

## STUDIE NAAR PFAS IN LUCHT EN DEPOSITIES IN DE OMGEVING VAN 3M EN ZWIJNDRECHT

Jan Peters, Patrick Berghmans, Griet Jacobs, Stefan Voorpoels, Maarten Spruyt, Diane Bertels, Katleen De Bouwere, Jelle Hofman, Nady Hufkens, Ellen Poelmans, Masha Van Deun

2022/HEALTH/R/2680  
April 2022

In samenwerking met



---

### 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



## SAMENVATTING

### Aanleiding voor deze studie

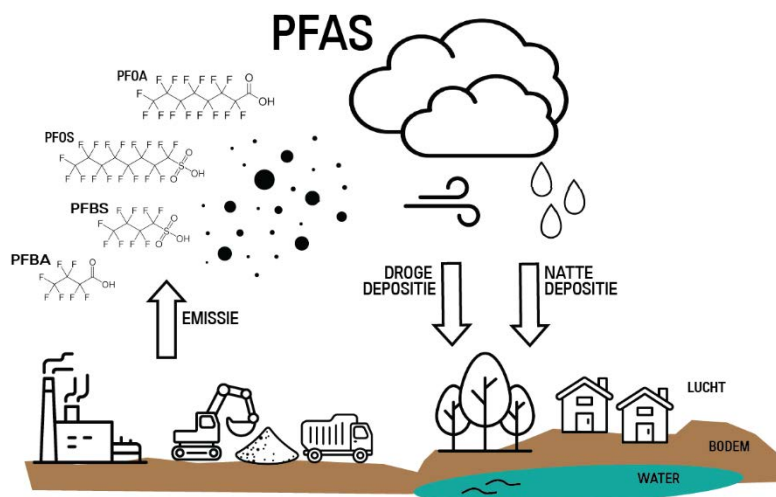
Op basis van de vastgestelde PFAS-vervuiling in de omgeving van de 3M-site te Zwijndrecht is bekend dat er in een deel van het projectgebied van de Oosterweelverbinding op de linkeroever, sprake is van verhoogde gehalten aan PFAS (met name PFOS) in de bodem. De vraag is of en in welke mate de activiteiten in deze zone bijdragen aan een verhoogde PFAS-concentratie in de lucht en in depositie.

### Kadering van de studie

VITO heeft in samenwerking met de VMM in juni 2021 een uitgebreid onderzoek opgestart voor de monitoring van PFAS in de omgevingslucht en deposities. Het is de eerste maal in Vlaanderen dat er dergelijke PFAS-metingen gebeuren. Aangezien er geen standaardprocedures voor de bepaling van PFAS in omgevingslucht en depositie beschikbaar zijn, werden in een eerste fase van het onderzoek methodes vastgelegd voor de bemonstering en analyse van PFAS in omgevingslucht en in depositie.

### PFAS in omgevingslucht en in depositie

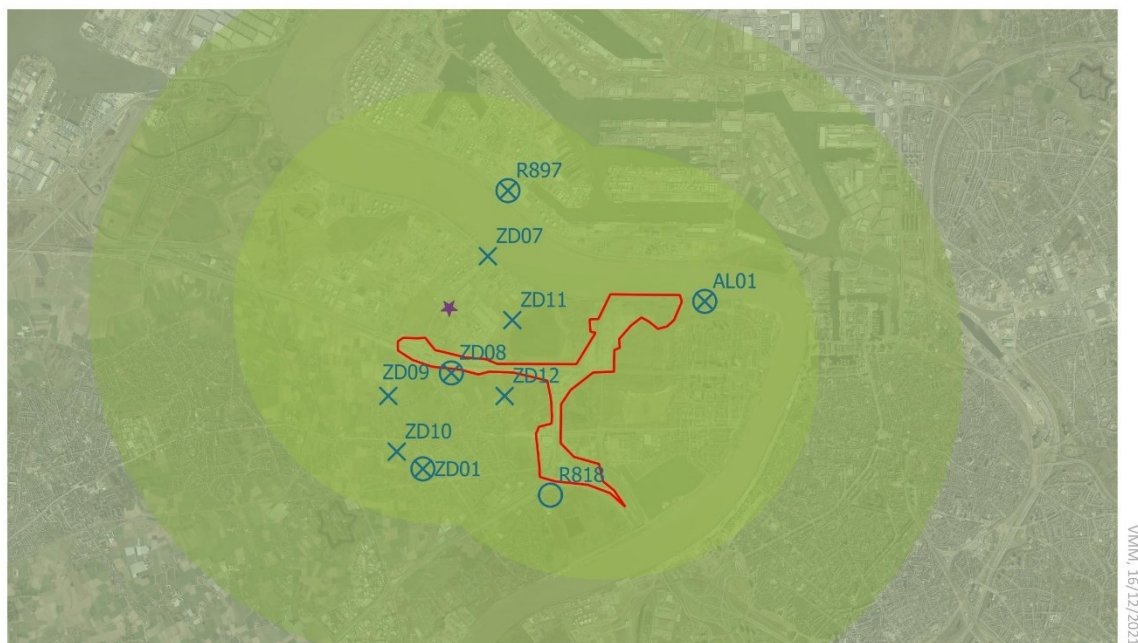
Deze studie is specifiek gericht op PFAS in de lucht, en meer bepaald op de concentratie van PFAS in omgevingslucht (uitgedrukt in  $\text{ng}/\text{m}^3$  lucht) en de hoeveelheid PFAS in depositie (uitgedrukt in  $\text{ng}/\text{m}^2/\text{dag}$ ). De concentratie drukt uit hoeveel PFAS er in de lucht zit, de depositie hoeveel PFAS op de grond terecht komen. PFAS in lucht worden niet rechtstreeks in de lucht gemeten maar met fijnstofbemonsteraars die zwevend stof bemonsteren op filters. Wanneer we in dit rapport spreken over PFAS in lucht gaat het dus over PFAS bemonsterd op zwevend stof.



Bepaalde processen en activiteiten kunnen aanleiding geven tot emissies van PFAS (en andere stoffen) naar de lucht. De uitstoot van PFAS naar de omgevingslucht geeft aanleiding tot een hoeveelheid PFAS in de lucht, de PFAS-concentratie. Algemeen zijn de concentraties hoger dicht bij de emissiebron, en nemen ze af met toenemende afstand van de bron door verdunning. De PFAS komen uiteindelijk op de grond terecht door depositie. Depositie kan plaats vinden in de vorm van natte en droge depositie. Natte depositie is de aanvoer van stoffen via neerslagwater (regen, sneeuw of hagel). Droge depositie gebeurt door het rechtstreeks afzetten van een verontreinigende stof vanuit de lucht op een oppervlak, bv. de bodem.

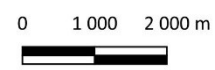
### Opbouw van een meetnet

In deze studie werd een meetnet opgebouwd om enerzijds de PFAS-concentraties in zwevend stof te bepalen, en anderzijds het PFAS-gehalte in deposities. Door meetlocaties te kiezen in woonzones kan er rechtstreeks ter hoogte van de bewoning bepaald worden aan welke concentraties bewoners worden blootgesteld via de lucht (buiten), en hoe groot de depositie is op die plaatsen. Er werden zes meetlocaties geselecteerd voor de bepaling van PFAS-concentratie in zwevend stof in de omgevingslucht, en tien locaties voor de bepaling van PFAS in depositie. Het verschil in aantal tussen beide is meettechnisch te verklaren (stroomvoorziening nodig voor actieve bemonstering van de omgevingslucht). Op onderstaand kaartje zijn de meetlocaties weergegeven. Meetlocaties voor de bepaling van PFAS-concentraties in zwevend stof zijn aangegeven als “meetplaats fijnstof”, samen met de “meetplaatsen depositie”. De landelijke achtergrondlocatie waar zowel concentratie als depositie gemeten werd, is niet afgebeeld op de kaart (meetstation N016 in Dessel, ongeveer 50 km ten O van het studiegebied).



Meetplaatsen PFAS in fijnstof en depositie in de buurt van 3M, Zwijndrecht

- ★ 3M
- meetplaats fijnstof
- Oosterweelwerf
- zone 3-5-10 km
- × meetplaats depositie



In deze studie werd er gedurende ongeveer een half jaar gemeten. De concentratie in omgevingslucht werd gemeten vanaf juli 2021 tot begin januari 2022 (2/07/2021 t.e.m. 13/01/2022). De depositiemetingen gingen van start in juli (onvolledig, ter validatie). Hier worden de deposities gerapporteerd die vanaf eind juli 2021 tot begin januari 2022 gemeten werden (29/07/2021 t.e.m. 13/01/2022).

### Analyse van PFAS-verbindingen

In dit onderzoek wordt een selectie van 38 PFAS-verbindingen geanalyseerd. Uit deze lijst wordt extra aandacht besteed aan een welbepaalde selectie, met name PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS, aangezien de som van deze PFAS kunnen geïnterpreteerd worden vanuit een tijdelijk toetsingskader. Naar de sommatie-parameter van deze 4 PFAS-verbindingen wordt verwezen als “EFSA-componenten” of “EFSA-PFAS”, waarbij EFSA verwijst naar de European Food Safety Authority die een TWI-waarde voor orale blootstelling heeft opgesteld (<https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/6223>) op basis waarvan een tijdelijk toetsingskader voor chronische blootstelling via de lucht werd uitgewerkt.

## Meetresultaten

In de omgevingslucht (zwevend stof) is PFOS de verbinding die in de hoogste concentratie voorkomt. PFOS vertegenwoordigt ongeveer 2/3<sup>de</sup> van de totale PFAS-concentratie (som van alle gemeten PFAS-verbindingen) en doorgaans 80-90% van de som van de EFSA-PFAS. De op één na belangrijkste PFAS is PFOA (7,7%). Een heel aantal andere PFAS komen in minder mate voor.

Op de achtergrondlocatie (N016) is de PFOS-concentratie in zwevend stof zeer laag (gemiddelde concentratie van 0,0004 ng/m<sup>3</sup>, zie tabel onder). Op alle meetlocaties in Zwijndrecht en omgeving worden hogere concentraties gemeten dan op de achtergrondlocatie. Op meetlocatie ZD08 werd de hoogste gemiddelde PFOS-concentratie gemeten (0,088 ng/m<sup>3</sup>). Dit meetpunt is het dichtst bij 3M en de werfzone van de Oosterweelwerken (ten tijde van de monitoring) gelegen. In het centrum van Zwijndrecht (ZD01) is de PFOS-concentratie in het zwevend stof 0,006 ng/m<sup>3</sup>.

*Gemiddelde concentratie (in ng/m<sup>3</sup>) van de belangrijkste PFAS-componenten in de omgevingslucht (stoffractie) en de EFSA-componenten (som van PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS) op zes meetlocaties over zes maanden.*

		EFSA comp ng/m <sup>3</sup>	PFOA ng/m <sup>3</sup>	PFOS ng/m <sup>3</sup>
ZD08	Gemiddelde <sup>(a)</sup>	0,103	0,010	0,088
R897	Gemiddelde	0,016	0,002	0,014
ZD01	Gemiddelde	0,007	0,001	0,006
AL01	Gemiddelde	0,005	0,001	0,004
R818 <sup>(c)</sup>	Gemiddelde	0,001	0,001	0,002
N016 (achtergrond)	Gemiddelde <sup>(b)</sup>	0,001	<0,0004	0,0004

<sup>(a)</sup> meetwaarden beneden de rapporteergrens werden gelijk gesteld aan nul (analyse heeft aangetoond dat voor deze metingen alternatieve berekeningsmethoden (bv. gelijkstellen aan RG of RG/2) weinig verschil maken). Afgerond op drie decimalen.

<sup>(b)</sup> afronding op 4 decimalen omwille van de lage concentratie juist boven de RG op N016.

<sup>(c)</sup> kortere meetperiode.

Vergelijkbare resultaten worden vastgesteld voor de EFSA-PFAS waarin PFOS een belangrijke bijdrage heeft. De gemiddelde concentratie van de EFSA-componenten is het hoogste op meetlocatie ZD08 (0,103 ng/m<sup>3</sup>). Op meetlocatie R897 ligt de PFAS-concentratie in zwevend stof ongeveer 6 keer lager (0,016 ng/m<sup>3</sup>) dan op ZD08, en op ZD01 en AL01 ongeveer 15 tot 20 keer lager (respectievelijk 0,007 en 0,005 ng/m<sup>3</sup>). Op R818 en op de achtergrondlocatie is de concentratie aan EFSA-PFAS in zwevend stof 0,001 ng/m<sup>3</sup>. Op R818 is de concentratie gelijk aan de achtergrondconcentratie. Dit kan (deels) verklaard worden door de kortere tijdreeks voor R818 bij lagere concentraties, zoals blijkt uit de metingen op de andere meetlocaties.

Er is op dit moment geen wettelijk kader, noch een gezondheidskundig toetsingskader voor evaluatie van PFAS-metingen in omgevingslucht. Er is wel een tijdelijk toetsingskader voorhanden waaraan de omgevingsconcentraties getoetst kunnen worden. Een waarde van 0,4 - 2,2 ng/m<sup>3</sup> voor de som van de 4 EFSA-PFAS-verbindingen (PFNA+PFOA+PFHx+PFOS) kan momenteel gebruikt worden als tijdelijk toetsingskader voor de bewoonde zones. De ondergrens van 0,4 ng/m<sup>3</sup> is de strengste ondergrens van het toetsingskader. De gemiddelde concentraties liggen op alle meetpunten (ruim) beneden de tijdelijke toetsingswaarden. Voor een aantal stalen op locatie ZD08 (Neerstraat) lagen de individuele meetwaarden wel hoger dan 0,4 ng/m<sup>3</sup>. Het ging hierbij om weekstalen van week 9 en week 20. Omdat er vanaf oktober ook fijnstofmetingen werden uitgevoerd op locatie ZD08 werden ook enkele stalen op dagen met verhoogde stofconcentraties apart geanalyseerd. Daarbij bleken de stalen van 15/11/2021 (24u, 1,06 ng/m<sup>3</sup>) en 21+22/11/2021 (48u, 0,8 ng/m<sup>3</sup>) ook boven de 0,4 ng/m<sup>3</sup> uit te komen<sup>1</sup>. Dit lijkt er dus op te wijzen dat verhoogde fijnstofconcentraties soms gepaard gingen met

<sup>1</sup> Hierbij dienen we wel op te merken dat het staal van 15/11/2021 ook deel uitmaakt van week 20 en dus mee verrekend werd in dat weekgemiddeld.

verhoogde PFAS-concentraties in de lucht. Bij andere individuele stalen was dit niet het geval, dus er kan niet gesteld worden dat verspreiding van fijn stof altijd gepaard ging met verspreiding van PFAS.

In tegenstelling tot PFAS in zwevend stof zijn het voornamelijk de PFAS-verbindingen PFBA en PFBS (dit zijn vervangers voor respectievelijk PFOA en PFOS) die het hoogste aandeel hebben in de depositie. De stof PFBA vertegenwoordigt gemiddeld 50% van de depositie, PFBS maakt gemiddeld 19% van de totale PFAS in de depositie. Zowel PFBA als PFBS zijn goed oplosbaar in water, wat hun hoge aandeel in de depositie zou kunnen verklaren. PFOS en PFOA maken respectievelijk 18% en 5% uit van het totale PFAS-gehalte in de deposities. In zwevend stof zijn dit juist de belangrijkste PFAS-verbindingen.

De gemiddelde PFAS-deposities variëren sterk van locatie tot locatie en tussen de verschillende PFAS-verbindingen. De deposities gaan van beneden de detectielimiet tot meer dan 80 ng/m<sup>2</sup>/dag, afhankelijk van locatie en PFAS-verbinding. Er is een duidelijk verhoogde depositie in de buurt van 3M en de Oosterweelwerf ten opzichte van de achtergrondlocatie (zie onderstaande tabel). Maar ook op de achtergrondlocatie worden meetbare PFAS-gehalten teruggevonden in de depositie.

*Gemiddelde<sup>(a)</sup> depositie in ng/m<sup>2</sup>/dag voor de belangrijkste PFAS-verbindingen en de EFSA-PFAS op tien meetlocaties over 6 maanden.*

		PFBA ng/m <sup>2</sup> /dag	PFBS ng/m <sup>2</sup> /dag	PFOS <sup>(b)</sup> ng/m <sup>2</sup> /dag	PFOA <sup>(b)</sup> ng/m <sup>2</sup> /dag	EFSA PFAS ng/m <sup>2</sup> /dag
<b>ZD11</b>	Gemiddelde	57,4	22,5	48,5	9,0	58,1
<b>ZD08</b>	Gemiddelde	87,6	33,0	15,3	10,1	25,8
<b>ZD07</b>	Gemiddelde	45,3	6,4	17,1	1,6	18,9
<b>ZD12</b>	Gemiddelde	5,7	17,6	8,9	3,5	12,6
<b>AL01</b>	Gemiddelde	88,1	19,9	6,7	5,2	11,9
<b>R897</b>	Gemiddelde	6,4	1,7	6,1	3,2	9,4
<b>ZD01</b>	Gemiddelde	42,1	5,7	5,9	0,2	6,2
<b>ZD09</b>	Gemiddelde	5,3	4,7	5,6	0,4	6,2
<b>N016 (achtergrond)</b>	Gemiddelde	4,1	3,0	5,8	0,2	6,0
<b>ZD10</b>	Gemiddelde	10,5	16,3	4,5	0,2	4,8

(a) meetwaarden beneden de detectielimiet werden gelijkgesteld aan nul.

(b) PFOS en PFOA maken deel uit van de 4 EFSA-PFAS

Momenteel is er geen wetenschappelijk onderbouwd gezondheidkundig toetsingskader voor PFAS-concentraties in depositie voorhanden. Op een aantal meetlocaties zijn de deposities wel duidelijk verhoogd ten opzichte van de achtergrond.

### Verloop in functie van afstand

Er is een sterke lokale gradiënt in PFAS-concentraties in de omgevingslucht. De concentraties zijn het hoogst nabij 3M en de Oosterweelwerf, en nemen sterk af met toenemende afstand. De windrichting is bepalend voor de PFAS-concentraties op de meetpunten. Wanneer de meetpunten windafwaarts gelegen zijn van 3M en de Oosterweelwerf zijn de concentraties verhoogd t.o.v. windopwaarts gemeten concentraties. Dit suggereert dat de verhoogde concentraties het gevolg zijn van PFAS-houdende emissies uit de zone 3M/Oosterweelwerf. Momenteel en met de gebruikte meetopzet van deze studie kan er geen onderscheid gemaakt worden tussen beide mogelijke bronnen.

Er zijn duidelijke indicaties dat de deposities van de EFSA-componenten hoger zijn dicht bij 3M en de werfzone, en lager op verdere afstand. Ook de windrichting heeft hier een bepalende invloed. Zo is de gemiddelde depositie hoger op meetlocaties die op vergelijkbare of grotere afstand liggen ten N en NO van 3M en de werfzone (en grotendeels windafwaarts tijdens de meetcampagne). De dalende

gradiënt in functie van toenemende afstand tot 3M en de werfzone gaat niet altijd op voor andere PFAS-verbindingen. Met name werden er hoge PFBA-deposities vastgesteld op de iets verder gelegen meetlocaties AL01 en ZD01. Dit zou theoretisch kunnen wijzen op uitstoot op grotere hoogte, maar kan op dit moment niet bevestigd worden.

### **Belangrijkste conclusies**

#### **→ Worden er PFAS-verbindingen gemeten in de omgevingslucht?**

Ja, op elk van de meetlocaties werden PFAS-verbindingen gemeten. Er werden wel grote verschillen in concentraties vastgesteld tussen de meetlocaties en tussen de PFAS-verbindingen.

#### **→ Welk zijn de belangrijkste PFAS-verbindingen in de omgevingslucht?**

PFOS is de PFAS-verbinding die het meest vertegenwoordigd is (afgerond ongeveer 66% van de totale PFAS-concentratie) in zwevend stof. PFOA is de op een na meest voorkomende PFAS-verbinding met een gemiddeld aandeel van meer dan 7% van het totaal. Andere PFAS-verbindingen komen in veel lagere concentraties voor.

#### **→ Hoe hoog liggen de PFAS-concentraties in de omgevingslucht?**

Om deze evaluatie te maken werd gefocust op PFOS en PFOA, de twee meest voorkomende PFAS-verbindingen in omgevingslucht, en de "EFSA-componenten". De EFSA-componenten zijn de som van PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS, en vertegenwoordigen een gemiddeld aandeel van bijna 80% van de totale PFAS-concentratie in de omgevingslucht. Bovendien wordt het tijdelijk toetsingskader voor PFAS in omgevingslucht beoordeeld voor de EFSA-componenten.

Tijdens de meetperiode, werd de hoogste gemiddelde concentratie van 0,103 ng/m<sup>3</sup> (EFSA-componenten) gemeten op meetlocatie ZD08, die het dichtst bij 3M en de Oosterweelwerf ligt. Op de andere locaties in de buurt van 3M en de Oosterweelwerf liggen de concentraties lager (0,005 tot 0,016 ng/m<sup>3</sup>). Op de meetlocatie R818 en op de achtergrondlocatie is de gemiddelde concentratie 0,001 ng/m<sup>3</sup>. De concentraties in de buurt van 3M en de Oosterweelwerf zijn duidelijk verhoogd t.o.v. de achtergrondlocatie en liggen binnen het bereik van de beperkt beschikbare internationaal gerapporteerde resultaten.

Er is een sterke lokale gradiënt in concentraties. De concentraties zijn het hoogst nabij 3M en de Oosterweelwerf, en nemen sterk af met toenemende afstand. De windrichting is bepalend voor de PFAS-concentraties op de meetpunten. Wanneer de meetpunten windafwaarts gelegen zijn van 3M en de Oosterweelwerf zijn de concentraties verhoogd t.o.v. windopwaarts gemeten concentraties. Dit betekent dat de verhoogde concentraties het gevolg zijn van PFAS-houdende emissies uit de zone 3M en Oosterweelwerf. De metingen tonen ook aan dat er grote verschillen in de tijd kunnen zijn en dat het aangewezen is om PFAS continu op te volgen. Op basis van de verschillen tussen meetlocaties of verschillen in de tijd kan momenteel nog geen onderscheid gemaakt worden tussen de mogelijke bronnen.

#### **→ Is er een gezondheidsrisico door blootstelling aan PFAS-verbindingen in de omgevingslucht?**

Momenteel wordt er gebruik gemaakt van een tijdelijk toetsingskader om het blootstellingsrisico te bepalen. De grenswaarde (ondergrens) is voor de EFSA-componenten vastgelegd op 0,4 ng/m<sup>3</sup> voor chronische blootstelling. Aan deze waarde kunnen de gemiddelde gemeten concentraties getoetst worden. Op alle meetlocaties ligt de gemiddelde PFAS-concentratie in omgevingslucht ruim onder de toetsingswaarde waardoor het gezondheidsrisico door blootstelling via de omgevingslucht tijdens de meetperiode op basis van het tijdelijk toetsingskader als verwaarloosbaar wordt beoordeeld.

### → Worden er PFAS-verbindingen gemeten in de depositie?

Ja, op elk van de meetlocaties werden PFAS-verbindingen gemeten in de depositie. Er werden wel grote verschillen vastgesteld tussen meetlocaties en tussen de waargenomen PFAS-verbindingen.

### → Welk zijn de belangrijkste PFAS-verbindingen in de deposities?

PFBA (50%) en PFBS (19%) vertegenwoordigen het grootste aandeel. PFOS vertegenwoordigt gemiddeld 18% van het PFAS-depositiegehalte. De verbindingen PFBA, PFBA en PFOS zijn samen goed voor gemiddeld bijna 90% van de totale depositiehoeveelheid aan PFAS.

### → Hoe hoog zijn de deposities?

De deposities, gemeten tijdens de tweede helft van 2021, verschillen sterk tussen meetlocaties en tussen PFAS-verbindingen. Voor de meest aanwezige PFAS-verbindingen variëren de gemiddelde deposities gedurende de meetperiode tussen 4 en 88,1 ng/m<sup>2</sup>/dag (PFBA), 0,2 en 10,1 ng/m<sup>2</sup>/dag (PFBS) en 4,5 en 48,5 ng/m<sup>2</sup>/dag (PFOS) op de meetlocaties in de omgeving van 3M en de Oosterweelwerf.

### → Is er een toetsingskader voor deposities om blootstellingsrisico's te beoordelen?

Er is geen toetsingskader voor PFAS-deposities beschikbaar.

## Beleidsaanbevelingen

Op dit moment beschikken we over meetreeksen van ongeveer een half jaar, zowel van PFAS-concentraties in zwevend stof als van PFAS-deposities. Op basis van de kennis en ervaring opgedaan in deze studie kunnen een aantal aanbevelingen geformuleerd worden

### → Operationeel houden van een meetnet voor PFAS over langere periode

Op dit moment beschikken we over meetreeksen van ongeveer een half jaar, zowel van PFAS-concentraties in zwevend stof op 6 meetlocaties als van PFAS-deposities op 10 meetlocaties. De metingen vertonen een grote variabiliteit in de tijd en tussen meetlocaties. Het is te verantwoorden om het meetnet, eventueel deels, langer operationeel te houden. In eerste instantie lijkt een focus op de woonzones dicht bij 3M en de Oosterweelwerf daarbij prioritair.

### → Blootstellingsroute verder in kaart brengen

De meetresultaten suggereren dat persoonlijke blootstelling via inademing beperkt is omdat de PFAS-concentraties in de omgevingslucht als laag worden beoordeeld (althans voor de bemeeten PFAS-verbindingen). Deze meetcampagne is gericht op één milieucompartment (lucht) en laat dus niet toe om een globaal beeld te krijgen van mogelijke verspreidings- en blootstellingsroutes van PFAS en hun onderlinge verhouding (belang).

### → Ontwikkeling van een toetsingskader

Momenteel is er een tijdelijk toetsingskader voorhanden om de concentraties van een aantal PFAS-verbindingen (EFSA-componenten) in omgevingslucht te toetsen, en zo een inschatting van mogelijke blootstellingsrisico's te maken. Aangezien een aantal van deze PFAS-verbindingen werden uitgefaseerd is het wenselijk om ook een beoordeling te maken of gekende vervangers (o.a. PFBA, PFBS) die duidelijk ook in de lucht aanwezig zijn, al dan niet opgenomen moeten worden in de toetsing.

Voor deposities ontbreekt een toetsingskader. Het zou wenselijk zijn om verder in te zetten op de gezondheidkundige vertaling van PFAS-concentraties en deposities, bv. door de ontwikkeling van toetsingskaders.



## INHOUD

<b>HOOFDSTUK 1. INLEIDING .....</b>	<b>1</b>
1.1. SITUERING .....	1
1.1.1. Aanleiding.....	1
1.1.2. Welk milieucompartiment werd bestudeerd? .....	1
1.1.3. Wat zijn perfluorverbindingen?.....	2
1.1.4. Hoe komen we in contact met PFAS? .....	2
1.2. ONDERZOEKSVRAGEN .....	2
1.3. OPBOUW VAN HET RAPPORT .....	2
<b>HOOFDSTUK 2. MEETOPZET VOOR DE BEPALING VAN PFAS IN OMGEVINGSLUCHT .....</b>	<b>4</b>
2.1. INTRODUCTIE .....	4
2.2. POLLUENT .....	4
2.3. BEMONSTERING.....	4
2.3.1. Apparatuur .....	5
2.3.2. Meetlocaties.....	6
2.3.3. Meetduur.....	7
2.4. ANALYSEMETHODES.....	7
2.4.1. Filterpreparatie en analyse.....	7
2.4.2. Overzicht van PFAS-verbindingen.....	7
2.4.3. Kwaliteitscontrole analyse.....	9
2.4.4. Rapportteergrens.....	9
2.4.5. Opmerkingen bij de analyses.....	9
2.5. OVERZICHT BEMONSTERING EN ANALYSES .....	10
2.5.1. Analyse van individuele filters .....	11
<b>HOOFDSTUK 3. MEETOPZET VOOR DE BEPALING VAN PFAS IN DEPOSITIES .....</b>	<b>12</b>
3.1. INTRODUCTIE .....	12
3.2. BEMONSTERING.....	12
3.2.1. Depositie.....	12
3.2.2. Depositiekruike.....	12
3.2.3. Meetlocaties.....	14
3.2.4. Meetduur.....	15
3.3. ANALYSEMETHODES.....	17
3.3.1. Opwerking van de stalen .....	17
3.3.2. Instrumentele analyse .....	18
3.3.3. Kwaliteitscontrole analyse.....	18
3.3.4. Rapportteergrens.....	18
3.3.5. Opmerking bij de analyses.....	20
3.4. OVERZICHT BEMONSTERING EN ANALYSES .....	21
<b>HOOFDSTUK 4. KADERING VAN DE MEETCAMPAGNE .....</b>	<b>22</b>
4.1. METEOROLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN TIJDENS DE MEETCAMPAGNE.....	22
<b>HOOFDSTUK 5. ALGEMENE BESPREKING MEETRESULTATEN .....</b>	<b>25</b>
5.1. OMGEVINGSLUCHT .....	25
5.1.1. Belangrijkste PFAS-componenten in zwevend stof.....	25
5.1.2. Concentraties in de omgevingslucht.....	26
5.2. DEPOSITIE.....	27
5.2.1. Belangrijkste PFAS-componenten in depositie .....	28
5.2.2. PFAS-gehalte in depositie .....	29
<b>HOOFDSTUK 6. BESPREKING MEETRESULTATEN OMGEVINGSLUCHT .....</b>	<b>30</b>
6.1. TIJDELIJK TOETSINGSKADER .....	30

6.2.	BEOORDELING VAN DE MEETRESULTATEN .....	31
6.2.1.	<i>Toetsing aan het tijdelijk toetsingskader</i> .....	31
6.2.2.	<i>Verhoging t.o.v. de achtergrond van de EFSA-componenten</i> .....	32
6.3.	VERLOOP VAN CONCENTRATIES IN FUNCTIE VAN DE TIJD .....	33
6.4.	BELANGRIJKSTE CONCLUSIES .....	35
<b>HOOFDSTUK 7. BESPREKING MEETRESULTATEN DEPOSITIE .....</b>		<b>36</b>
7.1.	ALGEMENE BEOORDELING VAN DE GEMIDDELDE DEPOSITIE .....	36
7.1.1.	<i>Deposities in vergelijking met de achtergrondlocatie</i> .....	36
7.1.2.	<i>Depositie in functie van de afstand tot 3M en de werfzone</i> .....	39
7.2.	DEPOSITIE PER MAAND .....	40
7.2.1.	<i>EFSA-componenten</i> .....	40
7.2.2.	<i>PFBA en PFBS</i> .....	42
7.3.	OPDELING WATER- EN STOFFRACTIE .....	42
7.3.1.	<i>EFSA-componenten</i> .....	42
7.3.2.	<i>PFBA</i> .....	43
7.3.3.	<i>Belang van natte depositie</i> .....	43
7.4.	EXTRAPOLATIE OVER LANGERE TERMIJN .....	43
<b>HOOFDSTUK 8. EXTRA KADERING .....</b>		<b>45</b>
8.1.	VERGELIJKING OMGEVINGSLUCHT EN DEPOSITIE .....	45
8.1.1.	<i>Belangrijkste PFAS-verbindingen</i> .....	45
8.1.2.	<i>PFOS in omgevingslucht en depositie</i> .....	45
8.2.	LITERATUUR .....	46
<b>HOOFDSTUK 9. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN .....</b>		<b>49</b>
9.1.	BELANGRIJKSTE BEVINDINGEN VAN DIT ONDERZOEK .....	49
9.2.	AANBEVELINGEN .....	50
<b>REFERENTIES .....</b>		<b>53</b>
<b>BIJLAGEN .....</b>		<b>54</b>
A.	OPMERKINGEN BIJ DE ANALYSES .....	54
B.	DUIDING BIJ OMGAAN MET MEETWAARDEN BENEDEN DE RAPORTEERGRENSEN .....	56
C.	INTERPRETATIE VAN DE WINDROOS .....	59
D.	PERCENTUEEL AANDEEL VAN PFAS-VERBINDINGEN DIE VOORKOMEN IN DE OMGEVINGSLUCHT EN DE DEPOSITIE .....	60
E.	TIJDREEKS VAN DE PFOS-CONCENTRATIE IN OMGEVINGSLUCHT OP DE VERSCHILLENDE MEETLOCATIES .....	61
F.	ANALYSE VAN INDIVIDUELE FILTERS .....	62
G.	DATASETS .....	63

