en interpretatie) van de huidige wetgeving. De ontwerp meetmethode werd intern door LNE bestudeerd en vervolgens door LNE goedgekeurd. Voorliggende ontwerp meetmethode beantwoordt hiermee aan de omkadering/krijtlijnen waarbinnen de meetmethode dient ontwikkeld te worden.

In de volgende paragrafen worden de principes en de gemaakte keuzes van de ontwerp meetmethode toegelicht. De ontwerp meetmethode wordt toegepast tijdens de experimentele testen, zie HOOFDSTUK 3.

2.4.1. TOEPASSINGSGEBIED MEETMETHODE (TYPE REINIGINGSMACHINES)

De meetmethode wordt ontwikkeld voor de controle van PER reinigingsmachines waarbij:

- deze van het volledig gesloten type zijn;
- deze beschikken over een diepkoelsysteem, een actief koolfilter en een automatisch afgrendelsysteem van de laaddeur, spelden- en pluizenvanger.

2.4.2. SELECTIE MEETPLAATS

Als meetplaats wordt een meting in de trommel geselecteerd. Een meting boven de wasmand of ter hoogte van een droogrek (buiten de reinigingsmachine) is onvoldoende geschikt, zie voor de verantwoording 2.2.3 onder “Meetplaats”.

Een meting in de trommel kan praktisch uitgevoerd worden als volgt:

- Op basis van een meetopening aan de uitgang (ter hoogte van de afvoerleiding) van de trommel. De (hermetisch afsluitbare) meetopening wordt aangebracht of is reeds aanwezig aan de uitgang (ter hoogte van de afvoerleiding) van de trommel. Het grote voordeel is dat de laaddeur tijdens de meting niet geopend moet worden zodat er geen verstoring (verdunningslucht) van de meetplaats optreedt. Het meetapparaat kan op eenvoudige wijze aangesloten worden via een bemonsteringsleiding en de meting is reproduceerbaar. Bij een continue meting kan reeds met de meting begonnen worden nog voordat de droogcyclus beëindigd is. De concentratie kan hierdoor op het exacte tijdstip bepaald worden wanneer de laaddeur door het ontgrendelsysteem vrijgegeven wordt. Deze meetplaats wordt voorgesteld door de 2. BlmSchV.
- Op basis van het openen van de laaddeur. Hierbij wordt de laaddeur geopend en wordt het meettoestel of de aanzuigleiding geplaatst in de open ruimte achteraan in de trommel boven het textiel. De laaddeur blijft al dan niet volledig gesloten tijdens de meting; indien er geen bemonsteringsleiding is kan de laaddeur volledig gesloten worden. Vervolgens wordt de meting na een bepaalde meetperiode beëindigd. Deze meetmethode wordt door EPA voorgesteld, zie 2.3.3. Het voordeel is dat er geen meetopening dient te worden voorzien in de reinigingsmachine. Een zeer belangrijk nadeel is dat de meting zelf foutengevoelig is: door het openen van de deur wordt verdunningslucht aangezogen (zie ook “Beluchting bij open laaddeur” onder 2.3.5); het plaatsen van het meettoestel en/of bemonsteringsleiding in de open ruimte achteraan in de trommel boven het textiel is niet voldoende reproduceerbaar (locatie/hoogte aanzuiging t.o.v. textiel in trommel kan variëren, het bemonsteringstoestel/de bemonsteringsleiding dient goed geplaatst te worden); verschillende manuele handelingen die de te bemonsteren lucht verstoren zijn nodig en moeten snel op elkaar volgen; de concentratie op het exacte tijdstip van ontgrendeling kan niet gemeten worden, dit is enkel het beginpunt van de meting, nadien volgt nog een meetperiode.

Op basis van bovenstaande afwegingen heeft VITO gekozen om de meting uit te voeren via een vooraf voorziene meetopening aan de uitgang van de trommel (ter hoogte van de afvoerleiding). De ontwerp meetmethode wordt op basis van deze gekozen meetplaats verder uitgewerkt.

Opmerking. De kostprijs om een meetopening alsnog aan te brengen indien niet aanwezig zal zeer beperkt zijn. Het grote voordeel is dat reproduceerbaar gemeten kan worden en dat de concentratie op exact het tijdstip van de ontgrendeling kan bepaald worden (bij continue monitoring). Op basis van de toepassing in Duitsland blijkt dat het voorzien van een meetopening geen praktisch probleem zou mogen geven.

2.4.3. TE METEN PARAMETERS EN MEETBEREIK

Te meten parameters en meetbereik

De meetmethode wordt opgesteld om de PER concentratie in de lucht te meten met een minimum meetbereik van 0,1 tot 3 keer de Vlarem grenswaarde, i.e. 24 tot 720 mg PER/m³.

Opmerking. Er zijn op basis van het theoretisch literatuuronderzoek sterke aanwijzingen dat de Vlarengrenswaarde van 240 mg PER/m³ in de trommel op het moment dat de laaddeur mag geopend worden na beëindiging van de droogcyclus vermoedelijk niet realistisch/haalbaar is. Zowel EPA als de 2. BlmSchV geven een beduidend grotere grenswaarde op, nl. 300 ppm PER (of omgerekend 2.067 mg PER/m³ bij 20°C en 1013,25 hPa) resp. 2.000 mg PER/Nm³. De meetresultaten van een praktijkvoorbeeld in Duitsland uit 2012 wijzen op dezelfde concentratieniveaus, nl. 1.240 mg PER/m³. Hierop wordt tijdens de meetcampagne geanticipeerd door de bovengrens van het meetbereik tijdens de experimentele testen reeds voldoende hoog te nemen.

Andere mogelijke parameters

De grenswaarde is uitgedrukt in m³ en niet in Nm³ (normaalomstandigheden). Doordat niet naar normaalomstandigheden dient omgerekend te worden hoeft mogelijk niet de temperatuur, druk en/of watergehalte gemeten te worden in het afgas, zie ook 2.2.3 onder "Grenswaarde".

De hier voorgestelde meetmethoden laten het toe om de gemeten concentraties om te rekenen naar Nm³.

Er zal bekeken worden in hoeverre praktisch een watergehalte kan bepaald worden. Er mag aangenomen worden dat het watergehalte in het afgas verwaarloosbaar zal zijn gezien het droogproces dat toegepast wordt in de PER reinigingsmachine.

Een (mogelijk) debiet dient niet gemeten te worden.

2.4.4. MEETMETHODE

De meting van PER kan continu of discontinu worden uitgevoerd via een bemonsteringsleiding aangesloten op het meetpunt. Er wordt voor beide methoden een meetvoorschrift ontwikkeld:

- Discontinue meetmethode. Op basis van het actief bemonsteren via een adsorptiepatroon met aansluitende GC analyse. Voor PER blijkt dat er reeds een geschikte bemonsteringsmethode op basis van AK-patronen (400mg/200mg) beschikbaar is. De gedetailleerde beschrijving kan onder het 'Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht' worden teruggevonden, zie hiervoor het document LUC/IV/002 [19]. Bij de bemonstering van de AK-patronen wordt ernaar gestreefd om het aanzuigvolume (bemonsteringsduur) zo kort mogelijk te houden om doorbraak te vermijden.
- Continue meetmethode. Op basis van een totaal koolwaterstofmeting m.b.v. een FID monitor, gecalibreerd met propaan als ijkgas en met de bepaling van de RRF-factor voor PER voor de omrekening van ppm propaanequivalenten naar mg PER/Nm³.

Bij de ontwikkeling van de meetmethoden wordt rekening gehouden met beschikbare technieken bij erkende deskundigen. Volgens de huidige parameterpakketten komen erkenningen voor pakketten L.2 en L.6 in aanmerking, respectievelijk metingen met een continu meettoestel voor emissies (FID) en gaschromatografie na adsorptie op actief kool.

2.4.5. TIJDSTIP CONTROLE GRENSWAARDE EN MEETPERIODE

Het tijdstip van de controle van de grenswaarde is op het einde van de droogcyclus op het moment dat het afgrendelsysteem het toelaat om de laaddeur (en spelden- en pluizenvanger) manueel te openen.

Er wordt voorgesteld in analogie met 2. BlmSchV om de grenswaarde te controleren op basis van 3 sets van metingen (verder 'cycli' genoemd) waarbij de machine telkens onder normale omstandigheden draait, zie ook onder 2.3.4 "Meetperiode".

De meetperiode per meting is afhankelijk van de toegepaste meetmethode:

- Discontinue meetmethode (actieve bemonstering AK-patroon met aansluitend GC analyse). De bemonstering start vanaf het ogenblik dat het afgrendelsysteem de laaddeur vrijgeeft en het adsorptiepatroon wordt gedurende een korte periode (bv. 2,5 minuten) actief bemonsterd via een bemonsteringsleiding aangesloten op het meetpunt aan de afvoerleiding van de trommel. De meetperiode wordt zo kort mogelijk gehouden; de geschikte meetperiode (en dus het totaal bemonsteringsvolume) dient tijdens de testen bepaald te worden. Vlarex geeft onder Artikel 4.4.4.3 aan om in dit geval minstens 4 keer opeenvolgend te bemonsteren, zie ook 2.2.3 onder "Referentieperiode". De praktische haalbaarheid hiervan wordt via de experimentele testen nagegaan.
- Continue meetmethode (continue FID monitor). De continue meting via een bemonsteringsleiding aangesloten op het meetpunt aan het uiteinde van de trommel kan reeds starten voordat het afgrendelsysteem de laaddeur vrijgeeft. De concentratie wordt continu opgevolgd en in analogie met de 2. BlmSchV, zie 2.3.4 onder "Meetperiode", wordt voorgesteld om een meetperiode (uitmiddeling meetwaarde) van 30 seconden te nemen vanaf het ogenblik dat de laaddeur vrijgegeven wordt door het afgrendelsysteem.

2.4.6. RANDVOORWAARDEN MEETOMSTANDIGHEDEN

De PER reinigingsmachine dient onder normale omstandigheden te draaien. Daar waar mogelijk worden de meest relevante parameters (duurtijd wasprogramma, hoeveelheid was, type machine, bouwjaar machine, ...) bijgehouden.

HOOFDSTUK 3. EXPERIMENTELE TESTEN

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de meetresultaten en bevindingen tijdens de experimentele testen op basis van de ontwerp meetmethode, zie 2.4.

