

XX  
XX  
2830 WILLEBROEK

## Studie naar PFAS in huisstof in woningen op site De Naeyer, Willebroek Herhalingsmetingen 2024



Beste buurtbewoner

VITO, in opdracht van de OVAM, voerde in 2022 een meetcampagne uit om de gehalten PFAS in huisstof en omgevingslucht in de woonwijk op de site De Naeyer te onderzoeken. Tijdens deze meetcampagne waren de ontgravingswerken in het kader van voorzorgsmaatregelen nog volop bezig. Aangezien de verontreinigde leeflaag (toplaag bodem) in de woonwijk ondertussen overal vervangen is door een propere leeflaag, verwachten we in de meetcampagne van 2024 lagere PFAS-concentraties in het vloerstof. Deze studie onderzoekt of dit bevestigd kan worden via metingen van het vloerstof.

Hierbij bezorgen we u het resultaat van het onderzoek. Het bevat de gemiddelde resultaten over alle deelnemers van site De Naeyer, maar ook uw individueel resultaat. Behalve uzelf krijgt niemand anders inzage in uw individueel resultaat. Uiteraard behandelen de OVAM en haar onderzoekspartners alle resultaten strikt vertrouwelijk.

Het volledige rapport wordt ter beschikking gesteld op: [www.willebroek.be/nl/pfas](http://www.willebroek.be/nl/pfas)

Hebt u nog vragen na het lezen van deze brief en informatie over de studie, neem dan gerust contact op met [zoneF@ovam.be](mailto:zoneF@ovam.be) of op 015/284284.

Hartelijk bedankt voor uw medewerking aan dit onderzoek.

## Waarom dit onderzoek?

De voormalige papierfabriek De Naeyer werd herbestemd tot woonzone. Bodemonderzoek heeft aangetoond dat de gronden verontreinigd zijn met PFAS. De bewoners vroegen zich terecht af of ook de binnenomgeving van de woningen PFAS bevat en een gezondheidsrisico inhouden. Daarom gaf de OVAM in 2022, VITO de opdracht om dit te onderzoeken aan de hand van metingen binnens- (binnenlucht en huisstof) en buitenshuis (omgevingslucht). Op basis van de bekomen meetresultaten werd de ernst van de verontreiniging nagegaan en werd er een inschatting gemaakt van de risico's voor de gezondheid. We konden besluiten dat er **geen** blootstellingsrisico was voor de gezondheid van de bewoners.

Tijdens de studie van 2022 werd al gestart met ontgravingswerken in het kader van voorzorgsmaatregelen voor het aanbrengen van een propere leeflaag van 70 cm. Om na te gaan of deze sanering het te verwachten positief effect heeft op de concentratie aan PFAS binnenshuis, voerden we een herhalingsmeetcampagne uit in 2024 (deze studie) waarbij PFAS in vloerstof van woningen op site De Naeyer werden gemeten. De resultaten werden bovendien vergeleken met deze in een referentiewijk in Willebroek (niet gelegen op de site De Naeyer).

## Wat zijn PFAS?

PFAS is de verzamelnaam voor meer dan 6000 chemische stoffen waarin onder andere een combinatie van fluorverbindingen en alkylgroepen voorkomt. Ze komen niet van nature voor in het milieu. De EU legde het gebruik van sommige PFAS sinds 2006 aan banden. Meer informatie vindt u op <https://ovam.vlaanderen.be/pfas-vervuiling> en <https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling>.

## Steekproef en referentiegroep

De bewoners van de site 'De Naeyer' die deelnamen aan het onderzoek in 2022 kregen een schriftelijke uitnodiging om aan deze studie deel te nemen. In totaal namen 13 adressen deel aan het onderzoek in 2024 (t.o.v. 26 in 2022). Eenzelfde uitnodiging werd verspreid in een referentiewijk enkele kilometers verderop, met woningen uit dezelfde bouwperiode. In deze referentiewijk namen drie personen deel (referentiewoning).

## Hoe werd het onderzoek uitgevoerd?

De studie werd gefaseerd uitgevoerd:

- Fase 1: Staalname van huisstof in de woningen en buitenlucht op een centrale plaats op site De Naeyer
- Fase 2: Chemische bepaling PFAS in de stalen
- Fase 3: Beoordeling van de meetresultaten en vergelijking met de resultaten uit 2022.

### Fase 1: Metingen

De studie onderzocht volgende elementen:

- Huisstof, meer specifiek het vloerstof:
  - Stofzuigermonster van de vloer op drie plaatsen in de woning (meestal keuken, salon, hal)
- Buitenlucht:
  - Actieve staalname van de buitenlucht op een centraal punt op de site De Naeyer
  - Stofdeposities buiten op twee meetlocaties op de site De Naeyer.

### Fase 2: Chemische analyses

Chemische analyses naar een 50-tal PFAS stoffen. De gemeten concentraties van de 4 specifieke PFAS-verbindingen (PFNA +PFOA+PFHxS+PFOS) worden samengeteld als de zogenaamde EFSA-PFAS (EFSA = Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid). Voor de EFSA-PFAS is een tijdelijk toetsingskader beschikbaar voor omgevingslucht. Ook de som van alle PFAS (Som PFAS) wordt beoordeeld.

### Fase 3: Beoordeling van de meetresultaten

De PFAS-concentraties in het vloerstof bemonsterd in 2024 werden in eerste instantie vergeleken met de resultaten uit 2022. Daarnaast werden de meetresultaten van woningen op De Naeyer ook vergeleken met de resultaten van referentiewoningen en met gegevens beschikbaar in de literatuur.

Voor PFAS-concentraties in omgevingslucht is er een tijdelijk toetsingskader beschikbaar waarmee we de meetresultaten konden vergelijken.

Om te beoordelen of de gemeten PFAS-concentraties een gezondheidsrisico inhouden, gebruiken we het S-Risk model (<https://www.s-risk.be/>). Dit is het Vlaamse model om blootstelling en gezondheidsrisico's op verontreinigde sites in te schatten.

## Resultaten van het onderzoek

### Resultaten 2022

De belangrijkste conclusies van het onderzoek uit 2022 waren:

- dat er PFAS aanwezig zijn in de woningen op site De Naeyer.
- De PFAS die in de hoogste concentraties gemeten werden in de woningen op site De Naeyer zijn PFPeA, PFHxA, PFOA, PFOS en EtPFOSAA.
- De belangrijkste PFAS die in de bodem gemeten werden, zijn PFAS die in verband gebracht kunnen worden met de papiernijverheid (met name PFOA, PFOS en EtPFOSAA). Diezelfde PFAS worden in de woningen aangetroffen. Het terugvinden van dezelfde PFAS wijst erop dat de historische bodemverontreiniging kan bestempeld worden als bron voor PFAS-verontreiniging in de woningen op de site.
- PFAS kunnen via de bodem naar binnen worden gebracht. Als mensen over met PFAS-vervuilde grond lopen, hechten deze stoffen zich aan schoenen en kunnen ze zo naar binnen worden gebracht. Aangezien we dezelfde soorten PFAS zowel in de bodem als op schoenen, vloeren en andere oppervlakken binnen hebben gevonden, kunnen we concluderen dat dit een belangrijke oorzaak is voor de verspreiding van PFAS binnen.
- De gemeten PFAS concentraties binnenshuis waren voldoende laag om te besluiten dat er **geen** gezondheidsrisico ten gevolge van blootstelling aan PFAS voor de bewoners van De Naeyer is.