---

**LIJST VAN TABELLEN**

TABEL 1: OVERZICHT VAN DE MEETLOCATIES.....	6
TABEL 2: SITUERING VAN DE MEETLOCATIES T.O.V. DE WERFZONE: AFSTAND EN WINDRICHTING.....	7
TABEL 3: PFAS-COMPONENTEN DIE KWANTITATIEF OF INDICATIEF BEPAALD KUNNEN WORDEN MET BIJHORENDE MEETONZEKERHEID (U).....	8
TABEL 4: OVERZICHT VAN DE BEMONSTERING EN POOLING VAN BEMONSTERDE FILTERS.....	10
TABEL 5: OVERZICHT VAN DE MEETLOCATIES MET AANDUIDING VAN ADRES.....	14
TABEL 6: SITUERING VAN DE MEETLOCATIES T.O.V. 3M: AFSTAND EN WINDRICHTING.....	15
TABEL 7: OVERZICHT VAN DE DATUMS EN LOOPTIJD VAN DE MONSTERNEMING.....	16
TABEL 8: OVERZICHT VAN DE RAPPORTEERGRENZEN (UITGEDRUKT IN NG/DEPOSITIEMONSTER) VOOR DE VERSCHILLENDE PFAS-VERBINDINGEN.....	19
TABEL 9: OVERZICHT VAN DE BEMONSTERING EN ANALYSES.....	21
TABEL 10: NEERSLAG EN WINDSNELHEID IN DE MAANDEN VAN DE BEMONSTERING.....	22
TABEL 11: OVERZICHT VAN HET AANTAL MEETRESULTATEN BENEDEN DE RAPPORTEERGRENS (RG) PER LOCATIE VOOR DE TWEE BELANGRIJKSTE PFAS-VERBINDINGEN PFOS EN PFOA.....	26
TABEL 12: GEMIDDELTE CONCENTRATIE (IN NG/M <sup>3</sup> ) VAN PFOS, PFOA EN EFSA-PFAS IN ZWEVEND STOF OP DE ZES MEETLOCATIES OVER ZES MAANDEN.....	27
TABEL 13: GEMIDDELTE DEPOSITIE IN NG/M <sup>2</sup> /DAG VOOR DE BELANGRIJKSTE PFAS-COMPONENTEN EN DE SOM VAN PFOA, PFNA, PFHXS EN PFOS OP TIEN MEETLOCATIES OVER 6 MAANDEN.....	29
TABEL 14: GEMIDDELTE CONCENTRATIE VAN DE EFSA-COMPONENTEN IN ZWEVEND STOF IN FUNCTIE VAN DE AFSTAND T.O.V. 3M.....	32
TABEL 15: ABSOLUUT VERSCHIL IN DEPOSITIE TUSSEN DE MEETLOCATIES EN DE ACHTERGRONDLOCATIE N016, UITGEDRUKT IN NG/M <sup>2</sup> /DAG. DE MEETLOCATIES ZIJN GERANGSCHIKT VOLGENS AFNEMENDE DEPOSITIE VAN DE EFSA-COMPONENTEN.....	37
TABEL 16: INDICATIEVE INSCHATTING VAN DE GEMIDDELTE DEPOSITIE UITGEDRUKT PER JAAR.....	43
TABEL 17: BIJDRAGE STOFVORMIGE EN VLUCHTIGE PFAS-VERBINDINGEN IN DE OMGEVINGSLUCHT.....	45

## LIJST VAN FIGUREN

FIGUUR 1: WEERGAVE VAN PFAS-EMISSIES NAAR DE LUCHT, VERSPREIDING NAAR DE RUIMERE OMGEVING EN DEPOSITIE. ....	1
FIGUUR 2: FOTO VAN DE FIJNSTOFBEMONSTERAAR. OMGEVINGSLUCHT WORDT VIA DE BEMONSTERINGSKOP BOVENAAN AANGEZOGEN, DOOR EEN FILTER WAAR STOFVORMIGE DEELTJES (TSP) OP ACHTER BLIJVEN. DE KOKER MET NIET-BEMONSTERDE EN BEMONSTERDE FILTERS EN HET AUTOMATISCH DOORSCHUIFSTEL VOOR FILTERS BEVINDT ZICH CENTRAAL IN HET TOESTEL ONDER HET BEDIENINGSPANEEL. ....	5
FIGUUR 3: OVERZICHT VAN DE MEETLOCATIES VOOR OMGEVINGSLUCHT IN HET STUDIEGEBIED. DE ACHTERGRONDLOCATIE IN DESSEL STAAT NIET OP DEZE KAART. ....	6
FIGUUR 4: AFMETINGEN VAN DE BERGERHOFF NEERSLAGKRIJK EN OPSTELLING IN HET VELD. ....	13
FIGUUR 5: OPSTELLING MET DRIE BERGERHOFF-NEERSLAGKRIJKEN IN EEN HOUDER MET VOGELSCHERM OP PAAL. ....	13
FIGUUR 6: OVERZICHT VAN DE MEETLOCATIES DEPOSITIE (BEHALVE MEETLOCATIE DESSEL) OP KAART.....	14
FIGUUR 7: WINDROOS (OP BASIS VAN DATA VAN HET METEOSTATION MELSELE) VOOR DE HELE BEMONSTERINGSPERIODE VAN ONGEVEER EEN HALF JAAR VAN DE DEPOSITIEMETINGEN. EXTRA INFORMATIE OVER DE OPBOUW VAN DE WINDROOS IS GEGEVEN IN DE BIJLAGE.....	23
FIGUUR 8: WINDROZEN VOOR DE ZES BEMONSTERINGSPERIODES VAN 28 DAGEN. EXTRA INFORMATIE OVER DE OPBOUW VAN DE WINDROOS IS GEGEVEN IN DE BIJLAGE. ....	24
FIGUUR 9: DIAGRAM VAN HET AANDEEL WAARIN PFAS-VERBINDINGEN VOORKOMEN IN ZWEVEND STOF. COMPONENTEN DIE MINDER DAN 1% VAN HET TOTAAL VERTEGENWOORDIGEN ZIJN ONDERGEBRACHT IN DE CATEGORIE "OVERIGE". ....	26
FIGUUR 10: PROCENTUEEL AANDEEL VAN DE VIJF MEEST VOORKOMENDE COMPONENTEN (GEMIDDELDE OVER ALLE DEPOSITIESTALEN VOOR ALLE LOCATIES, LINEAIRE + VERTAKTE PFOS, PFOA EN PFOSA) EN OVERIGE PFAS-COMPONENTEN (23 COMPONENTEN, SAMEN 6%). ....	28
FIGUUR 11: GEMIDDELDE CONCENTRATIE VAN DE EFSA-COMPONENTEN OP DE ZES MEETLOCATIES (*R818 KORTERE MEETPERIODE). ....	31
FIGUUR 12: KAART MET DE GEMIDDELDE CONCENTRATIE VAN EFSA-PFAS IN ZWEVEND STOF. DE LEGENDE WERD OPGESTELD IN LOG-SCHAAL. (*) KORTERE MEETPERIODE VOOR R818.....	33
FIGUUR 13: TIJDREEKS VAN DE EFSA-COMPONENTEN IN DE OMGEVINGSLUCHT OP DE VIJF MEETLOCATIES. ....	34
FIGUUR 14: WINDROZEN VOOR WEEK 6 EN WEEK 9 VAN DE OMGEVINGSMETINGEN. ....	34
FIGUUR 15: ABSOLUUT VERSCHIL TUSSEN DE DEPOSITIE VAN EFSA-COMPONENTEN, PFBA EN PFBS OP DE MEETLOCATIES T.O.V. DE DEPOSITIE OP DE ACHTERGRONDLOCATIE. DE GEMIDDELDE ACHTERGRONDCONCENTRATIE BEDROEG 6 NG/M <sup>2</sup> /DAG (EFSA-COMPONENTEN), 4,1 NG/M <sup>2</sup> /DAG (PFBA) EN 3,0 NG/M <sup>3</sup> /DAG (PFBS). ....	38
FIGUUR 16: KAART MET DE GEMIDDELDE DEPOSITIE EFSA-PFAS GEMETEN OP EEN AANTAL LOCATIES IN ZWIJNDRECHT EN DE OMGEVING VAN 3M GEDURENDE ONGEVEER 6 MAANDEN. ....	39
FIGUUR 17: DEPOSITIE VAN DE EFSA-COMPONENTEN IN DE MAANDEN AUGUSTUS T.E.M. JANUARI (VOOR EXACTE DATUMS VAN DE BEMONSTERINGSPERIODES, ZIE TABEL 7). HET MEETRESULTAAT VOOR OKTOBER OP ZD11 IS MOGELIJKS EEN ONDERSCHATTING (UITLEG, ZIE TABEL 7). ....	40
FIGUUR 18: DEPOSITIE VAN DE EFSA-COMPONENTEN (PFNA+PFOA+PFHxS+PFOS) IN DE MAANDEN AUGUSTUS (A), SEPTEMBER (B), OKTOBER (C), NOVEMBER (D), DECEMBER(E) EN JANUARI (F). DEZELFDE SCHAALVERDELING WERD GEBRUIKT VOOR ELKE MAAND.....	41
FIGUUR 19: DEPOSITIE VAN DE PFBA + PFBS IN DE MAANDEN AUGUSTUS T/M JANUARI. ....	42
FIGUUR 20: TIJDSVERLOOP VAN PFOS-DEPOSITIE EN CONCENTRATIE IN ZWEVEND STOF OP MEETLOCATIE ZD08. ....	46

---

**LIJST VAN AFKORTINGEN**

AQMS	Air quality monitoring station (meetstation voor referentiemetingen, VMM)
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
EFSA	European Food Safety Authority
EFSA-componenten en EFSA-PFAS	Som van PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS
GAW	Gezondheidskundige advieswaarde
HQ	Hazard quotient
KMI	Koninklijk Meteorologisch Instituut
LC	Liquid chromatography
LOD	Limit of detection
LOQ	Limit of quantification
MS	Massaspectrometrie
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PFAS	Poly (gedeeltelijk)- of per (volledig)- fluoralkylstoffen (afkorting van individuele PFAS-verbindingen die bestudeerd werden zijn gegeven in Tabel 3)
PM	Particulate matter
PP	Polypropyleen
PUF	Polyurethane foam (PUF) tubes
REACH	Registration, Evaluation, Authorization and restriction of CHemicals
RG	Rapporteergrens
SPE	Solid-phase extraction
TSP	Total suspended particles (totaal stof)
TWI	Tolerable weekly intake
UPLC	Ultra performance liquid chromatography
XAD	Absorbens



## HOOFDSTUK 1. INLEIDING

### 1.1. SITUERING

#### 1.1.1. AANLEIDING

Op basis van de vastgestelde PFAS-vervuiling in de omgeving van de 3M-site te Zwijndrecht is bekend dat er in een deel van het projectgebied van de Oosterweelverbinding op de linkeroever, sprake is van verhoogde gehalten aan PFAS (met name PFOS) in de bodem. De vraag is of en in welke mate de activiteiten in deze zone bijdragen aan een (verhoogd) risico op blootstelling aan PFAS voor mensen die in de omgeving van de werf wonen of verblijven.

#### 1.1.2. WELK MILIEUCOMPARTIMENT WERD BESTUDEERD?

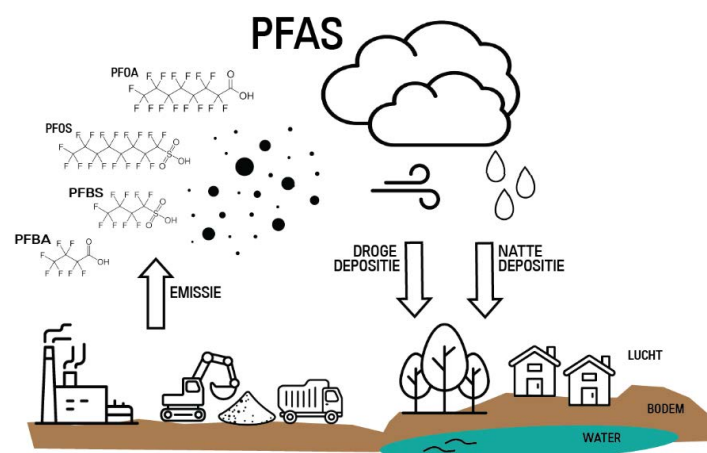
Deze studie is specifiek gericht op PFAS in de lucht.

Hiervoor zijn de volgende termen en processen belangrijk (zie Figuur 1):

- Emissie: hoe komen de PFAS in de lucht;
- Concentratie: hoeveel PFAS zit er in de lucht;
- Depositie: hoe komen de PFAS op de bodem terecht.

Bepaalde processen en activiteiten kunnen aanleiding geven tot emissies van PFAS (en andere stoffen) naar de lucht. Afhankelijk van het proces kunnen de emissies geleid zijn, bv. via een schouw of een andere puntbron. Daarnaast kunnen emissies ook diffuus zijn wanneer deze niet uit een puntbron uitgestoten worden. Een voorbeeld hiervan zijn bv. stofemissies naar de lucht tijdens grondverzet. De uitstoot van PFAS naar de omgevingslucht geeft aanleiding tot een hoeveelheid PFAS in de lucht, de PFAS-concentratie (uitgedrukt in  $\text{ng}/\text{m}^3$ ). Algemeen zijn de concentraties hoger dicht bij de emissiebron, en nemen ze af met toenemende afstand van de bron door verdunning.

De PFAS komen uiteindelijk op de bodem terecht door depositie (uitgedrukt in  $\text{ng}/\text{m}^2/\text{dag}$ ). Depositie kan plaatsvinden in de vorm van natte en droge depositie. Natte depositie is de aanvoer van stoffen via neerslagwater (regen, sneeuw en hagel). Droge depositie gebeurt door het rechtstreeks afzetten van een verontreinigende stof vanuit de lucht op een oppervlak via sedimentatie (zwaartekracht), diffusieprocessen of turbulentie (impactie en interceptie).



Figuur 1: Weergave van PFAS-emissies naar de lucht, verspreiding naar de ruimere omgeving en depositie.

In deze studie werd een meetnet opgebouwd om enerzijds de concentraties in omgevingslucht te bepalen, en anderzijds de deposities. Door meetlocaties in woonzones in te richten kan ter hoogte van de bewoning gemeten worden aan welke concentraties bewoners worden blootgesteld via de lucht (buiten), en hoe groot de depositie is op die plaats.

### 1.1.3. WAT ZIJN PERFLUORVERBINDINGEN?

Perfluorverbindingen zijn een grote groep van 4730 individuele poly (gedeeltelijk)- of per (volledig)-gefluoreerde alkylverbindingen (PFAS) (OECD, 2018<sup>2</sup>). De groep bestaat uit 42 onderverdelingen en bevat zowel korte-keten verbindingen (enkele koolstofatomen) als lange-keten verbindingen (veel koolstofatomen). Deze stoffen vinden vele toepassingen omdat ze zowel water- als vetafstotend zijn. Door hun talrijke toepassing en hun persistent karakter kunnen deze stoffen accumuleren in mens, dier en milieu.

### 1.1.4. HOE KOMEN WE IN CONTACT MET PFAS?

Via gebruik van PFAS-houdende producten, maar ook door emissie tijdens productieprocessen en calamiteiten, worden PFAS aangetroffen in de verschillende milieuc compartimenten (bodem, lucht, sediment, grond- en oppervlaktewater) en kunnen mensen blootgesteld worden aan PFAS. Dit kan via drinkwater, voedsel, consumentenproducten, bodem, stof en lucht. PFAS verspreiden zich na opname over het hele lichaam, met de hoogste gehalten in de lever, nieren en in het bloed (ATSDR, 2018<sup>3</sup>).

## 1.2. ONDERZOEKSVRAGEN

Dit project heeft tot doel om via metingen van PFAS in de omgevingslucht en depositie meer inzicht te krijgen in bepaalde blootstellingswegen waarlangs PFAS vanuit het milieu in het menselijk lichaam kunnen terecht komen.

In lijn met de doelstelling van deze opdracht kunnen volgende onderzoeksvragen worden geformuleerd:

1. Wat zijn de gehalten aan PFAS in de omgevingslucht en depositie in het onderzoeksgebied?
2. Welke zijn de meest voorkomende PFAS-verbindingen in omgevingslucht en depositie?
3. Kunnen verschillen in de belasting met PFAS in het onderzoeksgebied verklaard worden?
4. Liggen de PFAS-concentraties beneden de gezondheidkundige toetsingswaarden?
5. Welke beleidsaanbevelingen kunnen geformuleerd worden?

## 1.3. OPBOUW VAN HET RAPPORT

Dit onderzoek werd uitgevoerd door VITO in samenwerking met VMM, waarbij VMM de bemonsteringen uitvoert en VITO instaat voor de analyses en verwerking van de meetgegevens. Door de VMM werd een meetnet opgesteld in de omgeving van 3M en de Oosterweelwerf (grotendeels op grondgebied Zwijndrecht) voor de bemonstering van zwevend stof en depositie. In dit rapport worden de resultaten voorgesteld van een meetcampagne in de tweede helft van 2021.

In de rapportering wordt de opdeling naar bemeten matrix (zwevend stof of depositie) deels behouden. In HOOFDSTUK 2 en HOOFDSTUK 3 wordt de meetopzet besproken voor de bemonstering en analyse van respectievelijk zwevend stof en deposities. In HOOFDSTUK 4 wordt de meetperiode gekarakteriseerd voor wat betreft de meteorologische omstandigheden waaronder de monsterneming heeft plaats gevonden.

---

<sup>2</sup> OECD, 2018. TOWARD A NEW COMPREHENSIVE GLOBAL DATABASE OF PER- AND POLYFLUOROALKYL SUBSTANCES (PFASs): SUMMARY REPORT ON UPDATING THE OECD 2007 LIST OF PER- AND POLYFLUOROALKYL SUBSTANCES (PFASs). OECD Environment, Health and Safety Publications Series on Risk Management No. 39

<sup>3</sup> ATSDR, 2018. Toxicological profile for perfluoroalkyls (Draft for Public Comment). Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, GA, USA



In HOOFDSTUK 5 worden de meetresultaten weergegeven, zowel voor zwevend stof als voor depositie. Hier wordt nagegaan welke de belangrijkste PFAS-verbindingen zijn die in beide matrices wordt teruggevonden, en wat de gemiddelde concentraties zijn op de verschillende meetlocaties over de looptijd van de meetcampagne. In HOOFDSTUK 6 worden de PFAS-concentraties in zwevend stof meer in detail besproken. In HOOFDSTUK 7 worden de PFAS-gehalten in de deposities toegelicht. HOOFDSTUK 8 geeft extra kadering van de meetresultaten aan de hand van een beperkt literatuuroverzicht. De belangrijkste conclusies van dit onderzoek worden besproken in HOOFDSTUK 9.

## HOOFDSTUK 2. MEETOPZET VOOR DE BEPALING VAN PFAS IN OMGEVINGSLUCHT

---

### 2.1. INTRODUCTIE

In dit hoofdstuk bespreken we de meetopzet voor de bepaling van PFAS in omgevingslucht. In hoofdstuk 3 komt de meetopzet voor depositie aan bod. De opdracht omvat de uitvoering van een monitoringsprogramma om de PFAS-concentratie in de omgevingslucht te bepalen op verschillende locaties rondom de Oosterweelwerfzone in de buurt van 3M. Het monitoringsprogramma is erop gericht om via immissieonderzoek de PFAS-concentratie te bepalen in de buitenlucht om zo de humane blootstelling te kunnen evalueren.

Momenteel is er geen bemonsteringsmethode specifiek voor PFAS vastgelegd in de milieuwetgeving. Er werd gebruik gemaakt van bemonsteringsmethoden voor andere luchtkwaliteitsparameters (met name fijn stof en dioxines) waarvan verondersteld kan worden, op basis van expertise en voorbeelden uit de vakliteratuur, dat ze ook toepasbaar zijn voor PFAS.

### 2.2. POLLUENT

PFAS is een zeer uitgebreide groep van stoffen, die zowel in vaste als in gasfase kunnen voorkomen. In dit rapport wordt uitsluitend de bemonstering en resultaten van de **PFAS in zwevend stof**<sup>4</sup> (deeltjesfractie, PM) besproken. De bemonstering van de gasfase maakt geen onderdeel uit van dit rapport. In het ruimer lopende onderzoek naar PFAS in omgevingslucht wordt de bemonstering en analyse van de gasfase wel verder meegenomen. Er kan wel verondersteld worden dat de PFAS die in deze studie geëvalueerd en afgetoetst worden voornamelijk voorkomen in vaste fase en dat het niet meenemen van de gasvormige componenten hier een zeer beperkte impact op heeft.

In dit onderzoek wordt een selectie van PFAS-verbindingen geanalyseerd (Tabel 3). Meetresultaten worden bekomen voor al deze individuele verbindingen. Uit deze lijst wordt extra aandacht besteed aan een welbepaalde selectie, met name PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS, aangezien de som van deze kunnen geïnterpreteerd worden vanuit het toetsingskader. Naar de sommatie-parameter van PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS wordt verwezen als “EFSA-componenten” of “EFSA-PFAS”, waarbij EFSA verwijst naar de European Food Safety Authority (<https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/6223>)<sup>5</sup> die een TWI-waarde<sup>6</sup> voor orale blootstelling heeft opgesteld op basis van deze sommatie parameter (EFSA-componenten).

### 2.3. BEMONSTERING

De bemonstering van de omgevingslucht gebeurt met een toestel dat 2,3 m<sup>3</sup>/u bemonstert en uitgerust is met een TSP-kop (die quasi alle zwevende deeltjes doorlaat). Het stof wordt opgevangen op een kwartsvezelfilter (type PALL Tissuquartz 2500 QAT-UP 47 mm).

---

<sup>4</sup> PFAS in omgevingslucht betreft in deze studie de PFAS in zwevend stof. Beide termen worden gebruikt in het rapport.

<sup>5</sup> EFSA, 2020. Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. European Food Safety Authority Journal 18, 6223. doi: 10.2903/j.efsa.2020.6223

<sup>6</sup> Tolerable weekly intake: hoeveelheid per eenheid lichaamsgewicht waaronder men bij levenslange blootstelling geen nadeling effecten verwacht

De filters worden periodiek naar het labo gebracht waar ze worden geëxtraheerd en daarna geanalyseerd op aanwezigheid van PFAS met LC-MS/MS (zie onder). Om kosten/werklast te beperken worden stalen samengevoegd (gepooled), bv. op weekbasis.

De gemeten hoeveelheid PFAS (in ng/filter) wordt gedeeld door het bemonsterde volume lucht om de **massaconcentratie** te berekenen, uitgedrukt in ng PFAS per m<sup>3</sup> lucht, verkort weergegeven als **ng/m<sup>3</sup>**.

### 2.3.1. APPARATUUR

Voor de bemonstering werd een fijnstofbemonsteraar van het type Leckel SEQ 47/50 ingezet (Figuur 2). Dit type bemonsteraar (of equivalent) wordt o.a. ook gebruikt voor de bepaling van fijnstofconcentraties in de buitenlucht volgens de NBN EN 12341:2014 *Ambient air - Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM<sub>10</sub> or PM<sub>2,5</sub> mass concentration of suspended particulate matter*. Het meetnet van de VMM maakt op een aantal plaatsen gebruik van dit type bemonsteraar.



*Figuur 2: Foto van de fijnstofbemonsteraar. Omgevingslucht wordt via de bemonsteringskop bovenaan aangezogen, door een filter waar stofvormige deeltjes (TSP) op achter blijven. De koker met niet-bemonsterde en bemonsterde filters en het automatisch doorschuifstelsel voor filters bevindt zich centraal in het toestel onder het bedieningspaneel.*

Hieronder worden enkele specificaties van de bemonstering gegeven:

- Voorafscheider: TSP-kop (bemonstering van totaal zwevend stof).
- Filter: kwartsvezelfilter van 47 mm diameter.
- Bemonsteringsdebiet van 2,3 m<sup>3</sup> per uur.
- Bemonsteringsduur van 24 u per filter gedurende 1 maand (oktober), daarna aangepast naar 48 u per filter.
- Filterwissels gebeuren automatisch om 23u55 (universele tijd).
- Kwaliteitscontrole:
  - tijdens de bemonstering: tweewekelijkse controle ter plaatse.
  - dagelijks: controle van de parameters via datacommunicatie.

De bemonstering werd uitgevoerd per batch van twee weken. Per twee weken werd ook een veldblanco voorzien. Een veldblanco is een filter die identiek behandeld wordt als de bemonsterde filters, maar dan zonder effectief te bemonsteren. Veldblanco's worden voorzien om eventuele contaminaties op te sporen.

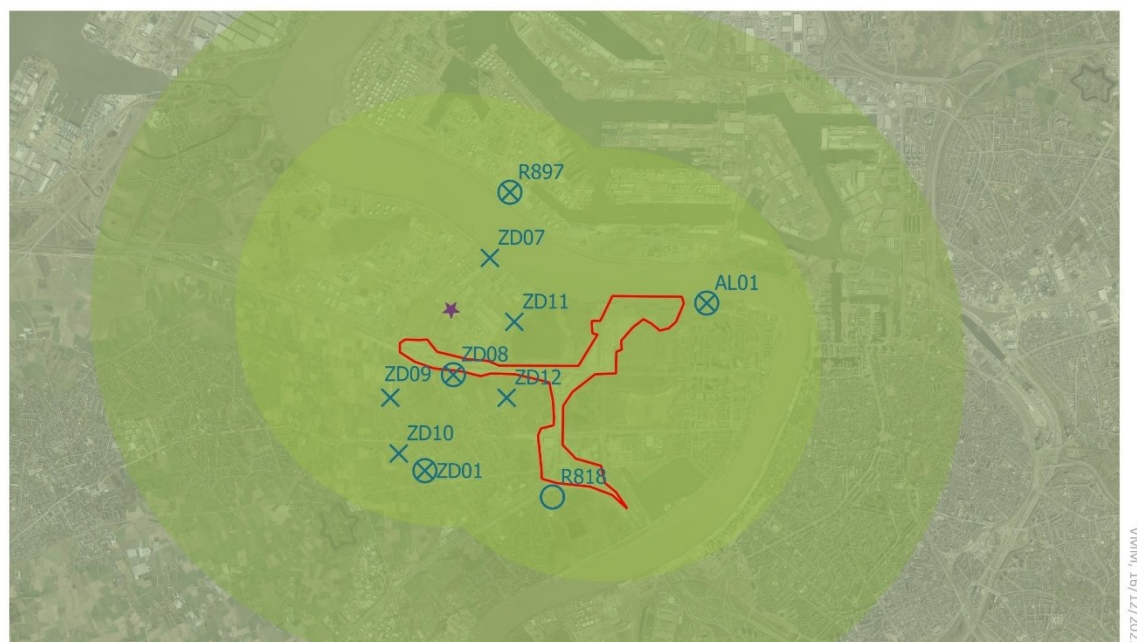
De bemonsterde filters werden meestal per week samengenomen voor analyse (gepoold, zie onder) om analysekosten te drukken. Het nadeel van pooling is dat de tijdsresolutie van de metingen vermindert. De gemeten concentratie is de gemiddelde concentratie van de hele periode waarover de gepoolde filters bemonsterd werden.

### 2.3.2. MEETLOCATIES

Er werd gemeten op zes meetlocaties (Tabel 1 en Figuur 3). Vier meetlocaties zijn permanente referentiestationen voor luchtkwaliteit (AQMS) van VMM (R987, R818, AL01 en N016; achtergrondstation N016 staat niet op kaart), de twee overige meetlocaties zijn tijdelijke meetlocaties in Zwijndrecht. Het meetstation in Dessel werd geselecteerd als landelijk achtergrondstation buiten de mogelijke invloedssfeer van de werfzone en 3M.

Tabel 1: Overzicht van de meetlocaties.

Code	Naam	Adres	AQMS van VMM	Tijdelijke meetlocatie
R897	Antwerpen-Scheldelaan	Scheldelaan-Polderdijkweg	ja	nee
AL01	Antwerpen-Linkeroever	Wandeldijk	ja	nee
N016	Dessel	Nieuwedijk – Sluis 4	ja	nee
ZD01	Zwijndrecht – sportcentrum	Sportcentrum Den Draver Binnenplein 1	nee	ja
ZD08	Zwijndrecht – Neerstraat	Neerstraat 19	nee	ja
R818	Antwerpen – Burchtse Weel	Burchtse Weel	ja	nee



Meetplaatsen PFAS in fijnstof en depositie in de buurt van 3M, Zwijndrecht

- ★ 3M
 ○ meetplaats fijnstof
 Oosterweelwerf
- zone 3-5-10 km
 X meetplaats depositie

0 1 000 2 000 m



Figuur 3: Overzicht van de meetlocaties voor omgevingslucht in het studiegebied. De achtergrondlocatie in Dessel staat niet op deze kaart.

De meetlocaties bevinden zich op verschillende afstand en oriëntatie t.o.v. 3M en de werfzone. De meetlocatie ZD08 bevindt zich het dichtst bij 3M en de werf (ongeveer 650 m ten Z) (Tabel 2). Meetlocaties ZD01, R897, R818 en AL01 bevinden zich op 2 tot 3 km in verschillende windrichtingen. De meetlocatie Dessel N016 ligt zo'n 58 km ten oosten van de werfzone en wordt in deze studie beschouwd als achtergrondlocatie.

Tabel 2: Situering van de meetlocaties t.o.v. de werfzone: afstand en windrichting.

Code	Naam	Situering t.o.v. 3M*
<b>ZD08</b>	Zwijndrecht – Neerstraat	650 m ten Z
<b>ZD01</b>	Zwijndrecht – sportcentrum	2050 m ten Z-ZW
<b>R897</b>	Antwerpen-Scheldelaan	2000 m ten N
<b>AL01</b>	Antwerpen-Linkeroever	3300 m ten O
<b>R818</b>	Antwerpen – Burchtse Weel	2750 m ten ZO
<b>N016</b>	Dessel	58 km ten O

\* indicatie 3M op "openstreetmaps" als startpunt genomen om afstand te bepalen.

### 2.3.3. MEETDUUR

De bemonstering met fijnstofbemonsteraars ging van start op 2/07/2021 en liep tot 12/01/2022. Op R818 werd de bemonstering later opgestart (18/11/2021) en liep eveneens door tot 12/01/2022.

## 2.4. ANALYSEMETHODES

### 2.4.1. FILTERPREPARATIE EN ANALYSE

Een poolmonster (samengesteld uit een aantal filters<sup>7</sup>) wordt in een polypropyleen (PP) centrifugebuis gebracht. Hieraan wordt een gekende hoeveelheid van de interne standaarden toegevoegd (4 ng). Het monster wordt gedurende 1 uur geëxtraheerd met 10 mL basische methanol door middel van ultrasoon sonicatie.