Er werden 3 verschillende bedrijven bezocht die voor de verslaggeving anoniem behandeld worden en verder bedrijf 1, 2 en 3 genoemd worden. In het totaal werden 5 PER reinigingsmachines onderzocht die verder PER reinigingsmachine A, B, C, D en E genoemd worden, hierbij werden zowel recente als ook oudere modellen bestudeerd.

3.1. ALGEMEEN

3.1.1. OVERZICHT MEETPROGRAMMA

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van het uitgevoerde meetprogramma.

Bedrijf	Machine	Type (bouwjaar)	AK-filter aanwezig	Cyclus	Duurtijd was-programma (min)	Was-goed (kg)	Uitgevoerde metingen (FID en/of AK)	Datum metingen	Periode bemonstering AK-patronen
1	A	Firbimatic L 2032 (2010)	ja	1	60		FID en AK	27/11/2013	10u45:04-10u47:04
				2	60		FID	27/11/2013	
				3	30		FID en AK	27/11/2013	15u37:19-15u39:34
				4	60	23	FID en AK	10/12/2013	12u20:10-12u22:55
				5	60	17	FID en AK	10/12/2013	13u33:25-13u33:55
	B	Victory A 80 S (2007)	ja	1	60		FID en AK	27/11/2013	10u56:19-10u58:19
				2	60		FID en AK	27/11/2013	12u48:19-12u50:19
				3	60		FID en AK	27/11/2013	13u59:19-14u01:19
				4	30		FID en AK	27/11/2013	15u02:04-15u04:04
				5			FID	10/12/2013	
				6	60	15	FID en AK	10/12/2013	17u14:40-17u17:10
2	C	Firbimatic Vortex 2025 (2008)	ja	1	60	20	FID en AK	3/12/2013	9u28:50-9u31:00
				2	60	20	FID en AK	3/12/2013	10u43:25-10u45:40
				3	60	20	FID en AK	3/12/2013	11u49:55-11u52:10
3	D	Böwe P 25 (2003)	neen	- ⁽¹⁾	- ⁽¹⁾	- ⁽¹⁾	- ⁽¹⁾	- ⁽¹⁾	- ⁽¹⁾
	E	Böwe D 12 (P 525) (1993)	neen	- ⁽¹⁾	- ⁽¹⁾	- ⁽¹⁾	- ⁽¹⁾	- ⁽¹⁾	- ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Er werden geen FID en AK metingen uitgevoerd, zie voor verantwoording ook het besluit onder 3.5 (machine D) en 3.6 (machine E).

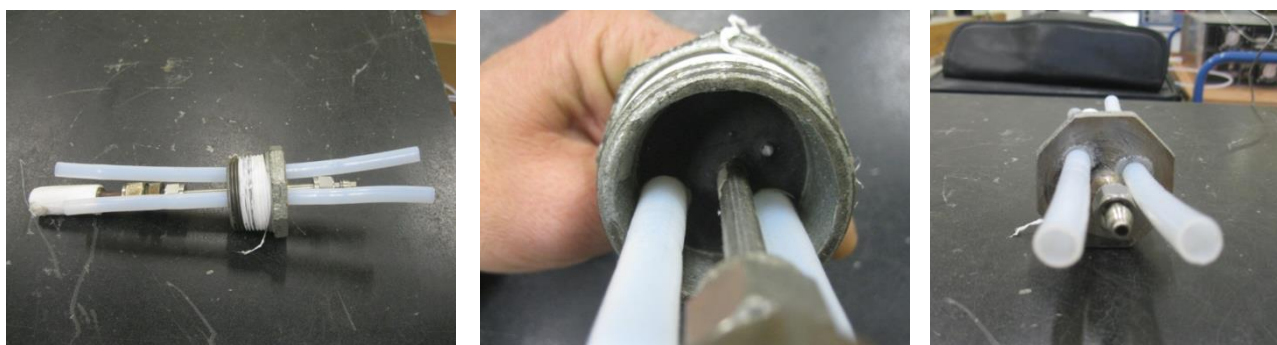
Tabel 4: Overzicht meetprogramma experimentele testen

3.1.2. TOEGEPASTE MEETOPSTELLING EN ALGEMENE VASTSTELLINGEN

Selectie meetplaats en toepassing van een koppelstuk

Bij elke PER reinigingsmachine kon een bestaande afsluitbare opening gevonden worden ter hoogte van de luchtafvoerleiding van de trommel die geschikt is om de metingen uit te voeren. Voor een gedetailleerde beschrijving van de meetplaats bij elke PER reinigingsmachine wordt naar de overeenkomstige paragrafen 3.2 t.e.m. 3.6 verwezen.

Om de metingen zonder leklucht uit te voeren wordt telkens gebruik gemaakt van een aangepast koppelstuk dat vervaardigd wordt zoals in onderstaande Figuur 6 als voorbeeld is aangegeven.



Figuur 6: Toegepast koppelstuk met 3 doorgangen voor de bestaande opening

Hierbij worden er 3 doorgangen luchtdicht aangebracht: 2 teflon doorgangen voor de simultane AK metingen en 1 metalen doorgang (voorzien van een stoffilter) voor de FID. Tijdens de montage van het koppelstuk op de meetopening wordt de schroefdraad van het koppelstuk luchtdicht afgedicht met teflontape zodat de metingen niet worden beïnvloed door leklucht ter hoogte van de meetopening.

Bemonstering AK-patronen

De AK-patronen worden rechtstreeks bemonsterd via een onverwarmde aanzuigleiding die zo kort mogelijk gehouden werd, zie ook Figuur 6 bij de voorgaande paragraaf voor de lengte van de aanzuigleiding. Het bemonsteringsvolume wordt bepaald met een gasteller. Op basis van deze opstelling kan de PER concentratie bepaald worden t.o.v. normaalomstandigheden (Nm^3).

Er werd bij het bemonsteren van de AK-patronen steeds simultaan een dubbelstaal genomen. Wanneer uiterst hoge concentraties werden vastgesteld werd een tweede patroon in serie geplaatst om doorbraak te vermijden. Er werd tijdens de metingen bij geen enkele bemonstering een doorbraak vastgesteld.

Impact zeer hoge PER concentraties op de meetfout. Doordat er zeer hoge concentraties aan PER werden vastgesteld werd de bemonsteringsduur en het debiet en dus m.a.w. het totaal aangezogen volume over de patronen zo laag mogelijk gehouden om doorbraak bij de patronen te vermijden. Het gevolg hiervan is dat de meetfout op het totaal aangezogen volume relatief groot is, nl. een meetfout van ongeveer 0,2 liter op een totaal bemonsterd volume van 0,6 à 1 tot 3 liter (de meetfout bij de kwantificatie (aantal μg PER) m.b.v. de GC analyse is klein). Dit heeft uiteindelijk tot gevolg dat de meetfout op de gemeten concentratie relatief hoog is. *De meetfout zal beduidend*

lager uitvallen bij lagere PER concentraties in het afgas vermits dan het totaal aangezogen volume over de patronen beduidend groter mag zijn vooralleer doorbraak plaatsvindt.

Totaal koolwaterstofmeting m.b.v. FID

De meetopstelling voor de meting met een FID monitor is als volgt uitgevoerd.

- Het afgas wordt over een stoffilter aangezogen, zie ook Figuur 6 bij de voorgaande paragraaf voor de stoffilter.
- De stoffilter wordt via een kort stuk metalen leiding aangesloten op een verwarmde leiding (op 70°C). Figuur 6 bij de voorgaande paragraaf geeft het kort stuk metalen leiding weer dat doorheen het koppelstuk gaat.
- Op deze verwarmde leiding wordt een verwarmde pomp aangesloten. Deze pomp dient om mogelijke onderdrukken en schommelingen daarvan in het systeem op te vangen en de goede werking van de FID te garanderen. Op basis van drukmetingen blijkt immers dat er tijdens de reductiefase (periode voordat de deur geopend mag worden) een lichte/beperkte onderdruk heerst. Wanneer de deur geopend mag worden, wordt vastgesteld dat er een lichte overdruk heerst in het afgas, in principe zou dan geen verwarmde pomp meer noodzakelijk zijn. Zie ook de eerste paragraaf onder 3.1.3 voor meer detail aangaande vastgestelde onder- en overdrukken bij een PER reinigingsmachine.
- De uitgang van de verwarmde pomp is vervolgens aangesloten op een glazen verdeelstuk met een open uitgang naar de omgevingslucht om de overmaat aan afgasdebiet weg te leiden en de druk op atmosferisch niveau te brengen. Het glazen verdeelstuk werd geïsoleerd tijdens de metingen. Er werd tijdens de gehele meetcampagne geen condensatie vastgesteld van water.
- Het glazen verdeelstuk is verder aangesloten op een verwarmde leiding (op 180°C) die rechtstreeks aangesloten is op de FID monitor.

Wat betreft het gebruik van de FID monitor kan het volgende vermeld worden:

- Bij alle metingen werd gebruik gemaakt van hetzelfde FID-meettoestel.
- In het VITO-labo werd de RRF-factor voor PER van het FID-meettoestel bepaald. Deze RRF-factor is noodzakelijk voor de omrekening van de meetwaarden van de FID van ppm propaanequivalenten naar mg PER/Nm³, zie ook bijlage A voor verdere uitleg en de berekeningsmethode.
- Tijdens de meetcampagne werd de FID monitor telkens afgeijkt met een gekende propaanconcentratie en een zero concentratie (stikstofgas).

3.1.3. OPMERKINGEN AANGAANDE ANDERE MOGELIJKE PARAMETERS VAN HET AFGAS

Druk

Voorafgaand aan de eigenlijke meetcampagne werden er testmetingen uitgevoerd bij machine B om het verloop van de druk te bepalen tijdens de werking van de machine. Er werd nagegaan of dat er met mogelijke onderdrukken en/of overdrukken dient rekening gehouden te worden tijdens de metingen.

Tijdens het verloop van de reductie- en adsorptiefasen werden beperkte onderdrukken vastgesteld in de afvoerleiding van de machine (gaande van -16 naar -51 mbar en terug naar -13 tot -2 mbar). Tijdens de laatste 10 tot 15 seconden voorafgaand aan het moment dat de deur geopend mag worden werden lichte overdrukken vastgesteld (2 à 3 mbar). Wanneer de deur geopend mag worden werd een lichte overdruk van 17 mbar gemeten.