De resultaten van het onderzoek kunt u raadplegen in het OVAM rapport D/2023/5024/14.

## Resultaten 2024

### *Omgevingslucht:*

In 2024 zijn er opnieuw PFAS-metingen uitgevoerd in de omgevingslucht op site De Naeyer. Hoewel de aanwezigheid van PFAS in de omgevingslucht in Vlaanderen geen uitzondering is, tonen de resultaten van 2024 een aanzienlijke daling van de PFAS-concentraties ten opzichte van 2022. Deze afname geldt zowel voor de totale hoeveelheid PFAS als voor specifieke verbindingen zoals PFOA, PFOS en EtPFOSAA, die in verband gebracht worden met de historische bodemverontreiniging op deze site

De gemeten concentratie van EFSA-PFAS, een samengestelde waarde voor verschillende belangrijke PFAS-verbindingen, lag in 2024 aanzienlijk onder de gezondheidkundige toetsingswaarde. De gemeten waarde is ongeveer 75 keer lager dan de limiet die als onveilig wordt beschouwd. Dit geeft aan dat de luchtkwaliteit op site De Naeyer wat betreft PFAS is verbeterd.

Niet alleen de concentraties in de lucht, maar ook de hoeveelheid PFAS die uit de lucht op de grond neerslaat (depositie), is verminderd. Vooral de depositie van PFAS die in verband staan met de historische bodemverontreiniging, zoals EtPFOSAA, PFOS en PFOA, is sterk gedaald. Deze afname wijst erop dat de uitgevoerde bodemsanering een positief effect heeft op de vermindering van PFAS in de omgeving.

### *Huisstof – vloerstof:*

Ook binnenshuis zijn de PFAS-concentraties sterk gedaald in 2024 t.o.v. 2022. Dat zien we in de meetresultaten van het vloerstof.

Net zoals in de omgevingslucht, stellen we ook voor de PFAS-verbindingen, EtPFOSAA, PFOS en PFOA die in verband worden gebracht met de historische bodemverontreiniging op de site, een sterke afname vast in 2024 t.o.v. 2022.

Tabel 1 geeft de resultaten van 2022 en 2024 weer voor de EFSA-PFAS en Som PFAS.

*Tabel 1: Meetresultaten EFSA-PFAS\* en Som PFAS\* uit 2022 en 2024.*

		2022	2024	% afname 2024 t.o.v. 2022
<b>Vloerstof (µg/kg)</b>	EFSA-PFAS	15	6	-60%
	Som PFAS	38	23	-39%
<b>Omgevingslucht (ng/m<sup>3</sup>)</b>	EFSA-PFAS	0,069	0,006	-91%
	Som PFAS	0,253	0,044	-83%
<b>Depositie (ng/m<sup>2</sup>/dag)</b>	EFSA-PFAS	18	5	-72%
	Som PFAS	66	41	-38%

\* zie beschrijving van Fase 2: Chemische analyses op p3.

Voor de specifieke PFAS stoffen PFOA, PFOS en ETPFOSAA is de afname van 2024 t.o.v. 2022 weergegeven in Tabel 2.

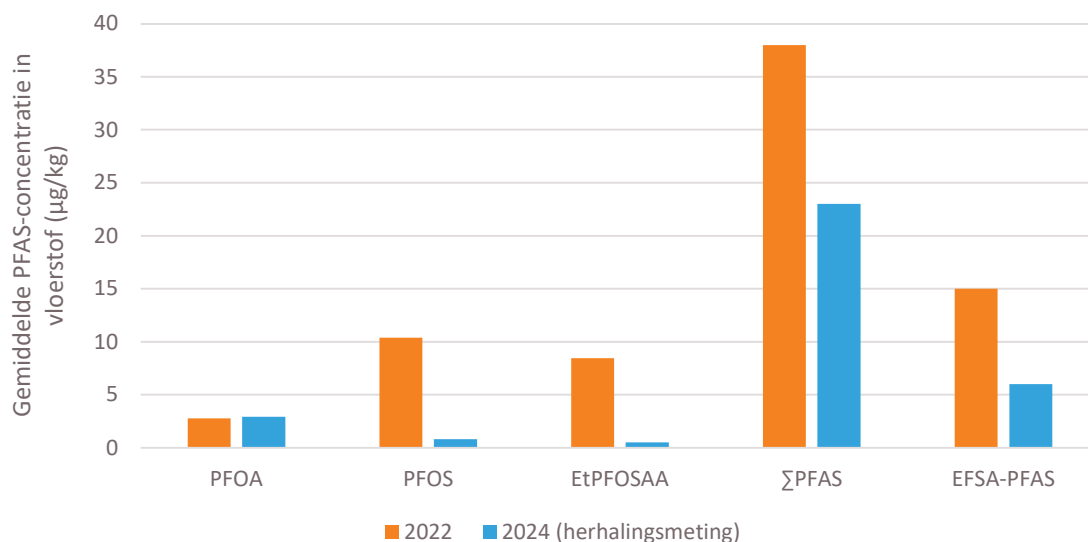
Tabel 2: Meetresultaten PFOA, PFOS en EtPFOSAA uit 2022 en 2024.

	% verschil 2024 t.o.v. 2022		
	Vloerstof	Omgevingslucht	Depositie buiten
<b>PFOA</b>	+5%	-95%	-87%
<b>PFOS</b>	-88%	-86%	-63%
<b>EtPFOSAA</b>	-94%	-97%	-99%

## Beoordeling van de meetresultaten en conclusies

De belangrijkste vaststellingen en conclusies van het onderzoek in 2024 zijn:

- Hoewel de aanwezigheid van PFAS in de omgevingslucht in Vlaanderen geen uitzondering is, tonen de resultaten van 2024 een **aanzienlijke daling van de PFAS-concentraties in omgevingslucht** ten opzichte van 2022.
- Drie **PFAS-verbindingen die gerelateerd konden worden aan de historische bodemverontreiniging (PFOA, PFOS en EtPFOSAA)** zijn sterk gereduceerd in concentratie in het vloerstof en de omgevingslucht.