Nadien wordt het extract gecentrifugeerd bij 4000 rpm gedurende 10 minuten en wordt de bovenstaande vloeistof gedecanteerd in een PP proefbuis van 15 mL. Het extract wordt opgeconcentreerd onder stikstof tot 500 µL. Hieraan wordt 500 µL ultrapuur water toegevoegd en indien nodig wordt het extract gecentrifugeerd (10000 rpm, 10 min). Van het extract wordt 10 µL in de LC-MS geïnjecteerd.

De instrumentele analyse wordt uitgevoerd door middel van Ultra Performance Liquid Chromatography (UPLC) gekoppeld aan een Waters Xevo TQ-S tandemmassaspectrometer (LC-MS/MS). Kwantificering van de PFAS-verbindingen gebeurt met de interne standaardmethode. De analyse wordt uitgevoerd conform WAC\_IV\_A\_025<sup>8</sup>.

### 2.4.2. OVERZICHT VAN PFAS-VERBINDINGEN

Er worden 38 PFAS-verbindingen gemeten, waarvan 7 indicatief (Tabel 3). Drie verbindingen uit de lijst moeten met een andere LC-MS methode geanalyseerd worden, en zijn in Tabel 3 voor de volledigheid opgenomen (PFOSAA, 6:2 PAP en 8:2 PAP) maar worden verder niet besproken.

In de validatie van de analysemethode werd de meetonzekerheid U ( $k=2$ ) van de methode bepaald. Hieruit blijkt dat de verbindingen PFHpA, PFODA, 4:2 FTS, 6:2 FTS, 8:2 FTS en 6:2/8:2 diPAP slechts indicatief kunnen gemeten worden (= meetonzekerheid >100%). De componenten die indicatief gemeten kunnen worden, werden niet weerhouden voor de rapportering.

<sup>7</sup> Het aantal filters per gepoold staal varieerde in functie van bemonsteringsduur (7 filters bemonsterd op 24u per filter, of 3,5 filters bemonsterd op 48u) om te poolen op weekbasis. Er werd ook 2 keer gepoold per twee weken (telkens 7 filters die bemonsterd waren op 48u).

<sup>8</sup> [https://reflabos.vito.be/2022/WAC\\_IV\\_A\\_025.pdf](https://reflabos.vito.be/2022/WAC_IV_A_025.pdf)

Tabel 3: PFAS-componenten die kwantitatief of indicatief bepaald kunnen worden met bijhorende meetonzekerheid (U).

component	afkorting	CAS nummer	methode	U (k=2)
Perfluorobutanoic acid	PFBA	375-22-4	cf. WAC/IV/A/025	46%
Perfluoropentanoic acid	PFPeA	2706-90-3	cf. WAC/IV/A/025	50%
Perfluorohexanoic acid	PFHxA	307-24-4	cf. WAC/IV/A/025	25%
Perfluoroheptanoic acid	PFHpA	375-85-9	Indicatief resultaat	107%
Perfluorooctanoic acid	PFOA	335-67-1	cf. WAC/IV/A/025	36%
Perfluorononanoic acid	PFNA	375-95-1	cf. WAC/IV/A/025	34%
Perfluorodecanoic acid	PFDA	335-76-2	cf. WAC/IV/A/025	24%
Perfluoroundecanoic acid	PFUnDA	2058-94-8	cf. WAC/IV/A/025	30%
Perfluorododecanoic acid	PFDoDA	307-55-1	cf. WAC/IV/A/025	31%
Perfluorotridecanoic acid	PFTTrDA	72629-94-8	cf. WAC/IV/A/025	23%
Perfluorotetradecanoic acid	PFTeDA	376-06-7	cf. WAC/IV/A/025	33%
Perfluorohexadecanoic acid	PFHxDA	67905-19-5	cf. WAC/IV/A/025	34%
Perfluorooctadecanoic acid	PFODA	16517-11-6	Indicatief resultaat	87%
Perfluorobutanesulfonic acid	PFBS	375-73-5	cf. WAC/IV/A/025	47%
Perfluoropentanesulfonic acid	PFPeS	2706-91-4	cf. WAC/IV/A/025	21%
Perfluorohexanesulfonic acid	PFHxS	355-46-4	cf. WAC/IV/A/025	39%
Perfluoroheptanesulfonic acid	PFHpS	375-92-8	cf. WAC/IV/A/025	35%
Perfluorooctanesulfonic acid	PFOS	1763-23-1	cf. WAC/IV/A/025	21%
Perfluorononanesulfonic acid	PFNS	68259-12-1	cf. WAC/IV/A/025	34%
Perfluorodecanesulfonic acid	PFDS	335-77-3	cf. WAC/IV/A/025	60%
Perfluorododecane sulfonic acid	PFDoDS	79780-39-5	cf. WAC/IV/A/025	36%
4:2 Fluorotelomer sulfonic acid	4:2 FTS	757124-72-4	Indicatief resultaat	236%
6:2 Fluorotelomer sulfonic acid	6:2 FTS	27619-97-2	Indicatief resultaat	247%
8:2 Fluorotelomer sulfonic acid	8:2 FTS	39108-34-4	Indicatief resultaat	228%
10:2 Fluorotelomer sulfonic acid	10:2 FTS	120226-60-0	Indicatief resultaat	271%
Perfluorooctanesulfonamide	PFOSA	754-91-6	cf. WAC/IV/A/025	16%
N-Methylperfluorooctanesulfonamide	MePFOSA	31506-32-8	cf. WAC/IV/A/025	38%
N-Ethylperfluorooctanesulfonamide	EtPFOSA	4151-50-2	cf. WAC/IV/A/025	22%
Perfluorooctanesulfonamido acetic acid	PFOSAA	2355-31-9	Not Analyzed	-
2-(N-Methylperfluorooctanesulfonamido) acetic acid	MePFOSAA	2355-31-9	cf. WAC/IV/A/025	3%
2-(N-Ethylperfluorooctanesulfonamido) acetic acid	EtPFOSAA	2991-50-6	cf. WAC/IV/A/025	5%
6:2 Fluorotelomer phosphate monoester	6:2 PAP	57678-01-0	Not Analyzed	-
8:2 Fluorotelomer phosphate monoester	8:2 PAP	57678-03-2	Not Analyzed	-
6:2 Fluorotelomer phosphate diester	6:2 diPAP	57677-95-9	cf. WAC/IV/A/025	39%
6:2/8:2 Fluorotelomer phosphate diester	6:2/8:2 diPAP	943913-15-3	Indicatief resultaat	63%
8:2 Fluorotelomer phosphate diester	8:2 diPAP	678-41-1	cf. WAC/IV/A/025	50%
Hexafluoropropylene oxide dimer acid (Gen X)	HFPO-DA	13252-13-6	cf. WAC/IV/A/025	54%
4,8-Dioxa-3H-perfluorononanoic acid (ADONA)	ADONA	919005-14-4	cf. WAC/IV/A/025	29%
Perfluoro-4-ethylcyclohexane sulfonic acid	PFECHS	646-83-3	cf. WAC/IV/A/025	49%
9-chlorohexadecafluoro-3-oxanonane-1-sulfonic acid (F-53B Major)	9Cl-PF3ONS	756426-58-1	cf. WAC/IV/A/025	36%
11-chloroeicosafluoro-3-oxaundecane-1-sulfonic acid (F-53B Minor)	11Cl-PF3OUnDS	763051-92-9	cf. WAC/IV/A/025	39%

Een aantal PFAS-verbindingen (8 verbindingen uit Tabel 3) komen zowel in lineaire als in vertakte vorm voor (PFOA, PFHxS, PFOS, PFOSA, MePFOSA, EtPFOSA, MePFOSAA en EtPFOSAA). In de meetresultaten wordt daarom voor een aantal verbindingen een onderscheid gemaakt tussen de concentratie van de lineaire vorm ("L"-prefix; bv. L-PFOS) en de concentratie van de lineaire en vertakte vorm samen (totaal, prefix "T", bv. T-PFOS). In dit rapport wordt steeds de totaal concentratie gegeven, tenzij anders aangeduid (met "L-" prefix).

### 2.4.3. KWALITEITSCONTROLE ANALYSE

#### → Procedureblanco

Bij elke meetreeks wordt een procedureblanco meegenomen. Eén blanco filter wordt meegenomen en doorloopt de hele opwerking in het labo.

#### → Veldblanco

Op elk van de meetlocaties werden, gespreid over de volledige looptijd van de metingen, veldblanco's voorzien. Veldblanco's zijn filters die op dezelfde manier behandeld worden als de te bemonsteren filters, en zich gedurende de bemonsteringsperiode in de bemonsteraar bevinden, maar waar geen lucht door gezogen wordt. Per bemonsteringsreeks van twee weken werd één veldblanco voorzien.

#### → Duplo en geaddeerd monster (laag en hoog)

Per analysereeks wordt een duplo extract en een geaddeerd monster (laag en hoog) meegenomen om de juistheid en de herhaalbaarheid te bepalen (n=5, duplo analyses).

### 2.4.4. RAPORTEERGRENS

Voor de rapportering van de analyseresultaten werd de LOQ bepaald op 0,15 ng/monster<sup>9</sup> voor de meeste PFAS-verbindingen.

Op basis van de veldblanco's wordt de LOQ indien nodig bijgesteld en dan spreken we van een rapporteergrens (RG). Als de veldblanco's hoger zijn dan de LOQ (bv. 0,15 ng/monster, afhankelijk van de PFAS-verbinding) dan is de rapporteergrens hoger dan de LOQ omdat er mogelijk sprake is van contaminatie. Per analysereeks (maand) worden de veldblanco's geëvalueerd en wordt de rapporteergrens bepaald en die kan dus hoger liggen dan de LOQ. Dit komt niet vaak voor maar dit is wetenschappelijk de meest correcte manier om de kans op vals positieven te beperken.

Twee componenten hebben steeds een hogere rapporteergrens, met name PFBA (maximale RG van 1,0 ng/monster) en HFPO-DA (maximale RG van 0,25 ng/monster). Sporadisch wijken (op basis van de veldblanco) de rapporteergrenzen af van bovengenoemde waarden, bv. RG van 0,75 ng/monster voor PFBS voor één van de analyse batches, en van 0,4 ng/monster voor T-PFOS.

De rapporteergrens van 0,15 ng/monster komt voor het overgrote deel van de analyseresultaten, bij een gebruikelijk volume lucht voor de actieve bemonstering, overeen met 0,0004 ng/m<sup>3</sup>. De hoogste rapporteergrens van 1,0 ng/monster (enkel voor PFBA) komt overeen met 0,003 ng/m<sup>3</sup>. Er wordt besloten dat de rapporteergrens voldoende laag is.

### 2.4.5. OPMERKINGEN BIJ DE ANALYSES

Tijdens de analyses werden onderstaande punten opgemerkt. Het is belangrijk om deze mee te nemen in de data-interpretatie, omdat de resultaten mogelijks onderschat of overschat kunnen worden.

- Boven meetgebied: meetwaarde is mogelijks een onderschatting.
- Mogelijks interferentie en overschatting (ionenratio niet ok).
- Voor MePFOSA en EtPFOSA zakt het signaal voor sommige stalen (bijna) volledig weg, mogelijks een onderschatting door matrixsuppressie.

<sup>9</sup> Een monster is samengesteld uit 7 filters bij 24 u gepoolde monsters of 3,5 filters bij 48 u bemonstering

- Mogelijks coëlutie van een interferent: risico op overschatting.
- Te lage terugvinding van de interne standaarden (vooral voor de componenten boven C10). Dit heeft weinig impact op de resultaten vermits deze componenten niet aanwezig zijn in de monsters.

In de bijlage wordt een overzicht gegeven van het aantal monsters waarvoor één van bovenstaande vaststellingen werd gemaakt, alsook voor welke PFAS-component. Voor de EFSA-PFAS lag de meetwaarde voor drie analyses van ZD08 boven het meetgebied. Op alle andere locaties was dit niet het geval. Eén van die metingen boven het meetbereik was voor PFHxS, twee voor PFOS. De impact van deze afwijkingen op de gemiddelde EFSA-PFAS concentratie van ZD08 zal beperkt zijn (afwijking op slecht 3 van 26 monsters, en 1 hiervan voor een PFAS-verbinding die in lage concentratie voorkomt, zie Figuur 9).

De andere vaststellingen die gedaan werden zijn minder relevant omdat ze maar een paar keer voorkwamen en/of de PFAS-component enkel indicatief gemeten kan worden en daardoor niet weerhouden is in deze rapportering.

## 2.5. OVERZICHT BEMONSTERING EN ANALYSES

In Tabel 4 is een overzicht gegeven van de pooling van filters voor analyse door opgave van de start- en stopdatum. De bemonsteringsdatums en pooling waren identiek voor alle zes de meetlocaties (maar de bemonstering op R818 werd pas later opgestart vanaf 18/11/2021). Zelden was de bemonstering onvolledig, bijvoorbeeld door een stroomonderbreking (zie opmerking in Tabel 4).

De pooling van filters werd meestal per week uitgevoerd, maar af en toe ook over een andere periode (b.v. 2 weken of 5 dagen).

Tabel 4: Overzicht van de bemonstering en pooling van bemonsterde filters.

Week	Startdatum	Stopdatum	Opmerking
w1	02/07/2021	08/07/2021	niet op N016 (stroomonderbreking)
w2	09/07/2021	15/07/2021	
w3	16/07/2021	22/07/2021	niet op AL01 (blokkage bemonsteraar)
w4	23/07/2021	29/07/2021	
w5	30/07/2021	05/08/2021	
w6	06/08/2021	12/08/2021	
w7	13/08/2021	19/08/2021	
w8	20/08/2021	26/08/2021	
w9	27/08/2021	02/09/2021	
w10	03/09/2021	09/08/2021	
w11	10/09/2021	16/09/2010	
w12	17/09/2021	23/09/2021	
w13	24/09/2021	30/09/2021	
w14+15	01/10/2021	14/10/2021	48 u bemonstering, pooling per 2 weken; stroomonderbreking op N016 9-13/10/2021
w16+17	15/10/2021	28/10/2021	48 u bemonstering, pooling per 2 weken
w18	29/10/2021	04/11/2021	korte stroomonderbreking op N016
w19	05/11/2021	11/11/2021	
w20	12/11/2021	17/11/2021	Bemonsteringsperiode 1 dag korter (voor ZD01 en ZD08 werden de filters van 15/11 apart geanalyseerd, daarna verrekend met het meetresultaat van de gepoolde analyse van de overige filters van deze meetperiode op ZD01 en ZD08)
w21	18/11/2021	24/11/2021	extra op R818



Week	Startdatum	Stopdatum	Opmerking
w22	25/11/2021	01/12/2021	extra op R818
w23	02/12/2021	08/12/2021	extra op R818
w24	09/12/2021	15/12/2021	extra op R818
w25	16/12/2021	22/12/2021	extra op R818 (gewogen gemiddelde van 3 analyses op ZD01 en ZD08)
w26	23/12/2021	29/12/2021	extra op R818 (gewogen gemiddelde van 3 analyses op ZD01 en ZD08)
w27	30/12/2021	05/01/2022	extra op R818
w28	06/01/2022	12/01/2022	extra op R818

#### 2.5.1. ANALYSE VAN INDIVIDUELE FILTERS

Omdat er lokale stof verhogingen werden vastgesteld op locaties ZD08 en ZD01, werd op vraag van VMM, de bemonsterde filters van een aantal dagen, afzonderlijk geanalyseerd en de individuele resultaten werden achteraf verrekend. Het ging om stalen van 15/11, 17/11, 21+22/11, 20+21/12 en 22+23/12.

Meer informatie over de individuele metingen is in de Bijlage opgenomen.

## HOOFDSTUK 3. MEETOPZET VOOR DE BEPALING VAN PFAS IN DEPOSITIES

---

### 3.1. INTRODUCTIE

Het monitoringsprogramma is erop gericht om via een monitoringsnetwerk met **depositiekruiken** de PFAS-depositie te bepalen op verschillende locaties rondom de Oosterweelwerf en in de buurt van 3M. De metingen van PFAS in depositie kaderen vooral in het verkrijgen van inzicht in de verspreiding van PFAS en niet in de rechtstreekse blootstelling (wat wel het geval is bij PFAS in zwevend stof).

Momenteel is er geen bemonsteringsmethode specifiek voor de depositie van PFAS vastgelegd in de milieuwetgeving. Er werd gebruik gemaakt van bemonsteringsmethoden voor andere luchtkwaliteitsparameters waarvan verondersteld kan worden, op basis van expertise en voorbeelden uit de vakliteratuur, dat ze ook toepasbaar zijn voor PFAS.

### 3.2. BEMONSTERING

#### 3.2.1. DEPOSITIE

Depositie kan plaatsvinden in de vorm van natte en droge depositie<sup>10</sup>. De totale depositie is de som van natte en droge depositie. Natte depositie is de aanvoer van stoffen via regen, sneeuw of hagel. Natte depositie is dus het resultaat van uitregenen of uitwassen en komt dus alleen voor ten tijde van neerslag. Droge depositie is de aanvoer van gassen en deeltjes tijdens droge periodes. Droge depositie gebeurt door het rechtstreeks afzetten van een verontreinigende stof op een oppervlak. Droge depositie is het proces waarbij stoffen door diffusie (Browniaanse beweging), turbulentie (impactie en interceptie) of sedimentatie door zwaartekracht naar het oppervlak getransporteerd worden en daar (deels) opgenomen kunnen worden.

Met de meetopzet die in deze studie gebruikt is, wordt de totale depositie bemonsterd (som van droge en natte depositie). De meetmethode laat niet toe om een opdeling tussen natte en droge depositie te maken. De totale depositie (of kortweg “depositie”) wordt uitgedrukt in ng per m<sup>2</sup> per dag (ng/m<sup>2</sup>/dag), m.a.w. de massa van een bepaalde stof die per vierkante meter per dag neerslaat.

Droge depositie op de wand of de bodem van de bemonsteringskruiken (glad oppervlak van glas) is mogelijk een onderschatting van de reële droge depositie die op ruwere oppervlakken zoals bv. vegetatie voorkomt.

#### 3.2.2. DEPOSITIEKRIJK

De depositie wordt bemonsterd met behulp van depositiekruiken (type Bergerhoff<sup>11</sup>, Figuur 4). De Bergerhoff-kruik is een glazen bokaal met 9,5 cm effectieve binnendiameter, ongeveer 20 cm hoog en met 1,5 liter inhoud. Aangezien de kruik uit glas bestaat, kan ze vooraf zeer grondig worden gereinigd om lage blanco-waarden te bekomen die nodig zijn voor bepalingen op immissieniveau.

---

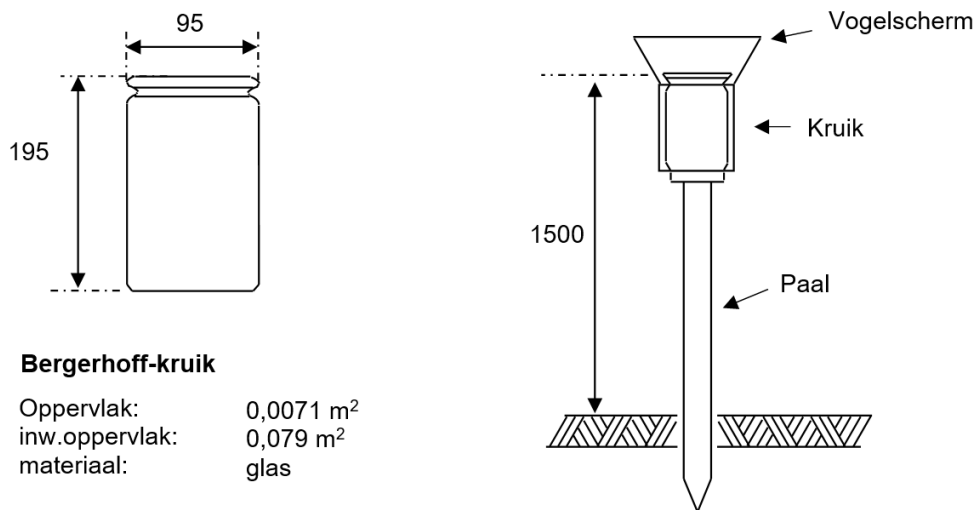
<sup>10</sup> zie bv. <https://www.vmm.be/woordenboek/depositie>

<sup>11</sup> De Bergerhoff-kruik wordt gebruikt voor het meten van stofneerslag, zoals voorgeschreven in de Duitse norm VDI 2119 Blatt 2. Ook in de VDI 2090 Blatt 1 “Ambient air measurement - Deposition measurement of low volatile organic compounds - Determination of PCDD/F deposition; Bergerhoff sampling device and GC/HRMS analysis” worden Bergerhoff-kruiken gebruikt.

Bij de nabehandeling van de stalen waarbij o.a. wassen wordt toegepast, is een gladde glazen wand het meest geschikt voor volledige recuperatie van het staal, zonder risico van permeatie van solvent of staal in de wand.

De Bergerhoff-kruiken worden voorafgaand aan de bemonsteringen gespoeld met heet water. Nadien worden de wanden afgeveegd met behulp van een zuivere doek (om algenresten en stof te verwijderen). Nadien worden de kruiken nog eens afgespoeld onder warm water. De kruiken worden vervolgens 5x gespoeld met methanol. Na de laatste spoeling laat men de kruiken drogen aan de lucht (onder trekkast) en kunnen deze (opnieuw) gebruikt worden. De kruiken worden in triplo op de meetlocaties geplaatst, op een hoogte van ongeveer 1,5 m (zie voorbeeld in Figuur 5). Na afloop van de bemonstering worden de kruiken afgedekt met een gelabeld glazen deksel en in speciale houders geplaatst, die verwisseling, verlies of contaminatie gedurende het transport voorkomen.

De gereinigde kruiken worden opgesteld in het veld en blijven gedurende ongeveer 1 maand ter plaatse (28 dagen, 4 weken). In de opstartfase werden een aantal kruiken gedurende 2 weken bemonsterd i.p.v. 1 maand.



Figuur 4: Afmetingen van de Bergerhoff neerslagkruik en opstelling in het veld.



Figuur 5: Opstelling met drie Bergerhoff-neerslagkruiken in een houder met vogelscherm op paal.

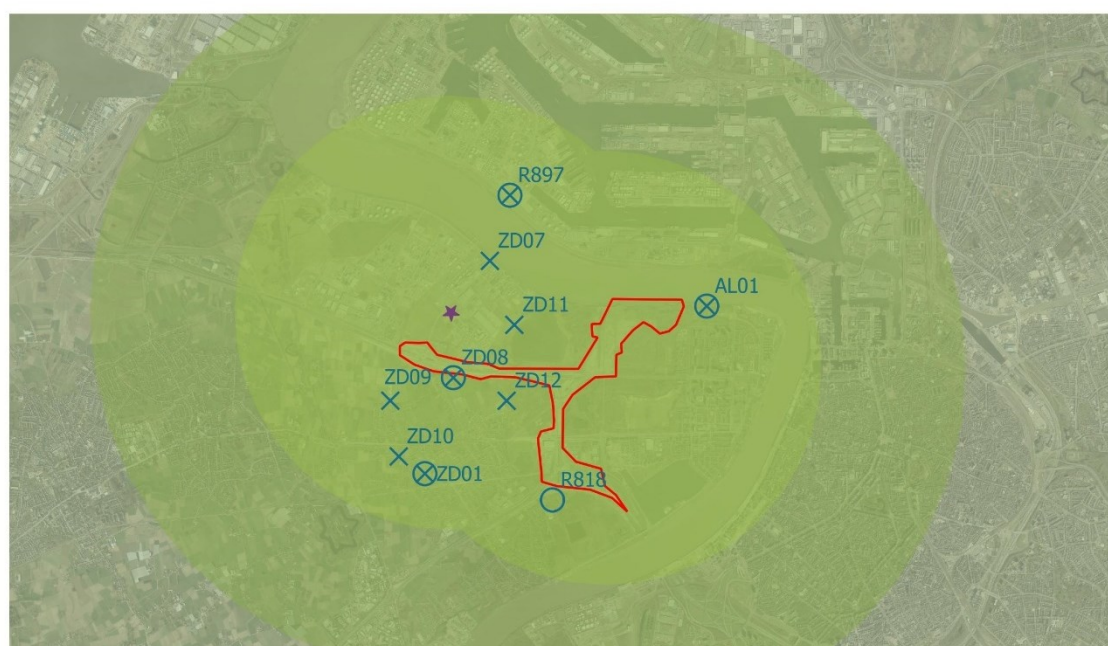
De inhoud van de kruiken wordt geanalyseerd op aanwezigheid van PFAS (zie onder). Hiervoor werden de triplo monsters samengevoegd tot één mengmonster. De gemeten hoeveelheid PFAS wordt genormaliseerd voor bemonsteringsoppervlakte van de kruiken (oppervlakte opening kruik) en de bemonsteringsduur, en wordt uitgedrukt in **ng/m<sup>2</sup>/dag** (ng per vierkante meter per dag).

### 3.2.3. MEETLOCATIES

In overleg met de stuurgroep werden tien meetlocaties vastgelegd voor deze meetcampagne (Tabel 5 en Figuur 6). Drie meetlocaties zijn permanente referentiestationen voor luchtkwaliteit (AQMS) van VMM, aangevuld met zeven tijdelijke meetlocaties, die zich op grondgebied Zwijndrecht bevinden. Eén van de meetlocaties in Zwijndrecht ligt in industriegebied (ZD07), één op de grens tussen industrie- en natuurgebied (ZD11), één op de grens tussen landbouw- en natuurgebied (ZD12) en vier in woongebied (ZD01, ZD08, ZD09 en ZD10). Het meetstation in Dessel (N016) werd geselecteerd als landelijk achtergrondstation buiten de mogelijke invloedssfeer van de werfzone en 3M. Op vijf van de 10 locaties werden zowel de depositie als de luchtbemonsteringen uitgevoerd.

Tabel 5: Overzicht van de meetlocaties met aanduiding van adres.

Code	Gemeente	Adres	depositie	omgevingslucht
R897	Antwerpen-Scheldelaan	Scheldelaan-Polderdijkweg	+	+
AL01	Antwerpen-Linkeroever	Wandeldijk	+	+
N016	Dessel	Nieuwedijk – Sluis	+	+
ZD01	Zwijndrecht	Sportcentrum Den Draver, Binnenplein	+	+
ZD08	Zwijndrecht	Neerstraat	+	+
ZD07	Zwijndrecht	Haven	+	-
ZD09	Zwijndrecht	Blauwe Hoevestraat	+	-
ZD10	Zwijndrecht	Melselestraat	+	-
ZD11	Zwijndrecht	Natuurgebied Blokkersdijk	+	-
ZD12	Zwijndrecht	Polderstraat ('t Vlietbos)	+	-



Meetplaatsen PFAS in fijnstof en depositie in de buurt van 3M, Zwijndrecht

- ★ 3M
 ○ meetplaats fijnstof
 Oosterweelwerf
- zone 3-5-10 km
 × meetplaats depositie

0 1 000 2 000 m



Figuur 6: Overzicht van de meetlocaties depositie (behalve meetlocatie Dessel) op kaart.

Met uitzondering van de achtergrondlocatie, bevinden alle meetlocaties zich binnen een straal van 3,3 km rond 3M of de Oosterweelwerf. Binnen dat gebied zijn de meetpunten verspreid op verschillende afstand en windrichting t.o.v. 3M (Tabel 6). De afstand tot de werfzone is gezien de vorm van de werfzone (en de mogelijk ongelijke verspreiding van PFAS in de gronden binnen de werfzone) minder eenvoudig te berekenen.

Tabel 6: Situering van de meetlocaties t.o.v. 3M: afstand en windrichting.

Locatie	Situering t.o.v. 3M*
ZD11	600 m ten O
ZD08	650 m ten Z
ZD12	1000 m ten ZO
ZD07	1100 m ten N-NO
ZD09	1400 km ten ZW
ZD10	2000 m ten Z-ZW
R897	2000 m ten N
ZD01	2050 m ten Z-ZW
AL01	3300 m ten O
N016	58 km ten O

\* indicatie 3M op "openstreetmaps" als startpunt genomen.

#### 3.2.4. MEETDUUR

De bemonstering met depositiekruiken ging van start op 1/07/2021 op vijf meetlocaties (R897, AL01, ZD01, ZD08 en N016) en op 15/07/2021 werd de bemonstering aangevuld op de overige vijf meetlocaties (ZD07, ZD09, ZD10, ZD11 en ZD12).

De meetduur per depositiekruik was telkens 4 weken (28 dagen), met uitzondering van de vijf kruiken die pas half juli geïnstalleerd konden worden en dus maar twee weken stonden opgesteld.

Een overzicht van de bemonsteringsperioden voor de verschillende meetlocaties, is weergegeven in Tabel 7. Aangezien de bemonsteringsduur iets korter is dan een volledige maand, is er geen exacte overlap tussen de start- en stopdatum van de bemonsteringen en de maanden. Het verschil loopt op naarmate de meetcampagne vorderde. Desondanks wordt eenvoudigheidshalve in dit rapport wel gerefereerd naar deposities in juli, augustus, september, etc.:

Startdatum	Stopdatum	Verwijzing
01/07/2021	29/07/2021	Depositie juli
29/07/2021	26/08/2021	Depositie augustus
26/08/2021	23/09/2021	Depositie september
23/09/2021	21/10/2021	Depositie oktober
21/10/2021	18/11/2021	Depositie november
18/11/2021	16/12/2021	Depositie december
16/12/2021	13/01/2022	Depositie januari

De depositiekruiken van de maand juli werden als validatie gebruikt voor de meetmethode, en worden hier niet verder gerapporteerd.

De inhoud van de depositiekruiken varieerde over de meetperiode. Een aantal kruiken werden droog opgehaald, terwijl andere kruiken gevuld waren tot bijna 2L regenwater (3 triplo kruiken samen). Onder natte omstandigheden kan er toch van uitgegaan worden dat de kruiken niet overliepen tijdens de bemonsteringen (en de resultaten een onderschatting zouden zijn).

### HOOFDSTUK 3 - Meetopzet voor de bepaling van PFAS in deposities

Tabel 7: Overzicht van de datums en looptijd van de monsterneming.