Op basis van deze testmetingen voor de druk werd de meetopstelling voor de FID-meting overeenkomstig aangepast door een extra verwarmde pomp met overflow (glazen verdeelstuk) te voorzien om zo voldoende pompcapaciteit te hebben tijdens momenten met lichte onderdrukken, zie ook 3.1.2. Het is immers de bedoeling om met de FID ook gedurende een periode te meten voorafgaand aan het moment dat de deur geopend mag worden.

Voor de bemonstering van de AK-patronen zijn geen extra voorzieningen nodig gezien de bemonstering pas begint nadat de deur geopend mag worden en er dus een lichte overdruk heerst in het gesloten systeem.

Temperatuur

Er werden testmetingen uitgevoerd met een thermokoppel om de temperatuur van het afgas in de afvoerleiding na de trommel te meten (na het moment dat de deur geopend mag worden). De temperatuur bedraagt hierbij 25 à 28°C en vormt verder geen probleem voor de meetopstelling.

Watergehalte

Het watergehalte kon niet bepaald worden doordat de bestaande openingen van de PER reinigingsmachines hiervoor niet geschikt zijn (te kleine diameter).

Er kan echter op basis van de werking van de machine aangenomen worden dat het watergehalte verwaarloosbaar zal zijn. Er wordt immers tegelijk met het PER ook water uit het wasgoed verwijderd (tijdens de reductiefase, condensatiefase en het gebruik van de AK-filter).

Stof

Op het einde van de reinigingscyclus kan aangenomen worden dat er slechts beperkt/geen stof aanwezig zal zijn. Voor de FID-meting werd standaard een stoffilter toegepast. Voor de AK-bemonstering werd geen stoffilter toegepast, er werd geen visueel stof waargenomen tijdens de bemonstering van de AK-patronen.

Debiet

Een meting van een (mogelijk) debiet werd niet uitgevoerd. Een debietsmeting is niet zinvol gezien de afvoerleiding van de trommel deel uitmaakt van het gesloten recirculatie-systeem van de PER reinigingsmachine.

3.2. PER REINIGINGSMACHINE A (BEDRIJF 1)

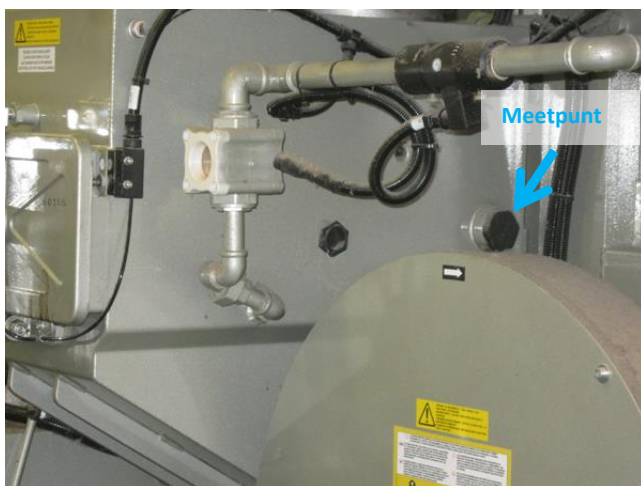
Beschrijving emissiebron en meetlocatie

Machine A is een Furbimatic L 2032 uit 2010 voorzien van een AK-filter, zie onderstaande figuur. Deze machine is opgesteld naast machine B, zie 3.3.



Figuur 7: Machine A met zicht op de voorzijde en achterzijde

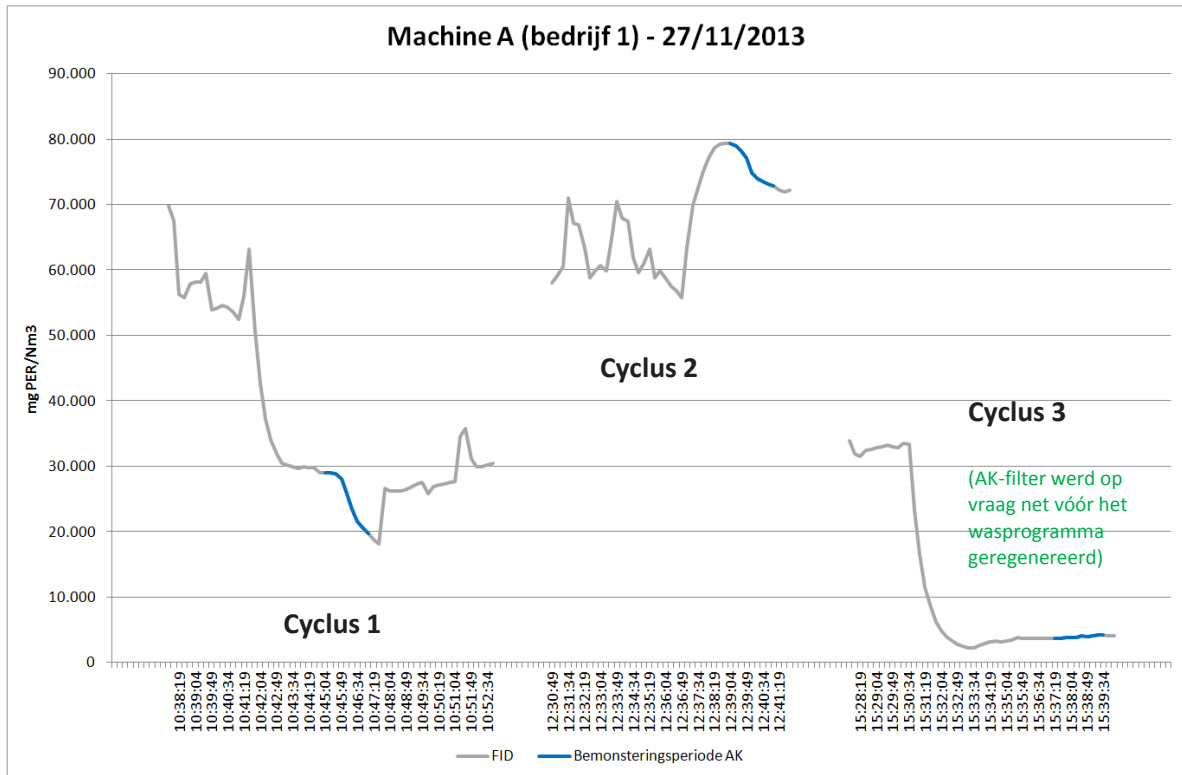
Onderstaande figuur geeft de locatie van het meetpunt meer in detail weer. Het meetpunt is gelegen ter hoogte van de filterkast tussen de stoffilters (2 filterramen) in. Zie als voorbeeld voor de opbouw van de filterkast ook Figuur 13 bij machine B.



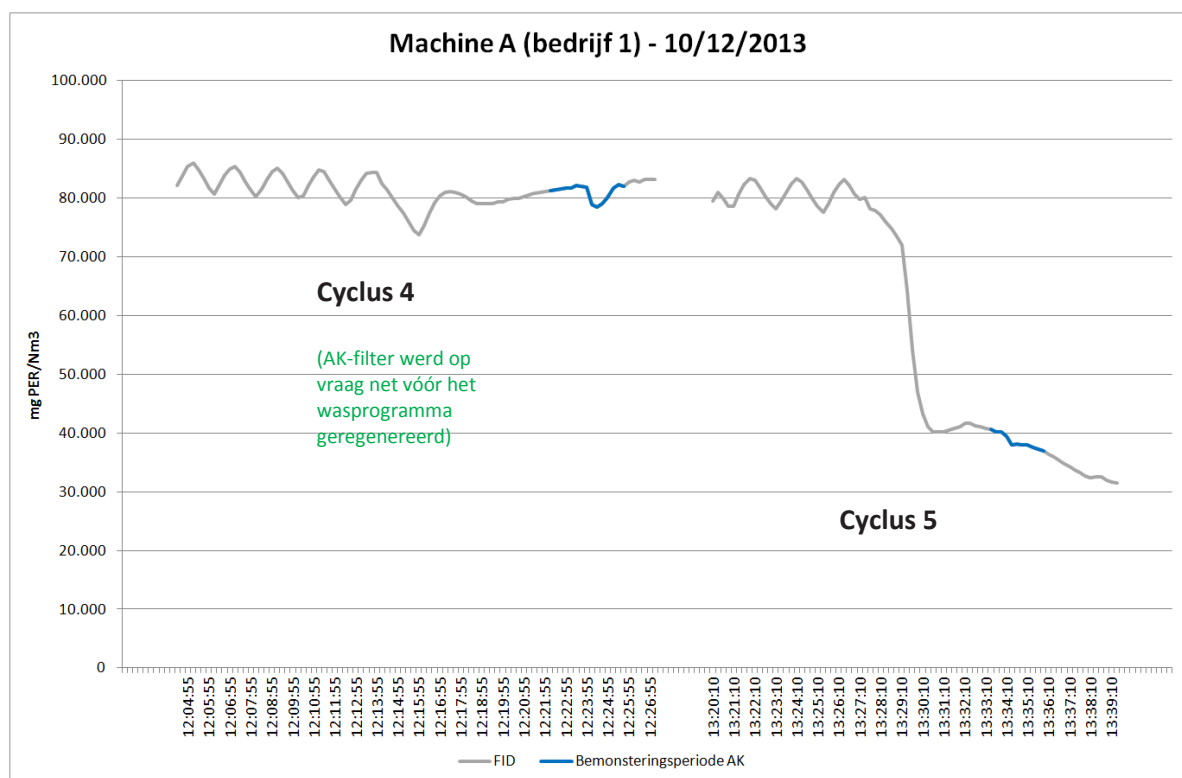
Figuur 8: Locatie meetpunt machine A

Overzicht meetresultaten

In onderstaande figuren en tabel wordt een overzicht gegeven van de meetresultaten. De bemonsteringsperiode van de AK-patronen (blauw aangeduid in de figuren) begint hierbij vanaf het moment dat de machine het signaal geeft dat de deur geopend mag worden. Tijdens het verder verloop van de metingen bleef de deur dicht.



