



PFAS Vlaanderen

Overzicht van PFAS metingen in zwevend stof en deposities aan de kust

Studie uitgevoerd in opdracht van: Departement Omgeving
Referentie: 2023/HEALTH/R/2948
April 2023

PFAS Vlaanderen

Overzicht van PFAS metingen in zwevend stof en deposities aan de kust

VITO
Boeretang 200
2400 MOL
Belgium
BTW No: BE0244.195.916
vito@vito.be – www.vito.be
IBAN BE34 3751 1173 5490 BBRUBEBB



Vision on technology
for a better world

vito.be

AUTEURS

Berghmans, Patrick, VITO
Jacobs, Griet, VITO
Peters, Jan, VITO
Spruyt, Maarten, VITO
Voorspoels, Stefan, VITO

INHOUDSTAFEL

AUTEURS	I
INHOUDSTAFEL	II
LIJST VAN FIGUREN	III
LIJST VAN TABELLEN	IV
LIJST VAN AFKORTINGEN	V
1 INLEIDING	1
1.1. POLLUENT	1
1.2. SITUERING	1
2 MATERIAAL EN METHODE	3
2.1 OVERZICHT MONSTERNEMING	3
2.1.1 <i>Actieve bemonstering van de omgevingslucht : zwevend stof</i>	3
2.1.2 <i>Passieve bemonstering: depositie stof</i>	4
2.2 MEETPLAN	7
2.3 CHEMISCHE ANALYSE	9
2.4 KWALITEITSCONTROLE ANALYSE	10
2.5 VELDBLANCO'S	10
3 RESULTATEN	11
3.1 PFAS CONCENTRATIES IN HET ZWEVEND STOF	11
3.2 BELANGRIJKSTE PFAS-COMPONENTEN IN ZWEVEND STOF	11
3.3 PFAS CONCENTRATIES IN HET DEPOSITIE STOF	13
4 BESPREKING VAN DE RESULTATEN	15
4.1 TIJDELIJK TOETSINGSKADER	15
4.2 BEOORDELING VAN DE MEETRESULTATEN	16
4.2.1 <i>Zwevend stof</i>	17
4.2.2 <i>Depositie</i>	18
5 BESLUIT	19

LIJST VAN FIGUREN

FIGUUR 1: FOTO VAN DE FIJNSTOFBEMONSTERAAR (OPEN). OMGEVINGSLUCHT WORDT VIA DE BEMONSTERINGSKOP BOVENAAN AANGEZOGEN, DOOR EEN FILTER EN PUF	4
FIGUUR 2: AFMETINGEN VAN DE BERGERHOFF NEERSLAGKRIJK EN OPSTELLING IN HET VELD.	5
FIGUUR 3: OPSTELLING MET DRIE BERGERHOFF-NEERSLAGKRIJKE IN EEN HOUDER MET VOGELSCHERM OP PAAL.	6
FIGUUR 4: OVERZICHT VAN DE MEETLOCATIES AAN DE KUST.	7
FIGUUR 5: FOTO'S VAN DE BEMONSTERINGSOPSTELLING OP DE DRIE MEETLOCATIES AAN DE KUST.	9
FIGUUR 6: PROCENTUEEL AANDEEL VAN DE PFAS VERBINDINGEN MET EEN AANDEEL HOGER DAN 1% IN ZWEVEND STOF OP MEETLOCATIE KNOKE ZOUTE(2). DE BEPALING VAN PFBSA, MEPPBSA, MEPPBSAA EN 6:2FTS IS SLECHTS INDICATIEF EN KAN MOGELIJKS EEN ONDERSCHATTING ZIJN.	12
FIGUUR 7: PROCENTUEEL AANDEEL VAN DE PFAS VERBINDINGEN MET EEN AANDEEL HOGER DAN 1% IN ZWEVEND STOF OP MEETLOCATIE DUINBERGEN. DE BEPALING VAN PFBSA, MEPPBSA, MEPPBSAA EN 6:2FTS IS SLECHTS INDICATIEF EN KAN MOGELIJKS EEN ONDERSCHATTING ZIJN.	12
FIGUUR 8: PROCENTUEEL AANDEEL VAN DE PFAS VERBINDINGEN MET EEN AANDEEL HOGER DAN 1% IN DEPOSITIESTOF OP MEETLOCATIE KNOKE ZOUTE(2).	13
FIGUUR 9: PROCENTUEEL AANDEEL VAN DE PFAS VERBINDINGEN MET EEN AANDEEL HOGER DAN 1% IN DEPOSITIESTOF OP MEETLOCATIE DUINBERGEN.	14

LIJST VAN TABELLEN

TABEL 1: SPECIFICATIES VAN DE BEMONSTERAAR VOOR OMGEVINGSLUCHT.....	3
TABEL 2: OVERZICHT VAN DE BEMONSTERING ZWEVEND STOF OP DE KUSTLOCATIES.	8
TABEL 3: OVERZICHT VAN DE BEMONSTERING VAN DEPOSITIES OP DE KUSTLOCATIES.	8
TABEL 4: GEMIDDELDE CONCENTRATIE (IN NG/M ³) VAN Σ PFAS EN EFSA-PFAS IN ZWEVEND STOF OP DE TWEDE MEETLOCATIES.	11
TABEL 5: GEMIDDELDE DEPOSITIE IN NG/M ² /DAG VOOR DE BELANGRIJKSTE PFAS-COMPONENTEN EN DE SOM VAN PFOA, PFNA, PFHxS EN PFOS OP DE 2 MEETLOCATIES.	14
TABEL 6: OVERZICHT VAN DE GEMIDDELDE EN MAXIMUM (TUSSEN HAAKJES) CONCENTRATIES VOOR Σ PFAS EN EFSA-PFAS VOOR ZWEVEND STOF (IN NG/M ³) EN DEPOSITIE (IN NG/M ² /DAG) OP DE 2 KUSTLOCATIES (ZOUTE EN DUINBERGEN) EN 2 ACHTERGROND LOCATIES (BORGERHOUT EN DESSEL).	17

LIJST VAN AFKORTINGEN

CMA	Compendium voor de monsterneming en analyse van afvalstoffen en bodem
EFSA	European Food Safety Authority
LC-MS/MS	Vloeistofchromatografie Massaspectrometrie
LOQ	Kwantificatielimiet
PUF	Polyurethane Foam
TWI	Tolerable weekly intake: hoeveelheid per eenheid lichaamsgewicht waaronder men bij levenslange blootstelling geen nadelige effecten verwacht
WAC	Compendium voor de monsterneming en analyse van water

1 INLEIDING

1.1. Polluent

PFAS is een zeer uitgebreide groep van stoffen, die zowel in vaste als in gasfase kunnen voorkomen. In dit onderzoek wordt een selectie van PFAS-verbindingen geanalyseerd in de omgevingslucht (zwevend stof + gasvormig) en deposities. 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>)¹ die een TWI-waarde² voor orale blootstelling heeft opgesteld op basis van deze sommatie parameter (EFSA-componenten).

