



**Vlaanderen**  
is wetenschap

22\_079\_1  
WL rapporten

**PFAS**

Inschatting PFAS-vrachten in de Zeeschelde

DEPARTEMENT  
MOBILITEIT &  
OPENBARE  
WERKEN

[waterbouwkundiglaboratorium.be](http://waterbouwkundiglaboratorium.be)

PFAS

## Inschatting PFAS-vrachten in de Zeeschelde

Plancke, Y.; Vanhooren, J.; De Maerschallck, B.; Gabriels, W.



#### Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium en de Vlaamse milieumaatschappij zijn van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis. De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en de Vlaamse milieumaatschappij en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen. Het Waterbouwkundig Laboratorium en de Vlaamse milieumaatschappij noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium en de Vlaamse milieumaatschappij is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

#### Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium en de Vlaamse milieumaatschappij 2022  
D/2022/3241/200

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

**Plancke, Y.; Vanhooren, J.; De Maerschalck, B.; Gabriels, W.** (2022). PFAS: Inschatting PFAS-vrachten in de Zeeschelde. Versie 3.0. WL Rapporten, 22\_079\_1. Waterbouwkundig Laboratorium i.s.m. Vlaamse milieumaatschappij: Antwerpen

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

#### Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Vlaamse Regering	Ref.:	WL2022R22_079_1
Trefwoorden (3-5):	PFAS, Schelde-estuarium, vracht		
Kennisdomeinen:	Hydrodynamica > Passieve tracers > Literatuur- en desktoponderzoek		
Tekst (p.):	17	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Plancke, Y.; Vanhooren, J.
------------	----------------------------

#### Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	De Maerschalck, B. Gabriels, W.	Getekend door: Bart De Maerschalck (Sig) Getekend op: 2022-12-05 16:03:29 +01:0 Reden: lk keur dit document goed Digitaal ondertekend door Wim Gabriels Datum: 2022.12.05 09:25:32 +01'00' <i>Bart De Maerschalck</i>
Projectleider:	Plancke, Y.	Getekend door: Yves Plancke (Signature) Getekend op: 2022-12-06 08:53:24 +01:0 Reden: lk keur dit document goed <i>Yves Plancke</i>

#### Goedkeuring

Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door: Abdelkarim Bellafkih (Sign) Getekend op: 2022-12-05 13:42:36 +01:0 Reden: lk keur dit document goed <i>Abdelkarim Bellafkih</i>
-----------------	---------------	---



## Abstract

De PFAS-problematiek heeft de afgelopen maanden aanleiding gegeven tot verschillende initiatieven. In het kader van het uniformiseren de Vlaams-Nederlandse analyse- en onderzoeks aanpak, worden in dit rapport de PFAS-vrachten (voor 5 verschillende componenten) ingeschat langsheen de Beneden-Zeeschelde. Ter hoogte van de grens worden deze vrachten berekend met de door Nederland berekende vrachten.

De resultaten tonen aan dat op basis van de huidige meetgegevens en rekenmethode vergelijkbare vrachten worden berekend. Deze waarden kunnen dus een basis vormen voor verder overleg over het grensoverschrijdend transport van PFAS in het Schelde-estuarium.

Uit de berekende vrachten blijkt dat de vracht voor PFOS, PFOA, PFHxA niet toeneemt op het traject van Rupelmonde tot aan de Nederlandse grens. Voor PFBS en PFBA wordt wel een toename van de vracht vastgesteld op het traject ter hoogte van de Antwerpse haven. Op basis van de huidige metingen kan dit vooralsnog niet gericht aan een bron toegewezen worden.

De evolutie tussen januari en september 2022 toont, zowel in de Vlaamse als Nederlandse metingen, een daling van de concentratie PFBA ter hoogte de Belgisch-Nederlandse grens, voor PFOS blijft de concentratie constant, en is duidelijk lager dan deze van PFBA. Dit toont aan dat de Vlaamse en Nederlandse metingen consistent zijn. Er zijn verdere meetcampagnes nodig om verder uitspraak te doen over de evolutie doorheen de tijd en om te bevestigen of de PFBA vracht afneemt door de huidige beleidsmaatregelen in de Antwerpse regio.

# Inhoudstafel

Abstract .....	III
Inhoudstafel.....	IV
Lijst van de tabellen.....	V
Lijst van de figuren .....	VI
1 Inleiding .....	1
1.1 Onderzoeksvragen.....	1
2 Methodologie .....	2
2.1 Bovenafvoer .....	2
2.2 PFAS-concentraties.....	3
2.3 PFAS-vrachten.....	5
2.3.1 Methode I .....	5
2.3.2 Methode II .....	6
3 PFAS-vrachten.....	7
3.1 Methode I .....	7
3.2 Methode II .....	9
3.3 Vergelijking methodes .....	10
3.4 Temporele variatie .....	12
3.5 Vergelijking vrachten o.b.v. Nederlandse meetgegevens .....	13
4 Hoe gedragen PFAS zich in de Schelde? .....	14
5 Onderzoeksvragen.....	15
6 Conclusies en aanbevelingen .....	16
6.1 Conclusies .....	16
6.2 Aanbevelingen.....	16
7 Referenties .....	17

## Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Verschil methode I – methode II in berekende PFAS-jaarvracht in de Beneden-Zeeschelde .....	10
Tabel 2 – Verschil berekende PFAS-jaarvracht in de Beneden-Zeeschelde: meetgegevens 2022 vs. 2021-2022 .....	12
Tabel 3 – Verschil berekende PFAS-jaarvracht ter hoogte van de grens o.b.v. data VMM en RWS.....	13

## Lijst van de figuren

Figuur 1 – Bovenafvoer te Schelle en ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens.....	2
Figuur 2 – PFAS-concentraties voor meetpunten in de Beneden-Zeeschelde PFBA (links boven), PFBS (midden boven), PFHxA (rechts boven), PFOA (links onder), PFOS (midden onder).....	4
Figuur 3 – Berekende PFAS-jaarvrachten langsheen de Beneden-Zeeschelde o.b.v. meetdata voor periode juli 2021 – september 2022 volgens methode I.....	7
Figuur 4 – Relatieve verandering (t.o.v. Hemiksem) berekende (methode I) PFAS-jaarvrachten langsheen de Beneden-Zeeschelde Boven: volledig bereik – Onder: detail .....	8
Figuur 5 – Berekende PFAS-jaarvrachten langsheen de Beneden-Zeeschelde o.b.v. meetdata voor periode juli 2021 – september 2022 volgens methode II.....	9
Figuur 6 – Verblijftijd in het Schelde-estuarium.....	11
Figuur 7 – Berekende PFAS-jaarvrachten langsheen de Beneden-Zeeschelde o.b.v. meetdata voor periode januari – september 2022 volgens methode I.....	12
Figuur 8 – Concentratie PFBA (links) en PFOS (rechts) ter hoogte van grens: Nederlandse metingen RWS (●) en Vlaamse metingen VMM (◆) .....	13

# 1 Inleiding

In juni 2021 ging de Vlaamse Regering over tot de aanstelling van een opdrachthouder (prof. Dr. Karl Vrancken) die de PFAS-problematiek in Vlaanderen in beeld moest brengen. De opdracht werd gegeven voor een verlengbare periode van 1 jaar, die ondertussen ook verlengd werd tot eind 2022. De initiële opdracht richtte zich op 2 luiken: (1) een bundeling van de wetenschappelijke expertise in het onderzoeksveld en in de administratie en (2) het verzorgen en afstemmen van de communicatie.

In de afgelopen 16 maanden werden door de opdrachthouder 3 rapporten gepubliceerd. In het eerste rapport (Vrancken, 2021) werd de huidige stand van kennis en inzichten weergegeven op basis van de inhoudelijke en wetenschappelijke expertise.

Het tweede rapport (Vrancken, 2022a) bundelt 3 verslagen waarin ingegaan wordt op (a) alle onderzoeken en technische studies die in de periode september – december 2021 zijn ondernomen (“onderzoeksverslag”); (b) inzichten van de experts op basis van recent onderzoek en overleg, met aandacht voor onderwerpen zoals blootstelling, handelingskader, grondverzet, gezondheidsimpact en aanpak op middellange termijn (“expertenverslag”); (c) verslag over het verdere traject, verdere aanpak van de opdracht met het oog op het einde van de (eerste) termijn van de opdracht en integratie in het PFAS-actieplan (“voortuitblik”).