Figuur 9: Overzicht continue FID-metingen bij machine A op 27/11/2013



Figuur 10: Overzicht continue FID-metingen bij machine A op 10/12/2013

Cyclus	Algemeen			Meetperiode		AK-patronen				FID	Verhouding AK-patroon t.o.v. FID
	Duurtijd was-programma (min)	Hoeveelheid wasgoed (kg)	Opmerkingen AK-filter	Datum	Periode	Staalnummer	Totaal gewicht PER (µg)	Totaal aangezogen volume (Nl)	Gemiddelde concentratie (mg PER/Nm3)	Gemiddelde concentratie (mg PER/Nm3)	(%)
1	60			27/11/2013	10u45:04-10u47:04	013LU275	94200	2,7	35.487	25.143	141
						013LU276	95900	(1)	(1)	25.143	(1)
2	60			27/11/2013	- (12:39:04-12:41:04)	geen staalname	-	-	-	75.758	-
3	30		Regeneratie AK-filter net voor metingen.	27/11/2013	15u37:19-15u39:34	013LU285A	8500	1,9	4.392	3.935	112
						013LU286A	8200	1,9	4.258	3.935	108
4	60	23	Regeneratie AK-filter net voor metingen.	10/12/2013	12:22:10 tot 12:25:40	013LU320A	137100	1,5	90.897	81.050	112
						013LU321A	172500	1,7	98.696	81.050	122
5	60	17		10/12/2013	13u33:25-13u35:55	013LU322A	56600	1,5	37.528	38.535	97
						013LU323A	69900	1,5	45.165	38.535	117

(1) Door een defect kon het totaal aangezogen volume niet bepaald worden, waardoor voor dit dubbelstaal geen concentratie afgeleid kon worden.

Tabel 5: Overzicht meetresultaten machine A - vergelijking AK-metingen met FID-metingen

Er worden bij alle cycli hoge tot extreem hoge PER concentraties gemeten. Er werd aan het bedrijf gevraagd om de AK-filter te regenereren (duurtijd ongeveer 1 uur) om het effect hiervan na te gaan (zie hiervoor cyclus 3 en cyclus 4; cyclus 5 volgde aansluitend). Bij cyclus 3 was het effect van een geregenereerde AK-filter duidelijk te merken. Bij cyclus 4 werd geen effect vastgesteld, cyclus 5 gaf aansluitend lagere meetwaarden. Een technische verklaring kan niet gegeven worden, mogelijk dient de PER reinigingsmachine onderworpen te worden aan een grondige onderhoudsbeurt en/of is de AK-filter aan vervanging toe.

Vergelijking bemonstering AK met FID. Bij cyclus 1 wordt beduidend meer gemeten met de bemonstering van het AK-patroon, een hogere meetfout bij de bemonstering van het AK-patroon in vergelijking met de FID-meting is mogelijk onvoldoende als verklaring.³

Wat betreft de overige cycli 3, 4 en 5 liggen de gemeten concentraties m.b.v. AK en FID dicht bij elkaar wat ook verwacht kan worden vermits benaderend enkel PER in het afgas aanwezig is. De afwijkingen bij deze cycli kunnen grotendeels verklaard worden door de meetfout op het totaal aangezogen volume bij de bemonstering van de AK-patronen.

3.3. PER REINIGINGSMACHINE B (BEDRIJF 1)

Beschrijving emissiebron en meetlocatie

Machine B is een Victory A 80 S uit 2007 voorzien van een AK-filter, zie onderstaande figuur. Deze machine bevindt zich naast machine A.

³ Dit is evenwel de enige meting met deze grotere afwijking tussen bemonstering AK-patronen en FID-meting gedurende de gehele meetcampagne. Bij alle andere bemonsterde cycli en machines werden beperktere afwijkingen tussen de AK- en FID-metingen bekomen, die grotendeels verklaard worden door de meetfout op het totaal aangezogen volume bij de bemonstering van de AK-patronen.



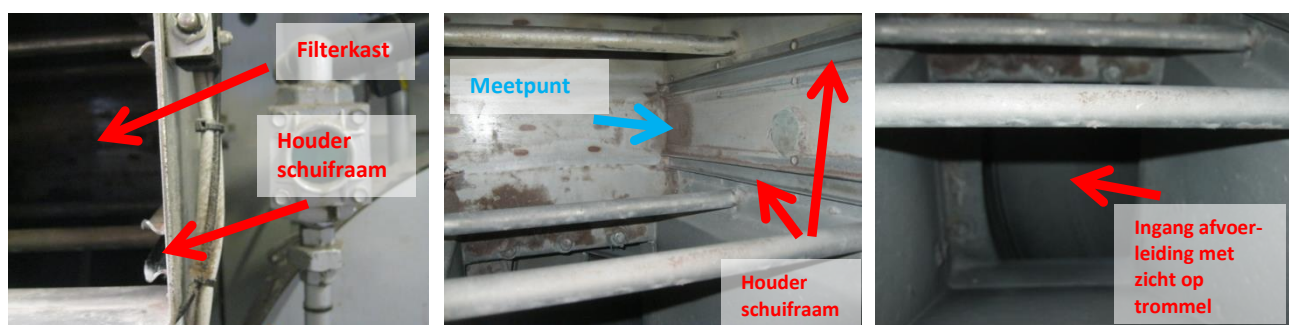
Figuur 11: Machine B met zicht op de voorzijde en achterzijde

Onderstaande figuur geeft de locatie van het meetpunt weer dat gelegen is in de filterkast tussen de stoffilters.



Figuur 12: Locatie meetpunt machine B

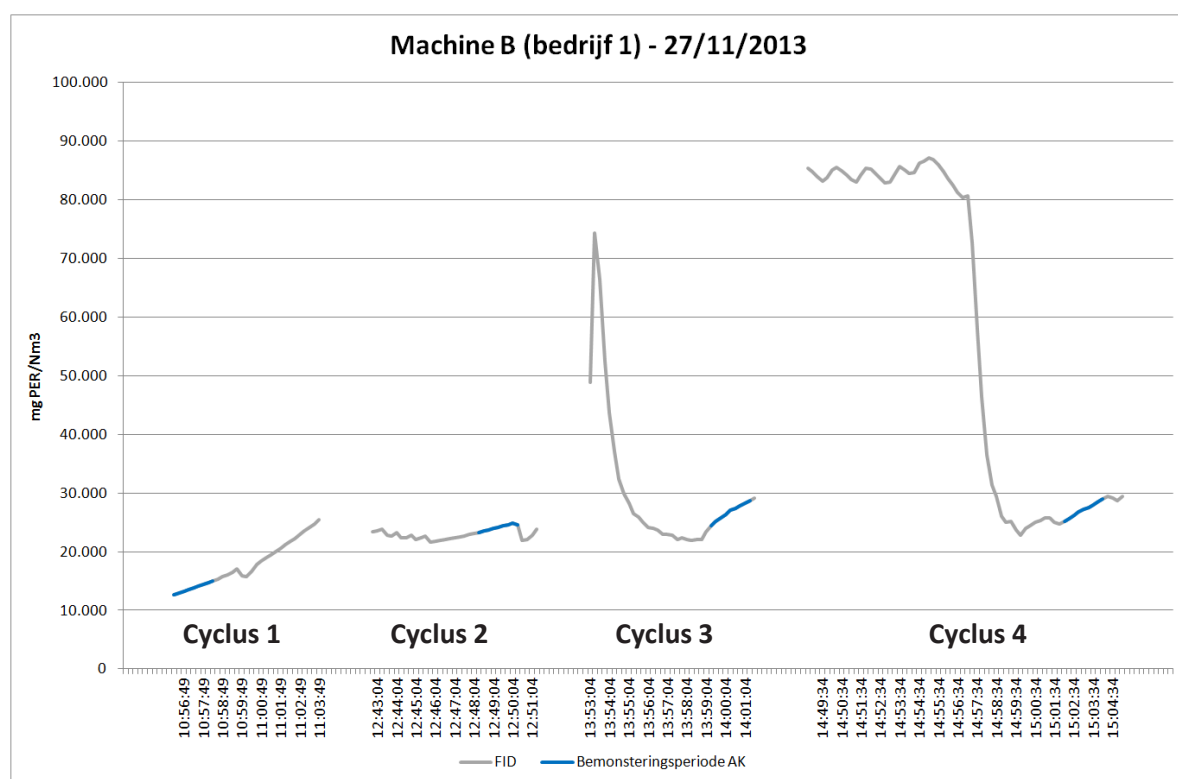
Onderstaande figuur geeft de geopende filterkast weer waar de stoffilters in geplaatst worden. De stoffilters bestaan hierbij uit schuiframen (filterramen) voorzien van filtermatten die in de filterkast geschoven worden.



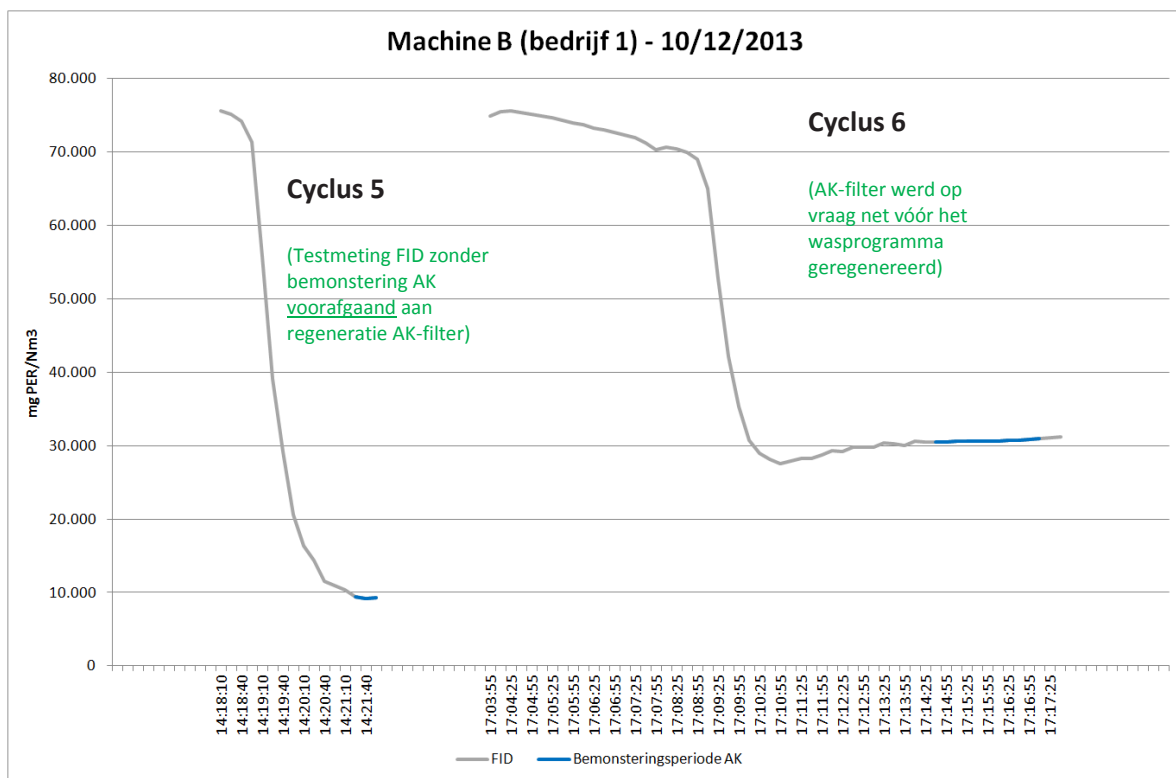
Figuur 13: Zicht op de geopende filterkast machine B

Overzicht meetresultaten

In onderstaande figuren en tabel wordt een overzicht gegeven van de meetresultaten. De bemonsteringsperiode van de AK-patronen (blauw aangeduid in de figuren) begint hierbij vanaf het moment dat de machine het signaal geeft dat de deur geopend mag worden. Tijdens het verder verloop van de metingen bleef de deur dicht.