1.2. Situering

Een overzicht van de bestaande kennis maakt duidelijk dat de gezondheidseffecten van PFAS en aanverwante producten nog onvoldoende gekend zijn en een geïntegreerde monitoring daarom wenselijk is om bruikbare gegevens te verschaffen voor een blootstellingsbeoordeling. Geïntegreerde milieumonitoring (gelijktijdige metingen vanuit lucht, bodem, water) is schaars. Hetzelfde geldt voor geïntegreerde blootstellingsmonitoring (gecombineerde milieublootstelling, blootstelling binnenshuis, beroepsmatige blootstelling, blootstelling van de consument enz.).

Er is algemeen een gebrek aan betrouwbare informatie over PFAS concentraties in het milieu. Een geïntegreerd monitoringprogramma zal bijdragen tot een duidelijkere beoordeling van de milieubelasting van PFAS.

In tegenstelling tot emissiemetingen, die zich vooral richten op enkele industriële gekende bronnen, kunnen lucht- en depositiemetingen worden gebruikt om de impact van regionaal gecombineerde bronnen, niet-industriële bronnen, diffuse bronnen en emissies door herverdamping, processen van transport en verspreiding, meer inzichtelijk te maken. Bijkomend kan het bestaan van onbekende bronnen worden vastgesteld. Tijdreeksen zijn absoluut nuttig om de lokale concentratieniveaus van PFAS te kunnen inschatten, de processen van verspreiding en transport beter te begrijpen en tot op zekere hoogte ook om de bronnen te definiëren. Naast luchtmetingen geven depositiemetingen meer inzichten in de flux van PFAS naar de bodem of het zeeoppervlak.

Het wordt verwacht dat de omgevingsconcentraties van PFAS sterk kunnen fluctueren in ruimte en tijd. Een belangrijke uitdaging is daarom om te bekijken hoe deze variabiliteit in een meetprogramma kan worden aangepakt. Omdat PFAS verbindingen omvatten met een breed scala aan dampspanningen en scheidingsgedrag tussen gassen en deeltjes, zijn er nog enkele uitdagingen bij het opzetten van een representatieve bemonsteringsstrategie en sommige compromissen over de sample-tijd / -volumes zijn bijna onvermijdelijk.

¹ 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

² Tolerable weekly intake: hoeveelheid per eenheid lichaamsgewicht waaronder men bij levenslange blootstelling geen nadelige effecten verwacht

Door meer inzicht te verkrijgen in de actuele concentraties in de Vlaamse buitenlucht, kan de overheid het te voeren beleid, inzake het verder terugdringen van de emissies van PFAS in het milieu om daarmee de blootstelling aan PFAS te verlagen, meer vorm geven en een aanzet voor normering.

In deze studie worden meetcampagnes uitgevoerd voor de bepaling van de huidige concentraties PFAS, zowel in achtergrondgebieden als in verdachte zones.

2 MATERIAAL EN METHODE

In deze studie werden verschillende bemonsteringstechnieken toegepast. Voor de bemonstering kan een onderscheid gemaakt worden tussen:

- Actieve bemonstering van de omgevingslucht met high volume sampler
- Passieve bemonstering van depositie stof met neerslagkruiken

Afhankelijk van het type monster werd een verschillende monsterpreparatie toegepast voor analyse. Voor de bepaling van de PFAS concentratie werd een chemische analyse uitgevoerd op de bemonsterde matrices van filter, PUF en kruiken d.m.v. een target-analyse (LC-MS/MS).

2.1 Overzicht monsterneming

Er werden verschillende monsternametechnieken toegepast die hieronder beschreven worden.

2.1.1 Actieve bemonstering van de omgevingslucht : zwevend stof

Voor de stationaire bemonstering van de omgevingslucht werd gebruik gemaakt van een actieve bemonstering op filter (zwevend stof) en PUF (gasvormig), met een toestel (high volume sampler van TISCH Enviromental, figuur 1) dat 2,5 tot 4,5 m³/u lucht aanzuigt. Er wordt een gekend volume lucht aangezogen door de filter en de PUF, die serieel gemonteerd zijn. Het stof wordt opgevangen op een kwartsvezelfilter (Whatman QF 20 Lot EN0555 en Sartorius Grade T293, 100 mm diameter) en de vluchtige fractie wordt op de PUF geïncubated. Op basis van de samengetelde hoeveelheid PFAS die op filter en PUF gemeten wordt (uitgedrukt in ng/filter of ng/PUF per geanalyseerde PFAS-verbinding) en het bemonsterde volume lucht (wordt geregistreerd met gasteller), wordt de PFAS massaconcentratie berekend, uitgedrukt in ng PFAS per m³ lucht, verkort weergegeven als ng/m³.

Tabel 1: Specificaties van de bemonsteraar voor omgevingslucht.

Voorafscheider	Geen, TSP bemonstering
Filter	Kwartsvezelfilter (Whatman QF 20 en Sartorius Grade T293, 100 mm)
PUF	Methanol pre-cleaned Polyurethane Foam
Bemonsteringsdebiet	ca. 2,5 tot 4,5 m ³ /u



Figuur 1: Foto van de fijnstofbemonsteraar (open). Omgevingslucht wordt via de bemonsteringskop bovenaan aangezogen, door een filter en PUF.