Figuur 1: Gemiddelde PFAS-concentraties in het vloerstof in woningen van De Naeyer in 2022 en 2024.

- De EFSA-PFAS concentratie in de omgevingslucht op site De Naeyer lag in 2022 ( $0,069 \text{ ng/m}^3$ ) en in 2024 ( $0,006 \text{ ng/m}^3$ ) **ruim onder de gezondheidkundige toetsingswaarde ( $0,44 \text{ ng/m}^3$ )**.
- **In 2024 waren de deposities van PFAS beduidend lager dan in 2022.**

- In de studie van 2022 was de conclusie dat er **geen gezondheidsrisico** is. Omdat de PFAS concentraties verder gedaald zijn, kunnen we besluiten dat er in de huidige situatie ook **geen gezondheidsrisico** is.
- **Het aanbrengen van een propere leeflaag op site De Naeyer heeft geleid tot een vermindering van PFAS in de woningen en in de buitenomgeving.**

## Overzicht van de meetresultaten van het huisstof in uw woning

Voor de belangrijkste PFAS-verbindingen (PFOS, PFOA en EtPFOSAA), de EFSA-PFAS en de som van alle gemeten PFAS-verbindingen ( $\Sigma$ PFAS) worden uw persoonlijke meetresultaten voor vloerstof uit 2022 en 2024 gegeven in Tabel 3. Deze worden telkens vergeleken met de gemiddelde meetresultaten op de site De Naeyer en deze van de referentiewoningen.

Tabel 3: Overzicht van de concentratie van de belangrijkste PFAS, de EFSA-PFAS en  $\Sigma$ PFAS in het vloerstof in uw woning.

	Uw woning		Gemiddelde De Naeyer	Gemiddelde referentiewoningen
	2022 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	2024 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	2024 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	2024 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
<b>PFOA</b>	1,6	0,9	2,9	1,4
<b>PFOS</b>	15	0,4	1,2	1,4
<b>EtPFOSAA</b>	2,7	8,5	0,5	0,3
<b><math>\Sigma</math>PFAS</b>	24,3	14	23	18
<b>EFSA-PFAS</b>	18	1,5	6	4

## Besluit

De bodemsanering van de historische bodemverontreiniging op site De Naeyer heeft geleid tot minder PFAS in de woningen en in de buitenomgeving. Er is geen gezondheidsrisico voor de bewoners van site De Naeyer.



SAMEN MAKEN WE  
MORGEN MOOIER

**OVAM**



**MEETCAMPAGNE**  
**VOOR STOFMETINGEN**  
**IN WONINGEN**  
**IN WILLEBROEK**

*publicatiedatum / mei 2023*





SAMEN MAKEN WE  
MORGEN MOOIER

**OVAM**

## DOCUMENTBESCHRIJVING

- 1 *Titel van publicatie:*  
Meetcampagne voor stofmetingen  
In woningen in Willebroek
- 2 *Verantwoordelijke Uitgever:*  
OVAM
- 3 *Wettelijk Depot nummer:* D/2023/5024/14
- 4 *Trefwoorden:* PFAS, stofmetingen
- 5 *Samenvatting:*  
Dit rapport beschrijft het onderzoek naar PFAS blootstelling in 26 woningen op de site De Naeyer, een voormalige papierfabriek herbestemd tot woonzone. PFAS concentraties werden gemeten in schoenstof, vloerstof, stofdepositie en stof uit stofzuigerzakken. Er werd een rijkere mix aan PFAS gemeten alsook hogere concentraties aan o.a. EtPFOSAA, PFOS en PFOA. Er werden indicaties gevonden dat de historische bodemverontreiniging kan resulteren in PFAS verontreiniging in de woning. Ondertussen werd de toplaag van de bodem vervangen door een nieuwe leeflaag. Uit de risicobeoordeling met behulp van het model S-risk kon worden vastgesteld dat er geen gezondheidsrisico verbonden is aan de concentraties in huisstof op de site De Naeyer.
- 6 *Aantal bladzijden:* 116
- 7 *Aantal tabellen en figuren:* 35 tabellen en 32 figuren
- 8 *Datum publicatie:* Mei 2023
- 9 *Prijs\*:* /
- 10 *Begeleidingsgroep en/of auteur:*  
VITO: Jan Peters, Patrick Berghmans, Griet Jacobs, Stefan Voorspoels, David Poelmans, Maarten Spruyt, Jef Daems, Guy Geukens, Kaat Touchant,  
Universiteit Antwerpen: Yunsun Jeong, Yu Ait Bamai, Adrian Covaci  
OVAM: Griet Van Gestel, Laetitia Six, Youri Mertens, Petra De Clerq  
VPO, Departement omgeving,: Maja Mampaey, Karen Van Campenhout  
VMM: David Knight, Jeroen Staelens  
AZG: Bart Bautmans, Barbara Legiest
- 11 *Contactpersonen:*  
Griet Van Gestel  
Laetitia Six  
Youri Mertens
- 12 *Andere titels over dit onderwerp:* /

U hebt het recht deze brochure te downloaden, te printen en digitaal te verspreiden. U hebt niet het recht deze aan te passen of voor commerciële doeleinden te gebruiken.

De meeste OVAM-publicaties kunt u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website: [ovam.vlaanderen.be](https://ovam.vlaanderen.be)

\* Prijswijzigingen voorbehouden.

## SAMENVATTING

De voormalige site van papierfabriek De Naeyer werd herbestemd tot woonzone. Onderzoek heeft aangetoond dat de gronden vervuild zijn met PFAS, en er is bezorgdheid over het feit of de binnenomgeving van de woningen op de site vervuild zijn met PFAS. Daarom werd een studie uitgevoerd om na te gaan of er sprake is van PFAS-verontreiniging in de woningen en om de ernst van de vervuiling en de blootstellingsrisico's in te schatten. Verder werd(en) de mogelijke verspreidingsroute(s) van PFAS-houdende bodem naar de binnenruimte in kaart gebracht, en werd er nagegaan welke maatregelen kunnen worden voorgesteld om de PFAS-concentraties binnenshuis te reduceren.

Het onderzoek werd gefaseerd uitgevoerd, waarbij in de beginfase van het project een beperkt aantal bemonsteringen werden uitgevoerd en geanalyseerd als screening. De kennis die opgedaan werd door de screeningsmetingen, werd meegenomen bij de opmaak van de ruimere meetcampagne waar in een groter aantal woningen en andere matrices (bv. huisstof) bemonsterd werd.

Bewoners van De Naeyer werden uitgenodigd voor deelname aan het onderzoek. In totaal werd een deelname aan de studie bevestigd door 26 personen. Eenzelfde uitnodiging werd verspreid in een referentiewijk op enkele kilometers van De Naeyer, met woningen van ongeveer hetzelfde bouwjaar als de woningen op De Naeyer. Uit de referentiewijk was er slechts bevestiging door één persoon. Dit impliceert dat er slechts een zeer beperkte steekproef aan referentiemetingen beschikbaar is, waaraan de metingen op site De Naeyer afgetoetst kunnen worden.