Figuur 14: Overzicht continue FID-metingen bij machine B op 27/11/2013



Figuur 15: Overzicht continue FID-metingen bij machine B op 10/12/2013

Cyclus	Algemeen			Meetperiode		AK-patronen				FID	Verhouding AK-patroon t.o.v. FID (%)
	Duurtijd was-programma (min)	Hoeveelheid wasgoed (kg)	Opmerkingen AK-filter	Datum	Periode	Staalnummer	Totaal gewicht PER (µg)	Totaal aangezogen volume (Nl)	Gemiddelde concentratie (mg PER/Nm³)	Gemiddelde concentratie (mg PER/Nm³)	
1	60			27/11/2013	10u56:19-10u58:19	013LU277	47800	3,0	15.863	13.767	115
						013LU278	41700	3,1	13.449	13.767	98
2	60			27/11/2013	12u48:19-12u50:19	013LU279A	28700	1,1	25.399	24.101	105
						013LU280A	20100	1,0	20.800	24.101	86
3	60			27/11/2013	13u59:19-14u01:19	013LU281A	29700	0,9	31.536	26.770	118
						013LU282A	23600	1,0	24.471	26.770	91
4	30			27/11/2013	15u02:04-15u04:04	013LU283A	13400	0,6	22.857	27.105	84
						013LU284A	26400	1,0	27.407	27.105	101
5			Testmeting (AK- filter nog niet geregenereerd)	10/12/2013	- (14u21:25-14u21:55)	geen staalname	-	-	-	9.266	-
6	60	15	Regeneratie AK-filter net voor metingen. (error message: "no regeneration")	10/12/2013	17u14:40-17u17:10	013LU324A	51100	1,5	33.878	30.653	111
						013LU325A	62300	2,3	26.788	30.653	87

Tabel 6: Overzicht meetresultaten machine B - vergelijking AK-metingen met FID-metingen

Analoog als bij machine A werden hoge tot zeer hoge PER concentraties vastgesteld. Ook hier werd aan het bedrijf gevraagd om de AK-filter te regenereren (duurtijd ongeveer 1 uur) om het effect hiervan na te gaan (zie hiervoor cyclus 6). In vergelijking met cyclus 5 (AK-filter nog niet geregeneerd) werd bij cyclus 6 geen effect vastgesteld (eerder een verslechtering). Een technische

verklaring kan niet gegeven worden, mogelijk dient de PER machine onderworpen te worden aan een grondige onderhoudsbeurt en/of is de AK-filter aan vervanging toe.

Vergelijking bemonstering AK met FID. Bij cycli 1 t.e.m. 4 en 6 liggen de gemeten concentraties m.b.v. AK en FID relatief dicht bij elkaar wat ook verwacht kan worden vermits benaderend enkel PER in het afgas aanwezig is. De afwijkingen kunnen grotendeels verklaard worden door de meetfout op het totaal aangezogen volume bij de bemonstering van de AK-patronen.

3.4. PER REINIGINGSMACHINE C (BEDRIJF 2)

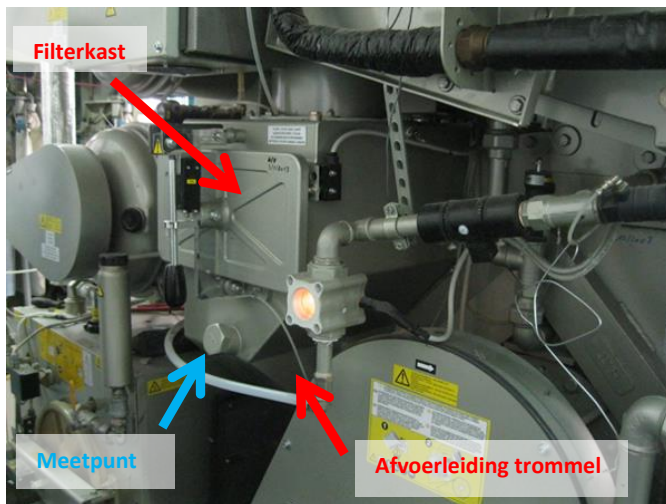
Beschrijving emissiebron en meetlocatie

Machine C is een Firbimatic Vortex 2025 uit 2008 voorzien van een AK-filter, zie onderstaande figuur.



Figuur 16: Machine C met zicht op de voorzijde en achterzijde

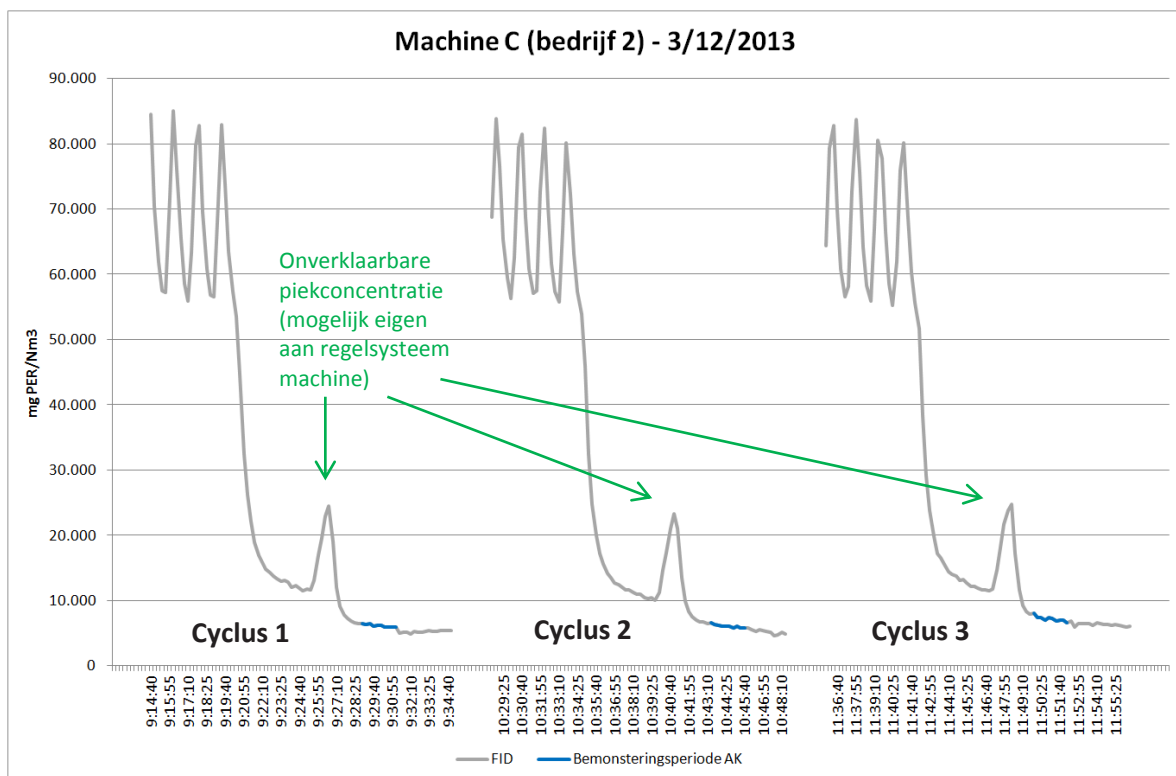
Onderstaande figuur geeft de locatie het meetpunt meer in detail weer. Het meetpunt is gelegen voor de stoffilters.



Figuur 17: Locatie meetpunt machine C

Overzicht meetresultaten

In onderstaande figuur en tabel wordt een overzicht gegeven van de meetresultaten. De bemonsteringsperiode van de AK-patronen (blauw aangeduid in de figuren) begint hierbij vanaf het moment dat de machine het signaal geeft dat de deur geopend mag worden. Tijdens het verder verloop van de metingen bleef de deur dicht.



Figuur 18: Overzicht continue FID-metingen bij machine C op 3/12/2013

Er worden bij alle cycli lagere PER concentraties gemeten in vergelijking met machine A en B die echter nog steeds hoog zijn. Voor machine C werd vastgesteld dat de metingen herhaalbaar zijn: het verloop van de concentraties bij elke cyclus is bijna volledig identiek. Er werd een onverklaarbare piekconcentratie vastgesteld (tijdens de periode dat de deur nog niet geopend mag worden) die mogelijk te wijten is aan het interne regelsysteem van de machine.