Er werd een aantal opeenvolgende bemonsteringen uitgevoerd. De bemonsteringen werden telkens ongeveer gedurende 14 dagen uitgevoerd. Per bemonstering is het meetresultaat de gemiddelde concentratie (ng/m^3) tussen start- en stopdatum.

De actieve bemonstering van de omgevingslucht m.b.v. filter en PUF, laat een kwantitatieve bepaling van de concentratie van deeltjes gebonden en de semi-vluchtige stoffen die in de lucht aanwezig zijn toe, uitgedrukt als massaconcentraties in ng PFAS per m^3 lucht (ng/m^3).

Tijdens de meetcampagne werden veldblanco's voorzien. Veldblanco's zijn filters en PUF's die op dezelfde manier gehanteerd worden als de te bemonsteren filters en PUF's (voorbereiding, transport) en gedurende de bemonsteringsperiode afgesloten bewaard werden ter plaatste op de meetlocatie, zonder deze te bemonsteren. Veldblanco's worden meegenomen in de kwaliteitscontrole om bv. contaminaties op te sporen.

2.1.2 Passieve bemonstering: depositie stof

Depositie kan plaatsvinden in de vorm van natte en droge depositie³. 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^2 per dag ($\text{ng}/\text{m}^2/\text{dag}$), m.a.w. de massa van een bepaalde stof die per vierkante meter per dag neerslaat.

³ zie bv. <https://www.vmm.be/woordenboek/depositie>

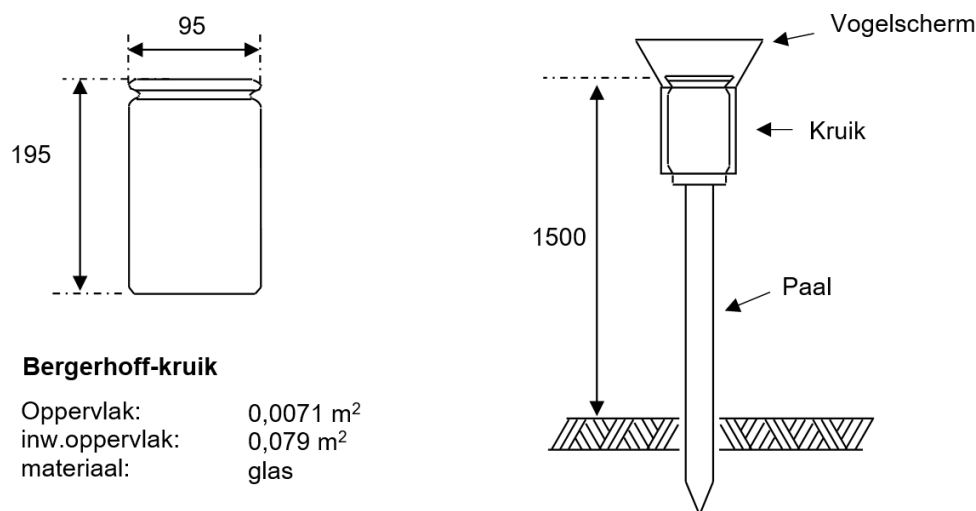
Droge depositie op de wand of de bodem van de bemonsteringskruiken (glad oppervlak van glas) is mogelijks een onderschatting van de reële droge depositie die op ruwere oppervlakken zoals bv. vegetatie voorkomt.

De depositie wordt bemonsterd met behulp van depositiekruiken (type Bergerhoff⁴, Figuur 2). 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.

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 2 en Figuur 3). 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).



Figuur 2: Afmetingen van de Bergerhoff neerslagkruik en opstelling in het veld.

⁴ 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.



Figuur 3: 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/m²/dag (ng per vierkante meter per dag).

2.2 Meetplan

In twee tijdelijke bemonsteringscampagnes werd omgevingslucht en de deposities bemonsterd aan de kust. Er werd op drie locaties bemonsterd (Figuur 4: Overzicht van de meetlocaties aan de kust):

- Zoute 1
- Zoute 2
- Duinbergen.

De bemonsteringstoestellen werden op de drie meetlocaties op het strand geplaatst. De afstand tussen Zoute 1 en Duinbergen is ongeveer 4,5 km, tussen Zoute 1 en 2 ongeveer 1 km. De meetlocaties liggen ongeveer 15 tot 20 km ten WZW van de monding van de Schelde in de Noordzee, en op ongeveer 5 tot 9,5 km van de havenmond van Zeebrugge.



Figuur 4: Overzicht van de meetlocaties aan de kust.

Het zwevend stof werd in een eerste campagne bemonsterd op meetlocatie Zoute 1, tussen 20/04 en 19/05/2022 (Tabel 2). In een tweede campagne werd simultaan bemonsterd op meetlocaties Zoute 2 en Duinbergen, in de periode 6/07 tot 28/09/2022. De bemonsteringsduur van zwevend stof is ongeveer 14 dagen per monster. De bemonstering in Duinbergen van week 31 werd opgestart op 7/08 i.p.v. 3/08/2022 en duurt 4 dagen minder lang dan de simultane bemonstering op Zoute 2 en dit omwille van een toestelpanne.

Tabel 2: Overzicht van de bemonstering zwevend stof op de kustlocaties.

Meetlocatie	Startweek*	Duur (dagen)	Startdatum	Stopdatum
Zoute 1	16	14	20/04/2022	04/05/2022
Zoute 1	18	15	04/05/2022	19/05/2022
Zoute 2	27	13	06/07/2022	19/07/2022
Zoute 2	29	15	19/07/2022	03/08/2022
Zoute 2	31	15	03/08/2022	18/08/2022
Zoute 2	33	14	18/08/2022	01/09/2022
Zoute 2	35	12	01/09/2022	13/09/2022
Zoute 2	37	15	13/09/2022	28/09/2022
Duinbergen	27	13	06/07/2022	19/07/2022
Duinbergen	31	12	07/08/2022	18/08/2022
Duinbergen	33	14	18/08/2022	01/09/2022
Duinbergen	35	12	01/09/2022	13/09/2022
Duinbergen	37	15	13/09/2022	28/09/2022 **

* de startdag ligt in deze week van het jaar.