*Figuur: Kaartje van het studiegebied en de referentiewijk.*

Het veldwerk werd uitgevoerd in de eerste helft van 2022 en werd onderverdeeld in drie perioden:

- Screeningsmetingen op 24/01 en 25/02/2022
- Eerste veldwerkcampagne tussen 2/03 en 30/03/2022
- Tweede veldwerkcampagne tussen 19/05 en 15/06/2022.

Volgende matrices en milieuc compartimenten werden onderzocht in deze studie:

- Huisstof:
  - Schoenstof: stofzuigermonster van stof in de schoenkast/schoenenrek
  - Vloerstof: stofzuigermonster van de vloer op drie plaatsen in de woning (meestal keuken, salon, hal);
  - Stofdepositie: neervallend stof op hoger oppervlak (bv. boven op kast etc.);
  - Stofzuigerzakken die door de deelnemers werden bewaard.
- Omgevingslucht:
  - Actieve bemonstering van de omgevingslucht;
  - Stofdeposities buiten (uitval van stofdeeltjes uit de omgevingslucht).

Er werd geen bodemonderzoek uitgevoerd. Voor het bodemonderzoek wordt verwezen naar het siteonderzoek dat door Abesim (2021) werd uitgevoerd. Er werden wel twee bodemanalyses voorzien van bodem uit de referentiewijk.

De chemische analyses voor identificatie en bepaling van PFAS in de verschillende matrices bestond uit een suspect screening analyse (uitgevoerd door Universiteit Antwerpen) en een target-analyse (uitgevoerd door VITO). Met de suspect screening analyse worden PFAS geïdentificeerd, met de target analyse wordt de concentratie kwantitatief bepaald. Een aantal PFAS kunnen wel enkel indicatief gemeten worden. Op basis van de meetresultaten van de individuele PFAS werden twee som parameters berekend, nl. de totale PFAS- concentratie (som van alle gemeten PFAS, voorgesteld als  $\Sigma$ PFAS) en de som van vier specifieke PFAS (PFNA, PFOA, PFOS en PFHxS) de zogenaamde EFSA-PFAS omdat die vier voorgesteld werden door EFSA (Europese Autoriteit voor voedselveiligheid) voor de risicobeoordeling.

Bij de screening werd de PFAS-verbinding diSAmPAP geïdentificeerd in enkele monsters genomen op de site De Naeyer. De stof diSAmPAP kan afbreken in een aantal degradatieproducten, waaronder EtPFOSAA, PFOSAA, PFOSA en PFOS, die ook worden teruggevonden in de screeningsmonsters. DiSAmPAP is een PFAS-verbinding die geassocieerd wordt met de papierindustrie. Dit is een eerste indicatie dat de historische verontreiniging kan resulteren in PFAS-verontreiniging in de woning.

De PFAS-verbinding diSAmPAP is niet opgenomen in de lijst van PFAS die standaard in de target analyse gemeten worden, dus de aanwezigheid kon niet kwantitatief bepaald worden. De belangrijkste degradatieproducten van diSAmPAP, waaronder EtPFOSAA en PFOS, worden wel meegenomen in de target analyse, waardoor indirect de link met het basisproduct gelegd kan worden.

In de verschillende matrices (omgevingslucht (actief bemonsterd en depositie) en huisstof (schoenstof, vloerstof en depositie)) komt een mix van PFAS voor, bestaande uit 9 tot 18 verschillende PFAS-verbindingen. De meest voorkomende PFAS zijn 8 PFAS verbindingen (zie Tabel onder) die in alle matrices in significante hoeveelheden worden gemeten. Elk van deze 8 PFAS verbindingen vertegenwoordigt gemiddeld tussen 1,6 en 16,5% van de totale PFAS-concentratie over alle matrices. Voor de verschillende matrices wordt de mix van deze PFAS aangevuld door enkele andere PFAS die in (veel) lagere concentraties worden gemeten. De belangrijkste is PFNA, die gemiddelde 1,7% van de totale PFAS-concentratie vertegenwoordigt over alle matrices behalve omgevingslucht waarin deze verbinding niet werd gemeten.

Tabel: Overzicht van PFAS-verbindingen die gemeten worden in de verschillende matrices. De meest voorkomende PFAS worden aangeduid met “+” (<1% van de totale PFAS-concentratie), “++” (1-10%) en “+++” (>10%).

		Omgevingslucht		In de woning		
		omgevingslucht	depositie	schoenstof	vloerstof	depositie
Meest voorkomende PFAS	PFPeA	+	++	+	++	++
	PFHxA	++	++	++	+++	+++
	PFHpA	+	++	+	++	++
	PFOA	+++	++	++	++	++
	PFDA	+	+	+	++	++
	PFOS	+++	+++	+++	+++	n.b.
	PFOSA	++	++	++	++	+
	EtPFOSAA	+++	+++	+++	+++	++
Aantal andere PFAS	1	7	9	10	8	
<b>Totaal aantal PFAS</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	

n.b. PFOS kon niet gemeten worden in de binnen deposities door de beperkte hoeveelheid depositiestof.

De belangrijkste PFAS in de verschillende matrices op site De Naeyer zijn o.a. EtPFOSAA, PFOS, en PFOA. Ook in de bodem worden deze componenten in hoge concentraties gemeten (Abesim, 2021). Er is dus een duidelijke link tussen de historische bodemverontreiniging en de PFAS die in de woningen wordt aangetroffen.

Voor de belangrijkste PFAS die gemeten worden op De Naeyer in de verschillende matrices werden de concentraties vergeleken met de referentiewoning. De gemiddelde PFOS, PFOA en EtPFOSAA concentraties liggen hoger in de woningen op De Naeyer dan in de referentiewoning. De PFHxA en PFPeA concentraties liggen in dezelfde grootteorde in woningen van De Naeyer en de referentiewoning, of kunnen zelfs hoger zijn in de referentiewoning door hun aanwezigheid in consumentenproducten, meubilair, tapijten etc.