Cyclus	Algemeen			Meetperiode		AK-patronen				FID	Verhouding AK-patroon t.o.v. FID
	Duurtijd was- programma (min)	Hoeveelheid wasgoed (kg)	Opmerkingen AK-filter	Datum	Periode	Staalnummer	Totaal gewicht PER (µg)	Totaal aangezogen volume (Nl)	Gemiddelde concentratie (mg PER/Nm3)		
1	60	20		3/12/2013	9u28:50-9u31:00	013LU313A	13000	2,1	6.153	6.159	100
2	60	20		3/12/2013	10u43:25-10u45:40	013LU314A	12700	2,3	5.497	6.159	89
						013LU315A	12300	2,1	5.854	6.114	96
3	60	20		3/12/2013	11u49:55-11u52:10	013LU316A	11400	2,3	4.953	6.114	81
						013LU317A	13700	2,3	6.000	7.205	83
						013LU318A	12900	2,3	5.639	7.205	78

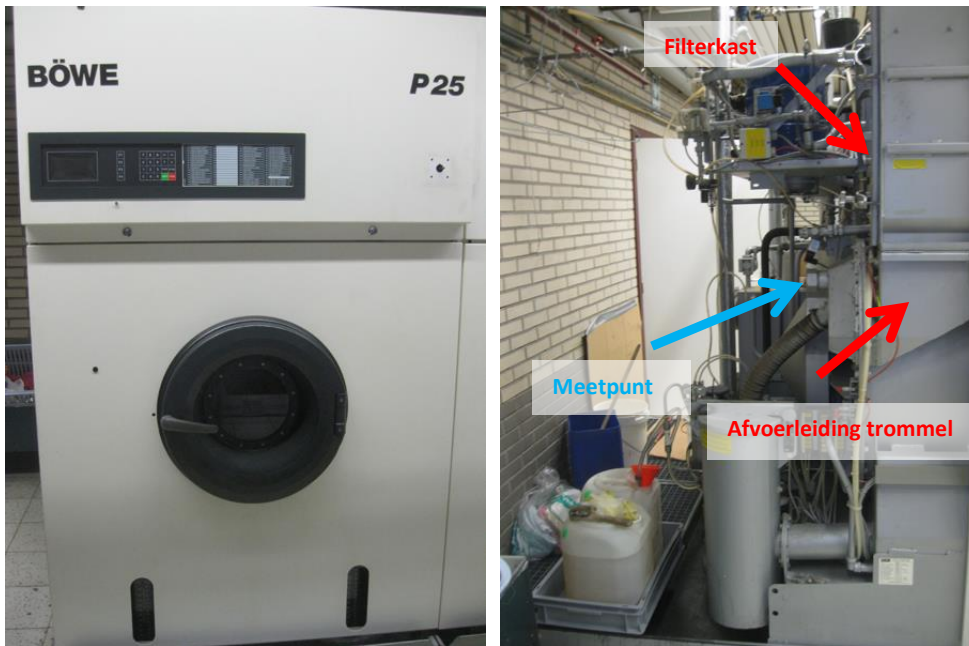
Tabel 7: Overzicht meetresultaten machine C - vergelijking AK-metingen met FID-metingen

Vergelijking bemonstering AK met FID. Bij alle cycli liggen de gemeten concentraties m.b.v. AK en FID relatief dicht bij elkaar wat ook verwacht kan worden vermits benaderend enkel PER in het afgas aanwezig is. De afwijkingen kunnen grotendeels verklaard worden door de meetfout op het totaal aangezogen volume bij de bemonstering van de AK-patronen.

3.5. PER REINIGINGSMACHINE D (BEDRIJF 3)

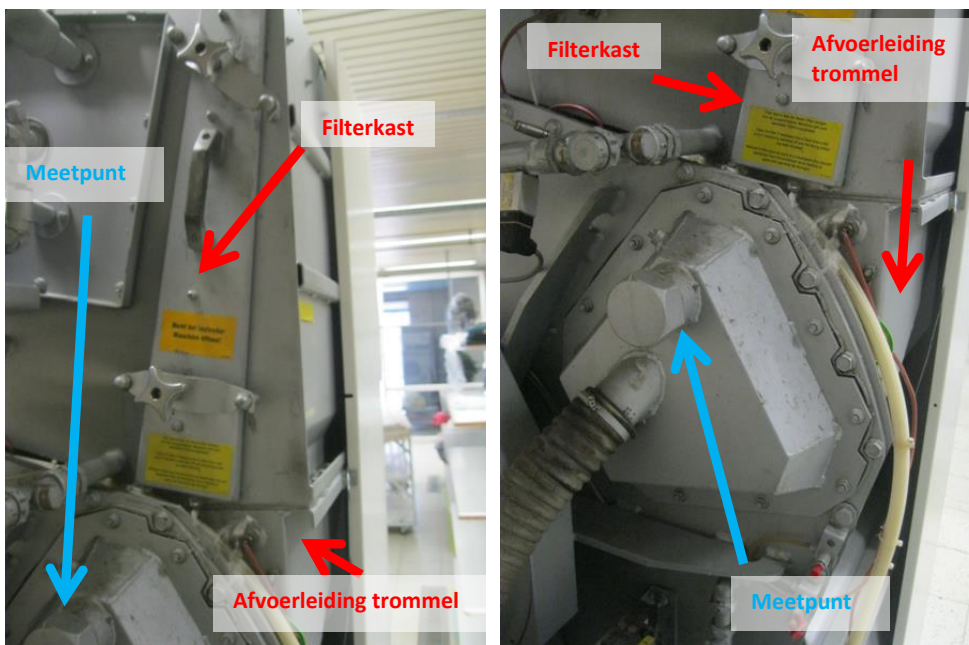
Beschrijving emissiebron en meetlocatie

Machine D is een Böwe P 25 uit 2003 en is niet voorzien van een AK-filter, zie onderstaande figuur.



Figuur 19: Machine D met zicht op de voorzijde en achterzijde

Onderstaande figuur geeft de locatie het meetpunt meer in detail weer. Het meetpunt is gelegen voor de stoffilters.



Figuur 20: Locatie meetpunt machine D

Besluit

Machine D is niet voorzien van een AK-filter. Gezien bij de andere machines met AK-filter (machine A, B en C) reeds hoge PER concentraties werden vastgesteld wordt machine D niet gemeten vermits aangenomen kan worden dat ook hier geen lage concentratieniveaus aanwezig zullen zijn.

Een belangrijke vaststelling is dat ook bij dit oudere model reeds openingen aanwezig zijn die geschikt zijn om metingen op basis van de ontwerp meetmethode uit te voeren.

3.6. PER REINIGINGSMACHINE E (BEDRIJF 3)

Beschrijving emissiebron en meetlocatie

Machine D is een Böwe D 12 (P 525) uit 1993 en is niet voorzien van een AK-filter, zie onderstaande figuur.



Figuur 21: Machine D met zicht op de voorzijde

Onderstaande figuur geeft de locatie het meetpunt meer in detail weer. Het meetpunt is gelegen na de stoffilters.



Figuur 22: Locatie meetpunt machine E

Besluit

Machine E is niet voorzien van een AK-filter. Gezien bij de andere machines met AK-filter (machine A, B en C) reeds hoge PER concentraties werden vastgesteld wordt machine E niet gemeten vermits aangenomen kan worden dat ook hier geen lage concentratieniveaus aanwezig zullen zijn.

Een belangrijke vaststelling is dat ook bij dit oudere model reeds openingen aanwezig zijn die geschikt zijn om metingen op basis van de ontwerp meetmethode uit te voeren.

3.7. BESLUIT EXPERIMENTELE TESTEN

Op basis van de experimentele testen kan het volgende vastgesteld worden:

- Meetopening. Elke bestudeerde PER reinigingsmachine beschikt over een bestaande afsluitbare opening die kan dienen als meetopening ter hoogte van de afvoerleiding. Er wordt ook vastgesteld dat bij de oudere modellen (machine D uit 2003 en machine E uit 1993) een geschikte afsluitbare opening reeds aanwezig is. Hieruit volgt dat er algemeen kan aangenomen worden dat het steeds praktisch mogelijk is om in de afvoerleiding van de trommel bij een bestaande PER reinigingsmachine te meten. Voor het geval dat er toch geen geschikte meetopening aanwezig zou zijn kan deze steeds voorafgaand aan de metingen door het bedrijf voorzien worden aan een beperkte kost.
- Vergelijking FID met bemonstering AK. De metingen komen algemeen goed met elkaar overeen indien rekening gehouden wordt met de relatief grote meetfout bij de bemonstering van de AK-patronen (zie ook 3.1.1). Mogelijke afwijkingen tussen de bemonstering met AK- en de FID-metingen zijn grotendeels te verklaren door de relatief grote meetfout op het bemonsterde volume bij de bemonstering van de AK-patronen.
- PER concentraties. Er werden hoge tot uiterst hoge PER concentraties vastgesteld bij de machines A, B en C op het moment dat de deur geopend mag worden. Ondanks regeneratie van de AK-filter bleef de PER concentratie hoog of had de regeneratie zelfs geen invloed. Een technische verklaring kan niet gegeven worden, mogelijk dienen de PER reinigingsmachines onderworpen te worden aan een grondige onderhoudsbeurt en/of is de AK-filter aan vervanging toe. Vermits machines D en E niet over een AK-filter beschikken werd ervan afgezien om bij deze machines metingen uit te voeren.

- Aanwezigheid van andere VOS dan PER in het afgas. Bij de analyse van de AK-stalen werd enkel PER vastgesteld, andere VOS komen slechts in verwaarloosbare concentraties voor.

HOOFDSTUK 4. HET MEETVOORSCHRIFT

4.1. TOEPASSINGSGEBIED

Dit werkvoorschrift beschrijft de te volgen meetmethode voor de concentratiebepaling van PER (tetrachlooretheen) in de lucht van textielreinigingsmachines die gebruikmaken van PER als reinigingsmiddel. De meting vindt plaats in de machine ter controle van een grenswaarde.

4.2. TIJDSTIP VAN METING EN AANTAL METINGEN BIJ CONTROLE VAN GRENSWAARDE

De meting vindt telkens op het einde van de droogcyclus plaats op het moment dat het afgrendelsysteem het toelaat om de laaddeur manueel te openen.

Bij de controle van een grenswaarde worden 3 sets van bemonsteringen/metingen uitgevoerd waarbij de machine per cyclus telkens onder normale omstandigheden gebruikt wordt.

4.3. BEMONSTERINGSPOSITIE

De bemonstering wordt zo dicht mogelijk bij de uitgang van de wastrommel uitgevoerd. Bij voorkeur wordt een meetopening gebruikt die reeds aanwezig is ter hoogte van de afvoerleiding van de trommel. De meetopening wordt tijdens de bemonstering hermetisch afgesloten.

Indien er geen geschikte meetopening aanwezig is, moet die door de exploitant aangebracht worden ter hoogte van de afvoerleiding van de trommel en dit zo dicht mogelijk bij de trommel.

De laaddeur blijft tijdens de meting gesloten.