Het derde rapport (Vrancken, 2022b) geeft eveneens een overzicht van de stand van zaken van het onderzoek, de activiteiten die hebben plaatsgevonden sinds het 2<sup>e</sup> rapport en bevat ook een voortuitblik naar de 2<sup>e</sup> helft van 2022. Dit rapport vermeldt ook de internationale context, met specifiek aandacht voor de verspreiding van PFAS in het Schelde-estuarium, inclusief het Nederlandse deel van het estuarium (Westerschelde). Op 13 juni 2022 organiseerde de Internationale Scheldec commissie (ISC) een studiedag rond PFAS in het Scheldebekken. In presentaties en discussies werd de huidige aanpak besproken en werden voorstellen op tafel gelegd voor het uniformiseren van de analyse- en onderzoeks aanpak en het stellen van gemeenschappelijke doelstellingen voor de kwaliteit van het Scheldewater op middellange termijn.

Voorliggende rapport draagt bij aan deze ambitie: door Nederland worden PFAS-vrachten ter hoogte van Belgisch-Nederlandse grens berekend op basis van waterstalen die genomen worden ter hoogte van het station Schaar van Ouden Doel (Jonker, 2021, 2022). In Vlaanderen werd deze berekening vooralsnog niet uitgevoerd, doch sinds 2021 zijn er ook metingen in het Vlaamse deel van het estuarium (Zeeschelde) beschikbaar die dit mogelijk maken. In dit rapport wordt dan ook een eerste berekening gepresenteerd van de PFAS-vrachten in de Zeeschelde. Hierbij is in eerste instantie gekozen om dit enkel uit te voeren voor een selectie van PFAS-stoffen.

## 1.1 Onderzoeksvragen

Vanuit Karl Vrancken, Vlaams opdrachthouder PFAS, werden 4 concrete onderzoeksvragen voorgelegd:

1. Hoe gedraagt PFAS het zich in de Schelde? Is er een evolutie in tijd en ruimte?
2. Verschilt transport doorheen Schelde voor verschillende PFAS?
3. Zijn de berekende vrachten vergelijkbaar met Nederland?
4. Wat is de rol van de haven in het transport van PFAS?



## 2 Methodologie

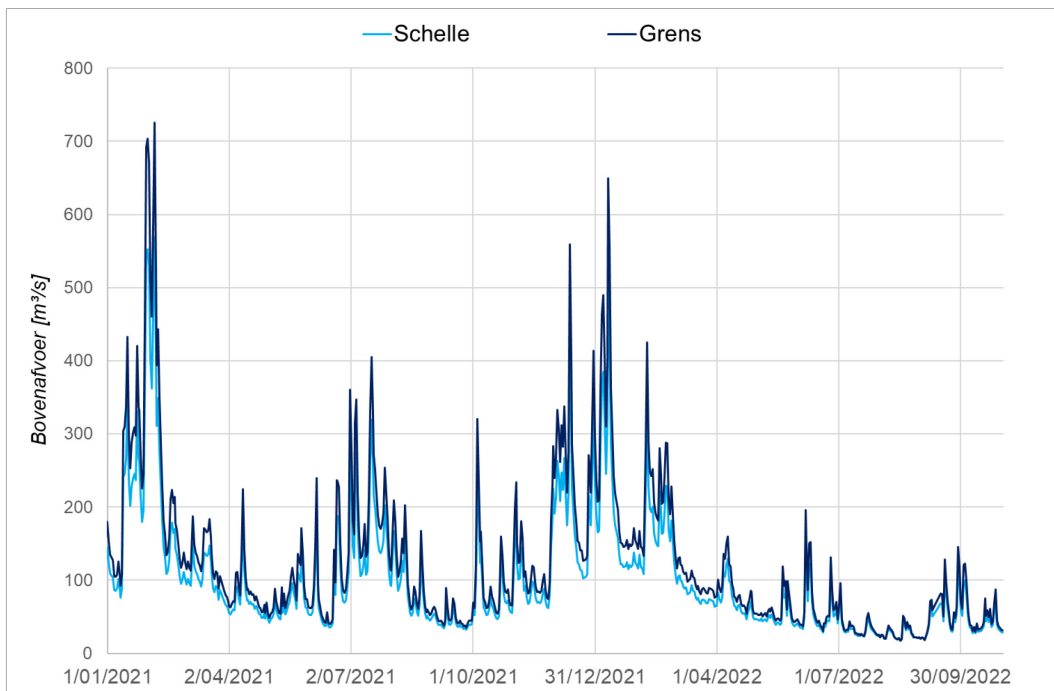
Om de PFAS-vrachten in de Beneden-Zeeschelde te berekenen, wordt dezelfde methodiek gehanteerd die ook door Rijkswaterstaat (RWS) gebruikt wordt. Deze bestaat eruit het product te berekenen van de bovenafvoer [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] en de PFAS-concentratie [ $\text{ng}/\text{l}$ ]. Dit levert, mits herrekening van de tijdseenheid, een PFAS-vracht in [ $\text{kg}/\text{dag}$ ] op.

In volgende paragrafen wordt ingegaan in de basisdata (afvoer, PFAS-concentraties) en de methode om de vracht te berekenen. Hierbij worden 2 methodes toegepast: enerzijds de methodiek identiek aan deze van RWS, anderzijds een variant hierop die een inschatting maakt van de PFAS-vrachten per dag.

### 2.1 Bovenafvoer

Sinds 1947 (met publicaties vanaf 1949) worden waarnemingen en metingen verricht om de bovenafvoer uit de opwaarts van het tijgebied gelegen hydrografische bekkens te bepalen en dit voor verschillende locaties. De meest bekende locatie is de Zeeschelde te Schelle, aan de monding van het Rupelbekken in de Zeeschelde. Echter, voor de berekening van de vrachten nabij de grens is ook de bovenafvoer ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens relevant. Voor een uitgebreide beschrijving van de berekeningswijze wordt verwezen naar (Vanlierde *et al.*, 2014).

Aangezien de metingen van PFAS-concentraties in de Zeeschelde slechts sinds medio 2021 in detail plaatsvinden, zal de berekening zich ook toespitsen op deze periode. Figuur 1 geeft het verloop weer van de berekende bovenafvoer ter hoogte van Schelle en de Belgisch-Nederlandse grens. Hieruit blijkt duidelijk de seizoenale variatie in bovenafvoer, met hogere waarden van de bovenafvoer in de wintermaanden en lagere waarden in de zomermaanden. Juli 2021 wijkt hier enigszins van af, aangezien deze maand gekenmerkt werd door intensieve neerslag en alzo ook hogere waarden van de bovenafvoer.



Figuur 1 – Bovenafvoer te Schelle en ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens

## 2.2 PFAS-concentraties

Voor het berekenen van de vrachten is een selectie gemaakt van de PFAS die sinds 2021 door de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) gemeten worden. Deze selectie is gebeurd rekening houdend met enerzijds het belang van de betreffende stof in de totale concentratie, en anderzijds zijn er zowel korte ( $C_4$ ) als lange ( $C_8$ ) ketens geselecteerd:

- Perfluorbutaanzuur (PFBA) [ $C_4F_7O_2$ ]
- Perfluorbutaansulfonzuur (PFBS) [ $C_4F_9SO_3$ ]
- Perfluorhexaanzuur (PFHxA) [ $C_6F_{11}O_2$ ]
- Perfluorocetaanzuur (PFOA) [ $C_8F_{15}O_2$ ]
- Perfluorocetaansulfonzuur (PFOS) [ $C_8F_{17}SO_3$ ]

De wens was om ook GenX [ $C_6F_{11}O_3$ ] mee te nemen in de analyse, doch hiervan bleken geen metingen beschikbaar in de beschikbare datasets.