** einddatum niet gekend (vermoedelijk 20/09/2022) door stroomonderbreking.

De depositie werd in de eerste campagne bemonsterd op meetlocatie Zoute 1 gedurende ongeveer 1 maand (Tabel 3). In de tweede campagne werd de depositie bemonsterd op Zoute 2 en Duinbergen gedurende ongeveer 4,5 maanden. De bemonsteringsduur bedroeg telkens ongeveer 4 weken, behalve de laatste bemonstering die maar gedurende 2 weken werd uitgevoerd.

Tabel 3: Overzicht van de bemonstering van deposities op de kustlocaties.

Meetlocatie	Startweek	Duur (dagen)	Startdatum	Stopdatum
Zoute 1	16	29	20/04/2022	19/05/2022
Zoute 2	27	28	06/07/2022	03/08/2022
Zoute 2	31	29	03/08/2022	01/09/2022
Zoute 2	35	27	01/09/2022	28/09/2022
Zoute 2	39	15	28/09/2022	13/10/2022
Duinbergen	27	28	06/07/2022	03/08/2022
Duinbergen	31	29	03/08/2022	01/09/2022
Duinbergen	35	27	01/09/2022	28/09/2022
Duinbergen	39	15	28/09/2022	13/10/2022

De opstelling van de apparatuur op de verschillende meetlocaties is weergegeven in onderstaande figuur (figuur 5).



Figuur 5: Foto's van de bemonsteringsopstelling op de drie meetlocaties aan de kust.

2.3 Chemische analyse

De target analyse is een gerichte, kwantitatieve bepaling van een lijst van PFAS-verbindingen ([WAC](#)-scope target-lijst en [CMA](#)).

De instrumentele analyse wordt uitgevoerd door middel van Ultra Performance Liquid Chromatography 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](#) of [CMA/3/D](#).

Bij elke meetreeks wordt een procedure blanco meegenomen. Eén blanco filter wordt meegenomen en doorloopt de hele opwerking. Per analysereeks wordt een duplo en een geadeerd monster meegenomen om de juistheid en de herhaalbaarheid te bepalen (n=5, duplo analyses). Op basis van deze gegevens kan finaal de meetonzekerheid $u(k=2)$ van de methode bepaald worden.

Uit onderzoek blijkt dat de meeste PFAS-verbindingen kwantitatief kunnen bepaald worden, maar een aantal PFAS-verbindingen kunnen momenteel hoogstens indicatief bepaald worden.

2.4 Kwaliteitscontrole analyse

Procedure blanco

Bij elke meetreeks wordt een procedure blanco 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.

2.5 Veldblanco's

Tijdens de bemonsteringen werd voor elke bemonsteringsperiode (i.e. 2 weken voor zwevend stof, 4 weken voor deposities, met enkele uitzonderingen) een veldblanco meegenomen.

	Aantal	Σ PFAS (ng/monster)	Opmerking
Veldblanco's Zoute 1	2	0	Alle individuele PFAS < LOQ
Veldblanco's Zoute 2	6	0	Alle individuele PFAS < LOQ
Veldblanco's Duinbergen	6	0	Alle individuele PFAS < LOQ

3 RESULTATEN

3.1 PFAS concentraties in het zwevend stof

Een overzicht van de beschrijvende statistiek van de gemeten PFAS resultaten voor zwevend stof op de twee kustlocaties, is samengevat in onderstaande tabel (Tabel 4). Per meetlocatie wordt de gemiddelde depositie gerapporteerd. Voor de berekening van deze statistieken werden meetwaarden beneden de rapporteergrens gelijkgesteld aan nul.

Tabel 4: Gemiddelde concentratie (in ng/m³) van Σ PFAS en EFSA-PFAS in zwevend stof op de twee meetlocaties.

	Zoute 2		Duinbergen	
	Σ PFAS	EFSA-PFAS	Σ PFAS	EFSA-PFAS
Gemiddelde (ng/m ³)	0,219	0,082	0,136	0,035
Minimum (ng/m ³)	0,145	0,065	0,101	0,020
Maximum (ng/m ³)	0,387	0,105	0,221	0,075
Mediaan (ng/m ³)	0,167	0,078	0,117	0,022
Aantal metingen boven LOQ (op totaal van)	6 (6)	6 (6)	5 (5)	5 (5)

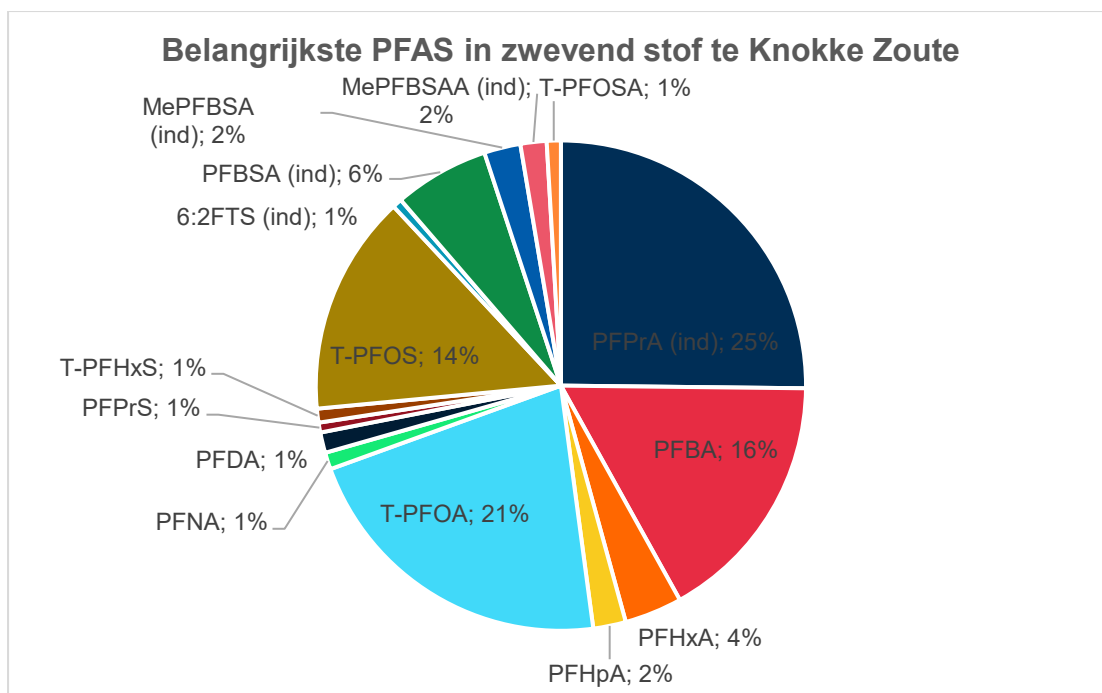
3.2 Belangrijkste PFAS-componenten in zwevend stof