TOEPASSEN VAN EEN KOPPELSTUK

Om de metingen zonder lekluicht uit te voeren wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van een aangepast koppelstuk. Hierop worden er één of meerdere (bij simultane monsternemingen) doorgangen luchtdicht aangebracht. Tijdens de montage van het koppelstuk op de meetopening wordt de schroefdraad van het koppelstuk luchtdicht afgedicht met teflontape.

4.4. BEMONSTERINGSDUUR

De bemonsteringsduur wordt zo kort mogelijk gehouden en is afhankelijk van de toegepaste meetmethode (zie 4.5.):

- Discontinue meetmethode via actieve bemonstering op een AK-patroon met aansluitende GC analyse.
De bemonstering start vanaf het ogenblik dat het afgrendelsysteem de laaddeur vrijgeeft en het adsorptiepatroon wordt actief bemonsterd via een leiding aangesloten op het meetpunt aan de afvoerleiding van de trommel. De bemonsteringsduur (beperking van het

aanzuigvolume) wordt zo gekozen dat doorbraak vermeden wordt. Er wordt maximaal 5% doorbraak toegestaan.

- Continue meetmethode via FID meting.
De continue meting via een bemonsteringsleiding aangesloten op het meetpunt aan het uiteinde van de trommel kan reeds starten voordat het afgrendelsysteem de laaddeur vrijgeeft. De concentratie wordt continu opgevolgd en één meetperiode (met uitmiddeling meetwaarde) van 30 seconden wordt genomen vanaf het tijdstip dat de laaddeur vrijgegeven wordt door het afgrendelsysteem.

4.5. MEETMETHODE

De meting van PER kan discontinu of continu worden uitgevoerd via volgende methoden:

- Discontinue meetmethode.
De meetmethode is gebaseerd op de procedure LUC/IV/002 van het 'Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht' waarbij PER op een Actiefkool-patroon (400mg/200mg) bemonsterd wordt en achteraf na (solvent)desorptie in het labo met GC-MS geanalyseerd wordt. Er dient steeds voldaan te worden aan de algemene kwaliteitsvereisten bij de bemonstering van VOS door adsorptie die in compendiumprocedure LUC/O/005 zijn opgenomen.
- Continue meetmethode.
Op basis van een totaal koolwaterstofmeting m.b.v. een FID monitor, gekalibreerd met propaan en met bepaling van de RRF-factor (Relatieve ResponsFactor) voor PER voor de omrekening van ppm propaanequivalenten naar mg PER/Nm³. Voor overige validatievereisten voor de FID-monitor en de bepaling van de meetonzekerheid wordt verwezen naar procedure LUC/II/001.

DISCONTINU: BEMONSTERING OP AK-PATRONEN

De AK-patronen worden rechtstreeks bemonsterd via een onverwarmde aanzuigleiding die zo kort mogelijk gehouden wordt. Het bemonsteringsvolume wordt bepaald met een gasmeter.

Doordat zeer hoge concentraties aan PER mogelijk zijn, wordt de bemonsteringsduur en het totaal aangezogen volume over de patronen laag gehouden om doorbraak bij de patronen te vermijden. Wanneer uiterst hoge concentraties worden verwacht kan een tweede patroon in serie geplaatst worden om doorbraak te vermijden.

Een gevolg is dat de meetfout op het totaal aangezogen volume relatief groot is, nl. ongeveer 0,2 tot 0,3 liter op een totaal bemonsterd volume van maximaal 3 liter. Ondanks dat de meetfout bij de kwantificatie (aantal µg PER) m.b.v. de GC analyse klein is heeft dit tot gevolg dat de meetfout op de gemeten concentratie relatief hoog is. De meetfout kan beduidend lager uitvallen bij lagere PER concentraties vermits dan het totaal aangezogen volume over de patronen beduidend groter mag zijn vooraleer doorbraak plaatsvindt.

CONTINU: TOTAAL KOOLWATERSTOFMETING M.B.V. FID

De meetopstelling voor de meting met een FID monitor wordt als volgt uitgevoerd:

- Het afgas wordt over een stoffilter aangezogen.
- De stoffilter wordt via een korte leiding aangesloten op een verwarmde leiding (op 70°C).

- Op de verwarmde leiding wordt een pomp met verwarmde kop aangesloten. Deze pomp dient om mogelijke onderdrukken en schommelingen daarvan in de meetopstelling op te vangen en de goede werking van de FID te garanderen.
- De uitgang van de pomp is aangesloten op een verdeelstuk met een open uitgang naar de omgevingslucht om de overmaat aan afgasdebiet weg te leiden en de druk op atmosferisch niveau te brengen. Doordat er hoge PER-concentraties in de machine aanwezig kunnen zijn, is het aangewezen om deze overmaat naar buiten te leiden.
- Het verdeelstuk is aangesloten op een verwarmde leiding (op 180°C) die rechtstreeks aangesloten is op de FID monitor.

Wat het gebruik van de FID monitor betreft, worden volgende eisen gesteld:

- De RRF-factor voor PER van het gebruikte FID-meettoestel moet worden bepaald. Deze RRF-factor is noodzakelijk voor de omrekening van de meetwaarden van de FID van ppm propaanequivalenten naar mg PER/Nm³, zie ook bijlage 1 voor verdere uitleg en de berekeningsmethode. De RRF kan opgegeven worden door de fabrikant of experimenteel worden bepaald.
- Tijdens de meetcampagne wordt de FID monitor gekalibreerd en gecontroleerd volgens compendiumprocedure LUC/II/001.

De verschillende stappen hierbij zijn:

- Uitvoering van een lekttest op het volledige monsternemingssysteem;
- Kalibratie van de monitor met zero- en spangas (in deze volgorde) met bijregeling; de gassen worden hierbij rechtstreeks aan de monitor aangeboden;
- Eerste-lijnscontrole met een onafhankelijk controlegas (zie procedure LUC/II/001 §3.3); het controlegas wordt bij elke meting doorheen de volledige bemonsteringstrein gestuurd;
- Opnieuw aanbieden van het zero- en spangas zonder bijregeling (driftbepaling; zie procedure LUC/II/001 §3.4.1 voor de driftcriteria en eventueel door te voeren correcties)

Deze handelingen moeten op de meetplaats zelf worden uitgevoerd. Alle kalibraties moeten natrekbaar zijn in de elektronische databestanden (zowel zero-, span-, als controlegas).

De vereisten voor het zero- en kalibratiegas en voor het controlegas zijn eveneens in procedure LUC/II/001 opgenomen. Bij elke meting worden de tijdstippen van uitvoering van de lekttest, kalibratie, controle, meting en na-ijking genoteerd, alsook de identificatienummers van de gebruikte gassen.

Uit experimenten blijkt dat zowel een continue meting (FID-meting) als een discontinue meting (bemonstering op AK-patronen) kan worden uitgevoerd met gelijkaardige resultaten.

Hierbij verdient de FID-meting de voorkeur t.o.v. de bemonstering met AK-patronen:

- FID-metingen zijn in geval van hoge PER concentraties nauwkeuriger aangezien de duurtijd van de bemonstering op AK-patronen in dat geval beperkt moet worden. Door de korte bemonsteringstijd en dus het kleiner totaal bemonsterd volume neemt de nauwkeurigheid af. Bij PER concentraties lager dan bv. 5.000 mg PER/Nm³ kan een groter bemonsterd volume toegepast worden -zolang voldaan is aan het maximum doorbraakcriterium- waardoor de nauwkeurigheid zal toenemen. Dit kon in de aan dit meetvoorschrift voorafgaande studie echter niet onderzocht worden.
- FID-metingen leveren een onmiddellijke concentratie-uitlezing op. In dat geval kan ter plaatse vastgesteld worden of al dan niet aan een grenswaarde wordt voldaan. Bij een overschrijding kan een herhalingsmeting worden uitgevoerd waarbij mogelijke oorzaken van de overschrijding kunnen worden onderzocht (bv. regeneratie AK-filter te lang geleden uitgevoerd, AK-filter is aan vervanging toe, mogelijk technisch defect PER reinigingsmachine,

...). Zo kan ter plaatse onderzocht worden of dat bv. na regeneratie van de AK-filter het probleem reeds verholpen is.

- Aan de hand van FID-metingen kan ook nagegaan worden wat er in de machine gebeurt voorafgaand aan het tijdstip waarop de deur geopend mag worden. Door meerdere cycli te meten kan worden nagegaan hoe representatief de metingen zijn.

4.6. RANDVOORWAARDEN MEETOMSTANDIGHEDEN

De PER reinigingsmachine dient onder normale omstandigheden te werken. De relevante machine- en wasparameters met betrekking tot de metingen worden genoteerd: type machine, bouwjaar machine, datum van plaatsing van het actueel actiefkoolfilter, datum van de laatste regeneratie van het actiefkoolfilter, aantal wasbeurten na laatste regeneratie actiefkoolfilter, type was, duurtijd wasprogramma, hoeveelheid was.

4.7. REFERENTIES

Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht (LUC):

<http://www.emis.vito.be/lne-erkenningen-lucht>

- Essentiële kwaliteitsvereisten voor emissiemetingen (LUC/0/005)
- Bemonstering voor rookgassen en analyse van CO, CO₂, SO₂, NO_x, O₂ en TOC met monitoren (LUC/II/001)
- De kwantitatieve bepaling van op actieve kool geadsorbeerde alifatische halogeenkoolwaterstoffen met GC-MS (LUC/IV/002)

Ontwikkeling van een meetmethode om de concentratie van PER (tetrachlooretheen) in de lucht te bepalen voor textielreinigingsmachines die gebruikmaken van PER als reinigingsmiddel.

Frank Sleeuwaert, Bart Baeyens, Wim Aerts, Guido Lenaers en Rob Brabers

VITO verslag 2014/MRG/R/270

BIJLAGE 1 VAN MEETVOORSCHRIFT

Omrekening meetwaarden FID van ppm propaanequivalent naar mg PER/Nm³

1) De omrekening van het FID meetsignaal in ppm propaanequivalent naar mg C/Nm³ (bij 273,15 K en 1013,25 hPa) gebeurt als volgt.

$$\begin{aligned} \text{meetwaarde (mg C/Nm}^3\text{)} \\ &= [\text{meetwaarde (ppm)} \times nC \times MMC] / Vm \\ &= [\text{meetwaarde (ppm)} \times 3 \times 12,01] / 22,4 \end{aligned}$$

waarbij:

nC: aantal koolstofatomen in het ijkgas (voor propaan is nC = 3)
 MMC: molaire massa aan koolstof (MMC = 12,01 g/mol)
 Vm: molair volume van het ijkgas bij 273,15 K en 1013,25 hPa (Vm = 22,4 l/mol)

2) De meetwaarde uitgedrukt als mg C/Nm³ kan verder omgerekend worden naar mg PER/Nm³.