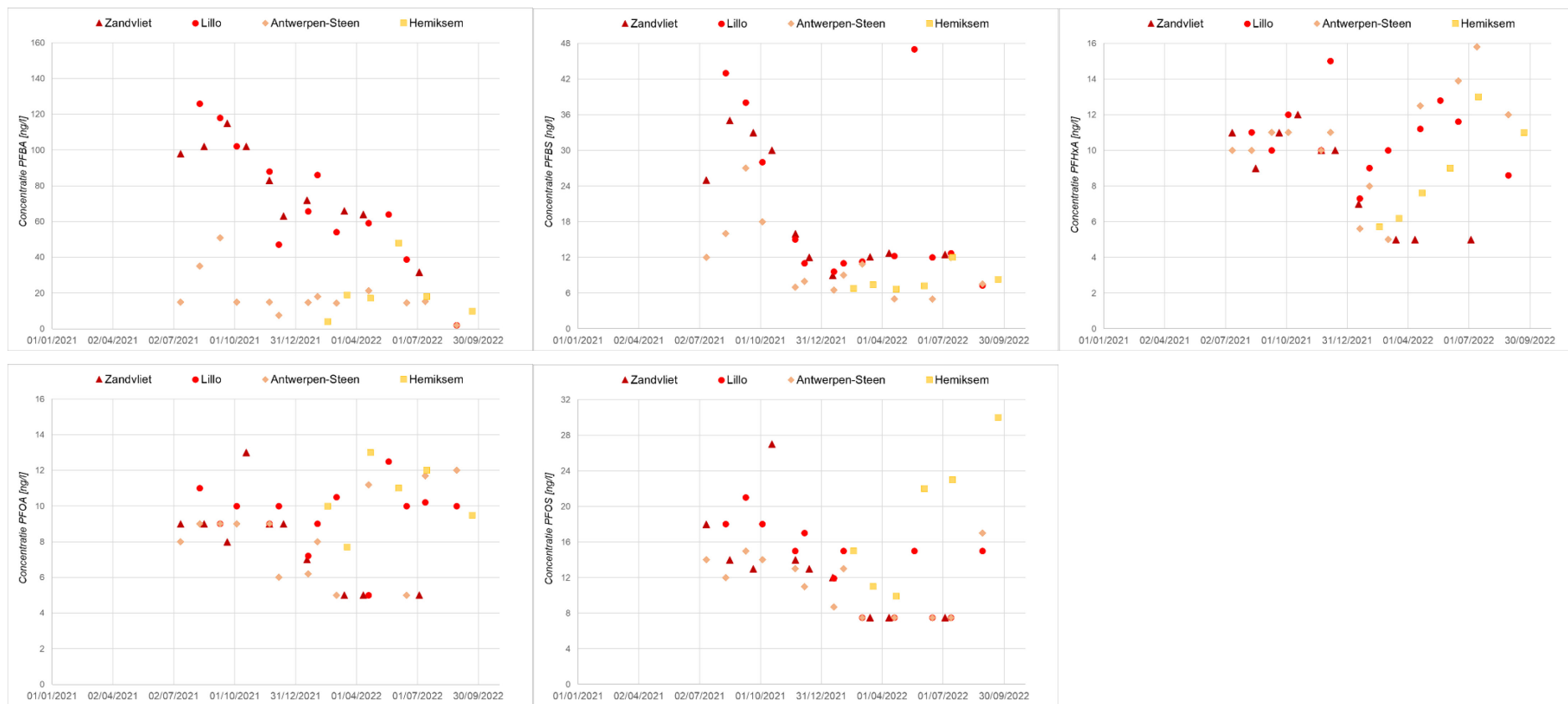
Door de VMM gebeurt de staalname getij-onafhankelijk vanop een schip dat een langspanprofiel vaart vertrekkende vanaf de Belgisch-Nederlandse grens tot Schelle. Op verschillende punten wordt een staal genomen dat vervolgens geanalyseerd worden op de concentratie van de verschillende PFAS-componenten. Voor het berekenen van de vrachten is gekozen om volgende 4 punten in de Beneden-Zeeschelde te beschouwen (van af- naar opwaarts): Zandvliet, Lillo, Antwerpen-Steen, Hemiksem. Aan de hand van deze 4 punten kan een goed beeld gemaakt worden van de ruimtelijke verschillen in de PFAS-vrachten.

Specifiek aandachtspunt zijn de metingen waarbij de concentratie beneden een bepaalde grenswaarde ligt. Volgens de Nederlandse methodiek wordt sinds 2015 gebruik gemaakt van de "VrachtenApp", waarvoor bij waarden beneden de rapportagegrens gebruik gemaakt wordt van de Volkert-Bakker methode. Door het eerder beperkt aantal metingen dat momenteel beschikbaar is voor de meeste componenten, is ervoor gekozen de "oude" Nederlandse methode te hanteren: de gemeten concentraties onder de rapportagegrens worden in de berekening meegenomen door de halve waarde van de rapportagegrens te nemen.

Figuur 2 het verloop van de concentratie van de 5 geselecteerd PFAS weer. Let op, het bereik van de verticale as verschilt tussen de verschillende figuren, aangezien de concentraties verschillen voor de verschillende stoffen.

Opvallend is dat voor de geselecteerde korte ketens (PFBA en PFBS) de concentraties in het afgelopen jaar sterk gedaald zijn, waarbij deze afname het sterkste is voor de 2 afwaarts gelegen meetpunten (Lillo en Zandvliet). Hierdoor is het verschil in concentratie tussen het op- en afwaartse deel van de Zeeschelde voor deze korte ketens grotendeels verdwenen. Seizoensvariëaties, zoals deze waarneembaar zijn in het rapport Jonkers zijn niet echt waarneembaar, maar daarvoor is de tijdreeks waarschijnlijk nog te kort.

Voor de lange ketens (PFOS, PFOA) zien we weinig variatie, zowel spatiaal in de Zeeschelde als temporeel over de beschouwde periode (2021-2022).



Figuur 2 – PFAS-concentraties voor meetpunten in de Beneden-Zeeschelde  
 PFBA (links boven), PFBS (midden boven), PFHxA (rechts boven), PFOA (links onder), PFOS (midden onder)

## 2.3 PFAS-vrachten

Voor het berekenen van de PFAS-vrachten worden 2 methodes toegepast. De eerste is identiek aan deze die door RWS wordt toegepast, de 2<sup>e</sup> is een variant hierop met een beperkte aanpassing. Belangrijk is op te merken dat de berekende vrachten uitgaan dat de PFAS hoofdzakelijk opgelost zijn in de waterkolom. De bijdrage van de PFAS die zich aan sediment kunnen hechten wordt hier niet mee in beschouwing genomen. Op basis van Nederlandse meetgegevens van PFBA ter hoogte van Schaar van Ouden Doel (2019-2020) blijkt deze aanname gerechtvaardigd, aangezien de bijdrage in het oppervlaktewater een factor 5000 groter is dan deze via het zwevende stof.

### 2.3.1 Methode I

Voor het berekenen van de PFAS-vrachten maakt RWS gebruik van de VrachtenApp. De berekening wordt beschreven in (Deltares, 2016) en stelt dat voor oppervlaktewater de “directe” methode wordt toegepast:

*Voor die dagen waarop een concentratiemeting beschikbaar is (aantal = n), wordt een dagvracht bepaald als concentratie ([PFAS]<sub>i</sub>) maal bijbehorend dagdebiet (Q<sub>dag</sub>). De resulterende dagvrachten worden vervolgens gesommeerd en omgerekend naar een jaarvracht door vermenigvuldiging met het aantal dagen in het jaar, gedeeld door het aantal concentratiemetingen (n).*

Dit komt neer op volgende formule:

$$PFAS_{jaarvracht} = \sum_n (Q_{dag} \times [PFAS_i^{meting}]) \times \frac{365 d}{n}$$

Hierbij moet opgemerkt worden dat het gebruikte dagdebiet (Q<sub>dag</sub>) niet gespecificeerd is. Er wordt aangenomen door hiervoor door RWS het debiet ter hoogte van de Belgisch-Nederlandse grens wordt gebruikt, aangezien dit representatief is voor het station Schaar van Ouden Doel.