Locatie	Startdatum	Stopdatum	Aantal	Aantal dagen
AL01	01/07/2021	29/07/2021	Triplo	28
	29/07/2021	26/08/2021	Triplo	Niet beschikbaar <sup>(b)</sup>
	26/08/2021	23/09/2021	Triplo	28
	23/09/2021	21/10/2021	Triplo	28
	21/10/2021	18/11/2021	Triplo	28
	18/11/2021	16/12/2021	Triplo	28
	16/12/2021	13/01/2022	Triplo	28
N016	01/07/2021	29/07/2021	Triplo	28
	29/07/2021	26/08/2021	Triplo	Niet beschikbaar <sup>(b)</sup>
	26/08/2021	23/09/2021	Triplo	28
	23/09/2021	21/10/2021	Triplo	28
	21/10/2021	18/11/2021	Triplo	28
	18/11/2021	16/12/2021	Triplo	28
	16/12/2021	13/01/2022	Triplo	28
R897	01/07/2021	29/07/2021	Triplo	28
	29/07/2021	26/08/2021	Triplo	28
	26/08/2021	23/09/2021	Triplo	28
	23/09/2021	21/10/2021	Triplo	28
	21/10/2021	18/11/2021	Triplo	28
	18/11/2021	16/12/2021	Triplo	28
	16/12/2021	13/01/2022	Triplo	28
ZD01	01/07/2021	29/07/2021	Triplo	28
	29/07/2021	26/08/2021	Triplo	28
	26/08/2021	23/09/2021	Triplo	28
	23/09/2021	21/10/2021	Triplo	28
	21/10/2021	18/11/2021	Triplo	28
	18/11/2021	16/12/2021	Triplo	28
	16/12/2021	13/01/2022	Triplo	28
ZD07	15/07/2021	29/07/2021	Triplo	14
	29/07/2021	26/08/2021	Triplo	28
	26/08/2021	23/09/2021	Triplo	28
	23/09/2021	21/10/2021	Triplo	28
	21/10/2021	18/11/2021	Triplo	28
	18/11/2021	16/12/2021	Triplo	28
	16/12/2021	13/01/2022	Triplo	28
ZD08	01/07/2021	29/07/2021	Triplo	28
	29/07/2021	26/08/2021	Triplo	28
	26/08/2021	23/09/2021	Triplo	28
	23/09/2021	21/10/2021	Triplo	28
	21/10/2021	18/11/2021	Triplo	28
	18/11/2021	16/12/2021	Triplo	28
	16/12/2021	13/01/2022	Triplo	28
ZD09	15/07/2021	29/07/2021	Triplo	14
	29/07/2021	26/08/2021	Triplo	28
	26/08/2021	23/09/2021	Triplo	28
	23/09/2021	21/10/2021	Triplo	28
	21/10/2021	18/11/2021	Triplo	28
	18/11/2021	16/12/2021	Triplo	28
	16/12/2021	13/01/2022	Triplo	28
ZD10	15/07/2021	29/07/2021	Triplo	14
	29/07/2021	26/08/2021	Triplo	28
	26/08/2021	23/09/2021	Triplo	28

Locatie	Startdatum	Stopdatum	Aantal	Aantal dagen
	23/09/2021	21/10/2021	Triplo	28
	21/10/2021	18/11/2021	Triplo	28
	18/11/2021	16/12/2021	Triplo	28
	16/12/2021	13/01/2022	Triplo	28
ZD11	15/07/2021	29/07/2021	Triplo	14
	29/07/2021	26/08/2021	Triplo	28
	26/08/2021	23/09/2021	Triplo	28
	23/09/2021	21/10/2021	Triplo <sup>(a)</sup>	28 (?)
	21/10/2021	18/11/2021	Triplo	28
	18/11/2021	16/12/2021	Triplo	28
	16/12/2021	13/01/2022	Triplo	28
ZD12	15/07/2021	29/07/2021	Triplo	14
	29/07/2021	26/08/2021	Triplo	Niet beschikbaar <sup>(b)</sup>
	26/08/2021	23/09/2021	Triplo	28
	23/09/2021	21/10/2021	Triplo	28
	21/10/2021	18/11/2021	Triplo	28
	18/11/2021	16/12/2021	Triplo	28
	16/12/2021	13/01/2022	Triplo	28

<sup>(a)</sup> Kruiken waren omgewaaid; onzekerheid over de bemonsteringsduur (max 28 dagen).

<sup>(b)</sup> Onbetrouwbaar analyseresultaat, niet weerhouden.

### 3.3. ANALYSEMETHODES

#### 3.3.1. OPWERKING VAN DE STALEN

De depositie monsters kunnen niet volledig als één monster (totaal) worden opgewerkt. Bij de analyse wordt een opdeling gemaakt tussen de waterige en stofvormige fase. Voor droge kruiken kon enkel de stoffractie bepaald worden. In eerste instantie worden de (organische) onzuiverheden groter dan 5 mm (bladeren, insecten, ...) handmatig verwijderd, met handschoenen en materiaal dat getest is op PFAS en geen contaminatie geeft. De stoffractie bestaat uit de deeltjes aanwezig in het water en de deeltjes die plakken aan de wand van de kruiken. De waterfractie is de vloeistof (al dan niet aanwezig afhankelijk van de neerslag hoeveelheid) in de kruik.

Het brutogewicht van de kruik wordt voor analyse genoteerd. De volledige inhoud van de 3 kruiken wordt gefiltreerd over een glasvezelfilter. Per kruik wordt, na opschudden, een deelstaal van 20 mL genomen voor de waterfractie (totaal van 60 mL, wat een werkbare hoeveelheid is). De wanden van de lege kruik worden nageveegd met een glasvezelfilter. De filters worden allemaal samengevoegd voor de verdere opwerking van de stoffractie. Finaal worden de laatste stofdeeltjes van de wanden van de kruik gespoeld met ammoniakale methanol (per kruik). Deze methanolfractie wordt gebruikt om de filters te extraheren. Het tarragewicht van de kruik wordt bepaald door de kruik na opwerking terug te wegen.

De stof -en waterfractie (afhankelijk van de hoeveelheid neerslag, soms waren er enkel droge kruiken) worden apart verder opgewerkt en geanalyseerd.

- **Stoffractie**

De filters worden overgebracht in een PP centrifugebuis van 50 mL. Een hoeveelheid ammoniakale methanol wordt toegevoegd aan de filters samen met de ammoniakale methanol waarmee de wanden van de kruiken werden gespoeld. Hieraan wordt een gekende hoeveelheid van de isotoop-gemerkte fluorverbindingen toegevoegd (4 ng). De filters worden gedurende 1 uur geëxtraheerd met basische methanol door middel van ultrasoon sonicatie.

Nadien wordt het extract gecentrifugeerd bij 4000 rpm gedurende 10 minuten en wordt de bovenstaande vloeistof gedecanteerd in een PP proefbuis van 15 mL. Het extract wordt opgeconcentreerd onder stikstof en wordt overgebracht in een LC-vial voor analyse.

- **Waterfractie**

De drie 20 mL deelstalen van de kruiken (= 1 locatie) worden samengevoegd (totaal volume 60 mL). Aan het waterstaal wordt een gekende hoeveelheid isotoop-gemerkte fluorverbindingen toegevoegd (4 ng). De waterstalen worden vervolgens geëxtraheerd met vaste-fase-extractie (SPE). De vaste fase wordt geëluëerd met methanol en het methanolextract wordt ingedampt tot 500 µL. Aan 500 µL van het extract wordt 500 µL ultrapuur water toegevoegd en in een LC-vial voor analyse gebracht.

### 3.3.2. INSTRUMENTELE ANALYSE

De instrumentele analyse wordt uitgevoerd door middel van vloeistofchromatografie met massaspectrometrische detectie. Het gehalte van de verschillende PFAS wordt berekend met de interne standaard methode. De analyse wordt uitgevoerd conform WAC\_IV\_A\_025 ([https://reflabos.vito.be/2022/WAC\\_IV\\_A\\_025.pdf](https://reflabos.vito.be/2022/WAC_IV_A_025.pdf)). Zie sectie 2.4.2, Tabel 3 voor een overzicht van de gemeten PFAS-verbindingen.

- **Vertakte en lineaire PFAS**

Van de meeste perfluorverbindingen komen uitsluitend de lineaire vorm voor. Van een aantal perfluorverbindingen kan ook de vertakte vorm teruggevonden worden. Van volgende verbindingen wordt zowel de lineaire vorm als de sommatie van beide (totaal) bepaald: PFOS, PFOA, PFHxS, PFOSA, MePFOSA, EtPFOSA, MePFOSAA en EtPFOSAA (de totaal-concentratie van PFOSA, MePFOSA, EtPFOSA, MePFOSAA en EtPFOSAA werd pas vanaf november voorzien). Zie ook paragraaf 2.4.2.

- **Waterfractie, stoffractie en sommatie van beide (totaal)**

De meetresultaten zijn apart beschikbaar voor de waterige- en stoffase. Door de meetresultaten van beide fracties te sommeren wordt het totaal gehalte PFAS per depositiestaal berekend. Bij de bepaling van het totaalgehalte worden meetwaarden onder de rapporteergrens (zie paragraaf 3.3.4) niet meegeteld (dus gelijkgesteld aan 0).

### 3.3.3. KWALITEITSCONTROLE ANALYSE

Per analysereeks wordt een procedureblanco, duplo en een geaddeerd monster meegenomen om de juistheid en de herhaalbaarheid te bepalen (n=3). De monsters doorlopen de volledige opwerkingsprocedure. Op basis van deze gegevens kan finaal de meetonzekerheid U (k=2) van de methode bepaald worden.

### 3.3.4. RAPPORTEERGRENEN

Er werden geen veldblanco's genomen. Daarom werden de procedureblanco's genomen om de rapporteergrens te bepalen. Als al de componenten van de procedureblanco lager liggen dan de LOQ dan wordt de LOQ als rapporteergrens genomen (LOQ is afhankelijk van de sample intake). Als de procedureblanco hogere waarden heeft dan de LOQ wordt de grens opgetrokken. De rapporteergrens ligt in dat geval hoger dan de LOQ.

Voor de rapportering van de meetresultaten van de depositie monsters is er een verschil in rapporteergrens voor de meetresultaten van de waterige- en de stoffractie, en tussen de monsters onderling per fase (afhankelijk van de sample intake, de resultaten worden gerapporteerd op het totaal volume). Daarenboven kan de rapporteergrens verschillen voor de verschillende PFAS-verbindingen.



De rapporteergrenzen van de **stoffractie** zijn veel lager dan voor de waterfractie en variëren maar beperkt voor de verschillende PFAS-verbindingen (Tabel 8). De rapporteergrens voor de stoffractie ligt meestal op 0,1 ng/depositiemonster, wat overeenkomt met 0,17 ng/m<sup>2</sup>/dag rekening houdend met de gebruikte bemonsteringsmethode. In de stoffractie ligt de rapporteergrens het hoogst voor PFBA en 6:2 FTS (1 ng/depositiemonster = 1,7 ng/m<sup>2</sup>/dag).

Voor de **waterfractie** is de rapporteergrens hoger dan voor de stoffractie. Voor de meeste PFAS-verbindingen (30) ligt de rapporteergrens (mediaan over alle monsters) op of beneden 3,5 ng/depositiemonster. Voor een aantal verbindingen, o.a. PFBA, PFOA en PFOS ligt de rapporteergrens aanzienlijk hoger (bv. voor PFOS op 26 ng/depositiemonster). De maximale rapporteergrenzen van 190 ng/depositiemonster (monster op ZD01) en 180 ng/depositiemonster (monster op ZD10) zijn veel hoger dan de rapporteergrenzen die normaal gehaald worden en zijn niet representatief voor de ganse meetcampagne.

Tabel 8: Overzicht van de rapporteergrenzen (uitgedrukt in ng/depositiemonster) voor de verschillende PFAS-verbindingen.

	stoffractie		waterfractie	
	mediaan	maximum	mediaan	maximum
PFBA	1	1	47	190
PFPeA	0,1	0,25	7,5	190
PFHxA	0,1	0,25	7,5	190
PFHpA	0,1	0,1	3,2	190
L-PFOA	0,1	0,25	21,5	190
T-PFOA	0,1	0,25	23	190
PFNA	0,1	0,1	3,1	190
PFDA	0,1	0,1	3,2	190
PFUDa	0,1	0,1	3,1	190
PFDoA	0,1	0,1	3,1	190
PFTrDA	0,1	0,1	3,1	190
PFTeDA	0,1	0,1	3,1	190
PFHxDA	0,1	0,1	3,1	190
PFODA	0,1	0,1	3,1	190
PFBS	0,1	0,25	9	190
PFPeS	0,1	0,1	3,2	190
L-PFHxS	0,1	0,1	3,1	190
T-PFHxS	0,1	0,1	3,2	190
PFHpS	0,1	0,1	3,1	190
L-PFOS	0,1	0,5	26	190
T-PFOS	0,1	0,1	26,5	190
PFNS	0,1	0,1	3,1	190
PFDS	0,1	0,1	3,1	190
PFDoS	0,1	0,1	3,1	190
4:2 FTS	0,1	0,1	3,2	190
6:2 FTS	1	2,5	3,5	3,5*
8:2 FTS	0,1	0,1	3,3	190
10:2 FTS	0,1	0,1	3,1	190
L-PFOSA	0,1	0,1	3,3	190
T-PFOSA	0,1	0,1	2,3	3,3*
L-MePFOSA	0,1	0,1	2,4	3,3*
T-MePFOSA	0,1	0,1	2,4	3,3*
L-EtPFOSA	0,1	0,5	2,4	3,3*
T-EtPFOSA	0,1	0,1	2,4	3,3*
PFOSAA	--	--	--	--
L-MePFOSAA	0,1	0,1	3,2	190

	stoffractie		waterfractie	
	mediaan	maximum	mediaan	maximum
T-MePFOSAA	0,1	0,1	2	3,3*
L-EtPFOSAA	0,1	0,1	3,1	190
T-EtPFOSAA	0,1	0,1	1,85	3,3*
6:2 PAP	--	--	--	--
8:2 PAP	--	--	--	--
6:2 diPAP	0,1	0,1	7,5	190
6:2/8:2 diPAP	0,1	0,1	7,5	190
8:2 diPAP	0,1	0,1	2,8	3,3*
HFPO-DA	1	1	12	190
ADONA	0,1	0,1	3,1	190
PFECHS	0,1	0,1	3,1	190
9Cl-PF3ONS	0,1	0,1	3,1	190
11Cl-PF3OUdS	0,1	0,1	3,1	190

\* voor deze PFAS geen meting van het monster met hoge RG van 190 en 180 ng/depositiemonster waterfractie, vandaar het lagere maximum.

### 3.3.5. OPMERKING BIJ DE ANALYSES

Tijdens de analyse werden onderstaande punten opgemerkt. Voor de data-interpretatie dient men rekening te houden met deze opmerkingen vermits deze mogelijks een overschatting of onderschatting kunnen geven.

- Wegvallen van signaal voor MePFOSA, EtPFOSA en 8:2diPAP, mogelijks matrixsuppressie.
- Isomeren zijn aanwezig voor PFOSA, EthPFOSA, MePFOSA en PFOSAA, EtPFOSAA en MePFOSAA, maar enkel de lineaire werden geanalyseerd. Later werd de methode uitgebreid en werd er een onderscheid gemaakt tussen de lineaire en de vertakte vorm.
- 6:2 FTS wordt niet gerapporteerd omwille van hoge procedureblanco waarden.
- Mogelijks coëlutie van een interferent: risico op overschatting.
- diPAPs zijn aanwezig in de kruiken: dit werd in één batch vastgesteld. Normaal liggen de concentraties beneden de rapporteergrens. Mogelijks is hier sprake van een contaminatie op het veld. De procedureblanco's van het labo zijn wel in orde.
- Boven meetgebied: meetwaarde is mogelijks een onderschatting.

In Bijlage A wordt een overzicht gegeven van het aantal monsters waarvoor één van bovenstaande vaststellingen werd gemaakt, en voor welke PFAS-component.

Voor de verwerking en interpretatie werd rekening gehouden met deze vaststellingen door:

- Meetresultaten voor MePFOSA en EtPFOSA waarvoor signaal weggevallen is op dezelfde manier te behandelen als meetwaarden beneden de rapporteergrens. Mogelijks geeft dit aanleiding tot een onderschatting. Anderzijds is het aantal monsters waarin deze componenten gemeten werden zeer beperkt (3).
- De gehalten van componenten waarvoor pas na een aantal batches ook de vertakte vorm gemeten werd, worden gelijkgesteld aan de totaalgehalten met het risico op een onderschatting (zie 5.2).
- De resultaten voor 6:2 FTS worden niet weerhouden op basis van bovenstaande vaststellingen in combinatie met de hoge meetonzekerheid op de bepaling van deze component (indicatieve meting).
- De meetresultaten van de diPAPs voor november werden niet weerhouden.

### 3.4. OVERZICHT BEMONSTERING EN ANALYSES

De depositiestalen van juli (maand 1) werden gebruikt om de methode op punt te stellen, en worden hier niet gerapporteerd. Op een aantal meetpunten was de bemonstering in juli ook niet volledig. In de daaropvolgende maanden (augustus t/m januari) werden telkens triplo monsters bekomen op 10 meetlocaties (Tabel 9).

Een aantal depositiekruiken waren droog op het einde van de bemonsteringsperiode. Voor deze kruiken werd enkel het PFAS-gehalte in de stoffractie bepaald. De kruiken die tussen 23/09 en 21/10 op ZD11 bemonsterd werden, bleken omgewaaid. Er was wel nog een beperkte hoeveelheid water aanwezig in de kruiken. Het is niet mogelijk om te achterhalen wanneer dit incident zich heeft voorgedaan. In die periode werden de hoogste windsnelheden in Melsele (VMM station) vastgesteld op 3/10 en 20-21/10. Het PFAS-gehalte dat bepaald werd is mogelijks een onderschatting. De meetresultaten voor deze periode werden wel weerhouden voor de berekening van de gemiddelde deposities over de ganse meetperiode. Deze waarden werden wel weerhouden voor de rapportering per maand, met de kanttekening dat deze meetwaarde hoogstens indicatief is.

Tabel 9: Overzicht van de bemonstering en analyses.

Locatie	Startdatum	Stopdatum	Aantal bemonsteringen	Aantal gevalideerde resultaten <sup>(a)</sup>
AL01	29/07/2021	13/01/2022	6x 28d	5 <sup>(c)</sup>
N016	29/07/2021	13/01/2022	6x 28d	5 <sup>(c)</sup>
R897	29/07/2021	13/01/2022	6x 28d	6
ZD01	29/07/2021	13/01/2022	6x 28d	6
ZD07	29/07/2021	13/01/2022	6x 28d	6
ZD08	29/07/2021	13/01/2022	6x 28d	6
ZD09	29/07/2021	13/01/2022	6x 28d	6
ZD10	29/07/2021	13/01/2022	6x 28d	6
ZD11	29/07/2021	13/01/2022	6x 28d	6 <sup>(b)</sup>
ZD12	29/07/2021	13/01/2022	6x 28d	5 <sup>(c)</sup>

<sup>(a)</sup> Analyse stofvormige fase (S) en waterige fase (W) indien aanwezig

<sup>(b)</sup> 3 kruiken waren omgewaaid, weinig water aanwezig en onzekerheid over bemonsteringsduur.

<sup>(c)</sup> 1 onbetrouwbaar analyseresultaat.

## HOOFDSTUK 4. KADERING VAN DE MEETCAMPAGNE

De omstandigheden waaronder een tijdelijke meetcampagne wordt uitgevoerd, zijn essentieel om de representativiteit te kunnen beoordelen. De belangrijkste factoren die daarbij in rekening gebracht worden, zijn deze die een significant effect kunnen hebben op de meetresultaten. In deze studie zijn dit de meteorologische omstandigheden en de activiteiten in de buurt van de meetlocaties die aanleiding zouden kunnen geven tot PFAS-emissies. Andere luchtkwaliteitsparameters, bv. de fijnstofconcentratie op achtergrondlocatie, zijn in deze minder relevant aangezien eventuele lokale bronnen veel belangrijker zijn dan regionale of verder afgelegen bronnen. De fijnstofconcentratie kan eventueel wel iets zeggen over werfactiviteiten, maar dat werd hier niet beoordeeld (wel reflectie hierover op basis van individuele filters en continue stofmonitoring in Bijlage F).

### 4.1. METEOROLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN TIJDENS DE MEETCAMPAGNE

Er werden meteorologische gegevens voor windrichting en windsnelheid van het meteorologisch station Melsele gebruikt (meetstation van de VMM, gegevensbron [www.waterinfo.be](http://www.waterinfo.be)) en gegevens van het KMI (klimatologische maandoverzichten op basis van metingen in Ukkel) voor neerslag en windsnelheid.

#### → Neerslag

In de meetperiode hebben zich een aantal zeer natte periodes voorgedaan (Tabel 10). In totaal viel er in Ukkel in juli 2021 niet minder dan 166,5 mm neerslag (normaal: 76,9 mm), waarmee het vorige record ruim werd verbroken (133,8 mm in 2000). Deze hoeveelheid viel op 17 dagen (normaal: 14,3 dagen). In augustus 2021 viel er in Ukkel opnieuw veel neerslag (123,2 mm, normaal: 86,5 mm). Deze hoeveelheid viel op 19 dagen. In totaal viel er in Ukkel in september 2021 slechts 26,0 mm neerslag (normaal: 65,3 mm), een groot contrast met de 2 natte zomermaanden waarin er telkens meer dan 100 mm neerslag viel. Deze hoeveelheid viel op 7 dagen (norm.: 14,1 dagen). In totaal viel er in Ukkel in oktober 2021 121,1 mm neerslag (normaal: 67,8 mm) op 19 dagen (normaal: 16,1 dagen). Daarmee was deze oktobermaand de op een na natste van de huidige referentieperiode, na het record van 1998 (128,7 mm). De meeste neerslag viel in het begin en op het einde van de maand. September en november waren dan weer droge maanden in vergelijking met een normale gemiddelden. November 2021 was bij de drie droogste novembermaanden van de afgelopen 30 jaar.

Tabel 10: Neerslag en windsnelheid in de maanden van de bemonstering.

	Neerslagtotaal (mm)			Windsnelheid (m/s)		
	2021	Normaal*	Indeling*	2021	Normaal*	Indeling*
Juli	166,5	76,9	+++	2,9	3,1	
Augustus	123,2	86,5		2,9	2,9	
September	26	65,3		2,6	3,1	
Oktober	121,1	67,8	++	3,8	3,5	
November	33,5	76,2	--	2,7	3,7	---
December	97,6	87,4		3,5	4	

Databron: KMI

\* normaal = gemiddeld in de periode 1991-2020

Indeling: +++/--- : hoogste/laagste waarde sinds 1991

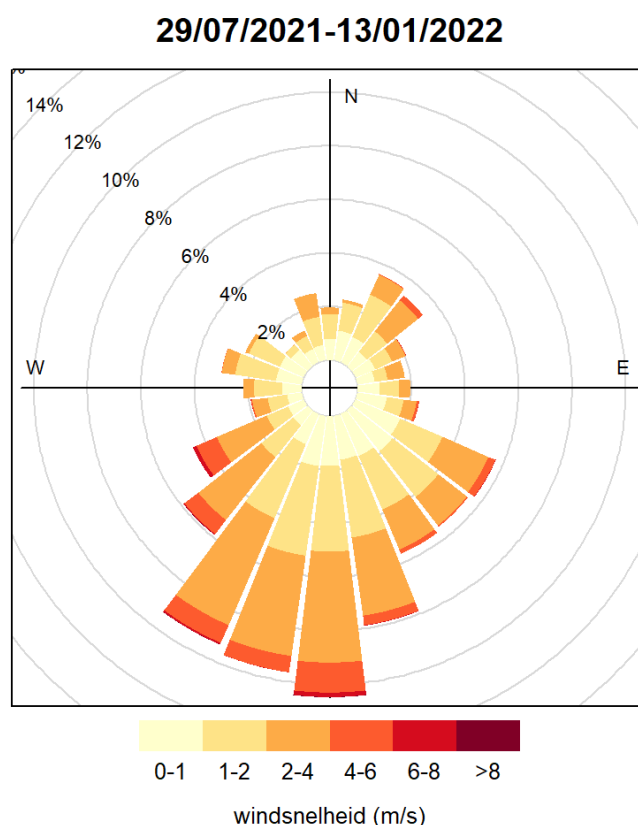
++/--: bij hoogste/laagste 3 waarden sinds 1991

+/-: bij de hoogste/laagste 5 waarden sinds 1991

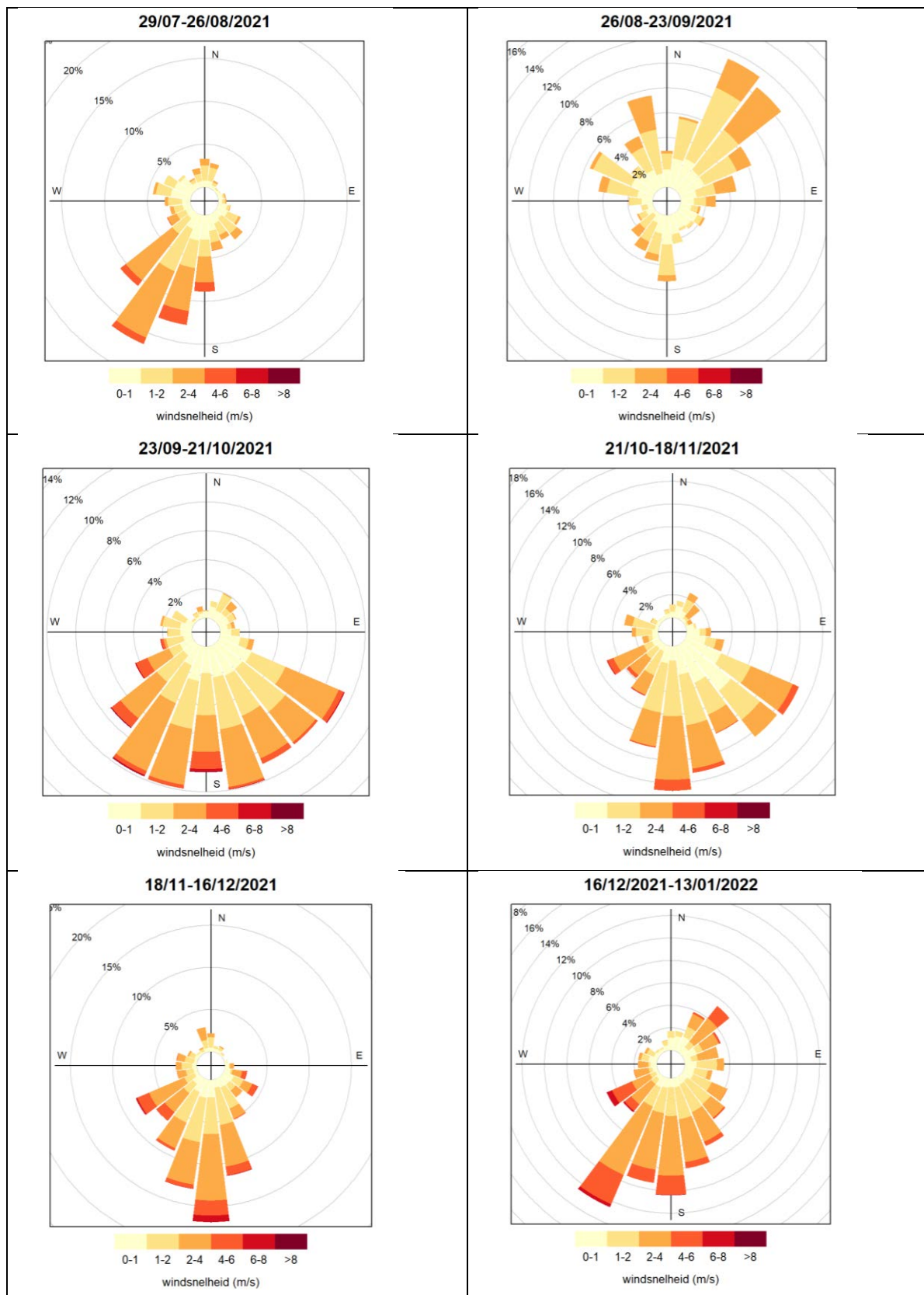
## → Wind

In Ukkel (gegevens KMI) was de gemiddelde windsnelheid het hoogst in oktober (3,8 m/s) en december (3,5 m/s). Voor de overige maanden was de gemiddelde windsnelheid goed vergelijkbaar (tussen 2,6 en 2,9 m/s) (Tabel 10). De gemiddelde windsnelheid tijdens de meetcampagne was vergelijkbaar met de gemiddelde windsnelheden voor de KMI-referentieperiode, behalve voor november was de gemiddelde windsnelheid uitzonderlijk laag t.o.v. normaal.

Tijdens de meetcampagne overheerste wind uit het ZO tot ZW (Figuur 7, opgemaakt op basis van metingen Melsele) (uitleg opbouw van de windroos in Bijlage C). Wind uit het NO was veel minder vertegenwoordigd (ca. 7%), andere windrichtingen waren nog minder vertegenwoordigd. Er was wel een zekere variabiliteit tussen de maanden (in Figuur 8 gevisualiseerd voor de verschillende perioden waarop de depositiemonsters genomen werden). De verdeling van de windrichtingen in september was het meest afwijkend t.o.v. de andere maanden, met het NO als meest voorkomende windrichting. Ook in de periode eind december begin januari was er iets frequenter wind uit het NO in vergelijking met de andere periodes. De dominante windrichting was zuidelijk (ZO, Z en ZW) en tussen de perioden met zuidelijke wind worden subtiele verschillen vastgesteld, waarbij de wind iets meer uit het ZW kwam (augustus), of uit Z (half november tot half december) of ZO, of vrij gelijkmatig verdeeld was over de segmenten van ZO tot ZW (oktober).



*Figuur 7: Windroos (op basis van data van het meteostation Melsele) voor de hele bemonsteringsperiode van ongeveer een half jaar van de depositiemetingen. Extra informatie over de opbouw van de windroos is gegeven in de Bijlage.*



Figuur 8: Windrozen voor de zes bemonsteringsperiodes van 28 dagen. Extra informatie over de opbouw van de windroos is gegeven in de Bijlage.

---

## HOOFDSTUK 5. ALGEMENE BESPREKING MEETRESULTATEN

---

In dit hoofdstuk wordt een algemeen overzicht gegeven van de meetresultaten. Voor zwevend stof en deposities wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste PFAS-verbindingen die in beide matrices voorkomen. De gemiddelde concentraties en depositiegehalten worden vervolgens per meetlocatie besproken.

### 5.1. OMGEVINGSLUCHT

#### 5.1.1. BELANGRIJKSTE PFAS-COMPONENTEN IN ZWEVEND STOF

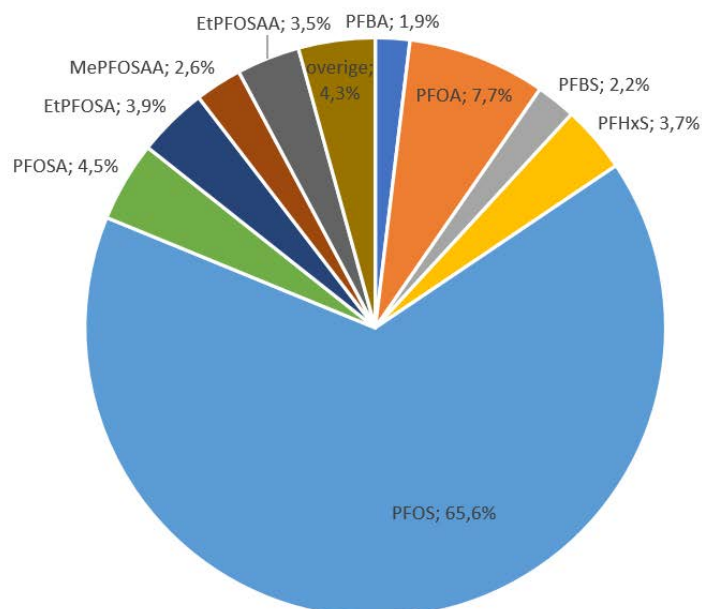
Voor deze analyse werd vertrokken van de meetresultaten die bekomen werden op het meetpunt met de hoogste PFAS-concentraties (ZD08). De PFAS-verbindingen waarvoor zowel lineaire als totaal (lineair + vertakte) vormen bepaald werden, werden hier als totaal in rekening gebracht.

Op de totale concentratie, bepaald als sommatie over alle geanalyseerde verbindingen (exclusief de indicatief bepaalde) worden 9 PFAS met elk een aandeel van meer dan 1% teruggevonden (samen 95,7%), en een restgroep (4,3%) die is opgebouwd uit negen verbindingen met elk een aandeel van minder dan 1% (Figuur 9).