	Omgevingslucht <sup>(a)</sup>				In de woning					
	omgevingslucht		depositie		schoenstof		vloerstof <sup>(b)</sup>		depositie binnen	
	De Naeyer	referentie	De Naeyer	referentie	De Naeyer	referentie	De Naeyer	referentie	De Naeyer	referentie
	ng/m <sup>3</sup>		ng/m <sup>2</sup> /dag		µg/kg		µg/kg		µg/kg	
PFPeA	0,002		1,3		0,35	<0,046	0,89	<0,8	7,98	6,50
PFHxA	0,013		3,9		1,60	<0,095	5,99	2,53	24,22	87,36
PFOA	0,040		7,5		2,63	<0,096	2,78	0,33	7,45	<4
PFOS	0,029		10,5		14,79	<0,35	10,37	4,70 <sup>(d)</sup>	<50 <sup>(c)</sup>	<100 <sup>(c)</sup>
EtPFOSAA	0,034		25,4		26,05	<0,10	8,44	0,15	6,36	<1
∑PFAS (excl. indicatief)	0,253		91		52	0,52	38	8	61	94
EFSA-PFAS	0,069		18		18	0	15	5	10	0

1. er werden geen omgevingslucht- en depositiemetingen in de referentiewijk uitgevoerd.
2. monsters met lage intake (<50 mg) werden niet meegenomen in de berekening van de gemiddelde concentraties.
3. hoge rapporteergrens of kwantificatielimit door lage intake.
4. resultaat voor L-PFOS, T-PFOS beneden RG met hoge RG voor die meting.

De mix aan PFAS in de woningen op De Naeyer is rijker dan in de referentiewoning. PFOS en EtPFOSAA komen in hoge concentraties voor in vergelijking met de referentiewoning. Beide kunnen als afbraakproduct in verband gebracht worden met de papiernijverheid en de historische verontreiniging van de site. Er zijn verschillen in concentraties tussen de woningen op De Naeyer, en ook tussen straten kunnen verschillen vastgesteld worden. In vergelijking met andere studies blijkt de onderlinge spreiding tussen de woningen wel relatief beperkt te zijn, wat kan wijzen op eenzelfde bron m.n. de bodemverontreiniging van de site.

De PFAS-concentraties werden vergeleken met waarden uit de literatuur. De PFOS-concentratie in het vloerstof in De Naeyer ligt ruim boven de Vlaamse mediaanwaarde voor woningen (11,1 µg/kg t.o.v. 0,5 µg/kg) (D'Hollander et al. (2010)). De maximale PFOS-concentratie op De Naeyer is ook hoger dan de P95-waarde van woningen in Vlaanderen, maar ongeveer een grootteorde lager dan de P95-waarde voor kantoren in Vlaanderen. In vergelijking met andere internationale studies is het beeld genuanceerder. De mediaan PFOS-concentratie in De Naeyer ligt ongeveer 1/3de lager dan in een andere studie (Young et al., 2021), maar ook ongeveer 2,5 tot 7 keer hoger ten opzichte van twee andere studies (Winkens et al., 2018; Hall et al., 2020).

In een Finse studie werd ook EtPFOSAA gemeten. De mediaan concentratie ligt ongeveer in dezelfde grootteorde als in de woningen van De Naeyer (3,45 en 3,4 µg/kg), de maxima in Willebroek zijn wel beduidend lager (51 µg/kg t.o.v. 518 µg/kg). De PFOS-concentratie is in Willebroek hoger dan in de Finse studie (mediaan van 11,1 t.o.v. 1,5 µg/kg). Omgekeerd zijn de PFOA-concentraties lager in Willebroek (1,9 t.o.v. 5,4 µg/kg).

Momenteel ontbreken toetsingskaders om de gegevens verder te interpreteren. Enkel voor buitenlucht is er een tijdelijk toetsingskader beschikbaar voor de 4 EFSA-PFAS (PFOS, PFOA, PFHxA en PFNA). De EFSA-PFAS concentratie op De Naeyer is gemiddeld 0,086 ng/m<sup>3</sup>, ruim onder de tijdelijke toetsingswaarde van 0,44 ng/m<sup>3</sup> gebaseerd op EFSA.

Er werd eveneens een inschatting van blootstelling en humane risico's gemaakt m.b.v. het S-Risk model. Met het S-Risk model (versie 1.3.3.3) werden berekeningen uitgevoerd voor zowel PFOS als PFOA om na te gaan vanaf welke bodemconcentraties een humaan risico verwacht kan worden (i.e. risico-index  $RI \geq 1$ ).

Van de gemiddelde bodemverontreiniging met PFOS (97  $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ ) en de voorspelde concentratie in vloerstof (72,8  $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ ) gaat wel een humaan risico uit ( $RI = 1,03$ ). De gemeten gemiddelde concentratie aan PFOS in vloerstof is echter lager dan 72,8  $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ , nl. 27  $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ . Wanneer de risicobeoordeling wordt gemaakt met deze meetwaarde, is er net geen humaan risico ( $RI = 0,99$ ). Daar de verontreinigde toplaag van de bodem vervangen werd, dient bij het afleiden van het 'toekomstig' risico enkel rekening gehouden te worden met de meetwaarde in huisstof. In dat geval is er geen humaan risico verbonden aan een PFOS-concentratie van 27  $\mu\text{g}/\text{kg ds}$  in huisstof ( $RI = 0,73$ ). De blootstelling is dan voornamelijk een achtergrondblootstelling via voeding.

Voor PFOA is er geen humaan risico ( $RI = 0,3$ ) bij een bodemconcentratie van 7,4  $\mu\text{g}/\text{kg ds}$  en een voorspelde concentratie in huisstof van 5,5  $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ . De werkelijke PFOA concentratie in het vloerstof ligt lager dan 5,5  $\mu\text{g}/\text{kg ds}$  waardoor de werkelijke  $RI$  lager is dan 0,3.

Er kan besloten worden dat er geen humaan risico uitgaat van de situatie na sanering ten gevolge van blootstelling aan PFOS of PFOA voor de bewoners van De Naeyer is.

De belangrijkste conclusies die op basis van dit onderzoek getrokken kunnen worden zijn de volgende:

- Op basis van screeningsmetingen en analyses van stofmonsters uit het binnenmilieu die in twee gerichte meetcampagnes bemonsterd werden kan besloten worden dat er PFAS aanwezig zijn in het binnenmilieu in woningen op site De Naeyer.
- PFAS die in de hoogste concentraties gemeten worden in het binnenmilieu in woningen op De Naeyer zijn PFPeA, PFHxA, PFOA, PFOS en EtPFOSAA.
- De belangrijkste PFAS die in de bodem gemeten worden zijn PFAS die in verband gebracht kunnen worden met de papiernijverheid (PAPs en afbraakproducten). Diezelfde PFAS worden in de woningen aangetroffen. De PFAS-fingerprint van de bodem en het huisstof komen overeen voor deze PFAS-verbindingen. Dit wijst erop dat de historische bodemverontreiniging kan bestempeld worden als bron voor PFAS-verontreiniging in de woningen op de site.
- De inloop van PFAS-houdende bodem is een mogelijke verspreidingsroute van PFAS naar de binnenomgeving. Aangezien in het schoenstof, vloerstof en binnendeposities PFAS wordt aangetroffen, waarvan bovendien dezelfde PFAS in belangrijke mate voorkomen als in de bodem, wordt inloop als belangrijke verspreidingsroute beoordeeld, naast opwaaiend stof dat met de lucht van buiten naar binnen wordt meegevoerd.
- De concentraties PFAS zijn voldoende laag om te besluiten dat er in de huidige situatie **geen** humaan risico ten gevolge van blootstelling aan PFAS voor de bewoners van De Naeyer is.