Voor de berekening in de Zeeschelde wordt deze methodiek overgenomen, met volgende wijzigingen:

- Voor de meetpunten Zandvliet en Lillo (afwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde) wordt het dagdebiet ter hoogte van de grens gebruikt, voor de meetpunten Antwerpen-Steen en Hemiksem (opwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde) wordt het dagdebiet van Schelle gebruikt in de berekening van de vrachten. Idealiter wordt een aangepast debiet gebruikt, afhankelijk van het bekken dat toestroomt naar de Zeeschelde tussen Schelle en de grens, maar voor de huidige inschatting werd dit niet toegepast. Het effect van deze vereenvoudiging wordt grootte-orde 10% ingeschat.
- Aangezien de metingen voor de verschillende componenten voor de 4 meetpunten pas beschikbaar zijn sinds juli 2021, is ervoor gekozen de jaarvracht te berekenen op basis van alle beschikbare metingen in de Beneden-Zeeschelde, i.e. beginnend in juli 2021 en eindigend in september 2022; deze keuze wordt gemaakt om een voldoende grote datasets beschikbaar te hebben die rekening kan houden met een eventuele seizoenale variatie; wanneer de data beschikbaar is van het volledige kalenderjaar 2022, kunnen de vrachten voor het kalenderjaar 2022 berekend worden.
- Belangrijk om op te merken is dat de Beneden-Zeeschelde metingen tij-onafhankelijk genomen worden. De Nederlands metingen worden genomen tijdens kentering laagwater. In geval van metingen in de nabijheid van lokale bronnen, kan dit een effect hebben op de berekening van jaarvrachten (e.g. bij een staalname opwaarts een bron, kan een concentratie gemeten worden wanneer het staal in de vloedfase genomen wordt). Voor diffuse en bronnen en instroom via bovendebieten zal dit minder effect hebben.

### 2.3.2 Methode II

Aangezien de eerste methode gebruik maakt van een extrapolatie van een eerder beperkt aantal (ca. 13) gemeten dagvrachten, is deze berekening gevoelig aan uitschieters op vlak van de dagafvoer op de meetdag. Aangezien verondersteld wordt dat de temporele variatie van de PFAS-concentratie kleiner is dan de variatie in de bovenafvoer, wordt een 2<sup>e</sup> methode toegepast bij het berekenen van de PFAS-vrachten. Hierbij wordt de reeks van de gemeten PFAS-concentraties ( $n$ ) lineair geïnterpoleerd ( $[PFAS_i^{interpol}]$ ) voor de tussenliggende dagen waarop geen meting van PFAS-concentratie beschikbaar is ( $365 - n$ ), maar wel een gemeten bovenafvoer beschikbaar is. Dit komt neer op volgende formule:

$$PFAS_{jaarvracht} = \sum_n (Q_{dag} \times [PFAS_i^{meting}]) + \sum_{365-n} (Q_{dag} \times [PFAS_i^{interpol}])$$

Dezelfde aannames inzake bovenafvoer en beschouwde berekeningsperiode toegepast in methode I, worden ook hier toegepast. Merk op dat ook hier de bijdrage van lokale bronnen op de concentratie afhankelijk is van het debiet: een hoger debiet zal leiden tot meer verdunning bij een gelijke lozing. Bij de interpolatie van de concentraties wordt hier geen rekening mee gehouden.

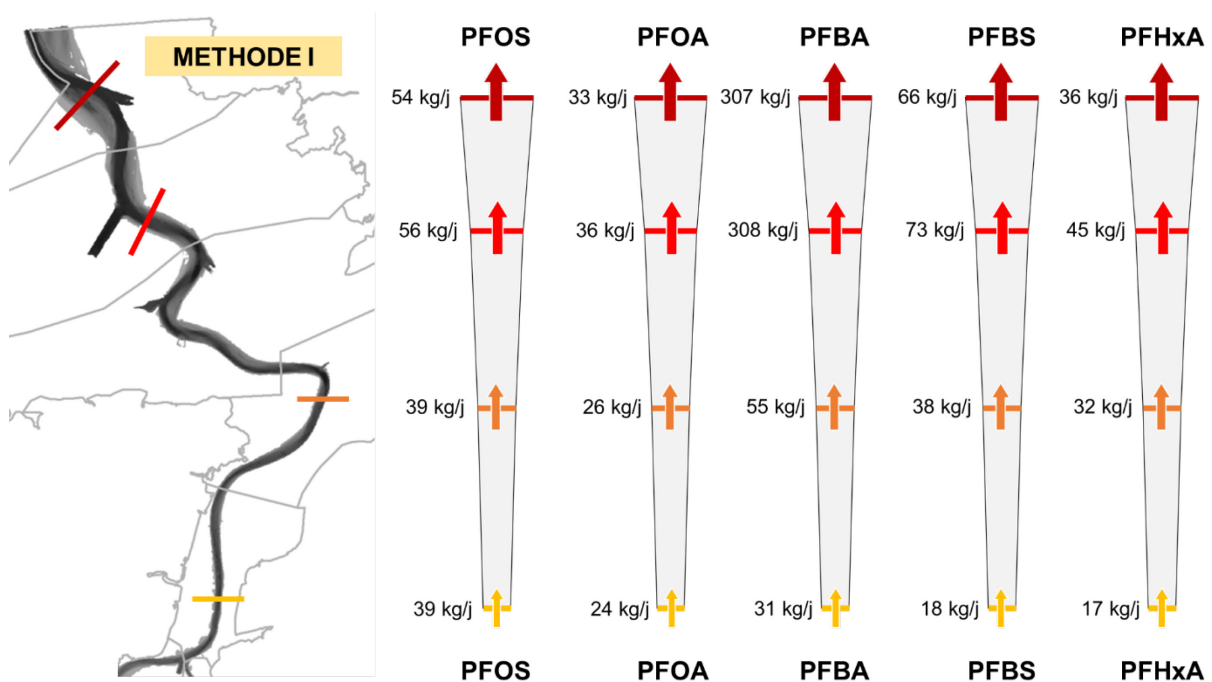
### 3 PFAS-vrachten

#### 3.1 Methode I

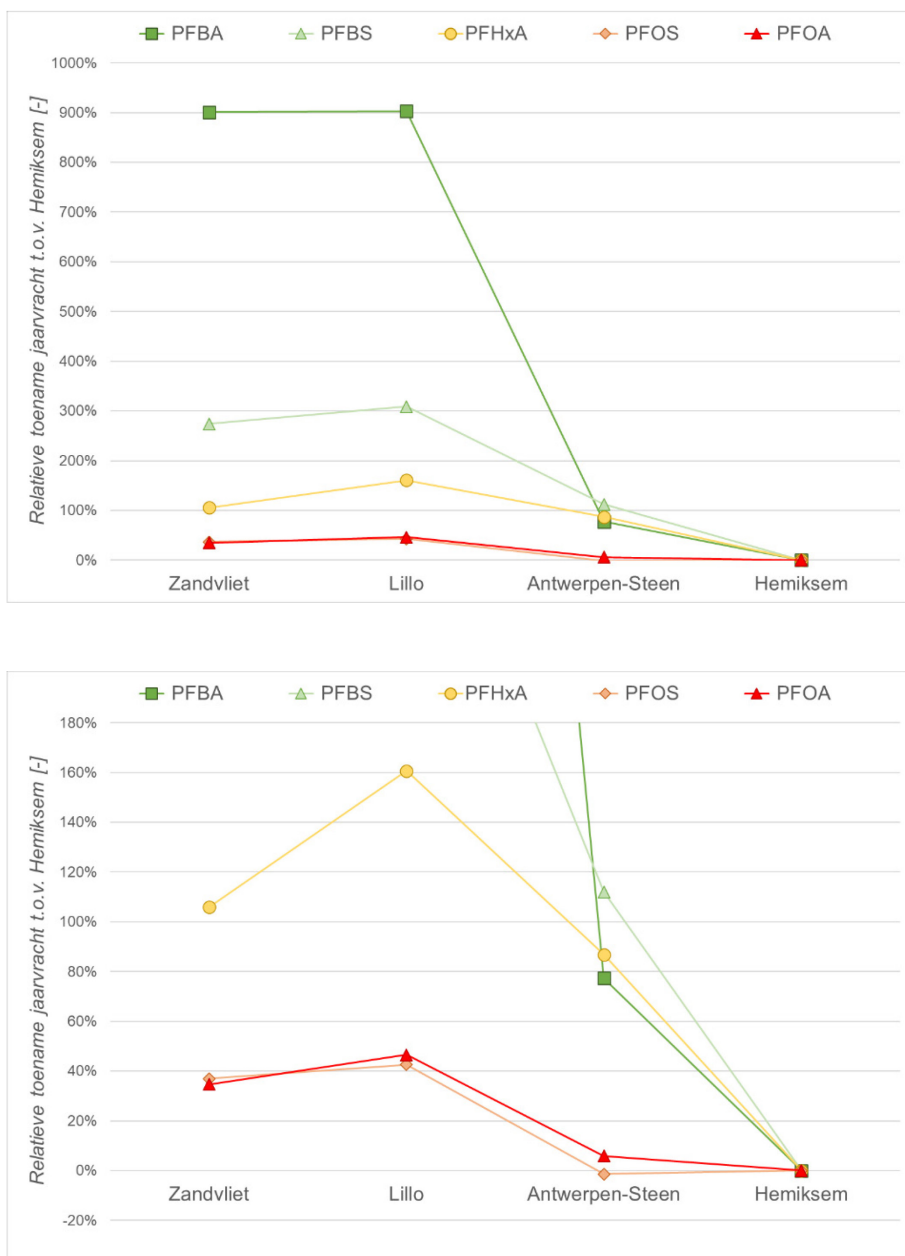
Figuur 3 geeft de berekende jaarvrachten weer voor de geselecteerd PFAS (PFOS, PFOA, PFBA, PFBS, PFHxA). De vrachten werden berekend op basis van de concentratie-metingen in de periode juli 2021 – september 2022. Voor Hemiksem zijn slechts gegevens beschikbaar sinds januari 2022.