Hierbij dient de meetwaarde ook gecorrigeerd te worden met de relatieve responsfactor (RRF-factor) van het FID meettoestel voor PER waarbij:

$$\begin{aligned} \text{RRF-factor PER} \\ &= \text{meetwaarde (mg C/Nm}^3\text{)} / \text{gecorrigeerde (werkelijke) meetwaarde PER (mg C/Nm}^3\text{)} \end{aligned}$$

De verdere omrekening gebeurt als volgt. Hierbij wordt aangenomen dat alle VOS in het afgas benaderend enkel bestaan uit PER, wat ook uit de analyse van de AK-patronen blijkt.

$$\begin{aligned} \text{gecorrigeerde (werkelijke) meetwaarde (mg PER/Nm}^3\text{)} \\ &= \text{gecorrigeerde (werkelijke) meetwaarde (mg C/Nm}^3\text{)} \times MM \text{ PER} / MMC \text{ PER} \\ &= (\text{meetwaarde (mg C/Nm}^3\text{)} / \text{RRF-factor PER}) \times MM \text{ PER} / MMC \text{ PER} \\ &= ([\text{meetwaarde (in ppm)} \times 3 \times 12,01 / 22,4] / \text{RRF-factor PER}) \times 165,83 / 24,02 \end{aligned}$$

waarbij:

MM PER: molaire massa PER (165,83 g/mol)
 MMC PER: molaire massa PER aan koolstof (24,02 g/mol)

LITERATUURLIJST RAPPORT

1. D. Huybrechts, I. Van Tomme (Arcadis) en P. Meirhaeghe (Piet & Co Milieubeheer); Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor de droogkuissector; Gent, Academia Press, 2008
2. Koninklijk besluit van 11 maart 2002 betreffende de bescherming van de gezondheid en de veiligheid van de werknemers tegen de risico's van chemische agentia op het werk (B.S. 14.3.2002, Ed. 2; erratum: B.S. 26.6.2002, Ed. 2)
3. Informatie ten behoeve van de haalbaarheidstoets nieuwe (wettelijke) grenswaarde; Subcommissie MAC-waarden; Nederland; 2003
4. Website Sociaal-Economische Raad (SER) m.b.t. PER; Nederland:
<http://www.ser.nl/nl/grenswaarden/tetrachlooretheen.aspx>
5. Wikipedia Tetrachlooretheen:
<http://nl.wikipedia.org/wiki/Tetrachlooretheen>
6. Verordnung zur Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen halogenierten organischen Verbindungen vom 10. Dezember 1990 (BGBl. I S. 2694), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 1021) geändert worden ist; Zweite Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (2. BImSchV; Zuletzt geändert durch Art. 1 V v. 20.12.2010 I 2194; Änderung durch Art. 1 V v. 2.5.2013 I 1021 (Nr. 21) textlich nachgewiesen (dokumentarisch noch nicht abschließend bearbeitet.)
http://www.gesetze-im-internet.de/bimsv_2_1990/
7. Luchtvoorschriften bij het reinigen van textiel en kleding ; Kenniscentrum InfoMil; Nederland; 2013
<http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/lucht-in-het/textiel/reinigen/>
8. Closed-circuit dry-cleaning machines - Defining and checking of machine characteristics; ISO 8232; First edition 1988-11-01; 1988
9. National Perchloroethylene Air Emission Standards for Dry Cleaning Facilities; 40 CFR Part 63; Final Rule; EPA; July 27, **2006**
<http://www.epa.gov/ttn/atw/dryperc/dryclpg.html>
10. National Perchloroethylene Air Emission Standards for Dry Cleaning Facilities; 40 CFR Part 63; **ACTION: Final rule; withdrawal; revision**; EPA; July 7, **2008**
<http://www.epa.gov/ttn/atw/dryperc/dryclpg.html>
11. Emission Standards for Perchloroethylene Dry Cleaning Facilities; Minnesota Pollution Control Agency; aq5-03; September 2008
<http://www.pca.state.mn.us/index.php/view-document.html?gid=5512>
12. Merkblätter Nr. 27 - Umweltgerechte Entsorgung lösemittelhaltiger Textilflusen aus Chemischreinigungen; Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen; ISSN 0947-5788; 2001
http://www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/merkbl/merkbl27_web.pdf
13. Böwe Factbook
http://www.boewe-tc.de/tl_files/BOEWE/Downloads/Factbook/BOEWE_Factbook_EN.pdf
14. Messtechnische Überwachung von Anlagen nach 2. BImSchV; H. Kühne - Vortrag TLUG; ERGO Umweltinstitut GmbH, Dresden; 2012
http://www.tlug-jena.de/imperia/md/content/tlug/abt1/v-referate/2012/13_2012/vortrag_2bimsv_endversion.pdf

15. Eignungsgeprüfte Messgeräte zur Überwachung der Emissionen leichtflüchtiger Halogenkohlenwasserstoffe gemäß 2. BImSchV - Messobjekt: Tetrachlorethen- Letzte Aktualisierung: 01.12.2006; UBA; 2006
http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/e_tetrachlorethen.pdf
16. Erdgas in der Textilreinigung; BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.; 2007
http://www.gewerbegas-online.de/fileadmin/user_upload/dokumente/Erdgas_i.d._Textilreinigung_04-12-2008.pdf
17. Praxisleitfaden Lösemittelverordnung · KWL-Textilreinigung; Bezirksamt Charlottenburg-Wilmersdorf
Bezirksamt Tempelhof-Schöneberg
<http://www.berlin.de/imperia/md/content/bacharlottenburg-wilmersdorf/verwaltung/umwelt/kwltextilreinigung.pdf>
18. Bericht über die Durchführung von Messungen und Prozeßkontrollen an Chemischreinigungsanlagen gemäß 2. BImSchV; Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW.
<http://www.lanuv.nrw.de/luft/emissionen/word/mustermessbericht-chr.doc>

[Onder pdf vorm \(layout\):](#)
http://www.gewerbeaufsicht.niedersachsen.de/download/52820/Berichtsformular_Durchfuehrung_von_Messungen_und_Prozesskontrollen_an_Chemischreinigungsanlagen_gem._2._BImSchV.pdf
19. De kwantitatieve bepaling van op actieve kool geadsorbeerde alifatische halogeenkoolwaterstoffen met GC-MS; Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht; LUC/IV/002; versie maart 2012

<http://www.emis.vito.be/luc-2013>

BIJLAGE A VAN RAPPORT

Omrekening meetwaarden FID van ppm propaanequivalent naar mg PER/Nm³

1) De omrekening van het FID meetsignaal in ppm propaanequivalent naar mg C/Nm³ (bij 273,15 K en 1013,25 hPa) gebeurt als volgt.

$$\begin{aligned} \text{meetwaarde (mg C/Nm}^3\text{)} \\ &= [\text{meetwaarde (ppm)} \times nC \times MMC] / V_m \\ &= [\text{meetwaarde (ppm)} \times 3 \times 12,01] / 22,4 \end{aligned}$$

waarbij:

nC: aantal koolstofatomen in het ijkgas (voor propaan is nC = 3)
 MMC: molaire massa aan koolstof (MMC = 12,01 g/mol)
 V_m: molair volume van het ijkgas bij 273,15 K en 1013,25 hPa (V_m = 22,4 l/mol)

2) De meetwaarde uitgedrukt als mg C/Nm³ kan verder omgerekend worden naar mg PER/Nm³.

Hierbij dient de meetwaarde ook gecorrigeerd te worden met de relatieve responsfactor (RRF-factor) van het FID meettoestel voor PER waarbij:

$$\begin{aligned} \text{RRF-factor PER} \\ &= \text{meetwaarde (mg C/Nm}^3\text{)} / \text{gecorrigeerde (werkelijke) meetwaarde PER (mg C/Nm}^3\text{)} \end{aligned}$$

Op basis van labotesten uitgevoerd door VITO kon de RRF-factor voor PER bepaald worden voor het FID meettoestel, zie onderstaande tabel.

Werkelijke concentratie PER (via VITO-gasgeneratiesysteem aangemaakt)		Gemeten concentratie PER door het FID meettoestel dat tijdens de meetcampagne toegepast werd		RRF-factor PER
mg/Nm ³	mg C/Nm ³	ppm (propaanequivalenten)	mg C/Nm ³	
857,8	124,3	100	160,7	1,293
2640,7	382,5	308	495,0	1,294
5919,5	857,5	690	1108,9	1,293
			Gemiddeld	1,294

Tabel: Overzicht meetresultaten RRF-factor op basis van labotesten uitgevoerd door VITO

Uit deze meetresultaten blijkt dat de FID een zeer constante RRF-factor voor PER heeft over het getest concentratiegebied, wat typisch is voor een FID. Voor de verdere berekeningen zal voor alle meetwaarden een RRF-factor aangenomen worden van 1,294.

De verdere omrekening gebeurt als volgt. Hierbij wordt aangenomen dat alle VOS in het afgas benaderend enkel bestaan uit PER, wat ook uit de analyse van de AK-patronen blijkt.

$$\begin{aligned} \text{gecorrigeerde (werkelijke) meetwaarde (mg PER/Nm}^3\text{)} \\ &= \text{gecorrigeerde (werkelijke) meetwaarde (mg C/Nm}^3\text{)} \times MM \text{ PER} / MMC \text{ PER} \\ &= (\text{meetwaarde (mg C/Nm}^3\text{)} / \text{RRF-factor PER}) \times MM \text{ PER} / MMC \text{ PER} \\ &= ([\text{meetwaarde (in ppm)} \times 3 \times 12,01 / 22,4] / 1,294) \times 165,83 / 24,02 \\ &= \text{meetwaarde (in ppm)} \times 8,582 \end{aligned}$$

waarbij:

MM PER: molaire massa PER (165,83 g/mol)
 MMC PER: molaire massa PER aan koolstof (24,02 g/mol)