## EXECUTIVE SUMMARY

The former paper manufacturing site De Naeyer has been converted into a residential area. Research has shown that the soil is contaminated with PFAS, and there is concern that the indoor environment of the homes on the site are contaminated with PFAS. Therefore, a study was carried out to determine whether there is PFAS contamination in the homes and to estimate the severity of the contamination and the exposure risks. Furthermore, the possible dispersion route(s) of PFAS-containing soil to indoor areas was mapped, and measures that could be proposed to reduce indoor PFAS concentrations were examined.

The research was carried out in phases. In the initial phase of the project a limited number of samples taken and analyzed as a screening. The knowledge gained through the screening measurements was included in the preparation of the broader measurement campaign, in which a larger number of homes and other matrices (e.g. house dust) were sampled.

Residents of De Naeyer were invited to participate to the study. In total, participation to the study was confirmed by 26 people. The same invitation was distributed in a reference neighbourhood a few kilometres from site De Naeyer, with homes of approximately the same construction year as the homes at De Naeyer. There was only one confirmation from the reference neighbourhood. This implies that only limited set of reference measurements is available against which the measurements at the De Naeyer site can be evaluated.



Figure: Map of the site De Naeyer and the reference neighbourhood.

Monitoring was conducted in the first half of 2022 and subdivided in three campaigns:

- Screening measurements on 24/01 and 25/02/2022
- First campaign between 2/03 and 30/03/2022
- Second campaign between 19/05 and 15/06/2022.



The following matrices and environmental compartments were investigated in this study:

- House dust
  - Shoe dust: vacuum cleaner sample of dust in the shoe cabinet/shoe rack
  - Floor dust: vacuum cleaner sample from the floor at three locations in the home (usually kitchen, lounge, hall);
  - Dust deposition: falling dust on a higher surface (e.g. on top of a cupboard, etc.);
  - Vacuum cleaner bags from the participants.
- Ambient air:
  - Active sampling of ambient air;
  - Dust deposition from ambient air.

A soil investigation was not carried out in this study but was carried out before by Abesim (2021). However, two soil analyses of soil from the reference neighbourhood were provided.

The chemical analyses for identification and determination of PFAS in the different matrices consisted of a suspect screening analysis (performed by the University of Antwerp) and a target analysis (performed by VITO). The suspect screening analysis identifies PFAS, while the target analysis determines the concentration quantitatively. A number of PFAS could only be measured indicatively. Based on the measurement results of the individual PFAS, two sum parameters were calculated, namely the total PFAS concentration (sum of all measured PFAS, represented as  $\sum$ PFAS) and the sum of four specific PFAS (PFNA, PFOA, PFOS and PFHxS). the so-called EFSA-PFAS because those four were proposed by EFSA (European Food Safety Authority) for the risk assessment.

The screening identified the PFAS compound diSAmPAP in samples taken at the De Naeyer site. The substance diSAmPAP can break down into a number of degradation products, including EtPFOSAA, PFOSAA, PFOSA and PFOS, which are also found in the screening samples. DiSAmPAP is a PFAS compound associated with the paper industry. This is a first indication that the historical contamination can result in PFAS contamination inside the houses.

The PFAS compound diSAmPAP is not included in the list of PFAS measured by default in the target analysis, so its presence could not be quantified. The most important degradation products of diSAmPAP, including EtPFOSAA and PFOS, are included in the target analysis, so that an indirect link can be made with the base product.

In the various matrices (ambient air (actively sampled and deposition) and house dust (shoe dust, floor dust and deposition)) a mix of PFAS are measured, consisting of 9 to 18 different PFAS compounds. The most common PFAS are 8 PFAS compounds (see Table below) that are measured in significant amounts in all matrices. Each of these 8 PFAS compounds represents on average between 1.6 and 16.5% of the total PFAS concentration across all matrices. For the different matrices, the mix of these PFAS is supplemented by some other PFAS that are measured in (much) lower concentrations. The most important is PFNA, which represents an average of 1.7% of the total PFAS concentration over all matrices except ambient air in which this compound was not measured.

Table: Overview of PFAS compounds measured in the different matrices. The most common PFAS are indicated with “+” (<1% of the total PFAS concentration), “++” (1-10%) and “+++” (>10%).

		Ambient air		Indoor		
		Air	Deposition	Shoe dust	Floor dust	deposition
Most common PFAS	PFPeA	+	++	+	++	++
	PFHxA	++	++	++	+++	+++
	PFHpA	+	++	+	++	++
	PFOA	+++	++	++	++	++
	PFDA	+	+	+	++	++
	PFOS	+++	+++	+++	+++	n.a.
	PFOSA	++	++	++	++	+
	EtPFOSAA	+++	+++	+++	+++	++
Number of other PFAS		1	7	9	10	8
<b>Total number of PFAS</b>		<b>9</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>15</b>

n.a. PFOS could not be measured in the indoor depositions due to the limited amount of deposition substance.

The most important PFAS in the various matrices at the De Naeyer site include EtPFOSAA, PFOS, and PFOA. These components are also measured in high concentrations in the soil (Abesim, 2021). There is therefore a clear link between the historical soil contamination and the PFAS found in the homes.

For the most important PFAS measured at De Naeyer in the different matrices, the concentrations were compared with the reference home. The average PFOS, PFOA and EtPFOSAA concentrations are higher in the homes at De Naeyer than in the reference home. The PFHxA and PFPeA concentrations are in the same order of magnitude in De Naeyer homes and the reference home, or may even be higher in the reference home due to their presence in consumer products, furniture, carpets, etc.

	Ambient air <sup>(a)</sup>				Indoor					
	Ambient air		Deposition		Shoe dust		Floor dust <sup>(b)</sup>		Deposition indoor	
	De Naeyer	reference	De Naeyer	reference	De Naeyer	reference	De Naeyer	reference	De Naeyer	reference
	ng/m <sup>3</sup>		ng/m <sup>2</sup> /dag		µg/kg		µg/kg		µg/kg	
PFPeA	0,002		1,3		0,35	<0,046	0,89	<0,8	7,98	6,50
PFHxA	0,013		3,9		1,60	<0,095	5,99	2,53	24,22	87,36
PFOA	0,040		7,5		2,63	<0,096	2,78	0,33	7,45	<4
PFOS	0,029		10,5		14,79	<0,35	10,37	4,70 <sup>(d)</sup>	<50 <sup>(c)</sup>	<100 <sup>(c)</sup>
EtPFOSAA	0,034		25,4		26,05	<0,10	8,44	0,15	6,36	<1
∑PFAS (excl. indicatief)	0,253		91		52	0,52	38	8	61	94
EFSA-PFAS	0,069		18		18	0	15	5	10	0

(a) no ambient air and deposition measurements were carried out in the reference district.