Door de keuze in bovenafvoer, zullen, los van andere onzekerheden, de vrachten ter hoogte van Antwerpen-Steen een onderschatting zijn ten opzichte van de werkelijkheid, terwijl dit voor Lillo eerder een overschatting zal zijn.

Figuur 4 geeft een beeld van de relatieve verandering van de PFAS-vrachten in de Beneden-Zeeschelde voor de verschillende geselecteerde componenten. Hierbij kan vastgesteld dat de korte, middellange en lange ketens een duidelijk verschillend patroon vertonen: de korte ketens (PFBA en in minder mate PFBS) tonen de sterkste toename (factor 9 voor PFBA) in het midden stuk tussen Antwerpen-Steen en Lillo; de lange ketens (PFOS, PFOA) vertonen een gelijkaardig verloop maar de toename is een stuk kleiner (ca. 40%); de middellange keten (PFHxA) vertoont de sterkste toename (ca. factor 2) in het opwaartse en midden deel van de Beneden-Zeeschelde, tussen Hemiksem en Lillo.



Figuur 3 – Berekende PFAS-jaarvrachten langsheen de Beneden-Zeeschelde o.b.v. meetdata voor periode juli 2021 – september 2022 volgens methode I

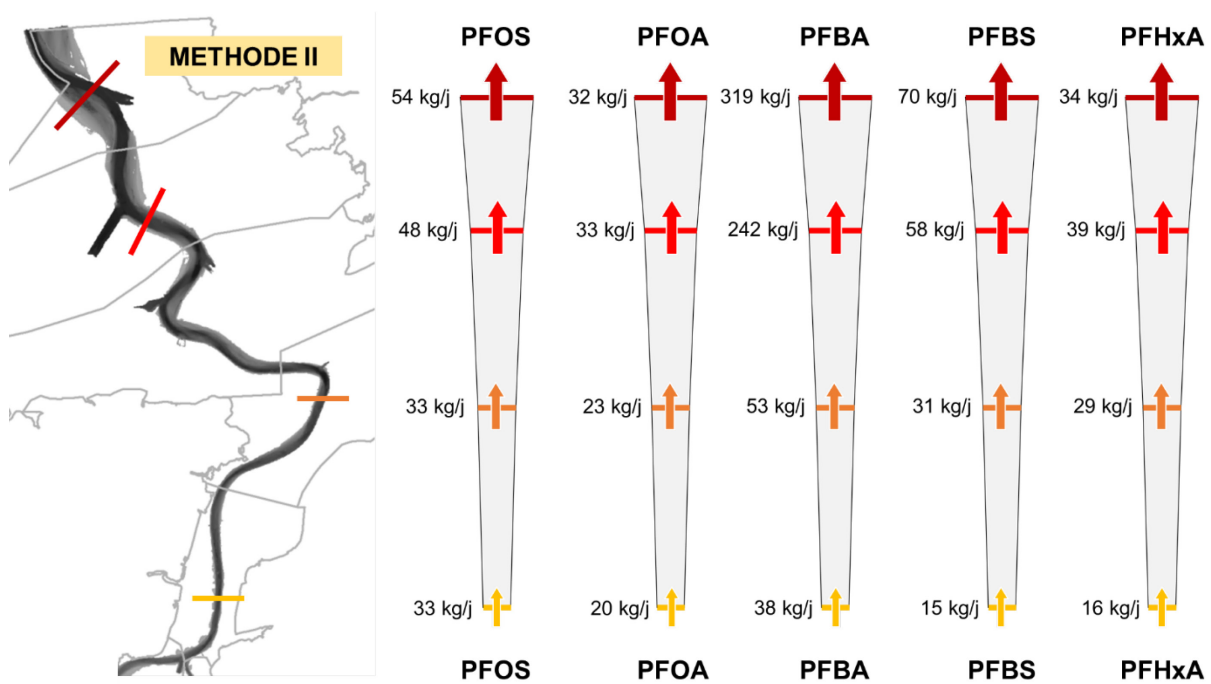


Figuur 4 – Relatieve verandering (t.o.v. Hemiksem) berekende (methode I) PFAS-jaarvrachten langsheen de Beneden-Zeeschelde  
 Boven: volledig bereik – Onder: detail

## 3.2 Methode II

Figuur 5 geeft de berekende jaarvrachten weer voor de geselecteerd PFAS (PFOS, PFOA, PFBA, PFBS, PFHxA). De vrachten werden berekend op basis van de concentratie-metingen in de periode juli 2021 – september 2022. Voor Hemiksem zijn slechts gegevens beschikbaar sinds januari 2022.

Door de keuze in bovenafvoer, zullen ook hier, los van andere onzekerheden, de vrachten ter hoogte van Antwerpen-Steen een onderschatting zijn ten opzichte van de werkelijkheid, terwijl dit voor Lillo eerder een overschatting zal zijn.



Figuur 5 – Berekende PFAS-jaarvrachten langsheen de Beneden-Zeeschelde o.b.v. meetdata voor periode juli 2021 – september 2022 volgens methode II



### 3.3 Vergelijking methodes

In bovenstaande paragrafen werden de jaarvracht voor de selectie van PFAS gepresenteerd, waarbij de berekening op 2 manieren is uitgevoerd. Wanneer beide methodes vergeleken worden (Tabel 1), zijn de verschillen die waargenomen worden niet systematisch: ze zijn afhankelijk van locatie en stof. Voor Zandvliet geeft methode I aanleiding tot ietwat (< 6%) kleinere vrachten, terwijl dit voor de andere stations grotendeels omgekeerd is en methode I hogere (tot 24%) vrachten geeft. Ondanks dit verschil, kan opgemerkt worden dat deze verschillen klein zijn en niet tot een fundamenteel verschil zal leiden in het spatiale patroon in de Beneden-Zeeschelde van de jaarvrachten. Voor PFBA zien we wel een duidelijk verschil in toename tussen Lillo en Zandvliet wanneer we de twee methoden vergelijken. Het feit dat de verschillen tussen de twee analyses niet uniform/systematisch zijn voor de verschillende locaties en bronnen, zijn waarschijnlijk te wijten aan het feit dat de nauwkeurigheid en gevoeligheid van de methode op de totale vrachtbepaling verschillend is voor lokale, diffuse en opwaartse bronnen als gevolg van het getij en sediment transport.