De PFAS-verbindingen waarvoor zowel lineaire L- als totaal T- (lineair + vertakte) vormen bepaald werden, worden hier als totaal in rekening gebracht. Resultaten die als “indicatief” werden gecatalogeerd, worden niet meegenomen in de berekening van de sommaties. Verder worden voor de berekening van deze concentraties, meetwaarden beneden de kwantificatielimiet (LOQ) gelijkgesteld aan nul ($<LOQ=0$). Per PFAS verbinding wordt de gemiddelde concentratie bepaald over de meetperiode. De totale PFAS concentratie wordt berekend als de som van alle PFAS verbindingen die aan bovengenoemde eisen voldoen (enkel T, geen indicatieve).

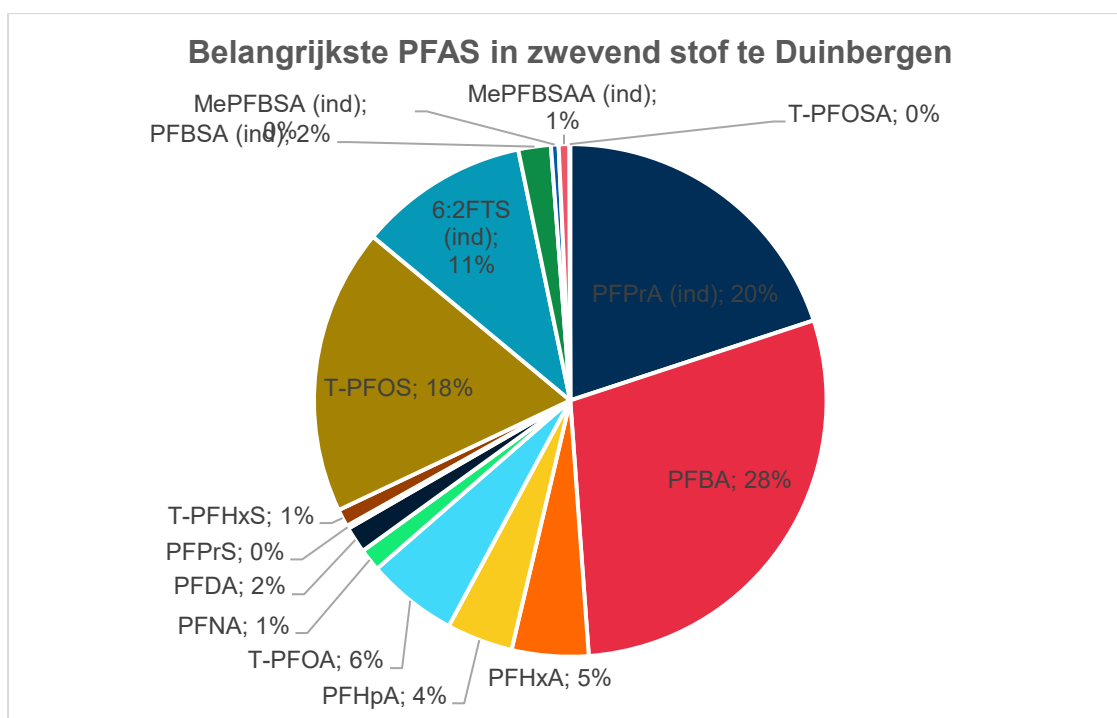
Op de totale concentratie, bepaald als sommatie over alle geanalyseerde verbindingen (exclusief de indicatief bepaalde) worden een 8 tal PFAS met elk een aandeel van meer dan 1% teruggevonden, en een restgroep die is opgebouwd uit verbindingen met elk een aandeel van minder dan 1% (zie Figuur 6 en Figuur 7).

PFBA, T-PFOA, T-PFOS, PFHxA en PFHpA zijn de componenten die in de hoogste concentraties voorkomen. PFBA, T-PFOA en T-PFOS vertegenwoordigen samen ongeveer 52% van de totale PFAS-concentratie.

De PFAS die beschreven worden als de “EFSA-componenten” (namelijk PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS) en gebruikt worden in het tijdelijke toetsingskader, vertegenwoordigen samen 38 % voor de locatie Knokke Zoute en 26 % voor de locatie Duinbergen.



Figuur 6: Procentueel aandeel van de PFAS verbindingen met een aandeel hoger dan 1% in zwevend stof op meetlocatie Knokke Zoute(2). De bepaling van PFBSA, MePFBSA, MePFBSAA en 6:2FTS is slechts indicatief en kan mogelijks een onderschatting zijn.