PFOS is de component die in de hoogste concentratie voorkomt. PFOS vertegenwoordigt ongeveer 2/3<sup>de</sup> van de totale PFAS-concentratie. De op een na belangrijkste PFAS is PFOA (7,7%). Een heel aantal andere PFAS komen in minder mate voor.

De PFAS die beschreven worden als de "EFSA-componenten" (namelijk PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS) en gebruikt worden in het tijdelijke toetsingskader, vertegenwoordigen samen 77,1% (binnen die groep is ca. 85% PFOS, de andere 3 PFAS zijn veel minder aanwezig).

Aangezien de EFSA-componenten meer dan driekwart van de totale PFAS-concentratie vertegenwoordigen, en deze componenten getoetst kunnen worden, ligt de focus van de bespreking op de EFSA-PFAS. Daarnaast worden de twee meest voorkomende individuele PFAS-verbindingen in zwevend stof, met name PFOS en PFOA, meer in detail besproken.



Figuur 9: Diagram van het aandeel waarin PFAS-verbindingen voorkomen in zwevend stof. Componenten die minder dan 1% van het totaal vertegenwoordigen zijn ondergebracht in de categorie "overige".

#### 5.1.2. CONCENTRATIES IN DE OMGEVINGSLUCHT

Soms is de PFAS-concentratie in zwevend stof zeer laag. Daarom liggen een aantal meetwaarden onder de rapporteergrens (die gemiddeld op  $<0,0004 \text{ ng/m}^3$  ligt, m.a.w. zeer lage concentratie) (Tabel 11). Op de achtergrondlocatie (N016) ligt het meetresultaat voor PFOA in 3/4<sup>de</sup> van de analyses onder de rapporteergrens, voor PFOS is dat in iets minder dan de helft van de analyses. Op andere locaties wordt dit ook vastgesteld, maar in mindere mate. Voor PFOS ligt enkel op ZD01 in 3 van de 26 analyses het resultaat beneden de rapporteergrens. Voor PFOA is er op elke meetlocatie minstens één analysesresultaat beneden de rapporteergrens.

Tabel 11: Overzicht van het aantal meetresultaten beneden de rapporteergrens (RG) per locatie voor de twee belangrijkste PFAS-verbindingen PFOS en PFOA.

		PFOS (ng/m <sup>3</sup> )	PFOA (ng/m <sup>3</sup> )
<b>ZD08</b>	Aantal meetwaarden <RG	0 op 26	1 op 26
<b>R897</b>	Aantal meetwaarden <RG	0 op 26	1 op 26
<b>ZD01</b>	Aantal meetwaarden <RG	3 op 26	7 op 26
<b>AL01</b>	Aantal meetwaarden <RG	0 op 25	6 op 25
<b>R818</b>	Aantal meetwaarden <RG	0 op 8	4 op 8
<b>N016 (achtergrond)</b>	Aantal meetwaarden <RG	11 op 24	18 op 24

Bij de berekening van de gemiddelde concentratie per meetlocatie werden meetwaarden beneden de rapporteergrens gelijkgesteld aan 0. Een andere manier van omgaan met meetwaarden onder de rapporteergrens zou zijn om die waarden gelijk te stellen aan de rapporteergrens, of gelijk te stellen aan de rapporteergrens gedeeld door 2. Aangezien de rapporteergrens zeer laag ligt voor dit type metingen, is de impact op het gemiddelde beperkt, ongeacht de berekeningswijze<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Rekenvoorbeeld bepaling gemiddelde concentratie wanneer meetwaarden beneden de rapporteergrens gelijk gesteld worden aan 0 (berekingswijze A) of aan de rapporteergrens (berekingswijze B) in Bijlage B.



De gemiddelde concentraties van de meest voorkomende PFAS in zwevend stof verschillen tussen de meetlocaties (Tabel 12). Op de achtergrondlocatie (N016) is de PFOS-concentratie in zwevend stof zeer laag (gemiddelde PFOS-concentratie van 0,0004 ng/m<sup>3</sup>). Op de meetlocaties in Zwijndrecht en omgeving worden hogere concentraties gemeten dan op de achtergrondlocatie. Op meetlocatie ZD08 werd de hoogste gemiddelde PFOS-concentratie gemeten (0,088 ng/m<sup>3</sup>). Dit meetpunt is het dichtst bij 3M en de werf van de Oosterweelwerken (ten tijde van de monitoring) gelegen. In het centrum van Zwijndrecht (ZD01) is de PFOS-concentratie in het zwevend stof 0,006 ng/m<sup>3</sup>.

De gemiddelde concentratie van de EFSA-componenten is het hoogste op meetlocatie ZD08 (0,103 ng/m<sup>3</sup>). Op meetlocatie R897 ligt de concentratie in zwevend stof ongeveer 6 keer lager (0,016 ng/m<sup>3</sup>), en op ZD01 en AL01 ongeveer 15 tot 20 keer lager (respectievelijk 0,007 en 0,005 ng/m<sup>3</sup>). Op R818 en op de achtergrondlocatie is de concentratie aan EFSA-PFAS in zwevend stof 0,001 ng/m<sup>3</sup>.

Specifiek voor de EFSA-componenten kan gesteld worden dat de gemiddelden onder de ondergrens van het tijdelijke toetsingskader van 0,4 ng/m<sup>3</sup> liggen (zie 6.1) en als laag beoordeeld worden.

Tabel 12: Gemiddelde concentratie (in ng/m<sup>3</sup>) van PFOS, PFOA en EFSA-PFAS in zwevend stof op de zes meetlocaties over zes maanden.

		PFOS <sup>(c)</sup> ng/m <sup>3</sup>	PFOA <sup>(c)</sup> ng/m <sup>3</sup>	EFSA comp (T) <sup>(c)</sup> ng/m <sup>3</sup>
ZD08	Gemiddelde <sup>(a)</sup>	0,088	0,010	0,103
R897	Gemiddelde	0,014	0,002	0,016
ZD01	Gemiddelde	0,006	0,001	0,007
AL01	Gemiddelde	0,004	0,001	0,005
R818 <sup>(d)</sup>	Gemiddelde	0,002	0,001	0,001
N016 (achtergrond)	Gemiddelde <sup>(b)</sup>	0,0004	<0,0004	0,001

<sup>(a)</sup> meetwaarden beneden de rapporteergrens werden gelijkgesteld aan nul (analyse heeft aangetoond dat voor deze metingen alternatieve berekeningsmethoden (bv. gelijkstellen aan RG of RG/2) weinig verschil maken). Afgerond op drie decimalen.

<sup>(b)</sup> afronding op 4 decimalen omwille van de lage concentratie juist boven de RG op N016.

<sup>(c)</sup> T prefix verwijst naar totaal (lineair + vertakte vormen). Voor PFOS en PFOA wordt ook het totaal gegeven.

<sup>(d)</sup> kortere meetperiode.

## 5.2. DEPOSITIE

In dit rapport worden de meetresultaten van PFAS-deposities op negen meetlocaties in de buurt van 3M en Zwijndrecht en vanop een achtergrondlocatie in Dessel, gedurende ongeveer een half jaar, gerapporteerd.

Er wordt nagegaan welke PFAS-verbindingen het meest worden teruggevonden in de deposities, en welke PFAS-verbindingen niet worden gedetecteerd. Op basis van deze informatie kunnen de meetresultaten gericht worden gerapporteerd, met focus op de belangrijkste verbindingen.

Voor PFAS-verbindingen waarvan zowel de lineaire als de vertakte vorm gemeten werd, wordt in dit overzicht met de totaal gehaltenes gewerkt, m.a.w. de som van de lineaire en vertakte vorm. Tijdens de looptijd van dit onderzoek werd voor een vijftal componenten de analyse van de lineaire vorm uitgebreid met de vertakte vorm (PFOSA, MePFOSA, EtPFOSA, MePFOSAA en EtPFOSAA). Daardoor is er mogelijks een onderschatting van de meetresultaten in de periode waarin de vertakte isomeren niet gemeten werden. De meetresultaten waarbij beide vormen gemeten werden geven echter aan dat de onderschatting vrij beperkt zal zijn. Het grootste absoluut verschil wordt vastgesteld voor PFOSA waarbij de lineaire vorm ongeveer 3,7 ng/m<sup>2</sup>/dag lager ligt dan het totaal van 20,7 ng/dag/m<sup>3</sup> (dus procentueel was zo'n 83% lineair).

De meetwaarden van de andere vier verbindingen liggen veel lager en het verschil tussen het totaal en lineair gehalte is hoogstens een paar honderdsten tot tienden van een  $\text{ng}/\text{m}^2/\text{dag}$ .

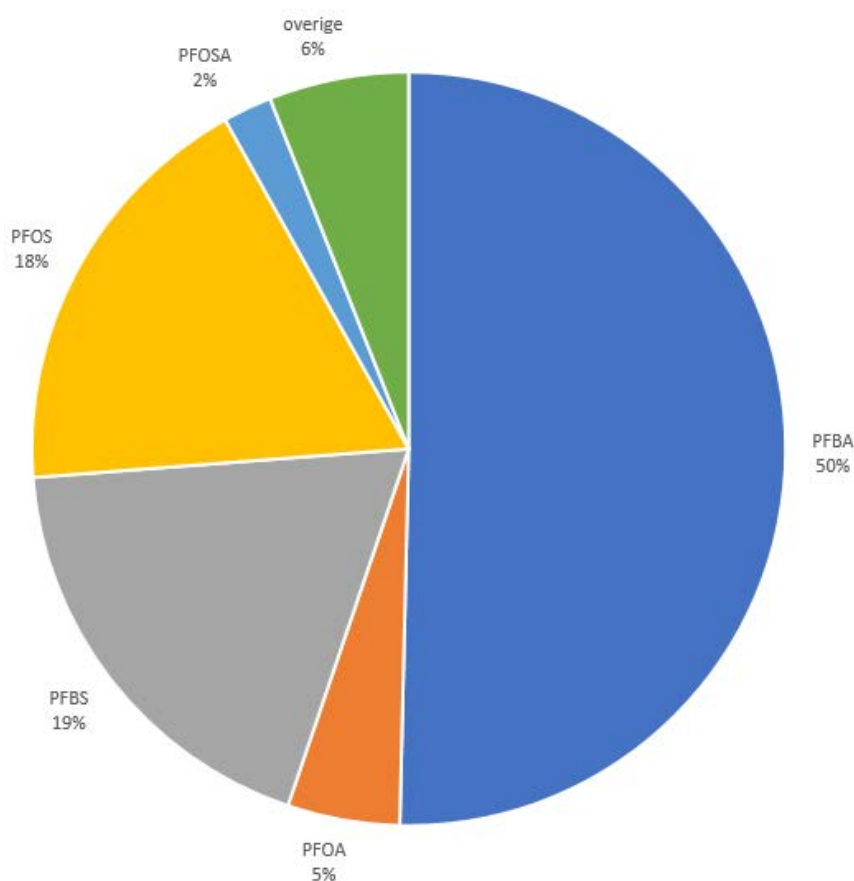
Er kan verondersteld worden dat het feit dat deze verbindingen in het begin enkel als lineaire vorm gemeten werden enkel aanleiding geeft tot een beperkte onderschatting. Dit heeft dit geen effect op de som van de EFSA-PFAS omdat deze PFAS vanaf het begin zowel in lineaire als vertakte vorm (en dus ook totaal) gemeten werden.

### 5.2.1. BELANGRIJKSTE PFAS-COMPONENTEN IN DEPOSITIE

Van de in totaal 37 PFAS-componenten (lineaire en vertakte isomeren worden niet afzonderlijk geteld, en 6:2 FTS werd niet weerhouden, zie 2.4.2.) waarop de depositiemonsters geanalyseerd werden, ligt de meetwaarde van 28 componenten boven de rapporteergrens in minstens één van de depositiemonsters. Negen PFAS-verbindingen werden niet teruggevonden in de depositie.

Gemiddeld over alle depositiemetingen (van op alle meetlocaties, inclusief de achtergrondlocatie), zijn er vijf van die 28 componenten die een aandeel van >1% van de totale PFAS-concentratie (berekend als som over alle geanalyseerde componenten, lineair + vertakt) vertegenwoordigen. Deze componenten zijn: PFBA, PFOS, PFBS, PFOA en PFOSA (Figuur 10). De overige 23 componenten worden sporadisch (niet in alle stalen, soms maar in één of enkele stalen) en in lage concentraties teruggevonden.

Overzicht van de belangrijkste PFAS componenten in depositie



Figuur 10: Procentueel aandeel van de vijf meest voorkomende componenten (gemiddelde over alle depositiestalen voor alle locaties, lineaire + vertakte PFOS, PFOA en PFOSA) en overige PFAS-componenten (23 componenten, samen 6%).

De PFAS-verbindingen die het hoogste aandeel hebben in de depositie zijn PFBA en PFBS (dit zijn vervangers voor respectievelijk PFOA en PFOS). De stof PFBA wordt voornamelijk teruggevonden in de waterige fase en heeft een opvallend hoog aandeel in de depositiemonsters (gemiddeld 50%). PFBA is een 4-C PFAS-verbinding (korte keten) en is goed oplosbaar in water. PFBS is een sulfonzuur met eveneens vier koolstofatomen. PFBS maakt gemiddeld 19% van het totale PFAS-gehalte uit. Zowel PFBA als PFBS worden gekenmerkt als vluchtige PFAS. Hun aanwezigheid kan moeilijk verklaard worden door historische vervuiling en lijkt eerder een indicatie te zijn voor nieuwe uitstoot (hypothese).

PFOS, PFOA en PFOSA zijn 8-C verbindingen. Het aandeel van PFOS en PFOA is respectievelijk 18% en 5%. Beide componenten zijn opgenomen in het tijdelijk toetsingskader voor PFAS in omgevingslucht (zie paragraaf 6.1). De andere twee EFSA-PFAS, PFNA en PFHxS, hebben een zeer beperkt aandeel van respectievelijk 0,1% en 0,2% op het totale PFAS-gehalte in depositiestalen. Beide hebben dan ook een beperkt aandeel in de EFSA-componenten (samen van PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS).

De restcategorie met PFAS-verbindingen die sporadisch en/of in zeer lage concentraties voorkomen in vergelijking met de vijf meest voorkomende PFAS is in de Bijlage D opgenomen (samen met de andere PFAS-verbindingen die geanalyseerd werden).

De rapportering en bespreking van de meetresultaten van de deposities zal voornamelijk focussen op de vijf belangrijkste componenten die hier geïdentificeerd werden, aangevuld met de parameter "EFSA-componenten" die de som van 4 PFAS-verbindingen, PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS.

### 5.2.2. PFAS-GEHALTE IN DEPOSITIE

Per meetlocatie wordt de gemiddelde depositie gerapporteerd (Tabel 13). Voor de berekening van deze statistieken werden meetwaarden beneden de rapporteergrens gelijkgesteld aan nul. Extra duiding over de impact van deze methode van omgaan met meetresultaten beneden de rapporteergrens wordt in de Bijlage B gegeven.

Tabel 13: Gemiddelde depositie in ng/m<sup>2</sup>/dag voor de belangrijkste PFAS-componenten en de som van PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS op tien meetlocaties over 6 maanden.

		PFBA	PFBS	PFOA <sup>(b)</sup>	PFOS <sup>(b)</sup>	PFOSA <sup>(b)</sup>	EFSA comp <sup>(b)</sup>
		ng/m <sup>2</sup> /dag	ng/m <sup>2</sup> /dag	ng/m <sup>2</sup> /dag	ng/m <sup>2</sup> /dag	ng/m <sup>2</sup> /dag	ng/m <sup>2</sup> /dag
<b>ZD01</b>	Gemiddelde <sup>(a)</sup>	42,1	5,7	0,2	5,9	0,03 <sup>(c)</sup>	6,2
<b>ZD07</b>	Gemiddelde	45,3	6,4	1,6	17,1	1,1	18,9
<b>ZD08</b>	Gemiddelde	87,6	33,0	10,1	15,3	2,8	25,8
<b>ZD09</b>	Gemiddelde	5,3	4,7	0,4	5,6	0,1	6,2
<b>ZD10</b>	Gemiddelde	10,5	16,3	0,2	4,5	0,03 <sup>(c)</sup>	4,8
<b>ZD11</b>	Gemiddelde	57,4	22,5	9,0	48,5	9,4	58,1
<b>ZD12</b>	Gemiddelde	5,7	17,6	3,5	8,9	0,2	12,6
<b>R897</b>	Gemiddelde	6,4	1,7	3,2	6,1	0,4	9,4
<b>AL01</b>	Gemiddelde	88,1	19,9	5,2	6,7	0,04 <sup>(c)</sup>	11,9
<b>N016 (achtergrond)</b>	Gemiddelde	4,1	3,0	0,2	5,8	< <sup>(d)</sup>	6,0

(a) meetwaarden beneden de rapporteergrens werden gelijkgesteld aan nul.

(b) totaal (lineair + vertakte vorm).

(c) als gemiddelde <0,1 en niet alle meetwaarden onder de RG, dan wordt het meetresultaat met 2 decimalen gegeven.

(d) als alle meetresultaten beneden de RG liggen wordt dit als "<" weergegeven.

## HOOFDSTUK 6. BESPREKING MEETRESULTATEN OMGEVINGSLUCHT

---

### 6.1. TIJDELIJK TOETSINGSKADER

Er is op dit moment geen wettelijk kader, noch een gezondheidkundig toetsingskader voor evaluatie van PFAS-metingen in lucht voorhanden in Vlaanderen, België of Europa.

Voor een 20-tal andere chemische stoffen in lucht werden de voorbije jaren gezondheidkundige advieswaarden opgesteld en toegepast in bijvoorbeeld MilieuEffectRapportage (zie 'Gezondheidskundige advieswaarden 'GAW' voor gebruik in MER beschikbaar op [Aandachtsgebieden en humane biomonitoring - Zorg en Gezondheid \(zorg-en-gezondheid.be\)](#)). Deze GAW's werden door VITO opgesteld in opdracht van het Agentschap Zorg en Gezondheid. De VMM (dienst luchtkwaliteit) was betrokken in de stuurgroep van het project waarin deze GAWs werden afgeleid.

Als onderdeel van het opstellen van deze GAWs voor chemische stoffen in lucht, werd een diepte-analyse uitgevoerd waarbij de beschikbare toxicologische informatie grondig bestudeerd werd, en op basis van een expert-oordeel, gekomen werd tot een goed onderbouwde keuze van een gezondheidkundige advieswaarde. Het is aan te bevelen om op korte termijn GAWs voor PFAS te selecteren volgens deze methode<sup>13</sup>, en dit in overleg met de betrokken overheden (AZG en VMM).

Gezien er momenteel nog geen GAWs voor PFAS afgeleid zijn, werd een tijdelijk toetsingskader voorgesteld. Dit tijdelijk toetsingskader is gebaseerd op de EFSA TWI (2020) voor orale blootstelling (4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week). VITO heeft op 8 oktober 2021 advies gegeven op het tijdelijk toetsingskader dat door Lantis werd voorgesteld op 14 september 2021. Rekening houdend met het advies van VITO, komt men tot volgend tijdelijk toetsingskader :

- **Een waarde tussen 0,4 en 2,2 ng/m<sup>3</sup>** voor de som van de 4 EFSA-PFAS-verbindingen (PFNA+PFOA+PFHxS+PFOS) (jaargemiddelde concentratie; chronische blootstelling). **Deze waarden kunnen dus als tijdelijk toetsingskader voor de bewoonde zones gebruikt worden.**

Onderbouwing tijdelijk toetsingskader:

- De gezondheidkundige grenswaarde voor chronische orale blootstelling van EFSA (TWI van 4,4 ng (PFNA+PFOA+PFHxS+PFOS) per kg lichaamsgewicht per week) werd als vertrekbasis gebruikt (EFSA, 2020)<sup>14</sup>.
- Deze toetsingswaarde voor chronische orale blootstelling werd herrekend naar een inhalatie-equivalent op basis van omrekeningen m.b.t. lichaamsgewicht en inhalatievolume. De omrekeningsfactoren uit de REACH guidance<sup>15</sup> (nl. inhalatievolume van 20 m<sup>3</sup>/dag) en een lichaamsgewicht van 70 kg wordt hiervoor toegepast.
- Men dient ermee rekening te houden dat de volledige 'ruimte' om de GAW EFSA te bereiken niet volledig kan toegekend worden aan lucht, vermits mensen ook via voeding blootgesteld worden aan PFAS. In een vervoltraject dient een gepaste waarde voor de allocatiefactor bekeken te worden.

Voorlopig kunnen we uitgaan van een allocatiefactor ergens tussen 20% en 100% (bv. in context van drinkwater wordt doorgaans een allocatiefactor van 20% gehanteerd)

---

<sup>13</sup> [Microsoft Word - protocol GAW revised version 2020 final.docx \(zorg-en-gezondheid.be\)](#)

<sup>14</sup> <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/6223>

<sup>15</sup> [https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information\\_requirements\\_r8\\_en.pdf/e153243a-03f0-44c5-8808-88af6223258](https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_r8_en.pdf/e153243a-03f0-44c5-8808-88af6223258)

- Indien men deze omrekeningsfactoren hanteert (volwassenen: 20 m<sup>3</sup>/dag en 70 kg), en een allocatiefactor tussen 20 en 100 % neemt, komt men tot **een waarde van 0,4 - 2,2 ng/m<sup>3</sup>** voor de som van de 4 EFSA-PFAS-verbindingen (PFNA+PFOA+PFHx+PFOS). **Deze waarden kunnen dus als tijdelijk toetsingskader voor de bewoonde zones gebruikt worden.**

**Deze waarde dient gehanteerd te worden om chronische blootstelling aan PFAS (m.a.w. jaargemiddelde PFAS-concentraties) te evalueren. De impact van dag-tot-dag variaties op de PFAS-concentraties i.f.v. de gezondheid is momenteel zeer moeilijk te interpreteren, en wellicht ondergeschikt aan de toetsing van de chronische blootstelling.**

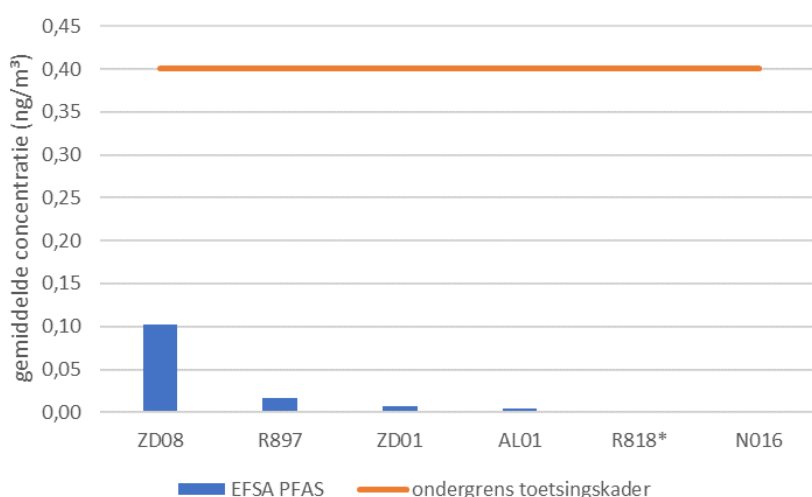
Er wordt op gewezen dat dit enkel als **tijdelijk toetsingskader** (enkel in het kader van de bijstellingsvoorwaarden voor de exploitatie en werfvergunningen Oosterweel) dient gebruikt te worden, in afwachting van een **volwaardige gezondheidskundige advieswaarde voor PFAS in omgevingslucht**, volgens de methodiek opgesteld door AZG en VITO<sup>16</sup>. Hierbij dient zeker gekeken te worden naar studies die expliciet gaan over inhalatoire routes. Indien er onvoldoende inhalatiestudies voor PFAS beschikbaar zijn, kan een GAW voor orale blootstelling als vertrekbasis gebruikt worden, maar moet de argumentatie voor deze route-naar-route extrapolatie wetenschappelijk onderbouwd worden.

Het tijdelijke toetsingskader wordt begrensd door een ondergrens van 0,4 ng/m<sup>3</sup> en een bovengrens van 2,2 ng/m<sup>3</sup>. Er wordt niet met één vaste waarde gewerkt om rekening te kunnen houden met verschillen in allocatiefactor. De meest strenge toetsingswaarde is de ondergrenswaarde.

## 6.2. BEOORDELING VAN DE MEETRESULTATEN

### 6.2.1. TOETSING AAN HET TIJDELIJK TOETSINGSKADER

De gemiddelde EFSA-PFAS concentraties, gemeten tijdens de meetperiode, liggen op elk van de meetlocaties ruim beneden de ondergrens van het toetsingskader (Figuur 11). Op ZD08, waar de hoogste concentraties gemeten worden, is de gemiddelde concentratie (0,103 ng/m<sup>3</sup>) ongeveer vier keer lager dan de onderste toetsingswaarde.



Figuur 11: Gemiddelde concentratie van de EFSA-componenten op de zes meetlocaties (\*R818 kortere meetperiode).

<sup>16</sup> [Microsoft Word - protocol GAW revised version 2020 final.docx \(zorg-en-gezondheid.be\)](#)

**6.2.2. VERHOGING T.O.V. DE ACHTERGROND VAN DE EFSA-COMPONENTEN**

Hoewel de concentraties als laag worden beoordeeld, zijn er duidelijke verschillen in concentraties tussen de meetlocaties. Op ZD08 is er een duidelijke verhoging in vergelijking met de achtergrond (gemiddelde van 0,103 ng/m<sup>3</sup> t.o.v. 0,001 ng/m<sup>3</sup> op de achtergrondlocatie). Op meetlocaties R897 (0,016 ng/m<sup>3</sup>), ZD01 (0,007 ng/m<sup>3</sup>) en AL01 (0,005 ng/m<sup>3</sup>) liggen de gemiddelden eveneens hoger dan op de achtergrond, maar het verschil is minder groot. Op R818 is de gemiddelde concentratie (0,001 ng/m<sup>3</sup>) vergelijkbaar met de achtergrondlocatie.

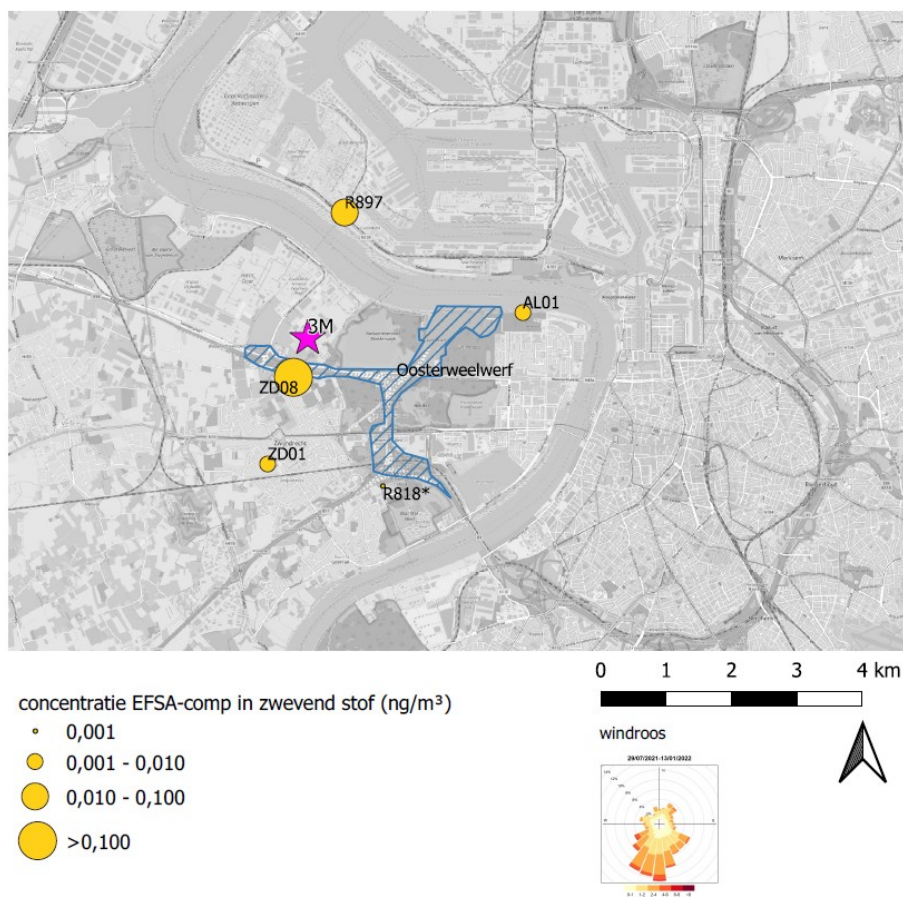
De concentraties nemen af met toenemende afstand tot 3M en de Oosterweelwerf (Tabel 14). Op de meetlocaties die het dichtst bij 3M en de Oosterweelwerf gelegen zijn, is de gemiddelde concentratie het hoogst (ZD08, 0,103 ng/m<sup>3</sup>). Op drie meetlocaties (R897, ZD01 en AL01), op ongeveer 2 tot 3 km van 3M en de werf, liggen de concentraties tussen 0,005 en 0,016 ng/m<sup>3</sup>. Op meetlocatie R818 op bijna 3 km ten ZO van 3M is de gemiddelde concentratie lager (0,001 ng/m<sup>3</sup>). Dit kan verklaard worden door de kortere meetperiode op R818 wanneer de concentraties ook op andere meetlocaties merkbaar lager lagen (b.v. gemiddelde van 0,058 ng/m<sup>3</sup> op ZD08 tijdens de kortere meetperiode t.o.v. 0,103 ng/m<sup>3</sup> over heel de meetperiode op ZD08). Anderzijds zal de windrichting ook een effect hebben. Windomstandigheden waarbij R818 windafwaarts gelegen was kwamen niet frequent voor (Figuur 7) waardoor aanvoer van PFAS-houdend zwevend stof beperkt is. Ook voor meetpunt AL01 ten O en meetlocatie ZD01 ten Z van 3M en de Oosterweelwerf is de concentratie relatief laag (in vergelijking met R987) wat mogelijks ook in verband staat met het zeer beperkt aandeel wind waarbij de meetlocatie windafwaarts gelegen is van 3M en de Oosterweelwerken.

Op basis van de beschikbare meetgegevens op een relatief beperkt aantal meetpunten, en zonder expliciet rekening te houden met windrichting en andere meteorologische variabelen, kan indicatief (en afgerond!) gesteld worden dat de gemiddelde concentratie van EFSA-PFAS op 650 m meer dan 100 keer hoger ligt dan op de achtergrond, op 2 km ten N ongeveer 15 keer hoger, op 2 km ten Z-ZW ongeveer 8 keer hoger, en op 3 km ten O ongeveer 5 keer hoger.

De concentratie van EFSA-PFAS neemt sterk af met toenemende afstand tot de Oosterweelwerken en 3M. Er is een sterke concentratiegradiënt in het studiegebied. Dit suggereert een sterk lokaal karakter van de PFAS-vervuiling in zwevend stof (Figuur 12).

Tabel 14: Gemiddelde concentratie van de EFSA-componenten in zwevend stof in functie van de afstand t.o.v. 3M.