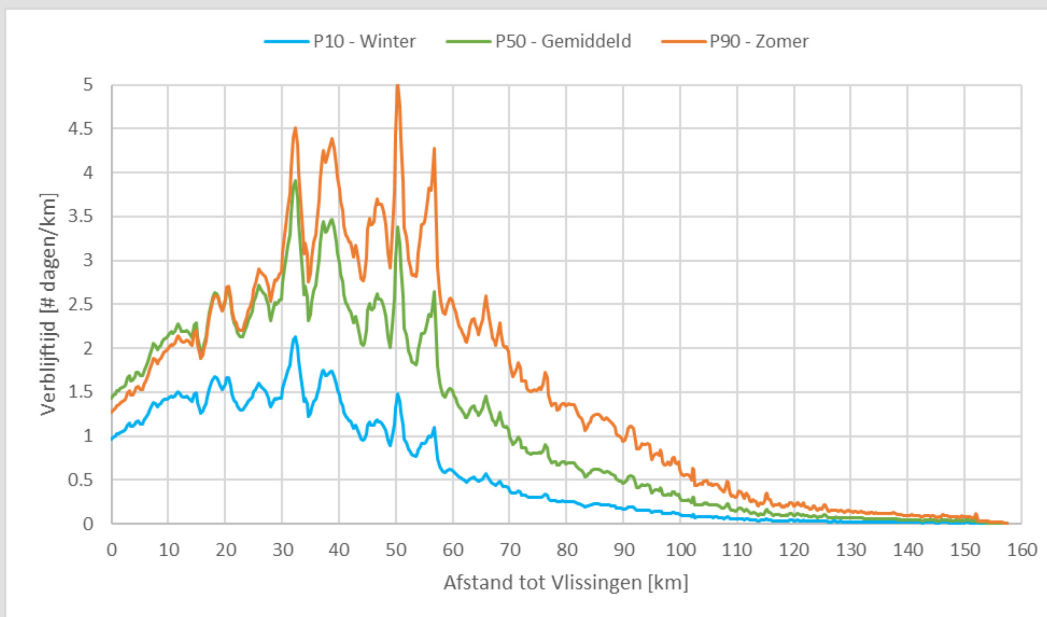
Tabel 1 – Verschil methode I – methode II in berekende PFAS-jaarvracht in de Beneden-Zeeschelde

Jaarvracht	PFBA	PFBS	PFHxA	PFOS	PFOA
Zandvliet	-3.8%	-5.8%	4.5%	-0.7%	1.7%
Lillo	23.8%	22.4%	15.7%	14.5%	8.5%
Antwerpen-Steen	3.4%	20.1%	10.2%	15.2%	9.7%
Hemiksem	-21.7%	16.5%	8.6%	17.9%	20.0%

### Intermezzo verblijftijd

Een belangrijk aspect is de verblijftijd van stoffen in het estuarium. In het kader van het INTERREG-project TIDE is door het Waterbouwkundig Laboratorium een inschatting gemaakt van de verblijftijd voor de verschillende estuaria (Vandenbruwaene *et al.*, 2013). Dezelfde methodologie wordt hier toegepast om de verblijftijd doorheen het Schelde-estuarium te berekenen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de “Fractal Fresh Water Method” (Dyer, 1973), die expliciet rekening houdt met de aanwezigheid een saliniteitsgradiënt. Dit is voor de Beneden-Zeeschelde en de Westerschelde noodzakelijk. Figuur 6 geeft het verloop weer van de verblijftijd per segment van 1 km langsheen het estuarium. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen hoge (P10), gemiddelde (P50) en lage (P90) bovenafvoer. Wanneer we de Beneden-Zeeschelde (KM50-90) in beschouwing nemen, zal de verblijftijd van in water opgeloste stoffen (zoals de hier beschouwd PFAS) variëren tussen 24 dagen bij hoge bovenafvoer en 80 dagen bij lage bovenafvoer.

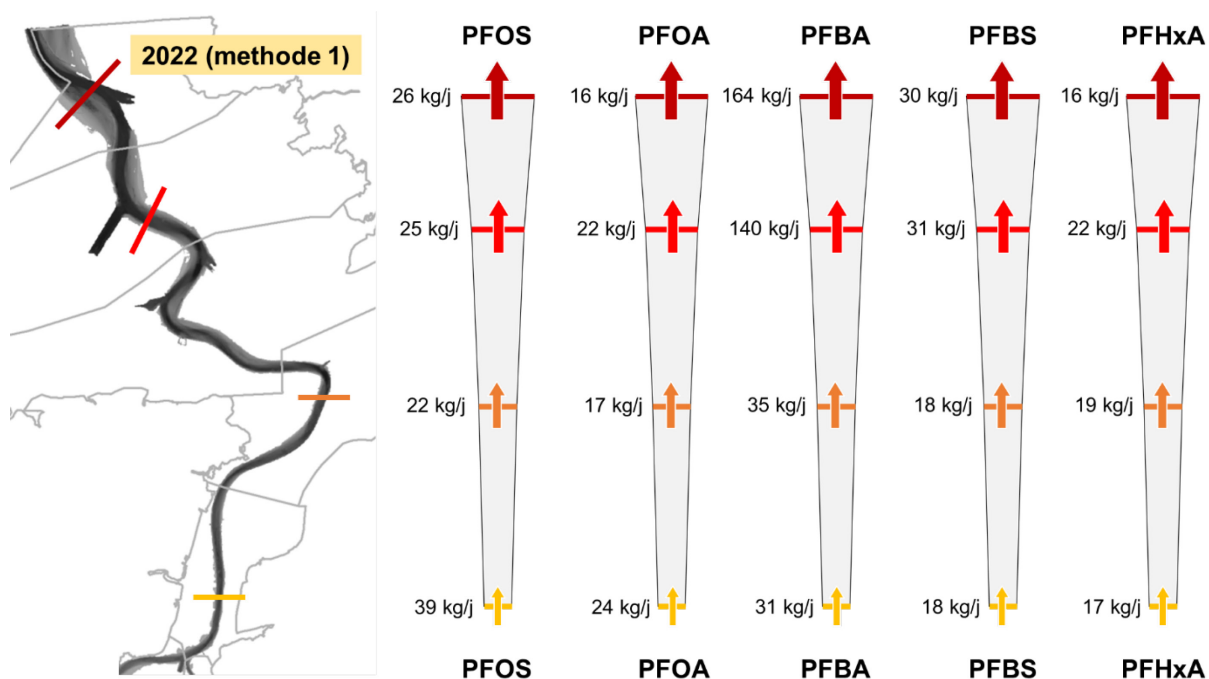
Men dient hierbij wel indachtig te houden dat het concept verblijftijd niet wil zeggen dat wanneer men op tijdstip  $x$  de bron zou stilleggen, de vervuiling dan binnen de 24 tot 80 dagen weg zou zijn. Sowieso is er altijd diffuse menging die zorgt voor een exponentiële afname van de concentraties (zie bijvoorbeeld de metingen Sas van Gent na april 2021 in Jonker (2022)). Maar meer nog is de mate van interactie van de contaminatie met sediment.



Figuur 6 – Verblijftijd in het Schelde-estuarium

### 3.4 Temporele variatie

Uit de PFAS-concentraties blijkt dat bij de korte ketens (PFBA, PFBS) er een significante daling optreedt begin 2022. Om het effect hiervan op de vrachten te onderzoeken, zijn de vrachten tevens berekend op basis van de louter de metingen uit 2022 (data januari t.e.m. september 2022). De berekende vrachten op basis van de concentratie-metingen in de periode januari – september 2022 zijn weergegeven in Figuur 7. De vergelijking met de vrachten berekend over de periode juli 2021 – september 2022 (Tabel 2) toont een duidelijke afname voor de verschillende PFAS-vrachten, tot ca. 75% voor de korte ketens (PFBA, PFBS).