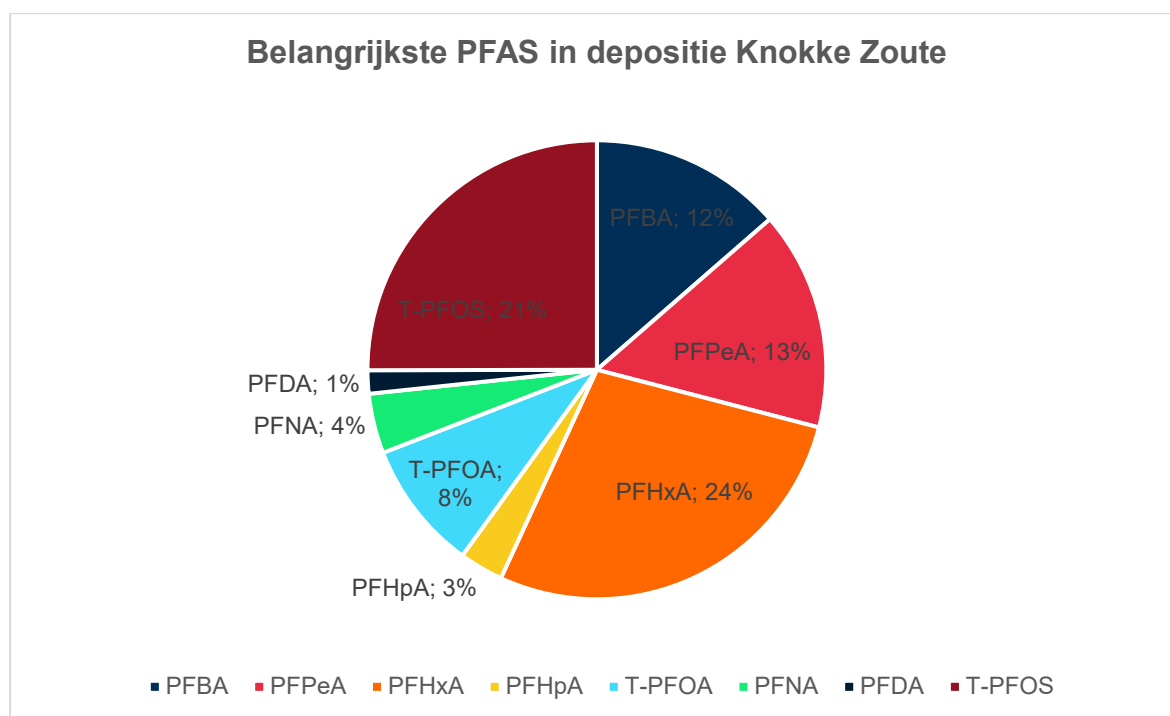
Figuur 7: Procentueel aandeel van de PFAS verbindingen met een aandeel hoger dan 1% in zwevend stof op meetlocatie Duinbergen. De bepaling van PFBSA, MePFBSA, MePFBSAA en 6:2FTS is slechts indicatief en kan mogelijks een onderschatting zijn.

3.3 PFAS concentraties in het depositie stof

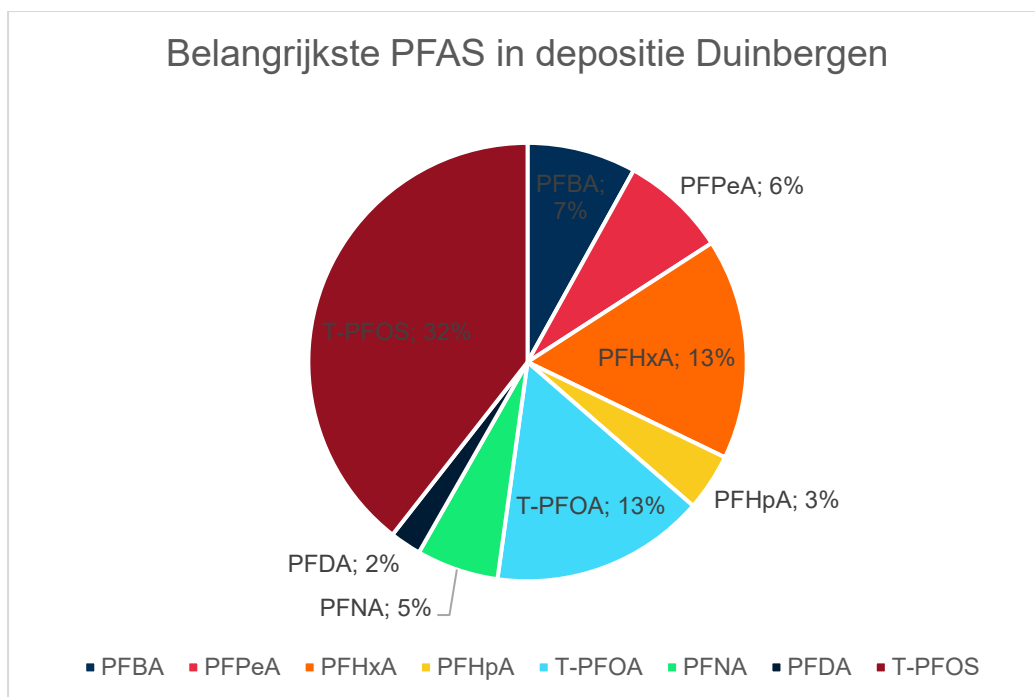
De PFAS-verbindingen, teruggevonden in het depositiestof, waarvoor zowel lineaire als totaal (lineair + vertakte) vormen bepaald werden, worden hier als totaal in rekening gebracht. Resultaten die als "indicatief" werden gecatalogeerd, worden niet meegenomen in de berekening van de sommaties. Verder worden voor de berekening van deze concentraties, meetwaarden beneden de kwantificatielimiet (LOQ) gelijkgesteld aan nul ($<LOQ=0$). Per PFAS verbinding werd de gemiddelde concentratie bepaald over de meetperiode. De totale PFAS concentratie werd berekend als de som van alle PFAS verbindingen die aan bovengenoemde eisen voldoen (enkel T, geen indicatieve).

Op de totale concentratie, bepaald als sommatie over alle geanalyseerde verbindingen (exclusief de indicatief bepaalde) worden een 8 tal PFAS met elk een aandeel van meer dan 1% teruggevonden, en een restgroep die is opgebouwd uit verbindingen met elk een aandeel van minder dan 1% (zie Figuur 8 en 9).

PFBA, T-PFOA, T-PFOS, PFHxA en PFPeA zijn de componenten die in de hoogste concentraties voorkomen. Deze componenten vertegenwoordigen samen ongeveer 78% (Knokke Zoute) en 72% (Duinbergen) van de totale PFAS-concentratie. PFNA en PFDA komen in lagere concentraties voor van resp. 5 en 2 %.



Figuur 8: Procentueel aandeel van de PFAS verbindingen met een aandeel hoger dan 1% in depositiestof op meetlocatie Knokke Zoute(2).



Figuur 9: Procentueel aandeel van de PFAS verbindingen met een aandeel hoger dan 1% in depositiestof op meetlocatie Duinbergen.