Code	Naam	Situering t.o.v. de Oosterweelwerf	Gemiddelde concentratie EFSA componenten
ZD08	Zwijndrecht – Neerstraat	650 m ten Z	0,102 ng/m <sup>3</sup>
R897	Antwerpen-Scheldelaan	2000 m ten N	0,016 ng/m <sup>3</sup>
ZD01	Zwijndrecht – sportcentrum	2050 m ten Z-ZW	0,007 ng/m <sup>3</sup>
AL01	Antwerpen-Linkeroever	3300 m ten O	0,005 ng/m <sup>3</sup>
R818	Antwerpen – Burchtse Weel	2750 m ten ZO	0,001 ng/m <sup>3</sup>
N016	Dessel	58 km ten O	0,001 ng/m <sup>3</sup>



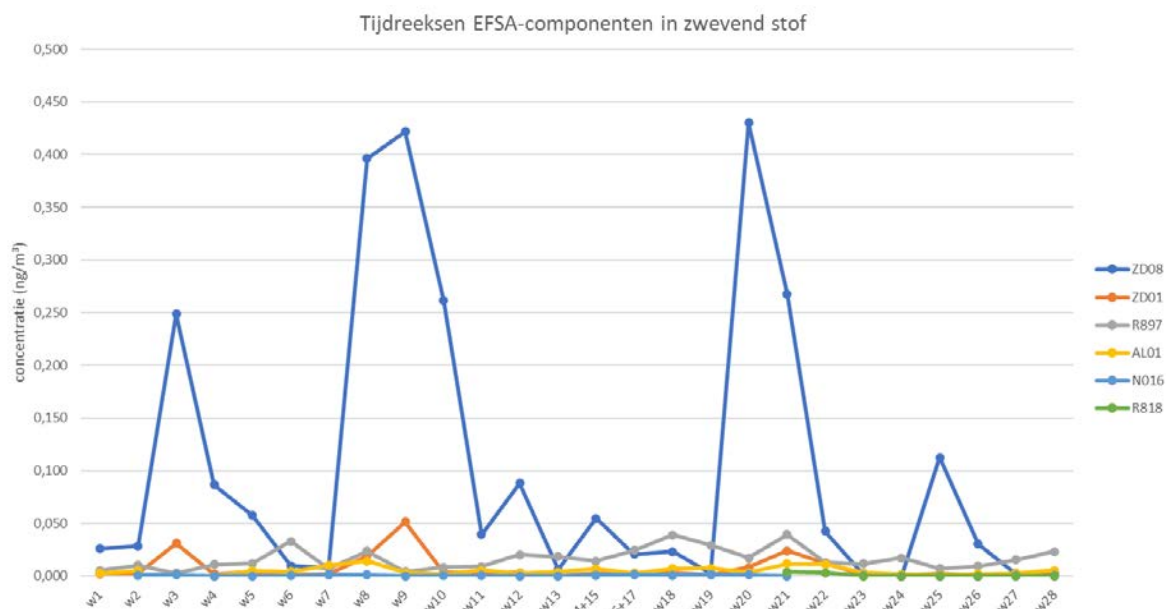
Figuur 12: Kaart met de gemiddelde concentratie van EFSA-PFAS in zwevend stof. De legende werd opgesteld in log-schaal. (\*) kortere meetperiode voor R818.

### 6.3. VERLOOP VAN CONCENTRATIES IN FUNCTIE VAN DE TIJD

In dit onderzoek werden tijdreeksen opgebouwd van de PFAS-concentraties in de omgevingslucht op zes meetlocaties. Voor de belangrijkste PFAS (PFOS en EFSA-PFAS) werden de metingen als tijdreeksen per week uitgezet (Figuur 13 voor EFSA-PFAS en Bijlage E voor PFOS waarvoor het verloop vergelijkbaar is, wat aangeeft dat PFOS de som van de EFSA-PFAS bepaalt). Op de achtergrondlocatie is de concentratie over heel de periode stabiel en laag (maximum 0,001 ng/m<sup>3</sup>). Op andere locaties kunnen de concentraties variëren van week tot week.

De variaties zijn het grootst op ZD08, de meetlocatie het dichtst bij 3M en Oosterweel (op ongeveer 200 m van de werf). Op ZD08 werden pieken tot bijna 0,45 ng/m<sup>3</sup> vastgesteld. De duur van de piekconcentraties varieert van 1 tot 2 weken. Pieken worden afgewisseld met periodes met lage concentraties (bv. van week 11 t.e.m. week 19). Op basis van de individuele filters werden nog hogere piekconcentraties gemeten op ZD08 (tot 1,06 ng/m<sup>3</sup>, zie Bijlage F).

Op de meetlocaties R897, ZD01 en AL01 varieert de concentratie ook in de loop van de tijd. De maximale concentratie die op ZD01 gemeten werd, is 0,051 ng/m<sup>3</sup> in week 9. De maxima op R897 en AL01 zijn respectievelijk 0,039 en 0,011 ng/m<sup>3</sup>. De verhogingen gemeten in week 9 en week 20 kunnen mogelijks gerelateerd worden aan de lagere neerslaghoeveelheden.



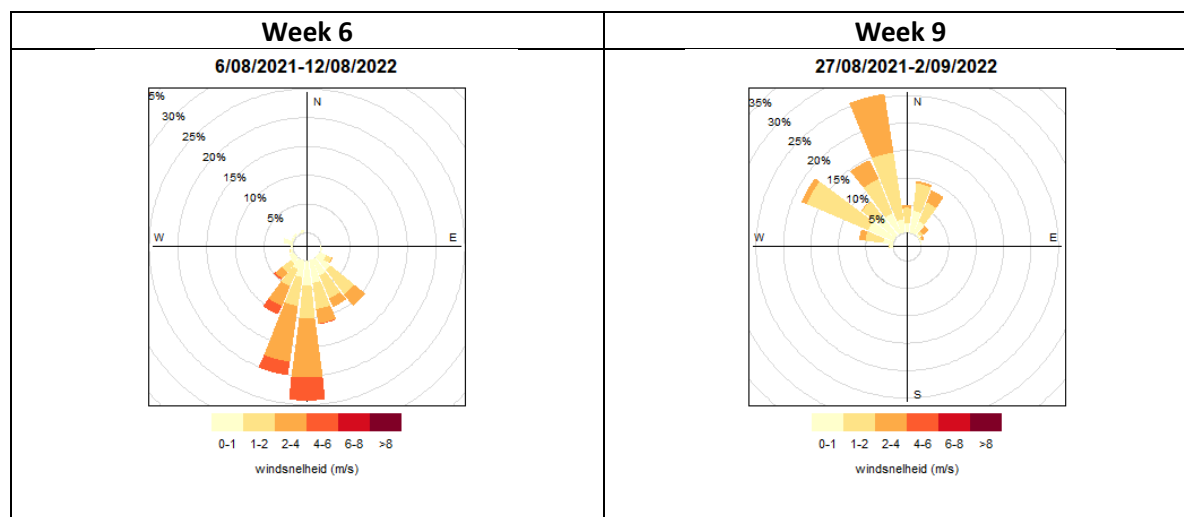
Figuur 13: Tijdreeksen van de EFSA-componenten in de omgevingslucht op de vijf meetlocaties.

De correlatie is het hoogst tussen de meetresultaten op ZD08 en ZD01 ( $R^2 = 0,67$ ). Voor R897 (0,25) en AL01 (0,30) is de correlatie met ZD08 lager. Dit kan verklaard worden door de ligging van de meetlocaties t.o.v. 3M en de Oosterweelwerf. ZD08 en ZD01 liggen beide ten Z en verhogingen op beide meetlocaties vallen samen door invloed van N-wind.

Uit de tijdreeks (Figuur 13) werden een aantal punten geselecteerd, nl.:

- Week 6: Verhoogde concentratie op R897 t.o.v. alle andere locaties;
- Week 9: Verhoogde concentraties op ZD01 en ZD08 t.o.v. alle andere locaties.

De windpatronen voor beide weken zijn verschillend (Figuur 14). In week 6 was wind uit Z dominant, in week 9 wind uit N (NW, NO). Dit is een duidelijke indicatie dat de PFAS (emissie)bron(nen) zich bevindt tussen meetlocaties ZD01 en R897 (3M en/of Oosterweelwerf), en dat de bijdrage van deze bron(nen) aan de PFAS-immisatie op een meetlocatie beïnvloed wordt door de windrichting.



Figuur 14: Windrozen voor week 6 en week 9 van de omgevingsmetingen.



Naast de windrichting zijn er waarschijnlijk nog andere factoren die een invloed hebben op het concentratieverloop doorheen de tijd op de verschillende meetpunten. Dit kunnen andere meteorologische factoren zijn (neerslag, windsnelheid) of de omvang en dynamiek van PFAS-emissies van bepaalde activiteiten (industriële processen, grondwerken, ...). De analyse van individuele filters in functie van het voorkomen van stofpieken uit werkzaamheden in het studiegebied toont de relatie tussen concentratie en activiteiten (Bijlage F).

#### 6.4. BELANGRIJKSTE CONCLUSIES

In de buurt van 3M en de Oosterweelwerf worden PFAS-verbindingen gemeten in het zwevend stof. PFOS werd geïdentificeerd als de belangrijkste PFAS-verbinding. PFOS is samen met drie andere PFAS-verbindingen opgenomen in de EFSA-componenten, waarvoor een tijdelijk toetsingskader ontwikkeld werd. De gemiddelde concentraties, gemeten tijdens de 2<sup>de</sup> helft van 2021, liggen op alle meetplaatsen ruim onder de ondergrens van het tijdelijke toetsingskader (0,4 ng/m<sup>3</sup>). Er kan dus besloten worden dat er geen negatieve gezondheidseffecten te verwachten zijn door blootstelling aan PFAS-houdend zwevend stof.

Er worden lokaal wel verhoogde concentraties gemeten ten opzichte van de achtergrond. Op de achtergrondlocatie, in landelijk gebied op meer dan 50 km van 3M en de Oosterweelwerf, is de PFAS-concentratie in de omgevingslucht zeer laag (0,001 ng/m<sup>3</sup>). Op korte afstand van 3M en de Oosterweelwerf (meetplaats ZD08) is de gemiddelde concentratie maximaal 0,103 ng/m<sup>3</sup>. De concentraties verschillen onderling sterk tussen meetlocaties. Die verschillen kunnen deels verklaard worden door de afstand tot 3M en de werfzone, de heersende windrichting en de hoeveelheid neerslag. Op meetlocaties op grotere afstand tot 3M en de werfzone worden lagere concentraties gemeten. Er is een sterke verdunning in functie van afstand tot de bron. Op meetlocaties die zich gedurende de bemonsteringsperiode windafwaarts bevonden van 3M en de werfzone, zijn de concentraties verhoogd.

Deze gradiënten en de verhoogde concentratie die gemeten wordt t.o.v. de achtergrond, tonen aan dat er zich PFAS-emissies voordeden in de buurt van 3M en de Oosterweelwerf en dat de windrichting een bepalende invloed heeft op de verdere verspreiding van de PFAS-vervuiling via de lucht. De bijdrage op windafwaartse locaties neemt af met de afstand tot de bron door verdunning.

## HOOFDSTUK 7. BESPREKING MEETRESULTATEN DEPOSITIE

---

Momenteel is er geen toetsingskader voor de depositie van PFAS beschikbaar. Als gevolg kunnen de meetresultaten niet formeel getoetst worden, en kan er ook geen beoordeling gemaakt worden van eventuele blootstellings- en gezondheidsrisico's omwille van PFAS verontreinigde deposities. Er kan wel een relatieve beoordeling gemaakt worden, waarbij de deposities vergeleken worden met de depositie op achtergrondlocatie.

De beoordeling van de depositiemetingen wordt extra bemoeilijkt door de hoge rapporteergrens voor de waterfractie. De gehanteerde methode om hiermee om te gaan kan aanleiding geven tot een onderschatting van de werkelijke deposities.

### 7.1. ALGEMENE BEOORDELING VAN DE GEMIDDELTE DEPOSITIE

De gemiddelde PFAS-deposities variëren sterk tussen de locaties en tussen de verschillende PFAS-componenten (Tabel 13). De deposities gaan van beneden de rapporteergrens tot ca. 90 ng/m<sup>2</sup>/dag, afhankelijk van locatie en PFAS-verbinding.

In onderstaande wordt een analyse gemaakt van de PFAS-deposities in vergelijking tot de achtergrondlocatie en in functie van de afstand tot 3M en de Oosterweelwerf.

#### 7.1.1. DEPOSITIES IN VERGELIJKING MET DE ACHTERGRONDLOCATIE

Er werden depositiemetingen uitgevoerd op een achtergrondlocatie (meetstation N016 in Dessel). We stellen vast dat de depositie van verschillende PFAS niet nul is op de achtergrondlocatie. Voor drie van de vijf belangrijkste componenten (dit is voor PFBA, PFBS en PFOS) wordt er gemiddeld een depositie tussen 3 en 5,8 ng/m<sup>2</sup>/dag gemeten op de achtergrondlocatie. De situatie is dus anders dan bij PFAS in zwevend stof waar we zelden detecteerbare concentraties maten op de achtergrondlocatie.

De depositie van de EFSA-componenten bedraagt gemiddeld 58 ng/m<sup>2</sup>/dag op meetlocatie ZD11, gemiddeld ca. 25 ng/m<sup>2</sup>/dag op ZD08, 19 ng/m<sup>2</sup>/dag op ZD07, ca. 12 ng/m<sup>2</sup>/dag op ZD12 en AL01 en ca. 9 ng/m<sup>2</sup>/dag op R897 (Tabel 13). Dat zijn de locaties in het studiegebied waarvoor de EFSA-PFAS depositie hoger ligt dan de achtergrond.

Dit komt neer op een 10x hogere depositie op ZD11 t.o.v. de achtergrond voor de EFSA-PFAS. Op ZD08 en ZD07 is de depositie respectievelijk 4x en 3x hoger dan op de achtergrond, en afgerond 2x hoger op ZD12, R897 en AL01. Ter vergelijking, de EFSA-PFAS concentratie in zwevend stof was op ZD08 meer dan 100x hoger dan de achtergrond.

De achtergrondwaarden kunnen gebruikt worden om de meetresultaten van andere locaties mee te vergelijken. Dit kan bv. door de achtergronddepositie af te trekken van de depositiewaarden van andere meetlocaties. De bekomen waarde is het depositie-surplus ten opzichte van de achtergrond (Tabel 15) (positief indien verhoging t.o.v. de achtergrond, negatief indien lager dan de achtergrond), maar zegt niets over eventuele gezondheidsrisico's. Het depositie-surplus werd bepaald op de gemiddeldes over heel de meetcampagne (6 maanden).

Op een aantal locaties worden verhoogde deposities t.o.v. de achtergronddeposities waargenomen (Tabel 15 en Figuur 15). Er zijn significante verschillen tussen de meetlocaties en tussen de verschillende PFAS-componenten. De relatieve verschillen ten opzichte van de achtergrond zijn wel beduidend minder groot dan bij de PFAS in zwevend stof.

Voor de EFSA-componenten ligt de depositie op alle meetlocaties behalve op ZD10 hoger dan op de achtergrondlocatie. Voor meetlocaties ZD09 en ZD01 is het depositie-surplus zeer klein (max.+0,2 ng/m<sup>2</sup>/dag), zeker in vergelijking met andere locaties. Op ZD10 is de depositie-surplus negatief, m.a.w. de depositie is hoger op de achtergrondlocatie dan op ZD10.

Op ZD11, ZD08 en ZD07 wordt een depositie-surplus van 12,9 tot 52,1 ng/m<sup>2</sup>/dag vastgesteld, gemiddeld over de gehele meetperiode. Op meetlocaties ZD12, AL01 en R897 is het depositie-surplus minder groot (tussen 3,4 en 6,6 ng/m<sup>2</sup>/dag), maar nog altijd enkele ng/m<sup>2</sup>/dag hoger in vergelijking met de achtergrond.

Op de locatie met gemiddeld de hoogste depositie van EFSA-PFAS (ZD11) is dit voornamelijk toe te schrijven aan het grote aandeel van PFOS in de depositie. Dit wordt ook in mindere mate vastgesteld op locatie ZD07. Met andere woorden, op deze locaties met een hoog depositie-surplus van EFSA-componenten is dat voornamelijk toe te schrijven aan PFOS-depositie. Op ZD08 is de depositie van EFSA-PFAS eveneens sterk verhoogd, maar hier wordt naast een verhoogde PFOS-depositie ook een verhoogde PFOA-depositie vastgesteld (door 2 hoge meetwaarden op totaal van 6). Op ZD12 is de depositie van PFO en PFOA ook vergelijkbaar. Op meetlocaties ZD12, AL01 en R897 is de verhoogde depositie van EFSA-PFAS voornamelijk te wijten aan PFOA-depositie.

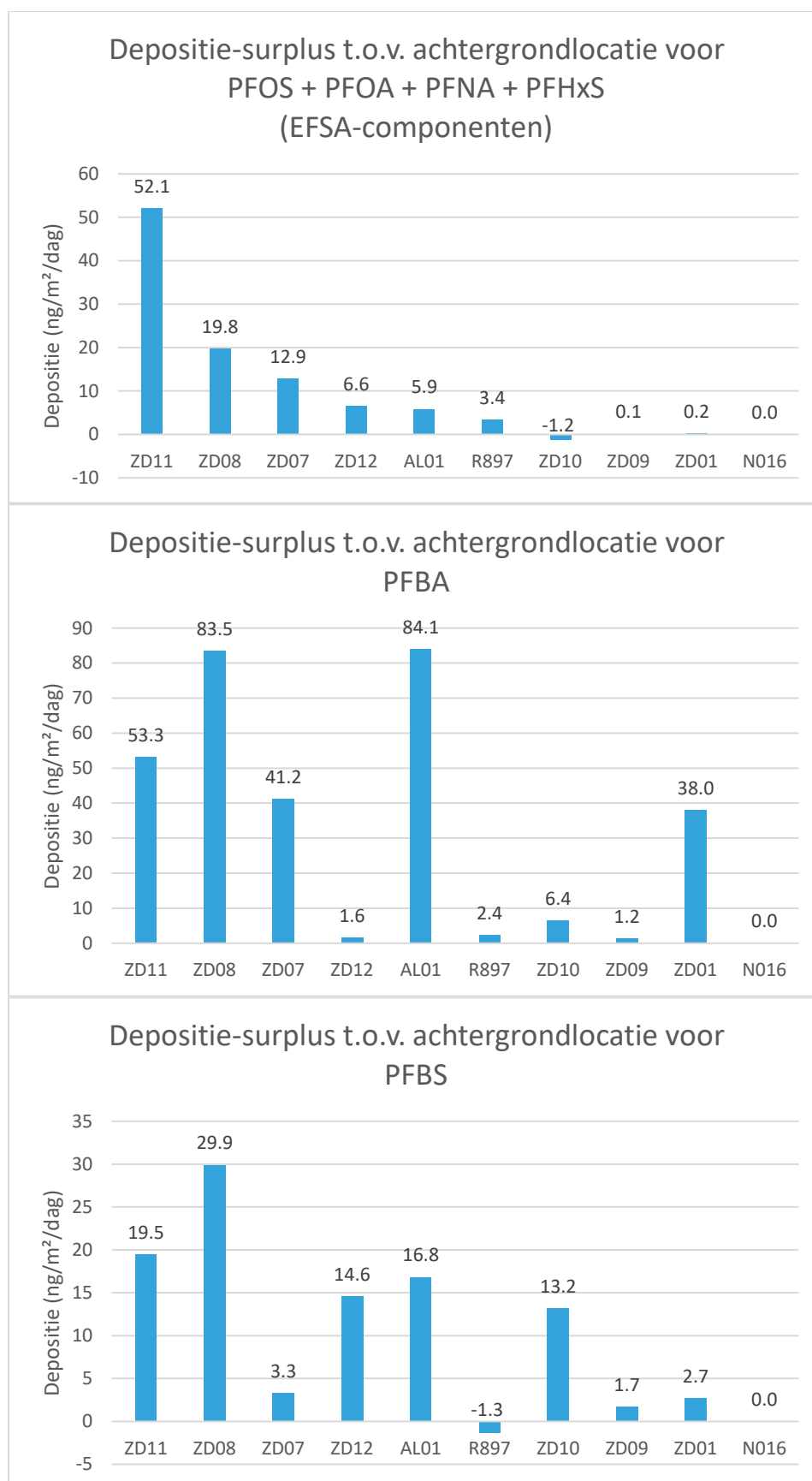
PFOSA is enkel verhoogd op ZD11, en op ZD08 en ZD07 in beperkte mate. Op de andere locaties wordt PFOSA niet of heel beperkt gemeten in de depositie.

Voor PFBA worden eveneens de hoogste deposities vastgesteld op locaties ZD11, ZD08, ZD07, maar opvallend ook op AL01 (+84,1 ng/m<sup>2</sup>/dag) en ZD01 (+38,0 ng/m<sup>2</sup>/dag). Deze hoge gemiddeldes zijn toe te schrijven aan telkens één depositiemonster waar zeer hoge concentraties gemeten werden in vergelijking met de andere monsters vanop die locatie (voor meer details zie onder).

Voor PFBS zijn de gemiddelde deposities eveneens het hoogst op ZD11 en ZD08, aangevuld met AL01, ZD12 en ZD10. ZD10 is een locatie waar de depositie van de EFSA-componenten lager ligt dan op de achtergrondlocatie. Op R897 werd een iets lagere PFBS-depositie gemeten dan op de achtergrondlocatie.

Tabel 15: Absoluut verschil in depositie tussen de meetlocaties en de achtergrondlocatie N016, uitgedrukt in ng/m<sup>2</sup>/dag. De meetlocaties zijn gerangschikt volgens afnemende depositie van de EFSA-componenten.

	PFBA	PFOA	PFBS	PFOS	PFOSA	EFSA comp
ZD11	+53,3	+8,8	+19,5	+42,8	+9,4	+52,1
ZD08	+83,5	+9,9	+29,9	+9,5	+2,8	+19,8
ZD07	+41,2	+1,4	+3,3	+11,3	+1,1	+12,9
ZD12	+1,6	+3,3	+14,6	+3,1	+0,2	+6,6
AL01	+84,1	+5,0	+16,8	+1,0	+0,0	+5,9
R897	+2,4	+3,0	-1,3	+0,4	+0,4	+3,4
ZD10	+6,4	+0,0	+13,2	-1,2	+0,0	-1,2
ZD09	+1,2	+0,2	+1,7	-0,2	+0,1	+0,1
ZD01	+38,0	+0,1	+2,7	+0,2	+0,0	+0,2
N016 (achtergrond)	/	/	/	/	/	/

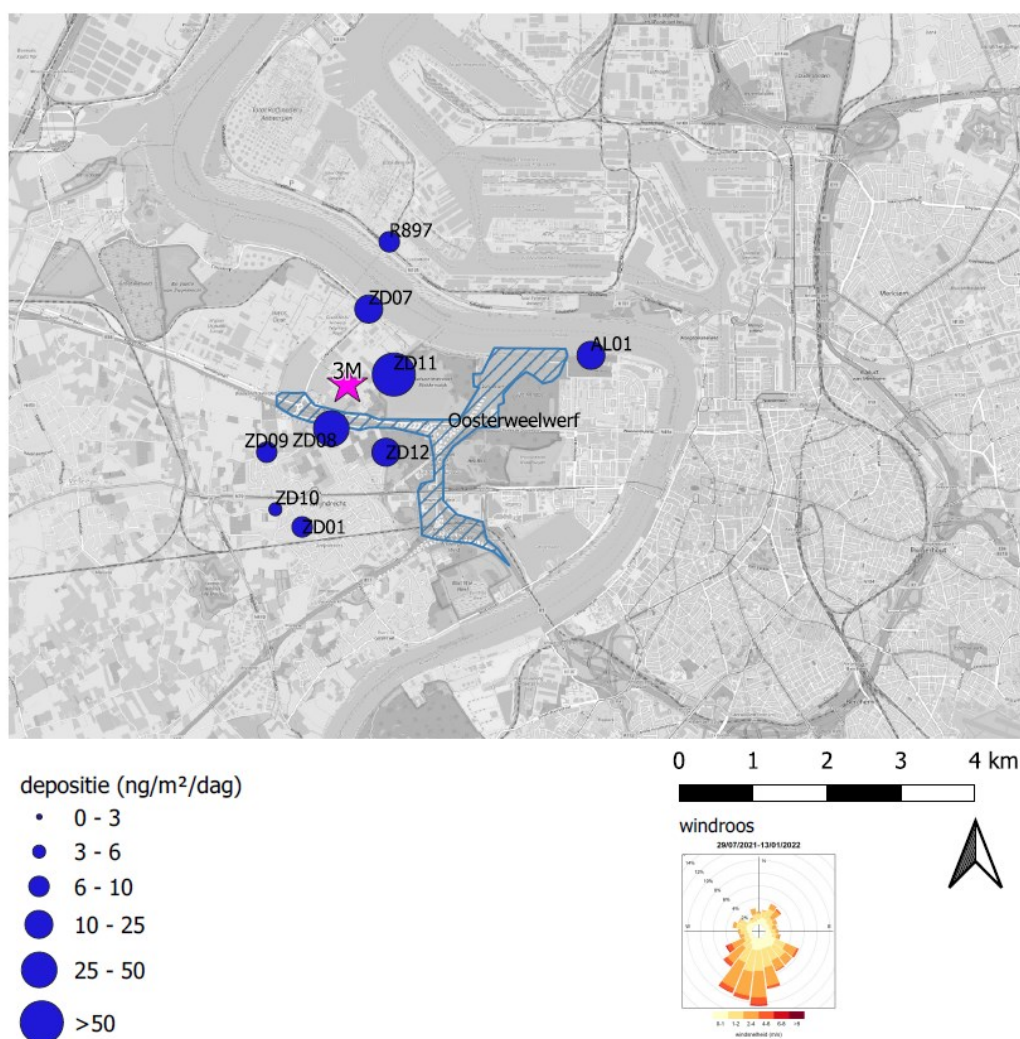


Figuur 15: Absoluut verschil tussen de depositie van EFSA-componenten, PFBA en PFBS op de meetlocaties t.o.v. de depositie op de achtergrondlocatie. De gemiddelde achtergrondconcentratie bedroeg 6 ng/m²/dag (EFSA-componenten), 4,1 ng/m²/dag (PFBA) en 3,0 ng/m³/dag (PFBS).

De gemiddelde depositie van PFBA is opvallend sterk verhoogd op ZD08 en AL01. Dit is voornamelijk toe te schrijven aan een hoge depositie in oktober op beide meetlocaties (in de waterfase, zie 7.3). In de andere maanden liggen de meetwaarden veel lager, en in dezelfde grootteorde als de andere meetlocaties in de buurt. De gegevens zijn op dit moment nog te beperkt om dit te duiden en in te schatten of de verhoogde waarden zich frequent voordoen, en om een verdere interpretatie te maken in functie van mogelijke verklarende factoren. Dit kan best verder opgevolgd worden.

### 7.1.2. DEPOSITIE IN FUNCTIE VAN DE AFSTAND TOT 3M EN DE WERFZONE

De meetlocaties bevinden zich op verschillende afstand en windrichting t.o.v. de werfzone en 3M (zie Figuur 16). De gemiddelde depositie van EFSA-componenten vertoont een dalende gradiënt met toenemende afstand tot 3M en de huidige werfzone (Figuur 16). De hoogste deposities worden gemeten op ZD11 en ZD08 dichtst bij 3M en de werf, gevolgd door iets verder afgelegen locaties ZD07 en ZD12, AL01 en R987. De deposities voor ZD10, ZD09 en ZD01 liggen dicht bij achtergrondniveau. Deze meetlocaties liggen ten Z-ZO van 3M en de werfzone en voor een groot deel van de tijd niet windafwaarts, waardoor de gemiddelde depositie lager is dan op meetlocaties die op vergelijkbare (of zelfs grotere) afstand liggen ten N en NO.



Figuur 16: Kaart met de gemiddelde depositie EFSA-PFAS gemeten op een aantal locaties in Zwijndrecht en de omgeving van 3M gedurende ongeveer 6 maanden.

De dalende gradiënt in functie van toenemende afstand tot 3M en de werfzone gaat niet altijd op voor andere PFAS-verbindingen. Met name werden er hoge PFBA-deposities vastgesteld op de iets verder gelegen meetlocatie AL01 en ZD01 (zie Tabel 15).

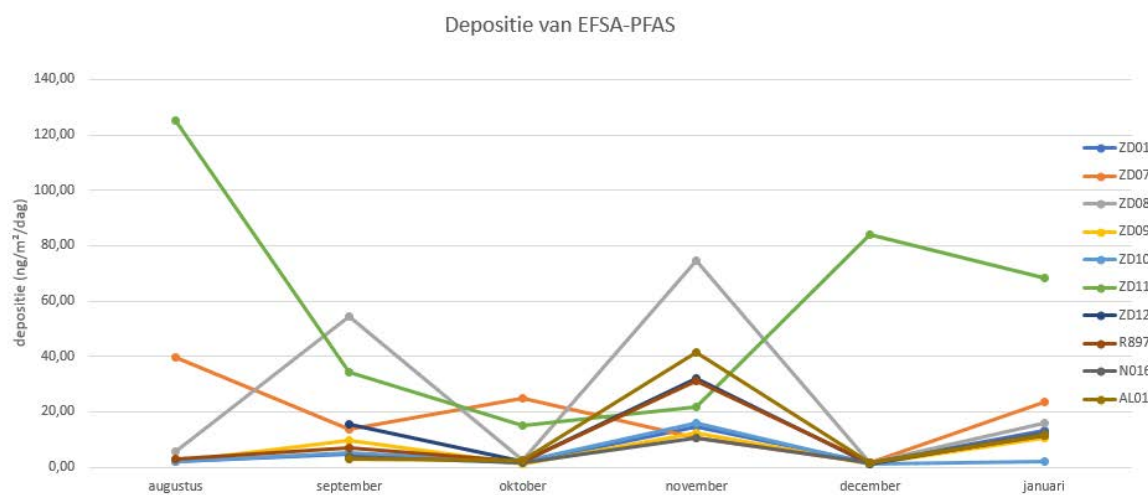
## 7.2. DEPOSITIE PER MAAND

De deposities worden hier afzonderlijk per maand bekeken gedurende de looptijd van de meetcampagne.