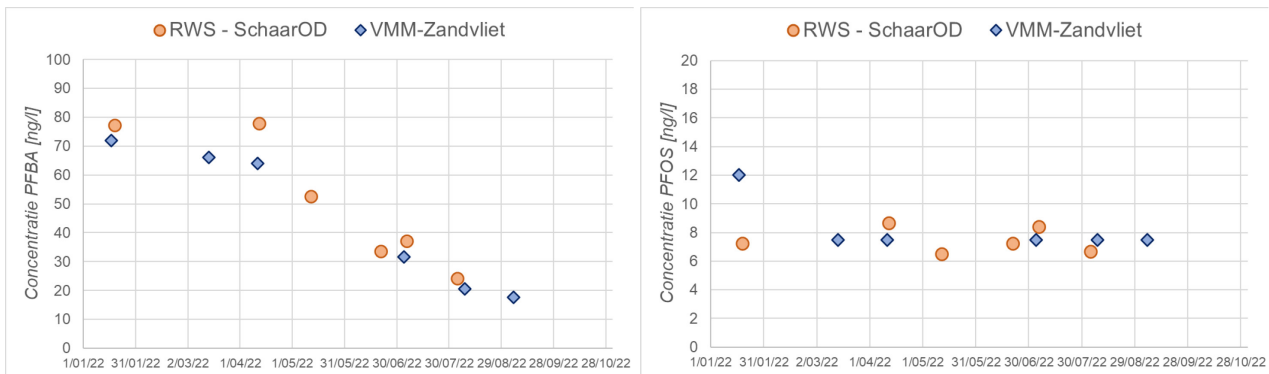
Figuur 7 – Berekende PFAS-jaarvrachten langsheen de Beneden-Zeeschelde o.b.v. meetdata voor periode januari – september 2022 volgens methode I

Tabel 2 – Verschil berekende PFAS-jaarvracht in de Beneden-Zeeschelde: meetgegevens 2022 vs. 2021-2022

Jaarvracht	PFHxA	PFOS	PFOA	PFBA	PFBS
Zandvliet	-76.5%	-71.4%	-69.2%	-60.6%	-74.2%
Lillo	-68.6%	-75.7%	-49.4%	-75.2%	-79.3%
Antwerpen-Steen	-53.9%	-56.7%	-43.1%	-43.0%	-70.7%
Hemiksem	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

### 3.5 Vergelijking vrachten o.b.v. Nederlandse meetgegevens

Een belangrijke vraag is hoe de vrachten berekend op basis van de Vlaamse meetgegevens zich verhouden ten opzichte van de vrachten die door RWS worden berekend. Figuur 8 geeft het tijdsverloop weer voor enerzijds PFBA en anderzijds PFOS voor de eerste 9 maanden van 2022, waarbij zowel de Vlaamse (VMM) als Nederlandse (RWS) metingen beschouwd worden. Beide componenten vertonen voor beide datasets eenzelfde patroon met zeer gelijkaardige waarden van de concentratie.



Figuur 8 – Concentratie PFBA (links) en PFOS (rechts) ter hoogte van grens:  
Nederlandse metingen RWS (●) en Vlaamse metingen VMM (◆)

Tabel 3 geeft de berekende jaarvrachten voor 2022 weer voor de 5 beschouwde componenten, zowel op basis van de Vlaamse als Nederlandse meetgegevens (data januari – september 2022). Deze vrachten zijn zeer gelijkaardig, waarbij de verschillen kunnen verklaard worden door verschillen in het moment van staalname (en bijbehorende variatie in bovenafvoer) en de verdeling van het aantal staalnames doorheen het jaar.

Het verdient de aanbeveling de vrachten opnieuw te berekenen eens de analyseresultaten beschikbaar zijn van het volledige jaar 2022.

Tabel 3 – Verschil berekende PFAS-jaarvracht ter hoogte van de grens o.b.v. data VMM en RWS

Jaarvracht 2022	<i>PFHxA</i>	<i>PFOS</i>	<i>PFOA</i>	<i>PFBA</i>	<i>PFBS</i>
Zandvliet	16	26	16	164	30
Schaar Ouden Doel	17	16	15	133	20
Verschil Zandvliet - SchOD	-6,1%	+48%	+6,5%	+21%	+40%

## 4 Hoe gedragen PFAS zich in de Schelde?

Het gedrag van PFAS in het milieu is een complex samenspel van verschillende factoren. De twee belangrijkste factoren die het gedrag, de distributie in het milieu en de uiteindelijke concentraties in de verschillende milieucompartimenten beïnvloeden, zijn de stoffeïenschappen van de relevante PFAS en de karakteristieken van het ontvangende milieu.

De informatie over de chemische en fysische stoffeïenschappen van het brede gamma aan PFAS is helaas erg beperkt. Wetenschappelijk gevalideerde informatie is slechts voor een klein aantal stoffen voorhanden. Deze informatie is nochtans onontbeerlijk om een goede inschatting te maken van het gedrag van deze stoffen in het milieu.

Wat sowieso vaststaat, is dat de koolstof-fluor-verbinding een zeer sterke verbinding is. PFAS zijn dan ook te beschouwen als persistente stoffen. De fysisch-chemische eigenschappen veranderen ook met de ketenlengte bij PFAS met een gelijkaardige structuur.

Bovendien is het gedrag van PFAS niet eenvoudig te bepalen via de klassieke stoffeïenschappen zoals wateroplosbaarheid, vetoplosbaarheid en vluchtigheid door de vorm van deze stoffen. Ze bestaan meestal uit een hydrofobe staart en een hydrofiële kop. De meeste PFAS ontbinden in water anion en een kation. Het anion heeft een grote affiniteit voor de waterfase. Bij klassieke detergenten is deze hydrofobe staart lipofiel (dus neigt naar oplossen in vet). Bij de meeste PFAS is dat echter niet het geval. PFAS oppervlakte-actieve stoffen hebben de mogelijkheid om enerzijds te groeperen bij grensvlakken en anderzijds micellen te vormen. Daardoor kunnen PFAS in het milieu accumuleren in de grensvlakken tussen grondwater (hydrofiel) en bodemlucht (hydrofoob) (Expertisecentrum PFAS, 2018).

De belangrijkste verspreidingsroutes in het milieu zijn via luchttransport/depositie en transport via water (grondwater en oppervlaktewater). In grote lijnen is het zo dat Perfluoralkylsulfonzuren en de zwaardere verbindingen zich sterker aan grond binden, terwijl perfluoralkylzuren en PFAS met een kortere ketenlengte zich eerder in de waterfase zullen bevinden. Perfluorcarbons zuren hebben over het algemeen een minder sterke binding aan organisch materiaal dan Perfluoralkylsulfonzuren.

Een belangrijk neveneffect van de eigenschappen van de zwaardere verbindingen is dat ze neiging hebben tot bioaccumulatie. Door die bioaccumulatie zullen de concentraties doorheen de voedselketen sterk toenemen en mogelijk leiden tot effecten op predatoren en de mens.

Perfluorcarbons zuren (zoals PFOA) en perfluorsulfonzuren (zoals PFOS, PFBS en PFHxS) zijn de uiteindelijke eindproducten van de afbraak van de zogenaamde precursoren. Hoewel de kennis over deze precursoren beperkt is, vormen ze een belangrijke basis voor de uiteindelijke concentraties aan de eindproducten in het milieu.

In de Schelde zijn de concentraties en vrachten vermoedelijk grotendeels te verklaren door de afbraak van precursoren tot stabiele eindproducten, de insteek van nog bestaande lozingen en input vanuit grondwater (rechtstreeks of via oppervlaktewateren die in de Schelde terechtkomen).

## 5 Onderzoeksvragen

Bij aanvang van deze studie werden 4 onderzoeksvragen geformuleerd. Op basis van het uitgevoerde onderzoek, kunnen deze deels beantwoord worden.

### Hoe gedraagt PFAS het zich in de Schelde? Is er een evolutie in tijd en ruimte? Verschilt transport doorheen Schelde voor verschillende PFAS'n?

Op basis van de metingen van de PFAS-concentraties die sinds medio 2021 door VMM uitgevoerd worden, kan over de laatste 12 maanden (tijd) in het afwaartse deel van de Beneden-Zeeschelde een duidelijke afname (~ factor 3) in concentraties vastgesteld worden voor de korte ketens PFBA en PFBS.