Per meetlocatie wordt de gemiddelde depositie gerapporteerd (Tabel 5). Voor de berekening van deze statistieken werden meetwaarden beneden de rapporteergrens gelijkgesteld aan nul.

Tabel 5: Gemiddelde depositie in ng/m²/dag voor de belangrijkste PFAS-componenten en de som van PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS op de 2 meetlocaties.

	Zoute 2		Duinbergen	
	ΣPFAS	EFSA-PFAS	ΣPFAS	EFSA-PFAS
Gemiddelde (ng/m ² /dag)	80	61	68	56
Minimum (ng/m ² /dag)	28	4	21	11
Maximum (ng/m ² /dag)	185	160	165	144
Mediaan (ng/m ² /dag)	71	61	43	34
Aantal metingen boven LOQ (op totaal van)	4 (4)	4(4)	4 (4)	4 (4)

4 BESPREKING VAN DE RESULTATEN

4.1 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 'Gezondheidkundige advieswaarden 'GAW' voor gebruik in MER beschikbaar op [Aandachtsgebieden en humane biomonitoring - Zorg en Gezondheid \(zorg-en-gezondheid.be\)](https://zorg-en-gezondheid.be)). Deze GAWs 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 methode⁵, 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/m³** 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)⁶.
- 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 guidance⁷ (nl. inhalatievolume van 20 m³/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 vervolgtraject dient een gepaste waarde voor de allocatiefactor bekeken te worden.

⁵ [Microsoft Word - protocol GAW revised version 2020 final.docx \(zorg-en-gezondheid.be\)](https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/6223)

⁶ <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/6223>

⁷ https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_r8_en.pdf/e153243a-03f0-44c5-8808-88af66223258

- Voorlopig kunnen we uitgaan van een allocatiefactor ergens tussen 20% en 100% (bv. in context van drinkwater wordt doorgaans een allocatiefactor van 20% gehanteerd)
- Indien men deze omrekeningsfactoren hanteert (volwassenen: 20 m³/dag en 70 kg), en een allocatiefactor tussen 20 en 100 % neemt, komt men tot **een waarde van 0,4-2,2 ng/m³** voor de som van de 4 EFSA-PFAS-verbindingen (PFNA+PFOA+PFHxS+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** dient gebruikt te worden, in afwachting van een **volwaardige gezondheidskundige advieswaarde voor PFAS in omgevingslucht**, volgens de methodiek opgesteld door AZG en VITO⁸. 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 0,44 ng/m³ en een bovengrens van 2,2 ng/m³. Er wordt niet met één vaste waarde gewerkt om rekening te kunnen houden met verschillen in allocatiefactor. De meest strenge toetsingswaarde is de ondergrenswaarde.

4.2 Beoordeling van de meetresultaten

Hieronder worden de resultaten van de tweede en langere, simultane meetcampagne besproken. De data-set van de eerste meetcampagne (Zoute 1) is beperkt, maar de resultaten liggen in dezelfde grootte-orde als de resultaten van de tweede campagne (Zoute 2). Een overzicht van de gemiddelde concentraties gemeten voor Σ PFAS en EFSA-PFAS voor zwevend stof (in ng/m³) en depositie (in ng/m²/dag) op de 2 kustlocaties (Zoute en Duinbergen) en 2 achtergrondlocaties (Borgerhout en Dessel), is weergegeven in onderstaande tabel (Tabel 6). De meetlocaties Dessel en Borgerhout zijn de VMM meetstations 70N016 en 42R801 (ter hoogte van Plantin en Moretuslei 163, Antwerpen) en worden gecatalogeerd als ruraal en stedelijk achtergrond gebied.

⁸ [Microsoft Word - protocol GAW revised version 2020_final.docx \(zorg-en-gezondheid.be\)](#)

Tabel 6: Overzicht van de gemiddelde en maximum (tussen haakjes) concentraties voor Σ PFAS en EFSA-PFAS voor zwevend stof (in ng/m³) en depositie (in ng/m²/dag) op de 2 kustlocaties (Zoute en Duinbergen) en 2 achtergrond locaties (Borgerhout en Dessel).

	sum of Total Perfluoroalkyl substances (PFASs)	sum of total (T) EFSA PFAS
Zwevend stof (Σ PFASs ng/m ³)		
Knokke Zoute 2	0,219** (0,387)***	0,082 (0,105)
Duinbergen	0,136 (0,221)	0,035 (0,075)
Borgerhout*	0,045 (0,065)	0,018 (0,034)
Dessel****	0,009 (0,057)	0,002 (0,025)
EFSA norm		0,44
Kruiken (Σ PFASs ng/m ² /dag)		
Knokke Zoute	80 (185)	61 (160)
Duinbergen	68 (165)	56 (144)
Borgerhout	27 (45)	2 (5)
Dessel	18 (44)	2 (30)

*: geen volledige overlap van de bemonsteringsperiode.

** gemiddelde waarde van de verschillende bemonsteringsperiodes

*** maximum waarde van de verschillende bemonsteringsperiodes

****in Dessel werden enkel filters bemonsterd en geanalyseerd

4.2.1 Zwevend stof

De gemiddelde concentratie van de som van de gemeten PFAS (Σ PFAS) in het zwevend stof was voor beide locaties Knokke Zoute (0,219 ng/m³) en Duinbergen (0,136 ng/m³) een factor 3 tot 5 verhoogd t.o.v. de stedelijke achtergrondlocatie Borgerhout (0,045 ng/m³) en een factor 15 tot 24 verhoogd t.o.v. de Vlaamse landelijke achtergrondlocatie Dessel (0,009 ng/m³). De gemiddelde concentratie Σ PFAS bedroeg in Knokke Zoute (0,219 ng/m³) en was hoger dan de gemiddelde concentratie gemeten in Duinbergen (0,136 ng/m³). Tijdens de meetperiode varieerden de concentraties Σ PFAS voor Zoute van 0,145 (minimum) tot 0,387 ng/m³ (maximum) en voor Duinbergen van 0,101 (minimum) tot 0,221 ng/m³ (maximum). Op beide meetlocaties ligt het maximum ongeveer een factor 2 hoger dan het minimum.