(b) Low intake samples (<50 mg) were not included in the calculation of mean concentrations.

(c) high reporting limit or quantification limit due to low intake.

(d) Result for L-PFOS, T-PFOS below detection limit, but with high detection limit for that measurement.

The mix of PFAS in the homes at De Naeyer is more diverse than in the reference home. PFOS and EtPFOSAA occur in high concentrations at De Naeyer compared to the reference home. As a degradation product, both can be linked to the paper industry and the historical contamination of the site. There are differences in concentrations between the homes on De Naeyer, and differences can also be observed between streets. Compared to other studies, the distribution between the houses appears to be relatively limited, which may indicate the same source, i.e. the soil contamination of the site.

The PFAS concentrations were compared with values from the literature. The PFOS concentration in the floor dust in De Naeyer is well above the Flemish median value for homes (11.1 µg/kg at De Naeyer compared to 0.5 µg/kg) (D'Hollander et al. (2010)). The maximum PFOS concentration at De Naeyer is also higher than the P95 value for homes in Flanders, but about an order of magnitude lower than the P95 value for offices in Flanders. Compared to other international studies, the picture is more nuanced. The median PFOS concentration in De Naeyer is about 1/3 lower than in another study (Young et al., 2021), but also about 2.5 to 7 times higher compared to two other studies (Winkens et al., 2018; Hall et al., 2020).

EtPFOSAA was also measured in a Finnish study. The median concentration is about the same order of magnitude as in the homes of De Naeyer (3.45 and 3.4 µg/kg), the maxima in Willebroek are significantly lower (51 µg/kg compared to 518 µg/kg). The PFOS concentration is higher in Willebroek than in the Finnish study (median of 11.1 compared to 1.5 µg/kg). Conversely, the PFOA concentrations are lower in Willebroek (1.9 compared to 5.4 µg/kg).

There are currently no assessment frameworks for further interpretation of the dust data. A temporary framework is only available for ambient air for the 4 EFSA-PFAS (PFOS, PFOA, PFHxS and PFNA). The EFSA-PFAS concentration at De Naeyer is on average 0.086 ng/m<sup>3</sup>, which is well below the temporary threshold of 0.44 ng/m<sup>3</sup> based on EFSA.

An estimation of exposure and human risks was made using the S-Risk model. Calculations were performed with the S-Risk model (version 1.3.3.3) for both PFOS and PFOA to determine from which soil concentrations a human risk can be expected (i.e. risk index  $RI \geq 1$ ).

The average soil contamination with PFOS (97  $\mu\text{g}/\text{kg dw}$ ) and the predicted concentration in floor dust (72.8  $\mu\text{g}/\text{kg dw}$ ) do pose a human risk ( $RI = 1.03$ ). However, the measured average concentration of PFOS in floor dust is lower than 72.8  $\mu\text{g}/\text{kg dw}$ , i.e. 27  $\mu\text{g}/\text{kg dw}$ . When the risk assessment is made with this measurement value, there is just no human risk ( $RI = 0.99$ ). Since the contaminated top layer of the soil has been replaced, only the measured value in house dust should be taken into account when deriving the 'future' risk. In that case, there is no human risk associated with a PFOS concentration of 27  $\mu\text{g}/\text{kg dw}$  in house dust ( $RI = 0.73$ ). The exposure is then mainly a background exposure through food.

There is no human risk for PFOA ( $RI = 0.3$ ) with a soil concentration of 7.4  $\mu\text{g}/\text{kg dw}$  and a predicted concentration in house dust of 5.5  $\mu\text{g}/\text{kg dw}$ . The actual PFOA concentration in the floor dust is lower than 5.5  $\mu\text{g}/\text{kg dw}$  so that the actual  $RI$  is less than 0.3.

It can be concluded that there is no human risk from the situation after remediation as a result of exposure to PFOS or PFOA for the residents of De Naeyer.

The main conclusions that can be drawn on the basis of this research are the following:

- Based on screening measurements and analyses of dust samples from the indoor environment that were sampled in two measurement campaigns, it can be concluded that PFAS are present in the indoor environment of homes on the De Naeyer site.
- PFAS that are measured in the highest concentrations in the indoor environment at De Naeyer are PFPeA, PFHxA, PFOA, PFOS and EtPFOSAA.
- The most important PFAS that are measured in the soil are PFAS that can be associated with the paper industry (PAPs and degradation products). The same PFAS are found in the homes. The PFAS fingerprint of soil and house dust are similar for these PFAS compounds. This indicates that the historical soil contamination can be labeled as a source of PFAS contamination in the homes on the site.
- The walk-in of PFAS-containing soil is a possible dispersion route of PFAS from outdoor to the indoor environment. Since PFAS is found in the shoe dust, floor dust and indoor depositions, of which the same PFAS also occur to a large extent as in the soil, walk-in is assessed as an important dispersion route, in addition to blown-up dust that is carried indoors by the air from outside.
- The PFAS concentrations are sufficiently low to conclude that in the current situation there is no human risk from exposure to PFAS for the residents of De Naeyer.

# INHOUDSTAFEL

Samenvatting .....	2
Executive summary .....	7
Inhoudstafel .....	12
Lijst van Figuren .....	15
Lijst van tabellen .....	17
Lijst van afkortingen.....	19
1. Inleiding.....	1
2. Materiaal en Methode.....	2
2.1 Overzicht matrices en milieucompartimenten.....	2
2.2 Monsterneming .....	2
2.2.1 Actieve bemonstering van vloerstof .....	2
2.2.2 Actieve bemonstering van schoenstof .....	3
2.2.3 Passieve bemonstering van depositiestof.....	3
2.2.4 Stofzuigerzakken .....	3
2.2.5 Actieve bemonstering van de omgevingslucht .....	4
2.2.6 Bemonstering van stofdeposities omgevingslucht.....	5
2.2.7 Bemonstering van de bodem .....	6
2.3 Chemische analyse .....	7
2.3.1 Suspect screening analyse.....	7
2.3.2 Target analyse .....	9
2.4 Uitnodiging voor deelname aan de studie .....	11
2.5 Vragenlijst voor de deelnemers.....	11
2.6 Referentiewijk.....	11
2.7 Toetsingskader.....	12
2.7.1 PFAS in omgevingslucht.....	12
2.7.2 PFAS in bodem.....	13
2.7.3 PFAS in andere matrices.....	13
3. Opzet en omstandigheden van het veldonderzoek.....	14
3.1 Deelname aan de studie .....	14
3.2 Timing van het veldwerk .....	14
3.3 Meteo-omstandigheden tijdens de veldwerkcampagnes .....	14
3.4 On-site werkzaamheden tijdens de meetcampagnes .....	17
3.5 Bemonstering van het huisstof.....	17
3.5.1 Actieve bemonstering vloerstof .....	17
3.5.2 Actieve bemonstering schoenstof.....	19