Doorheen de Beneden-Zeeschelde (ruimte) kan een toename in de vrachten vastgesteld worden voor de beschouwde PFAS-componenten. Voor de lange ketens (PFOS en PFOA) blijft deze toename beperkte tot ca. 35%. Voor de korte ketens (PFBA en PFBS) is deze toename veel sterker, met voor PFBA een toename met factor 9, op basis van de metingen in de periode 2021-2022. Voor de vrachten berekend over de eerste 9 maanden van 2022 is deze toename nog aanwezig in de korte ketens, maar is de factor teruggevallen tot ca. 5 voor PFBA. Voor de lange ketens kan er een afname doorheen de Beneden-Zeeschelde vastgesteld worden. Gelet op het eerder beperkt aantal metingen voor alle stations, dienen deze getallen met de nodige voorzichtigheid gehanteerd te worden en dient een update zich aan wanneer alle meetgegevens voor 2022 beschikbaar zijn.

### Zijn de berekende vrachten vergelijkbaar met Nederland?

Voor de metingen uitgevoerd in 2022, is een inschatting gemaakt van de vrachten ter hoogte van de grens. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van enerzijds de Vlaamse metingen ter hoogte van de grens (punt Zandvliet) en de Nederlandse metingen ter hoogte van de grens (punt Schaar van Ouden Doel). In de realiteit liggen beide punten zeer dicht bij elkaar. De debieten die gebruikt worden om de vrachten te berekenen zijn identiek voor beide stations. Op basis van de inschatting van de vrachten liggen de vrachten bepaald op basis van de Vlaamse metingen iets (6 tot 48% afhankelijk van de component) hoger dan deze op basis van de Nederlandse metingen, met uitzondering van PFHxA waar de Nederlandse data aanleiding geven tot een hogere vracht.

Hoewel de gemeten concentraties gelijkaardig zijn, kunnen de afwijkingen verklaard worden door het moment, en de verdeling ervan over het jaar, van de staalnames. Omwille van de afname in concentraties in de eerste helft van 2022, zal het aantal meetpunten voor, tijdens en na de afname een belangrijke invloed hebben op de berekende vrachten. Desalniettemin is de vastgestelde afwijking (maximaal < 50%) eerder beperkt gelet op de overige invloedsfactoren.

### Wat is de rol van de haven in het transport van PFAS?

Op basis van de berekende vrachten kan er vooral voor de korte ketens (PFBA en PFBS) een toename in de vrachten vastgesteld worden doorheen de Beneden-Zeeschelde. Op basis van de huidige metingen kan dit vooralsnog niet gericht aan een of meerdere bronnen toegewezen worden. Verwacht wordt dat er zoveel individuele bronnen in dit gebied aanwezig zijn (eg. lozingen vanuit de Palingbeek) maar dat er ook via de wateruitwisseling doorheen de sluizen een uitwisseling van PFAS plaatsvindt tussen het Schelde-estuarium en de dokken. Gelet op de complexe uitwisselingsprocessen (wateruitwisseling bij nivellering in saskolk, dichtheitsstromingen, steken en lozen van water), is het momenteel nog niet mogelijk hier een betrouwbare inschatting van te maken. Bijkomende metingen in combinatie met modellering zijn hiervoor noodzakelijk.

## 6 Conclusies en aanbevelingen

### 6.1 Conclusies

In voorliggende rapport is een inschatting gemaakt van de PFAS-vrachten langsheen de Beneden-Zeeschelde. Hiervoor is gebruik gemaakt van de dagwaarden van de bovenafvoer en de maandelijkse metingen van PFAS-concentratie. Uit de berekende vrachten blijkt dat de vracht voor PFOS, PFOA, PFHxA niet toeneemt op het traject van Rupelmonde tot aan de Nederlandse grens. Voor PFBS en PFBA wordt wel een toename van de vracht vastgesteld langsheen de Beneden-Zeeschelde. Op basis van de huidige metingen kan dit vooralsnog niet gericht aan een bron toegewezen worden.

De evolutie tussen januari en september 2022 toont, zowel in de Vlaamse als Nederlandse metingen, een daling van de concentratie PFBA ter hoogte de Belgisch-Nederlandse grens, alsook voor de hieruit afgeleide vrachten. Voor PFOS blijft de concentratie constant, en is duidelijk lager dan deze van PFBA.

De resultaten tonen aan dat op basis van de huidige meetgegevens en rekenmethode vergelijkbare vrachten worden berekend als deze berekend door Rijkswaterstaat. Dit toont aan dat de Vlaamse en Nederlandse metingen consistent zijn. Deze waarden kunnen dus een basis vormen voor verder overleg over het grensoverschrijdend transport van PFAS in het Schelde-estuarium.

Er zijn verdere meetcampagnes nodig om verder uitspraak te doen over de evolutie doorheen de tijd en om te bevestigen of de PFBA vracht afneemt door de huidige beleidsmaatregelen in de Antwerpse regio.

### 6.2 Aanbevelingen

De inschatting van de sedimentvrachten langsheen de Beneden-Zeeschelde zijn gemaakt op basis van de beschikbare meetgegevens van bovenafvoer en PFAS-concentraties, het is cruciaal dat deze metingen verder gezet worden.

Daarnaast rijst de vraag hoe representatief de puntmetingen zijn voor deze meetlocaties in het Schelde-estuarium en in welke mate de PFAS-concentraties ruimtelijk (over een dwarssectie) en temporeel (binnen getijcyclus, cfr. verschil in moment van staalname tussen VMM (getij-onafhankelijk) en RWS (getij-afhankelijk bij kentering laagwater)) variëren. Een gerichte meetcampagne kan hierin meer inzicht geven.

In de berekende vrachten langsheen de Beneden-Zeeschelde is er voor de korte ketens een toename vastgesteld langsheen de Beneden-Zeeschelde. Het verdient de aanbeveling om in te zetten op het identificeren van de potentiële bronnen langsheen dit traject. Voor directe bronnen kan dit door relatief eenvoudige staalname-campagnes, voor de indirecte bronnen zal een uitgebreidere meetcampagne nodig zijn die rekening houdt met de complexe water- en sedimentuitwisselingsprocessen die plaatsvinden ter hoogte van de sluizen.

De huidige vrachten werden ingeschat op basis van de bestaande metingen. De verspreiding van opgeloste stoffen (PFAS) in het water in het Schelde-estuarium is echter complex, waarbij numerieke modellen het inzicht in de stofverspreiding beter in beeld kunnen brengen. Het verdient dan ook de aanbeveling om een verkennende studie op te starten waarbij de stofverspreiding aan de hand van de bestaande numerieke modellen (e.g. SCALDIS-model (Vanlede *et al.*, 2015)) worden onderzocht.

## 7 Referenties

- Deltares.** (2016). Aanvoer rivieren buitenland. 10 pp.
- Dyer, K.R. (viaf)5848388.** (1973). Estuaries : a physical introduction. London : Wiley. ISBN 0471229059. Available at: <http://lib.ugent.be/catalog/rug01:001491903>
- Expertisecentrum PFAS.** (2018). PFAS - Kennisdocument over stoffeigenschappen, gebruik, toxicologie, onderzoek en sanering van PFAS in grond en grondwater. 83 pp.
- Jonker, M.** (2021). Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) in de Rijkswateren Concentraties in water en biota tussen 2008 en 2020. 136 pp.
- Jonker, M.** (2022). PFAS concentraties in de Zeeuwse wateren. 36 pp.
- Vandenbruwaene, W.; Plancke, Y.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2013). Interestuarine comparison: hydrogeomorphology: hydro- and geomorphodynamics of the TIDE estuaries Scheldt, Elbe, Weser and Humber. *WL Rapporten, 770\_62b*. Flanders Hydraulics Research: Antwerp
- Vanlierde, E.; Cornet, E.; Vereycken, K.; Taverniers, E.; Deschamps, M.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2014). Methode berekening debieten in de Schelde: berekening debieten te Schelle, afwaarts Dendermonde en aan de Belgisch-Nederlandse grens. *WL Rapporten, 12\_077*. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen
- Vrancken, K.** (2021). Aanpak PFAS-problematiek - Eerste tussentijds rapport
- Vrancken, K.** (2022a). Van kennis naar actie
- Vrancken, K.** (2022b). Verspreiding en risico's van PFAS in Vlaanderen



DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**  
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

[waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be](mailto:waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be)

[www.waterbouwkundiglaboratorium.be](http://www.waterbouwkundiglaboratorium.be)