### 7.2.1. EFSA-COMPONENTEN

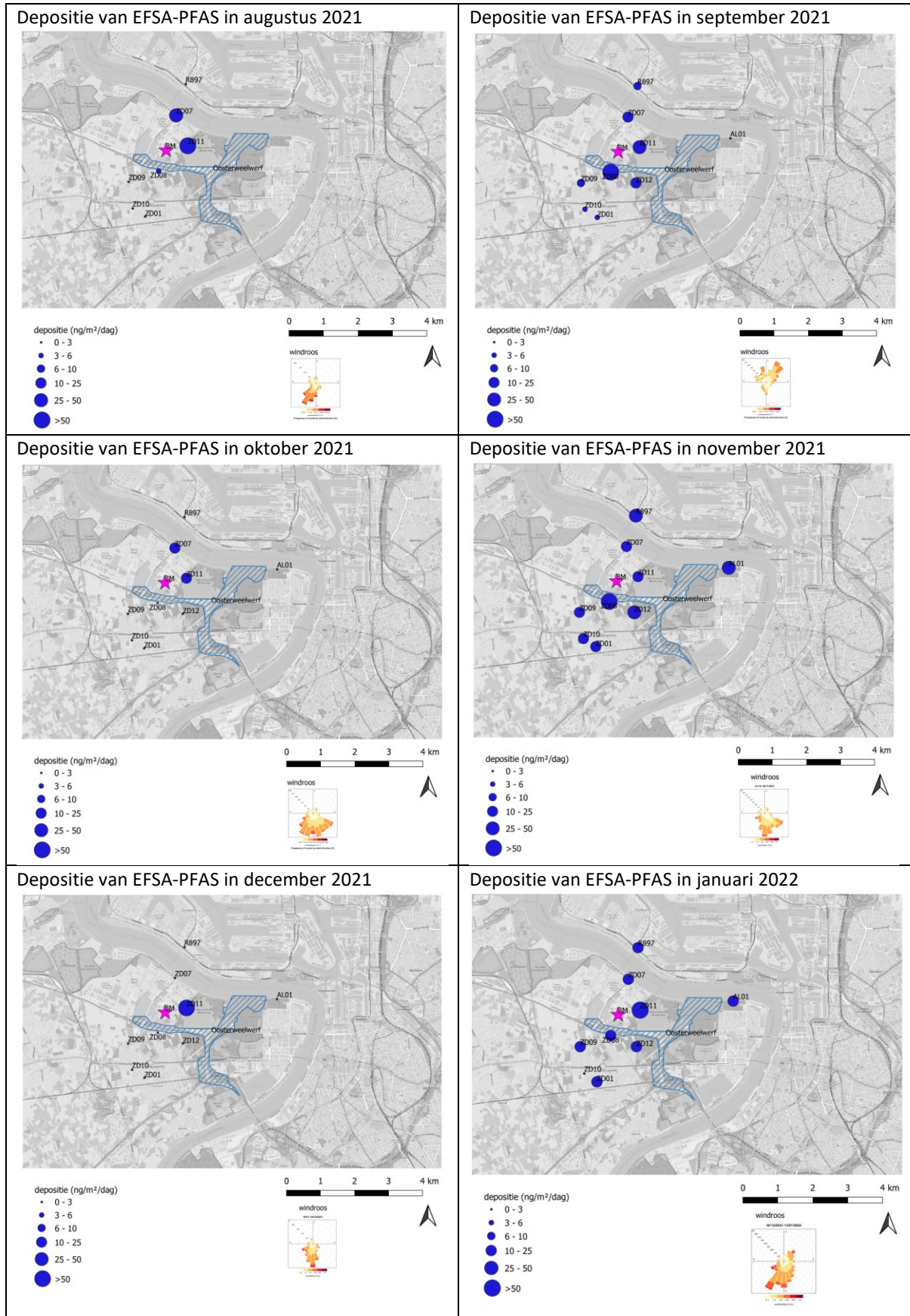
De depositiemetingen worden per maand afzonderlijk weergegeven voor de EFSA-componenten in Figuur 17 en Figuur 18 (op kaart). Er worden grote verschillen tussen de maanden vastgesteld. Op ZD11 dichtbij 3M was de depositie het hoogst in augustus, december en januari (meetresultaat voor oktober kan wel een onderschatting zijn). Op ZD08 is de depositie het hoogst in september en november. Op ZD07 is de depositie het hoogst in augustus, oktober en januari. Op de andere meetlocaties werden de hoogste deposities gemeten in de maand november. De hogere waarden in november kunnen - zeker deels - verklaard worden door de lagere rapporteergrenzen die bij de analyses voor november (meer specifiek de analyse van de waterfractie van het depositiemonster) gehaald werden. In andere maanden lagen de rapporteergrenzen in het algemeen hoger dan in november. Door die meetresultaten gelijk te stellen aan nul bestaat de kans dat de deposities onderschat werden in tegenstelling tot de metingen van november.

Het is moeilijk om de depositieverschillen tussen maanden te verklaren. Augustus, oktober en december waren maanden waarop de meetlocaties ZD09, ZD10 en ZD01 windafwaarts gelegen waren, wat ook weerspiegeld wordt in lage deposities in die maanden. Dat geldt ook voor november, wanneer er toch juist een iets hogere depositie wordt gemeten op die locaties, wat kan verklaard worden door de beperkte neerslaghoeveelheid waardoor de detectielimiet van de analyse lager ligt. In september en januari was er wel vrij veel wind uit N en NO, en ligt de depositie ook hoger, behalve op ZD10.



*Figuur 17: Depositie van de EFSA-componenten in de maanden augustus t.e.m. januari (voor exacte datums van de bemonsteringsperiodes, zie Tabel 7). Het meetresultaat voor oktober op ZD11 is mogelijks een onderschatting (uitleg, zie Tabel 7).*

Enkele opvallende vaststellingen zijn dat de depositie in december op alle locaties laag was, behalve op ZD11, die het dichtst bij 3M en de werf gelegen is. In november liggen de deposities hoger, wat mogelijks toe te schrijven is aan de beperkte neerslaghoeveelheid en nauwkeurigere analyse die daardoor kon uitgevoerd worden. Het depositieverloop op ZD11 en ZD07 verschilt sterk van het verloop op de meeste andere locaties.

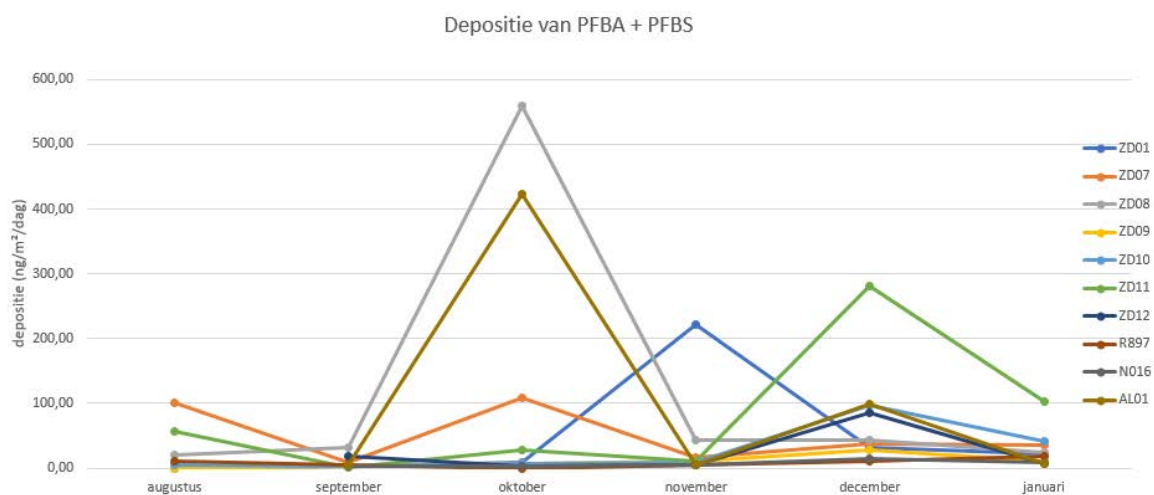


Figuur 18: Depositie van de EFSA-componenten (PFNA+PFOA+PFHxS+PFOS) in de maanden augustus (a), september (b), oktober (c), november (d), december(e) en januari (f). Dezelfde schaalverdeling werd gebruikt voor elke maand.

### 7.2.2. PFBA EN PFBS

De depositie van PFBA en PFBS (i.e. de meest voorkomende PFAS-verbindingen in depositie) vertonen grote variaties van maand tot maand. De hoogste deposities worden vastgesteld in oktober op ZD08 en AL01 (som PFBA en PFBS respectievelijk 400 en 550 ng/m<sup>2</sup>/dag), en beperkter op ZD11 in december (280 ng/m<sup>2</sup>/dag) en ZD01 in november (221 ng/m<sup>2</sup>/dag). Er komen nog enkele pieken tot 100 ng/m<sup>2</sup>/dag voor op andere locaties.

Het tijdsverloop van de PFBA- en PFBS-depositie verschilt sterk met de depositie van EFSA-componenten. De depositie van EFSA-PFAS was laag in december, maar niet voor PFBA en PFBS. De depositie van PFBA en PFBS is laag in september, terwijl de depositie van EFSA-PFAS dan juist relatief hoog is op een aantal locaties. De maanden waarop en de locaties waar piekdeposities gemeten worden komen ook meestal niet overeen voor EFSA-PFAS en PFBA/PFBS. Deze verschillen kunnen wijzen op een verschillende emissiebron van PFBA/PFBS en EFSA-PFAS.



Figuur 19: Depositie van de PFBA + PFBS in de maanden augustus t/m januari.

## 7.3. OPDELING WATER- EN STOFFRACTIE

### 7.3.1. EFSA-COMPONENTEN

De deposities van EFSA-componenten worden in op één na alle monsters teruggevonden bij de analyse van de **stoffractie**. Zoals hoger aangegeven komt voornamelijk PFOS voor, PFOA in mindere mate en ook niet in alle monsters, en PFNA en PFHxS komen in lage gehalten voor, in een beperkt aantal monsters.

Op een totaal van 49 monsters waarin **water** aanwezig was, werd in 24 monsters een gehalte bepaald dat boven de rapporteergrens lag. In al deze monsters was er een meetbare hoeveelheid PFOS in de waterfase aanwezig.

Over alle monsters wordt het totaal gehalte van de EFSA-PFAS in de depositie niet (0%) tot volledig (100%) teruggevonden in de stoffase (gemiddeld 63% in stof). Wanneer er echter een meetbaar gehalte in de waterfase zit, dan wordt slecht ongeveer 15% van het totaalgehalte teruggevonden in de stoffractie, en 85% in de waterfractie.

De hoge rapporteergrens van de waterfractie is nadelig, omdat relatief hoge gehalten op die manier onopgespoord kunnen blijven.



**7.3.2. PFBA**

Gemiddeld over alle depositiemonsters werd 51% van de PFBA gemeten in de waterfase en 49% in de stoffase. De depositie van PFBA in water- of stoffase varieert van 0 tot 100%, er worden grote verschillen vastgesteld van monster tot monster. In de depositiemonsters waar PFBA werd gemeten in de waterfase ligt het aandeel gemiddeld op 86% van de totale depositiehoeveelheid. Dit is vergelijkbaar met het resultaat voor de EFSA-PFAS.

**7.3.3. BELANG VAN NATTE DEPOSITIE**

Algemeen kan gesteld worden dat de hoogste deposities gemeten worden wanneer PFAS in de waterfase aanwezig zijn. Dit suggereert dat natte depositie een belangrijke depositieroute is voor PFAS. Echter, in de droge maand september was er toch een relatief hoge depositie van EFSA-PFAS op de meetlocaties dichtbij 3M en de Oosterweelwerf. De PFBA- en PFBS-depositie was in september wel laag.

**7.4. EXTRAPOLATIE OVER LANGERE TERMIJN**

Op basis van de beschikbare meetgegevens en gegeven de grote variabiliteit van maand tot maand, kan er op dit moment nog geen nauwkeurige inschatting worden gemaakt van de depositiehoeveelheden over een langere termijn. Er kan hoogstens een ruwe en indicatieve inschatting gemaakt worden door de gemiddelde dagelijkse deposities te vermenigvuldigen met 365 (Tabel 16).

Tabel 16: Indicatieve inschatting van de gemiddelde depositie uitgedrukt per jaar.

	PFBA µg/m <sup>2</sup> /jaar	PFBS µg/m <sup>2</sup> /jaar	PFOA µg/m <sup>2</sup> /jaar	PFOS µg/m <sup>2</sup> /jaar	PFOSA µg/m <sup>2</sup> /jaar	EFSA comp µg/m <sup>2</sup> /jaar
ZD01	15,4	2,1	0,1	2,2	0,0	2,3
ZD07	16,5	2,3	0,6	6,2	0,4	6,9
ZD08	32,0	12,0	3,7	5,6	1,0	9,4
ZD09	1,9	1,7	0,2	2,0	0,0	2,2
ZD10	3,8	5,9	0,1	1,7	0,0	1,7
ZD11	20,9	8,2	3,3	17,7	3,4	21,2
ZD12	2,1	6,4	1,3	3,2	0,1	4,6
R897	2,3	0,6	1,2	2,2	0,1	3,4
AL01	32,2	7,2	1,9	2,5	0,0	4,3
N016	1,5	1,1	0,1	2,1	0,0	2,2



## HOOFDSTUK 8. EXTRA KADERING

### 8.1. VERGELIJKING OMGEVINGSLUCHT EN DEPOSITIE

#### 8.1.1. BELANGRIJKSTE PFAS-VERBINDINGEN

Uit deze metingen blijkt dat in zwevend stof PFOS de belangrijkste PFAS-verbinding is (65% van totale concentratie PFAS). In depositie wordt voornamelijk PFBA (50%), PFBS (19%) en PFOS (18%) gemeten. De meest voorkomende verbindingen in de depositie, namelijk PFBA en PFBS, vertegenwoordigen een beperkt aandeel in zwevend stof (respectievelijk 1,9% en 2,2%).

Het verschil in voorkomen van PFBA en PFBS in deposities en zwevend stof kan deels verklaard worden door het verschil in oplosbaarheid in water. Stoffen die goed oplosbaar zijn (PFBA en PFBS) worden in hogere mate uit de lucht gewassen onder de vorm van natte depositie. Anderzijds kan ook het feit dat enkel de stofvormige fractie van de omgevingslucht bemonsterd werd en dat vluchtige verbindingen en/of zeer kleine stofdeeltjes niet geïncollateerd worden op filter een deel van de verklaring zijn.

Er werden ter hoogte van de Oosterweelwerken een aantal luchtmetingen uitgevoerd waarbij een simultane bemonstering van zowel de stofvormige fractie (op filter) als de vluchtige fractie (op PUF) werd uitgevoerd. De metingen werden uitgevoerd op ongeveer 200 m ten N van ZD08 in de tweede helft van 2021. Er werd vastgesteld dat bepaalde PFAS-verbindingen voornamelijk in de stofvormige fractie zitten, en andere in de gasvormige fractie. Met name de langere keten PFAS-verbinding (PFOS en PFOA, EFSA-componenten) zitten grotendeels in de stofvormige fractie. Kortere keten PFAS-verbindingen zoals PFBA en PFBS zitten grotendeels in de gasvormige fase (Tabel 17).

Tabel 17: Bijdrage stofvormige en vluchtige PFAS-verbindingen in de omgevingslucht.

	som van EFSA comp	T PFOS	T PFOA	PFBA	PFBS
<b>concentratie</b>	0,187 ng/m <sup>3</sup>	0,158 ng/m <sup>3</sup>	0,022 ng/m <sup>3</sup>	0,797 ng/m <sup>3</sup>	0,021 ng/m <sup>3</sup>
<b>% gasvormig</b>	13%	12%	26%	97%	87%
<b>% stofvormig</b>	87%	88%	74%	3%	13%

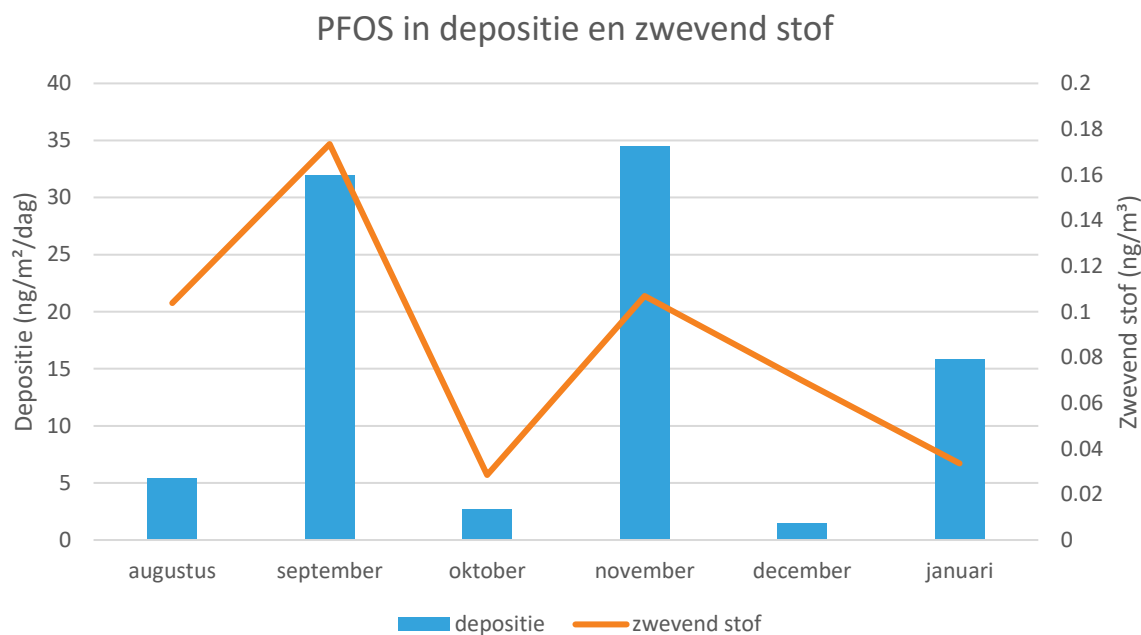
#### 8.1.2. PFOS IN OMGEVINGSLUCHT EN DEPOSITIE

Deposities en concentraties in de omgevingslucht zijn niet noodzakelijk positief gecorreleerd. Regenval bijvoorbeeld, resulteert algemeen in lagere stofconcentraties in de omgevingslucht, terwijl natte depositie juist toeneemt onder die omstandigheden.

De PFOS-concentraties in omgevingslucht werden uitgemiddeld naar de periodes waarover de depositiemonsters genomen werden (benaderend, meetplan verloopt niet exact simultaan) voor meetlocaties met de hoogste PFOS-concentraties in zwevend stof, namelijk ZD08 (Figuur 20). Het verloop van deposities en concentraties in zwevend stof vertoont gelijkenissen in de tijd (bv. pieken in september en november), maar ook verschillen (bv. relatief hoge concentratie in zwevend stof t.o.v. deposities in december, omgekeerd in januari).

Op basis van de beschikbare meetresultaten (6 punten), wordt een zwak positief verband vastgesteld tussen depositie en concentratie in zwevend stof.

Voor de EFSA-PFAS zijn de resultaten sterk gelijkend. Voor andere PFAS-verbindingen zoals PFBA en PFBS, werd de analyse niet gemaakt aangezien die in zeer lage concentraties voorkwamen in zwevend stof.



Figuur 20: Tijdsverloop van PFOS-depositie en concentratie in zwevend stof op meetlocatie ZD08.

## 8.2. LITERATUUR

De gerapporteerde datasets van PFAS-concentraties in de omgevingslucht zijn nog behoorlijk schaars. Algemeen worden voor PFAS die in de lucht worden aangetroffen verhoogde concentraties waargenomen of verwacht dichtbij belangrijke emissiebronnen, zoals:

- industriële installaties die PFAS-chemicaliën of -producten produceren;
- zones waar fluorhoudend blusschuim van klasse B wordt gebruikt of vrijkomt;
- stortplaatsen en afvalwaterzuiveringsinstallaties;
- gebieden waar meststoffen worden geproduceerd en toegepast.

De gerapporteerde concentraties voor PFAS waaronder PFOA en PFOS vallen meestal binnen een bereik van ongeveer 0,001-0,020 ng/m<sup>3</sup>, hoewel concentraties van PFOA tot 0,9 ng/m<sup>3</sup> zijn waargenomen in de buurt van een grote productiefaciliteit (Barton et al. 2006).

Zhou et al. (2021) stelden vast dat PFOS een belangrijke bijdrage heeft aan de PFAS-samenstelling in zwevend stof (PM<sub>2,5</sub>-fractie) in North-Caroline ongeveer 20 jaar na het einde van de PFOS-productie in de US. Kwartaalgemiddelde concentraties van PFOA en PFOS varieerden van <0,00018 ng/m<sup>3</sup> tot 0,014 pg/m<sup>3</sup> (hoogste PFOS meting van 0,005 pg/m<sup>3</sup>). Lin et al. (2021) vonden in de TSP-fractie van de buitenlucht in Karachi, Pakistan, tijdens de winter verschillende PFAS-verbindingen. PFBA kwam in de hoogste gemiddelde concentratie voor (0,003 ng/m<sup>3</sup>), wat overeenkwam met 32% van de totale PFAS. De dagelijkse opname van PFAS via inhalatie werd berekend. De *hazard quotient* (HQ) van PFOS en PFOA was significant lager dan 1, waardoor besloten kon worden dat het onwaarschijnlijk is (*less or unlikely*) dat de blootstelling via inhalatie leidt tot niet-kanker effecten.

Zhang et al. (2016) bepaalden de PFAS-concentratie in zwevend stof (PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> en TSP fracties) in Peking. PFBA, PFPeA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnA en PFOS werd gedetecteerd in zwevend stof. De concentraties in TSP waren iets hoger in vergelijking met PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub>.

Meetresultaten werden uitgedrukt per g zwevend stof. De som van alle PFAS-concentraties waren 87,03-96,77 ng/g voor PM<sub>2,5</sub>, 99-82-101,41 ng/g PM<sub>10</sub><sup>17</sup> (komt overeen met ongeveer 0,005-0,010 ng/m<sup>3</sup>, inschatting) en 118,69-141,87 ng/g voor TSP.

Ge et al. (2017) bestudeerden de seizoensgebonden dynamiek van PFAS in verschillende stoffracties. Er werd bemonsterd in vier steden in Azië. PFOS zat voornamelijk in de grovere stoffractie (PFOS-piekconcentraties allemaal in de 2,5–10 µm stoffractie). Andere PFAS, waaronder PFOA, waren gelijkmatiger verdeeld over de verschillende stoffracties. De totale PFAS-concentratie varieerde sterk tussen seizoenen, en kon in verband gebracht worden met de neerslaghoeveelheid. De totale PFAS-concentratie varieerde over seizoenen en fijnstoffracties (deeltjesdiameterklassen) tussen <RG en ongeveer 0,015 ng/m<sup>3</sup>. De gemiddelde concentraties worden niet gerapporteerd per stad. Er wordt wel aangegeven dat de verschillen in concentratie tussen steden kunnen verschillen met een factor >2.

Het is niet eenvoudig om een vergelijking te maken tussen de metingen in Zwijndrecht en de metingen die in de literatuur gerapporteerd worden. Toch zijn er een aantal vaststellingen in de literatuur die bevestigd worden in deze studie:

- PFOS wordt in de meeste studies gedetecteerd in de buitenlucht. In deze studie was PFOS de belangrijkste PFAS-verbinding in het zwevend stof;
- De PFOS-concentratie in zwevend stof ligt in een bereik van 0,001-0,020 ng/m<sup>3</sup>. De gemiddelde concentraties gemeten in deze studie liggen grotendeels in dat bereik. De PFOS-concentratie dichtbij de werkzaamheden en 3M is wel significant hoger (0,088 ng/m<sup>3</sup>)
- PFOS bevindt zich voornamelijk in de grovere fractie van het zwevend stof. In deze studie werd geen opdeling gemaakt naar deeltjesdiameter. Het feit dat er voor PFOS een sterk dalende gradiënt met afstand tot de bron(nen) vastgesteld werd, zou kunnen verklaard worden door stofuitval van de grovere, meest PFOS-houdende stoffractie en daardoor een lagere bijdrage verder af. Dit kon met de meetopzet van deze studie niet bevestigd worden.
- Er worden grote variaties in de tijd vastgesteld in de PFAS-concentraties. Variatie in neerslag is hier één van de mogelijke verklarende factoren.

Shimizu et al. (2021) bestudeerden de natte en droge deposities van PFAS aan de zuidkust van de US in Wilmington op ongeveer 110 km van een productiesite van PFAS. Er werden 6 PFAS-verbindingen geanalyseerd (waaronder PFOS). De droge depositie bedroeg tussen 0,3-29 ng/m<sup>2</sup>/dag en de natte depositie varieerde van onder de detectielimiet tot 110 ng/L. Op basis van deze metingen werd een jaarlijkse flux berekend voor de totale PFAS, die gemiddeld 30 µg/m<sup>2</sup>/dag bedroeg voor natte depositie en 1,4 µg/m<sup>2</sup>/dag voor droge depositie. Voor PFOS was de jaargemiddelde depositie ongeveer 18 µg/m<sup>2</sup>. De auteurs concluderen dat natte depositie de belangrijkste depositieroute is omdat PFAS efficiënter verwijderd worden uit de atmosfeer door neerslag. De studie toont ook aan dat PFAS over grote afstanden getransporteerd kunnen worden, alvorens ze via regendruppels op het oppervlak terecht komen.

Enkele bevindingen uit de studie van Shimizu et al. worden in deze studie bevestigd. In de depositie op de achtergrondlocatie in Dessel, op ongeveer 50 km van het studiegebied, werden PFAS gedetecteerd. Dit zou ook kunnen wijzen op transport over grotere afstand, maar dit werd niet verder bestudeerd. De concentraties zijn moeilijk te vergelijken omdat de belangrijkste PFAS-verbindingen

<sup>17</sup> Rekenvoorbeeld: de PFAS-concentratie in PM<sub>10</sub> is ongeveer 100 ng/g. Dit komt overeen met een concentratie van 0,005 ng/m<sup>3</sup>, uitgaande van een PM<sub>10</sub>-concentratie van 50 µg/m<sup>3</sup> (wat in België redelijk hoog is, maar zeker niet abnormaal) en 0,010 ng/m<sup>3</sup> uitgaande van een PM<sub>10</sub>-concentratie van 100 µg/m<sup>3</sup> (in Peking is de PM<sub>10</sub>-concentratie over het algemeen hoger dan in Belgische steden; voor periode 2013-2015 was het 2-jarig gemiddelde voor PM<sub>2,5</sub> 83 µg/m<sup>3</sup> (Batterman et al., 2016). Mogelijks ligt de concentratie nog iets hoger. Dit is een inschatting.

gemeten in de deposities in deze studie, niet opgenomen zijn in de PFAS-verbindingen die bepaald werden door Shimizu et al..

Voor PFOS (gemiddeld 18% van de deposities in deze studie) werd op locatie N016 de gemiddelde jaarlijkse depositie van  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^2$  geschat. Dit is lager dan de jaargemiddelde depositie van  $18 \mu\text{g}/\text{m}^2$  in Shimizu et al. Het jaargemiddelde op meetlocatie ZD11 van  $17,2 \mu\text{g}/\text{m}^2$  ligt wel in dezelfde grootteorde. Tenslotte wordt het belang van natte depositie en de relatie met neerslag in beide studies bevestigd.

Naast actieve bemonstering en depositie worden ook passieve samplers ingezet om PFAS-concentraties te meten. Met passieve samplers kunnen gasvormige verbindingen gecollecteerd worden zonder pomp. Passieve samplers worden typisch ingezet gedurende langere periode (blootstelling gedurende weken, maanden). In het *Global Atmospheric Passive Sampling (GAPS) monitoring network* werd de concentratie van 24 PFAS (oa. PFOS, PFOA, PFBS, PFBA, 6:2 FTS,...) gemeten met passieve samplers op 21 sites (2009-2015). Meetwaarden situeren zich tussen  $0,022$  en  $2200 \text{ pg}/\text{m}^3$  (Rauert et al. 2018). Andere studies met passieve samplers rapporteren volgende meetwaarden: tot  $9,5 \text{ ng}/\text{m}^3$  rond *landfills* (Tian et al. 2018),  $0,070$ - $0,250 \text{ ng}/\text{m}^3$  (14 PFAS) in Tibet (Wang et al. 2018). De PFOA-concentratie in NW-Europa (actieve bemonstering + XAD) was  $0,001$ - $0,818 \text{ ng}/\text{m}^3$  en  $0,005$ - $0,243 \text{ pg}/\text{m}^3$  voor FTOH (Barber et al. 2007).

---

## HOOFDSTUK 9. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

---

De belangrijkste conclusies van deze studie worden overlopen aan de hand van onderzoeksvragen en antwoorden.

### 9.1. BELANGRIJKSTE BEVINDINGEN VAN DIT ONDERZOEK

#### → Worden er PFAS-verbindingen gemeten in de omgevingslucht?

Ja, op elk van de meetlocaties werden PFAS-verbindingen gemeten. Er werden wel grote verschillen in concentraties vastgesteld tussen de meetlocaties en tussen de PFAS-verbindingen. Een belangrijke kanttekening is dat de bemonstering er enkel op gericht was om zwevend stof uit de omgevingslucht te capteren en te analyseren. Er werd geen bemonstering uitgevoerd specifiek voor de vluchtige PFAS.

#### → Welk zijn de belangrijkste PFAS-verbindingen in de omgevingslucht?

PFOS is de PFAS-verbinding die het meest vertegenwoordigd is (afgerond ongeveer 66% van de totale PFAS-concentratie) in zwevend stof. PFOA is de op één na meest voorkomende PFAS-verbinding, met een gemiddeld aandeel van meer dan 7% van het totaal. Andere PFAS-verbindingen komen in veel lagere concentraties voor.

#### → Hoe hoog liggen de PFAS-concentraties in de omgevingslucht?

Om deze evaluatie te maken werd de focus gelegd op PFOS en PFOA, de twee meest voorkomende PFAS-verbindingen in omgevingslucht, en de “EFSA-componenten”. De EFSA-componenten zijn de som van PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS, en vertegenwoordigen een gemiddeld aandeel van bijna 80% van de totale PFAS-concentratie in de omgevingslucht. Bovendien wordt het tijdelijk toetsingskader voor PFAS in omgevingslucht beoordeeld voor de EFSA-componenten.

Tijdens de meetperiode werd de hoogste gemiddelde concentratie van 0,103 ng/m<sup>3</sup> (EFSA-componenten) gemeten op meetlocatie ZD08. ZD08 is de meetlocatie het dichtst bij 3M en de Oosterweelwerf. Op de andere locaties in de buurt van 3M en de Oosterweelwerf liggen de concentraties lager (0,005 tot 0,016 ng/m<sup>3</sup>). Op de meetlocatie R818 en op de achtergrondlocatie is de gemiddelde concentratie 0,001 ng/m<sup>3</sup>. De concentraties in de buurt van 3M en de Oosterweelwerf zijn duidelijk verhoogd t.o.v. de achtergrondlocatie en liggen binnen het bereik van de beperkt beschikbare internationaal gerapporteerde resultaten.

Er is een sterke lokale gradiënt in concentraties. De concentraties zijn het hoogst nabij 3M en de Oosterweelwerf, en nemen sterk af met toenemende afstand. De windrichting is bepalend voor de PFAS-concentraties op de meetpunten. Wanneer de meetpunten windafwaarts gelegen zijn van 3M en de Oosterweelwerf zijn de concentraties verhoogd t.o.v. windopwaarts gemeten concentraties. Dit betekent dat de verhoogde concentraties het gevolg zijn van PFAS-houdende emissies uit de zone 3M en Oosterweelwerf. Op basis van de meetlocaties kan geen onderscheid gemaakt worden tussen deze locaties.

#### → Worden er PFAS-verbindingen gemeten in de depositie?

Ja, op elk van de meetlocaties werden PFAS-verbindingen gemeten in de depositie. Er werden wel grote verschillen vastgesteld tussen meetlocaties en tussen de waargenomen PFAS-verbindingen.

### → Welk zijn de belangrijkste PFAS-verbindingen in de deposities?

Gemiddeld over alle depositiemetingen (op alle meetlocaties, inclusief de achtergrondlocatie), zijn er vijf PFAS-verbindingen die een aandeel van >1% van de totale PFAS-depositie vertegenwoordigen, met name PFBA, PFBS, PFOS, PFOA en PFOSA. PFBA (50%) en PFBS (19%) vertegenwoordigen het grootste aandeel. Beide zijn goed oplosbaar in water, wat hun belangrijke bijdrage via natte depositie zou kunnen verklaren. PFOS vertegenwoordigt gemiddeld 18% van PFAS via depositie. De verbindingen PFBA, PFBS en PFOS zijn samen goed voor gemiddeld bijna 90% van de totale depositiehoeveelheid aan PFAS.