Ook de gemiddelde EFSA-PFAS concentraties op de beide kustlocaties waren verhoogd t.o.v. van de locaties Borgerhout en Dessel en bedroegen resp. 0,082 ng/m³ (Knokke Zoute) en 0,035 ng/m³ (Duinbergen) t.o.v. respectievelijk 0,018 en 0,002 ng/m³ voor stedelijke en landelijke achtergrond. Tijdens de meetperiode varieerden de EFSA-PFAS concentraties voor Zoute van 0,065 (minimum) tot 0,105 ng/m³ (maximum) en voor Duinbergen van 0,020 (minimum) tot 0,075 ng/m³ (maximum).

Specifiek voor de EFSA-componenten kan gesteld worden dat de gemiddelde concentraties in Knokke Zoute minimaal een factor 5 en in Duinbergen resp. een factor 12, onder de ondergrens van het tijdelijke toetsingskader van 0,44 ng/m³ liggen. Er werd een verhoging vastgesteld t.o.v. de stedelijke en landelijke achtergrondconcentraties, welke als significant verhoogd wordt beoordeeld.

De gemiddelde "fingerprint" van de meest voorkomende PFAS componenten in zwevend stof is sterk gelijkend voor de beide meetlocaties Zoute en Duinbergen, waarbij PFBA, T-PFOA, T-PFOS, PFHxA en PFHpA de meest voorkomende componenten zijn.

4.2.2 Depositie

De gemiddelde concentratie van de som van de gemeten PFAS (Σ PFAS) in de depositie was voor beide locaties Knokke Zoute (80 ng/m²/dag) en Duinbergen (68 ng/m²/dag) een factor 2 tot 3 maal verhoogd t.o.v. de stedelijke achtergrondlocatie Borgerhout (27 ng/m²/dag) en een factor 4 tot 5 maal verhoogd t.o.v. de Vlaamse landelijke achtergrondlocatie Dessel (18 ng/m²/dag). De gemiddelde concentratie Σ PFAS in depositie was hoger in Knokke Zoute ten opzichte van Duinbergen. Tijdens de meetperiode werden grote variaties vastgesteld in de concentraties Σ PFAS, nl. voor Zoute van 28 (minimum) tot 185 ng/m²/dag (maximum) en voor Duinbergen van 21 (minimum) tot 165 ng/m²/dag (maximum). Op beide meetlocaties ligt het maximum ongeveer een factor 7 hoger dan het minimum.

Ook de gemiddelde EFSA-PFAS concentraties in de deposities op de beide kustlocaties waren verhoogd t.o.v. van de locaties Borgerhout en Dessel en bedroegen resp. 68 ng/m²/dag (Knokke Zoute) en 56 ng/m²/dag (Duinbergen) t.o.v. respectievelijk 2 ng/m²/dag en 2 ng/m²/dag voor stedelijke en landelijke achtergrond. Tijdens de meetperiode varieerden de EFSA-PFAS concentraties voor Zoute van 21 (minimum) tot 165 ng/m²/dag (maximum) en voor Duinbergen van 11 (minimum) tot 144 ng/m²/dag (maximum).

De gemiddelde “fingerprint” van de meest voorkomende PFAS componenten in depositie stof is sterk gelijkend voor de beide meetlocaties Zoute en Duinbergen, waarbij PFBA, T-PFOA, T-PFOS, PFHxA en PFPeA de meest voorkomende componenten zijn.

5 BESLUIT

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

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

Ja, op elk van de 2 kustlocaties worden PFAS-verbindingen gemeten in zwevend stof, welke als significant verhoogde concentraties t.o.v. achtergrondniveau worden gecatalogeerd. Hoewel de meetreeksen redelijk beperkt zijn, kan er een concentratiegradiënt worden vastgesteld tussen de 2 kustlocaties met een afnemende concentratie voor Duinbergen t.o.v. Knokke Zoute.

→ **Worden er PFAS-verbindingen gemeten in de deposities van de kustlocaties?**

Ja, op elk van de 2 locaties werden PFAS-verbindingen gemeten in depositie stof, welke als significant verhoogde concentraties t.o.v. achtergrondniveau worden gecatalogeerd. Ook voor het depositiestof kan er een concentratiegradiënt worden vastgesteld tussen de 2 kustlocaties met een afnemende concentratie voor verder gelegen locaties van de monding van de Schelde.

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

PFBA, T-PFOA, T-PFOS, PFHxA en PFHpA zijn de PFAS-verbindingen die in de hoogste concentratie voorkomen op de beide meetlocaties aan de kust in zwevend stof. Van de EFSA-verbindingen zijn het voornamelijk T-PFOA en T-PFOS die aanwezig zijn in het zwevend stof, PFNA en PFHxS komen in veel lagere concentraties (onder kwantificatielimiet LOQ) voor.

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

Voor de EFSA-componenten, dit is de som van PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS, is er een tijdelijk toetsingskader voor zwevend stof. De concentratie van EFSA-PFAS wordt grotendeel bepaald door de T-PFOS en T-PFOA concentratie op de kustlocaties.

Tijdens de meetperiode werd een EFSA concentratie van 0,082 ng/m³ gemeten op locatie Zoute en 0,035 ng/m³ op locatie Duinbergen. Specifiek voor de EFSA-componenten kan gesteld worden dat de concentraties (uitgemiddeld over de beide meetlocaties) een factor 7 onder de ondergrens van het tijdelijke toetsingskader van 0,44 ng/m³ liggen.

De gemeten concentraties in zwevend stof voor de kustlocaties worden als significant verhoogd beoordeeld t.o.v. de stedelijke achtergrondconcentratie voor Borgerhout (0,018 ng/m³) en de landelijke achtergrondlocatie Dessel (0,002 ng/m³). Op de kustlocatie met de hoogste EFSA-PFAS concentratie (Zoute) is deze gemiddeld ongeveer 4,5 keer hoger dan de stedelijke achtergrondlocatie, en 40 keer hoger dan op de landelijke achtergrondlocatie. De verhoging t.o.v. de achtergrond wordt als significant beschouwd. Anderzijds blijven de concentraties ruim (een factor 7) onder het tijdelijke toetsingskader.

**vision on technology
for a better world**