### → Is er een gezondheidsrisico door blootstelling aan PFAS-verbindingen in de omgevingslucht?

Momenteel wordt er gebruik gemaakt van een tijdelijk toetsingskader om het blootstellingsrisico te bepalen. De grenswaarde (ondergrens) is voor de EFSA-componenten vastgelegd op 0,4 ng/m<sup>3</sup> voor chronische blootstelling. Aan deze waarde kunnen de gemiddelde gemeten concentraties getoetst worden.

Op alle meetlocaties ligt de PFAS-concentratie in omgevingslucht ruim onder de toetsingswaarde waardoor het gezondheidsrisico door blootstelling via de omgevingslucht tijdens de meetperiode als verwaarloosbaar wordt beoordeeld. De hoogste concentratie (0,103 ng/m<sup>3</sup>, gemeten in Zwijndrecht ter hoogte van de E34) is ongeveer vier keer lager dan de toetsingswaarde (0,4 ng/m<sup>3</sup>). De concentratie in het centrum van Zwijndrecht (0,007 ng/m<sup>3</sup>, gemeten aan het sportcentrum Den Draver) ligt meer dan 50 keer onder de toetsingswaarde. Hoewel de concentraties sterk variëren in de tijd en soms hoger liggen dan de toetsingswaarde, wordt dit niet als zorgwekkend gezien aangezien de EFSA-toetsingswaarde wordt gehanteerd voor chronische lange-termijnblootstelling.

### → Hoe hoog zijn de deposities?

De deposities, gemeten tijdens de tweede helft van 2021, verschillen sterk tussen meetlocaties en tussen PFAS-verbindingen. Voor de meest aanwezige PFAS-verbindingen variëren de gemiddelde deposities gedurende de meetperiode tussen 4 en 88,1 ng/m<sup>2</sup>/dag (PFBA), 0,2 en 10,1 ng/m<sup>2</sup>/dag (PFBS) en 4,5 en 48,5 ng/m<sup>2</sup>/dag (PFOS) op de meetlocaties in de omgeving van 3M en de Oosterweelwerf.

Op basis van de ruimtelijke analyse zijn er duidelijke indicaties dat de deposities van EFSA-componenten hoger zijn dicht bij 3M en de werfzone, en lager op verdere afstand. Ook de windrichting heeft een bepalende invloed. Zo is de gemiddelde depositie hoger op meetlocaties die op vergelijkbare of grotere afstand liggen, maar ten N en NO van 3M en de werfzone (grotendeels windafwaarts tijdens de meetcampagne).

De dalende gradiënt in functie van toenemende afstand tot 3M en de werfzone gaat niet altijd op voor andere PFAS-verbindingen. Met name werden er hoge PFBA-deposities vastgesteld op de iets verder gelegen meetlocaties AL01 en ZD01. Dit zou mogelijk kunnen wijzen op uitstoot op grotere hoogte (schouwemmissies?).

### → Is er een toetsingskader voor deposities om blootstellingsrisico's te beoordelen?

Er is momenteel geen toetsingskader voor PFAS-deposities beschikbaar.

## 9.2. AANBEVELINGEN

Op basis van de kennis en ervaring opgedaan in deze studie worden een aantal aanbevelingen geformuleerd.



→ **Operationeel houden van een meetnet voor PFAS over langere periode**

Op dit moment beschikken we over meetreeksen van ongeveer een half jaar, zowel van PFAS-concentraties in zwevend stof op 6 meetlocaties als van PFAS-deposities op 10 meetlocaties.

De metingen vertonen een grote variabiliteit in de tijd en tussen meetlocaties. Het is te verantwoorden om het meetnet, eventueel deels, langer operationeel te houden om volgende redenen:

- Metingen uitvoeren onder wisselende meteorologische omstandigheden. Tijdens deze meetcampagne was de windrichting grotendeels uit zuidelijke richting en was wind uit het noorden ondervertegenwoordigd. Bij wind uit het noorden bevindt de dorpskern van Zwijndrecht zicht windafwaarts van 3M en een deel van de Oosterweelwerf. Metingen over langer periode zullen een vollediger beeld kunnen geven van de concentraties onder wisselende meteorologische omstandigheden.
- Metingen uitvoeren tijdens de Oosterweelwerken. Op basis van de omgevingsmetingen kon besloten worden dat er emissies naar de lucht zijn in de zone 3M en Oosterweelwerf. Het verder opvolgen van PFAS-concentratie in/nabij die zone en in woonkernen in de buurt zal meetresultaten opleveren die de impact van toekomstige werkzaamheden kan inschatten.
- Continue en langdurige opvolging van blootstellingsrisico's in woonzones in de omgeving van 3M en de Oosterweelwerf.
- Beter inzicht verwerven in de vluchtige PFAS-fractie en aanwezigheid van PFOS/PFOA-varianten.

De ervaring van afgelopen meetcampagne kan richtinggevend zijn voor de verderzetting van de metingen. Enkele vaststellingen en interpretaties die in rekening kunnen gebracht worden bij de ruimtelijke opmaak van het meetnet zijn:

- Gegeven de scherpe gradiënt in concentratie in functie van toenemende afstand tot de zone 3M en Oosterweelwerf is het zinvol om minimaal één meetpunt te selecteren dicht bij deze zone. M.a.w. een meetpunt waar lokale emissies zorgen voor verhoogde en meetbare concentratie en depositie (bv. ZD11 of ZD08).
- Verderaf gelegen meetlocaties zijn vooral zinvol als ze zich in een woonzone bevinden zodat de meetresultaten gebruikt kunnen worden om de blootstelling van omwonenden te bepalen en te evalueren; of op windafwaartse locatie gesitueerd van de bron om de verspreiding beter in kaart te brengen.
- Selectie van meetlocatie in functie van geplande werkzaamheden waarvan PFAS-emissies kunnen verwacht worden.
- Locaties tussen 3M en de werfactiviteiten om een onderscheid te kunnen maken tussen beide bronnen.
- Voorkeur voor het gebruik van meetpunten die in deze studie geselecteerd werden om meetreeksen over langere periode op te bouwen (representativiteit in de tijd, zie boven).
- Een landelijke achtergrondlocatie is niet noodzakelijk voor de concentraties in zwevend stof (zijn steeds zeer laag). Voor de deposities kan een achtergrondstation wel nuttig zijn omdat de achtergrondconcentraties voor depositie iets hoger kunnen liggen, en omdat een toetsingskader voor deposities ontbreekt. De achtergrondmetingen laten dan toe om het depositie-surplus t.o.v. de achtergrond te berekenen en te beoordelen. Anderzijds worden op een aantal meetpunten van de huidige studie deposities gemeten die sterk vergelijkbaar zijn (of zelfs iets lager lagen) dan op achtergrondlocatie. Er zou een strategie kunnen uitgewerkt worden om die informatie te gebruiken ter vervanging van achtergrondmetingen.
- Meenemen van de vluchtige PFAS-componenten bij de bemonstering.

Momenteel is het aan te raden om zowel monitoring van concentraties als deposities in woonzones op te nemen. Beide zijn beperkt gecorreleerd (conclusie op basis van 6 meetpunten op ZD08) waardoor geen van beide als proxy gebruikt kan worden voor de andere parameter.

Er zijn nog enkele meettechnische bedenkingen die in rekening kunnen worden gebracht of verder bestudeerd moeten worden:

- De hoge rapporteergrens voor de analyse van de waterfase van de deposities kan een belemmering zijn. Metingen onder de rapporteergrens kunnen gelijkgesteld worden aan 0, maar dat leidt mogelijks tot een onderschatting; of gelijkgesteld aan de rapporteergrens, maar dat leidt waarschijnlijk tot een overschatting. Een tussenoplossing waarbij meetresultaten onder de RG gelijk gesteld worden aan de helft van de RG (RG/2) zal waarschijnlijk ook nog tot een overschatting leiden.
- Er zouden ook vluchtige PFAS-verbindingen kunnen bemonsterd worden, maar dat behoeft een andere meetopstelling dan deze die in deze studie voor de omgevingsmetingen gebruikt werd. Er kan wel verondersteld worden<sup>18</sup> dat de EFSA-componenten voor het grootste deel op filter geïncubateerd worden, dus op de manier waarop in deze studie bemonsterd werd.

### → **Blootstellingsroute verder in kaart brengen**

De meetresultaten suggereren dat persoonlijke blootstelling via inademing beperkt is omdat de PFAS-concentraties in de omgevingslucht als laag worden beoordeeld (althans voor de bemeeten PFAS-verbindingen). Deze meetcampagne is gericht op één milieucompartiment (lucht) en laat dus niet toe om een globaal beeld te krijgen van mogelijke verspreidings- en blootstellingsroutes van PFAS en hun onderlinge verhouding (belang).

### → **Ontwikkeling van een toetsingskader**

Momenteel is er een tijdelijk toetsingskader voorhanden om de concentraties van een aantal PFAS-verbindingen (EFSA-componenten) in omgevingslucht te toetsen, en zo een inschatting van mogelijke blootstellingsrisico's te maken. Aangezien een aantal van deze PFAS-verbindingen werden uitgefaseerd is het wenselijk om ook een beoordeling te maken of gekende vervangers (o.a. PFBA, PFBS) die duidelijk ook in de lucht aanwezig zijn, al dan niet opgenomen moeten worden in de toetsing.

Voor deposities ontbreekt een toetsingskader. Het zou wenselijk zijn om verder in te zetten op de gezondheidkundige vertaling van PFAS-concentraties en deposities, bv. door de ontwikkeling van toetsingskaders.

---

<sup>18</sup> Inschatting op basis van bemonstering op filter en PUF (voor vluchtige verbindingen) die in kader van validatieonderzoek werd uitgevoerd op de Oosterweelwerf. De gemiddelde EFSA-concentratie op filter lag 7 keer hoger dan op PUF (op basis van 4 metingen op één meetlocatie).

## REFERENTIES

- Barber et al. (2007) Analysis of per- and polyfluorinated alkyl substances in air samples from Northwest Europe. *Journal of Environmental Monitoring*, 6.
- Barton, A. et al. (2006) Characterizing perfluorooctanoate in ambient air near the fence line of a manufacturing facility: comparing modeled and monitored values. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56(1), 48-55.
- Batterman, S., Xu, L., Chen, F., Chen, F., & Zhong, X. (2016). Characteristics of PM<sub>2.5</sub> Concentrations across Beijing during 2013-2015. *Atmospheric environment (Oxford, England : 1994)*, 145, 104–114. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.08.060>.
- Ge et al. (2017) Particle size specific distribution of perfluoro alkyl substances in atmospheric particulate matter in Asian cities. *Environmental Science Processes & Impacts*, 19, 549.
- Lin et al. (2022) Per- and polyfluoroalkyl substances in atmospheric total suspended particles in Karachi, Pakistan: Profiles, potential sources, and daily intake estimates.
- Rauert et al. (2018). Atmospheric concentrations and trends of poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS) and volatile methyl siloxanes (VMS) over 7 years of sampling in the global atmospheric passive sampling (GAPS) network. *Environmental Pollution*, 238, 94-102.
- Shimizu et al., (2021) Atmospheric deposition and annual flux of legacy perfluoroalkyl substances and replacement perfluoroalkyl ether carboxylic acids in Wilmington, NC, USA. *Environ. Sci. Technol. Lett.*, 8, 366-372.
- Tian, Y et al. (2018). Occurrence and phase distribution of neutral and ionizable per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in the atmosphere and plant leaves around landfills: a case study in Tianjin, China. *Environmental Science and Technology*, 52, 1301-1310.
- Wang et al. (2018) Occurrence and spatial distribution of neutral perfluoroalkyl substances and cyclic volatile methylsiloxanes in the atmosphere of the Tibetan Plateau. *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 8745-8755.
- Zhang et al. (2016) Perfluorinated compounds (PFCs) in ambient air Particles (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, TSP) in Beijing. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(1), 459-464.
- Zhou et al. (2021) PFOS dominates PFAS composition in ambient fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) collected across North Carolina nearly 20 years after the end of its US production. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 23, 580-587.

## BIJLAGEN

### A. OPMERKINGEN BIJ DE ANALYSES

#### → Omgevingslucht

Tabel B.1: Overzicht van enkele vaststellingen die gedaan werden tijdens de analyses van de monsters omgevingslucht.

	Component, locatie, aantal	Opmerking
Boven meetgebied	PFHxS en PFHpS op ZD08 (1x) L-PFOS en T-PFOS op ZD08 (2x)	
Mogelijks interferentie	L-PFOA (14x) 6:2 FTS (3x), 8:2 FTS (2x); MePFOSA (2x)	Bij de analyse van T-PFOA werd dit niet vastgesteld
Zwak signaal voor MePFOSA en EtPFOSA	4x	
Mogelijks coëlutie	6:2 FTS (4x) 8:2 FTS (1x)	

## → Depositie

Tabel B.2: Overzicht van aantal monsters en specificatie van PFAS-verbindingen waarvoor bij analyse een opmerking werd gemaakt (depositie).

	waterfase	stoffase	opmerking
Wegvallen van signaal voor MePFOSA, EtPFOSA en 8:2diPAP	25x	25x	
isomeren zijn aanwezig voor PFOSA, EtPFOSA, MePFOSA en PFOSAA, EtPFOSAA en MePFOSAA	/	/	Op de eerste drie batches (maanden) werden enkel de lineaire vorm gemeten (zie 5.2)
Hoge blanco-waarde voor 6:2 FTS	Voor eerste 3 batches	Voor eerste drie batches	
Mogelijks coëlutie van een interferent	1x voor 6:2 FTS 2x voor 8:2 diPAP	10x voor L-PFOA 1x voor PFNA 20x voor 6:2 FTS 4x voor 8:2 FTS	Voornamelijk bij de analyse van de stoffractie. De metingen van L-PFOA liggen wel in lijn met de T-PFOA, de meetwaarde voor PFNA ligt binnen bereik van andere meetwaarden voor die component op die locatie. Dit suggereert een beperkt effect.
Aanwezigheid diPAPs	In de meetreeks van november; alle monsters	/	In alle andere analyses is het gehalte van de diPAPs beneden de rapporteergrens.
Boven meetgebied	11x, enkel voor 6:2 FTS	13x, enkel voor 6:2 FTS	

## B. DUIDING BIJ OMGAAN MET MEETWAARDEN BENEDEN DE RAPPORTEERGRENEN

Bij de weergave van meetresultaten (bv. in grafieken), de berekening van gemiddelde concentraties en de bepaling van gesommeerde parameters (bv. de EFSA-PFAS als som van 4 individuele PFAS-verbindingen, of de sommatie van de analyseresultaten van de water- en stoffractie voor de deposities) moet er een methode worden toegepast voor meetwaarden beneden de rapporteergrens.

In deze studie werd de methode gehanteerd waarbij meetwaarden beneden de rapporteergrens, gelijk gesteld werden aan 0. Hieronder wordt duiding gegeven bij deze methode en de implicaties ervan.

### → Zwevend stof

Bij de berekening van de gemiddelde concentratie per meetlocatie werden meetwaarden beneden de rapporteergrens gelijk gesteld aan 0. De rapporteergrens is in het overgrote deel van de analyses van zwevend stof <0,15 ng/monster. Dat komt bij een gebruikelijk volume lucht voor de actieve bemonstering overeen met 0,0004 ng/m<sup>3</sup>. De hoogste rapporteergrens van 1,0 ng/monster die enkel in geval van PFBA bepaald werd, ligt op 0,003 ng/m<sup>3</sup>. De rapporteergrens voor de analyses van zwevend stof zijn dus zeer laag en daarom is de impact van de methode die gebruikt wordt om met deze meetresultaten om te gaan (hier dus gelijkstellen aan 0) bij bv. de berekening van het gemiddelde of de bepaling van de EFSA-PFAS (som van vier PFAS) zeer beperkt.

Hieronder wordt een rekenvoorbeeld voor de EFSA-PFAS gegeven voor de berekening van de gemiddelde concentratie wanneer meetwaarden beneden de rapporteergrens gelijk gesteld worden aan 0 (berekingswijze A) of aan de rapporteergrens (berekingswijze B).

	Gemiddelde concentratie van EFSA componenten (ng/m <sup>3</sup> )	
	Berekingswijze A	Berekingswijze B
ZD08	0,103	0,103
R897	0,016	0,017
ZD01	0,007	0,008
AL01	0,005	0,006
R818 <sup>(d)</sup>	0,001	0,003
N016 (achtergrond)	0,001	0,002

### → Depositie

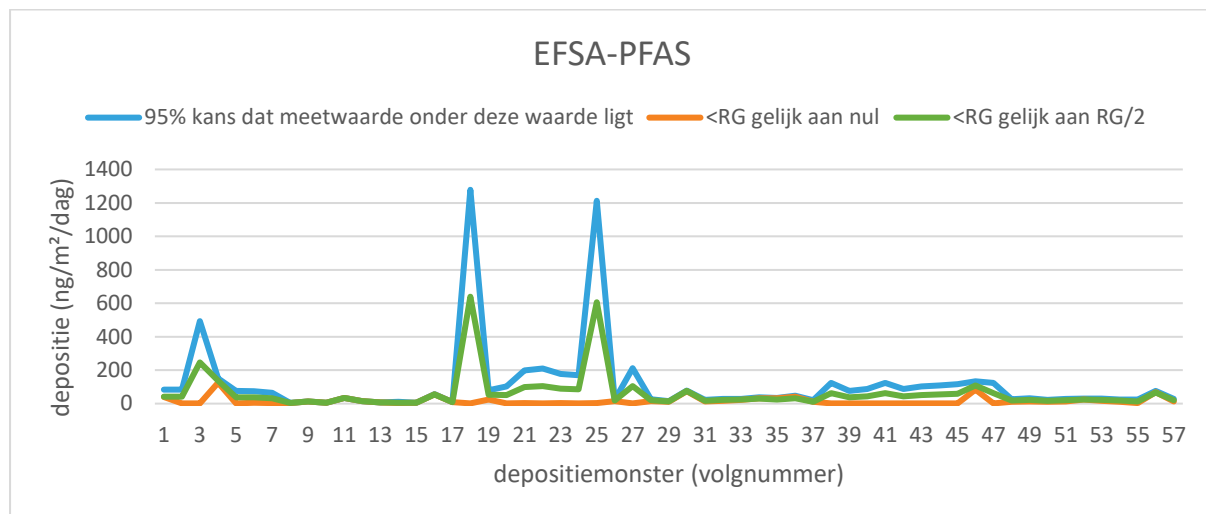
Hier moet een onderscheid gemaakt worden tussen de water- en stoffractie. De rapporteergrenzen van de stoffractie zijn veel lager dan voor de waterfractie en variëren maar beperkt voor de verschillende PFAS-verbindingen. De rapporteergrens voor de stoffractie ligt meestal op 0,1 ng/depositiemonster, wat overeenkomt met 0,17 ng/m<sup>2</sup>/dag rekening houdend met de gebruikte bemonsteringsmethode.

Voor de waterfractie is de rapporteergrens hoger dan voor de stoffractie, en bovendien variabel in functie van de hoeveelheid water in het depositiemonster. Voor de meeste PFAS-verbindingen ligt de rapporteergrens (mediaan over alle monsters) op of beneden 3,5 ng/depositiemonster. Voor een aantal verbindingen, o.a. PFBA, PFOA en PFOS ligt de rapporteergrens nog aanzienlijk hoger. De rapporteergrens voor de analyses van de waterfractie ligt minimaal een grootteorde hoger dan voor de analyses van de stoffractie.

In onderstaande Figuur werd op drie manieren omgegaan met meetwaarden beneden de rapporteergrens (voorbeeld voor de EFSA-PFAS):

- Gelijk gesteld aan 0 (oranje)
- Gelijk gesteld aan de rapporteergrens (blauw)
- Gelijk gesteld aan de rapporteergrens gedeeld door 2 (RG/2) (groen).

De reële concentratie bevindt zich met 95% zekerheid tussen de oranje en blauwe lijnen (0 en RG). Er zijn monsters waarvoor het verschil tussen beide berekeningsmethoden zeer groot is. De gemiddelde deposities van EFSA-PFAS over alle analyses varieert van 16,3 ng/m<sup>2</sup>/dag (<RG = 0), 64,4 ng/m<sup>2</sup>/dag (<RG = RG/2) tot 115,5 ng/m<sup>2</sup>/dag (<RG = RG). De verschillen tussen de drie berekeningsmethoden zijn groot.



In deze studie worden deposities onder de rapporteergrens gelijk gesteld aan 0. Door dat te doen bestaat de kans dat de deposities onderschat worden. Voor PFBA, de meest voorkomende PFAS-verbinding in de depositie, wordt ter illustratie de depositie berekend waarbij enerzijds metingen onder de rapporteergrens gelijkgesteld worden aan 0, anderzijds aan de rapporteergrens (Figuur onder). In het meest extreme geval kan het gelijkstellen van een waarde onder de rapporteergrens aanleiding geven tot een onderschatting van bijna 200 ng/depositiemonster (= 336 ng/m<sup>2</sup>/dag) (de twee meest extreme punten zijn de metingen van oktober op ZD01 en ZD10).

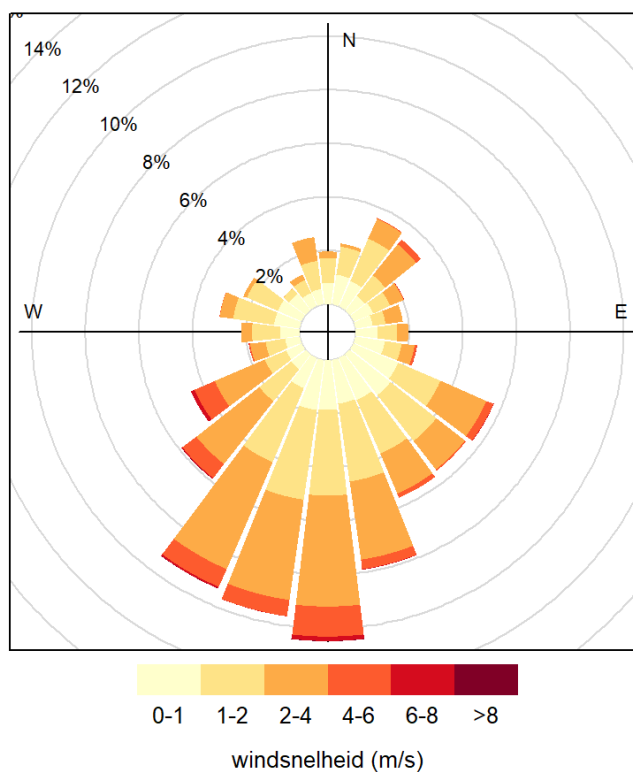




### C. INTERPRETATIE VAN DE WINDROOS

- Cirkels met percentages: aandeel van de tijd dat de wind uit een bepaalde richting kwam (procentueel)
- Richting van segmenten: richting van waaruit de wind komt
- Inkleuring van de segmenten: proportioneel volgens windsnelheid (schaalverdeling onderaan)
- Datum boven: periode waarvoor de windroos opgemaakt werd.

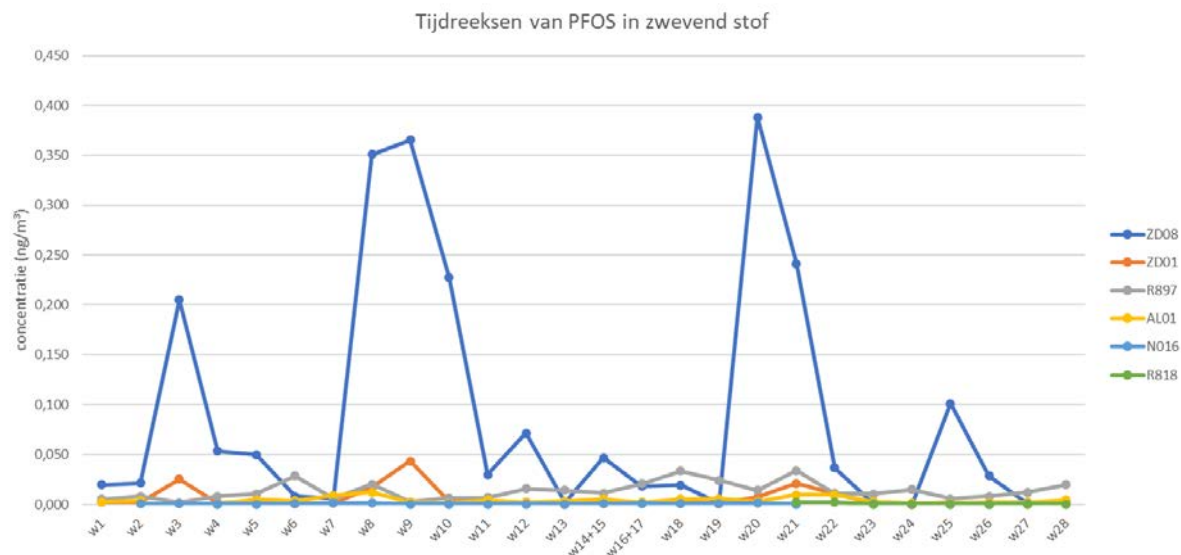
**29/07/2021-13/01/2022**



**D. PERCENTUEEL AANDEEL VAN PFAS-VERBINDINGEN DIE VOORKOMEN IN DE OMGEVINGSLUCHT EN DE DEPOSITIE**

	omgevingslucht	depositie
PFBA	1,9%	50,4%
PFPeA	0,1%	0,4%
PFHxA	0,7%	0,6%
PFHpA	0,5%	0,3%
T-PFOA	7,7%	4,8%
PFNA	0,1%	0,1%
PFDA	0,1%	0,1%
PFUdA	0,0%	0,0%
PFDoA	0,0%	0,0%
PFTTrDA	0,0%	0,0%
PFTeDA	0,0%	0,0%
PFHxDA	0,0%	0,0%
PFODA	0,0%	0,0%
PFBS	2,2%	18,6%
PFPeS	0,0%	0,1%
T-PFHxS	3,7%	0,2%
PFHpS	0,6%	0,0%
T-PFOS	65,6%	18,1%
PFNS	0,0%	0,0%
PFDS	0,0%	0,0%
PFDoS	0,0%	0,0%
4:2 FTS	0,0%	0,1%
6:2 FTS	/	/
8:2 FTS	1,0%	1,0%
10:2 FTS	0,1%	0,0%
T-PFOSA	4,5%	2,1%
T-MePFOSA	0,9%	0,1%
T-EtPFOSA	3,9%	0,4%
PFOSAA	/	/
T-MePFOSAA	2,6%	0,4%
T-EtPFOSAA	3,5%	0,4%
6:2 PAP	/	/
8:2 PAP	/	/
6:2 diPAP	0,0%	0,3%
6:2/8:2 diPAP	0,0%	0,6%
8:2 diPAP	0,0%	0,3%
HFPO-DA	0,0%	0,0%
ADONA	0,0%	0,5%
PFECHS	0,0%	0,0%
9Cl-PF3ONS	0,0%	0,0%
11Cl-PF3OUdS	0,0%	0,0%

**E. TIJDREKES VAN DE PFOS-CONCENTRATIE IN OMGEVINGSLUCHT OP DE VERSCHILLENDE MEETLOCATIES**



**F. ANALYSE VAN INDIVIDUELE FILTERS**

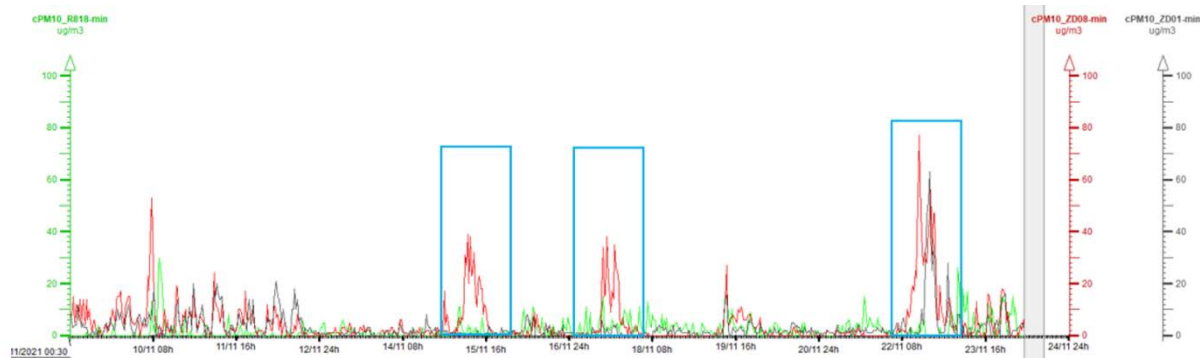
In het kader van het stofactiemetplan is VMM in oktober 2021 gestart met op meerdere plaatsen rond de werfzone continu fijn stof ( $PM_{10}$  en  $PM_{2,5}$ ) te meten. Omdat er lokale verhogingen werden vastgesteld op locaties ZD08 en ZD01 vroeg VMM aan VITO om de stalen van een aantal dagen apart te analyseren en de individuele resultaten daarna pas te poolen. Het ging hierbij om stalen van 15 nov, 17 nov, 21+22 nov, 20+21 dec en 22+23 dec.

Niet in alle stalen werden verhoogde EFSA-PFAS waargenomen, maar er waren wel verhoogde waarden op meetplaats ZD08 op:

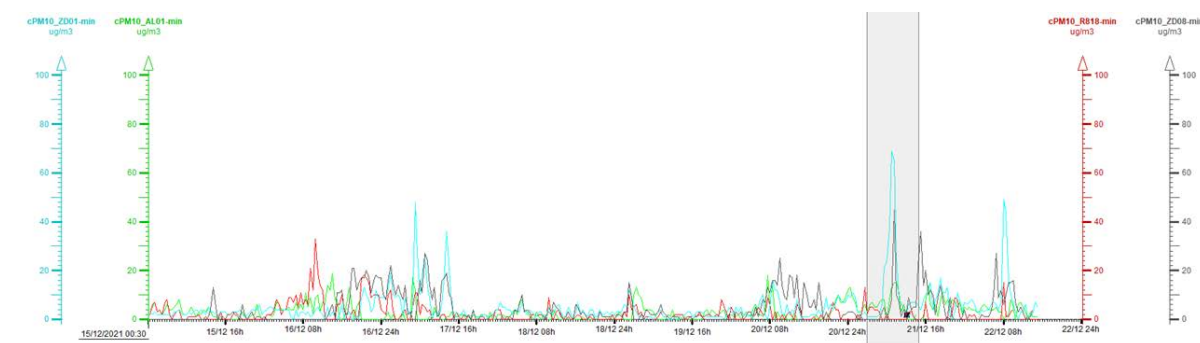
- 15 nov: 1,06  $ng/m^3$
- 21+22 nov: 0,80  $ng/m^3$
- 20+21 dec: 0,15  $ng/m^3$

Dit geeft aan dat niet alle, maar wel sommige fijnstofpieken gepaard lijken te gaan met verhoogde verspreiding van PFAS. Of de verhoogde PFAS effectief te wijten zijn aan PFAS dat gebonden is aan het lokale stof kunnen we niet met zekerheid zeggen. Omdat zowel de werfzone als 3M ten noorden van meetpunt ZD08 liggen is het niet uitgesloten dat meer dan één bron gelijktijdig de meetplaats ZD08 beïnvloedt.

Lokale (netto)stofpieken ZD01 en ZD08 op 15, 17 en 22 november 2021.



Lokale (netto)stofpieken ZD01 en ZD08 op 21 en 22 december 2021.



## **G. DATASETS**

De datasets zijn digitaal beschikbaar bij dit rapport:

- Meetresultaten\_omgevingslucht.xlsx
- Meetresultaten\_deposities.xlsx