3.5.3	Passieve bemonstering van depositiestof.....	20
3.5.4	Stofzuigerzakken .....	20
3.6	Bemonstering van de omgevingslucht .....	21
4.	Resultaten screeningsmetingen.....	23
4.1	PFAS in vloerstof.....	23
4.2	Stofzuigerzakken.....	25
4.3	Vergelijking PFAS screening in vloerstof en stofzuigerzakken .....	25
4.4	Vaststellingen screeningmetingen .....	26
5.	Resultaten luchtmetingen.....	27
5.1	Omgevingslucht .....	27
5.1.1	Voorkomen van PFAS-verbindingen.....	27
5.1.2	Concentraties in de omgevingslucht .....	28
5.1.3	Vergelijking met andere omgevingsmetingen.....	30
5.2	Deposities .....	31
5.2.1	Belangrijkste PFAS-verbindingen in deposities .....	31
5.2.2	PFAS-gehalte in de deposities omgevingslucht.....	31
5.2.3	Vergelijking met andere omgevingsmetingen.....	32
6.	Schoenstof .....	34
6.1	Inleiding .....	34
6.2	Voorkomen van PFAS in schoenstof.....	34
6.3	PFAS-concentraties in schoenstof .....	35
6.3.1	Vergelijking met de referentiewoning.....	36
6.3.2	Vergelijking tussen woningen op site De Naeyer .....	37
6.3.3	Toetsing PFAS-concentratie in het schoenstof.....	39
7.	Vloerstof.....	40
7.1	Inleiding .....	40
7.2	Voorkomen van PFAS in vloerstof .....	40
7.3	PFAS-concentraties in vloerstof.....	42
7.3.1	Vergelijking met de referentiewoning.....	42
7.3.2	Onderlinge vergelijking tussen woningen op site De Naeyer .....	45
7.3.3	Toetsing PFAS-concentraties in vloerstof.....	48
8.	Depositiestof binnen.....	54
8.1	Inleiding .....	54
8.2	Hoeveelheden huisstof depositie .....	54
8.3	Voorkomen van PFAS in huisstof deposities .....	54
8.4	PFAS-concentraties in de huisstofdeposities.....	55
9.	Bodem.....	59

9.1	Bodemonderzoek De Naeyer.....	59
9.2	Bijkomende bodemanalyses uit de referentiewijk.....	60
10.	Interpretatie van de meetresultaten .....	62
10.1	Vergelijking verschillende matrices .....	62
10.1.1	Voorkomen van PFAS .....	62
10.1.2	Belangrijkste PFAS .....	63
10.1.3	Gemiddelde PFAS concentraties in verschillende matrices .....	65
10.1.4	Spreading op de metingen .....	67
10.2	Verspreidingsroute van PFAS .....	67
10.3	Beoordeling van de PFAS-concentraties.....	68
10.4	Blootstelling aan PFAS via huisstof in Willebroek .....	68
11.	Besluit .....	75
11.1	Antwoorden op de onderzoeksvragen .....	75
11.2	Aanbevelingen .....	78
	Literatuurlijst.....	79
	Bijlage A.....	81
	Bijlage B.....	82
	Bijlage C.....	87
	Bijlage D .....	88
	Bijlage E .....	90
	Bijlage F .....	93
	Bijlage G .....	94

## 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 neerslagkruik en opstelling in het veld. ....	6
Figuur 3: Opstelling met drie Bergerhoff-neerslagkruiken in een houder met vogelscherm op paal....	6
Figuur 4: Situering van de referentiewijk t.o.v. site De Naeyer. ....	12
Figuur 5: Overzicht van de meteorologie tijdens de meetcampagnes. ....	16
Figuur 6: Aantal dagen tussen poetsen en monsterneming.....	19
Figuur 7: Foto van de meetopstelling voor actieve bemonstering van de omgevingslucht en stofdepositie. ....	22
Figuur 8: Biodegradatie van diSAmPAP zoals voorgesteld in Benskin et al., 2013. PFAS-verbindingen tussen haakjes werden niet gemeten in Benskin et al. maar als hypothetische afbraakproducten toegevoegd op basis van de studie van Lange (2000). ....	24
Figuur 9: Overzicht van het aandeel van de verschillende PFAS-verbindingen die in de omgevingslucht gemeten worden. De prefix "T-" staat voor totaal, dit is de som van de lineaire en vertakte vormen van de PFAS-verbinding. ....	27
Figuur 10: Concentratie van de EFSA-PFAS in omgevingslucht, berekend volgens drie methoden van omgaan met meetwaarden beneden de detectielimiet. De EFSA-PFAS toetsingswaarde is in rood aangegeven. ....	29
Figuur 11: Weekgemiddelde EFSA-PFAS concentraties in de omgevingslucht.....	29
Figuur 12: PFAS-concentraties in zwevend stof op andere locaties. Resultaten van de studie <a href="https://www.vmm.be/publicaties/studie-naar-pfas-in-lucht-en-deposities-in-de-omgeving-van-3m-en-zwijndrecht">https://www.vmm.be/publicaties/studie-naar-pfas-in-lucht-en-deposities-in-de-omgeving-van-3m-en-zwijndrecht</a> . ....	30
Figuur 13: Overzicht van het aandeel van de verschillende PFAS-verbindingen die in de deposities van omgevingslucht. ....	31
Figuur 14: Overzicht van de belangrijkste PFAS-verbindingen die voorkomen in het schoenstof.....	35
Figuur 15: Histogram van de totale PFAS-concentratie (links) en de EFSA-PFAS-concentratie (rechts) in het schoenstof in woningen op site De Naeyer. ....	38
Figuur 16: Boxplot van de PFAS-concentratie in schoenstof tijdens de eerste veldwerkcampagne (winter, n = 17) en de tweede veldwerkcampagne (zomer, n = 9).....	38
Figuur 17: Boxplot van de PFAS (exclusief indicatieve metingen) en EFSA-PFAS-concentratie in schoenstof gemeten in beide veldwerkcampagnes, gegroepeerd per straat (referentiestraat verwijst naar de referentiemeting uit de referentiewijk). ....	39
Figuur 18: Histogram van de hoeveelheid intake van alle vloerstofmonsters (links), en uitvergroting van de vloermonsters met intake < 50 mg (rechts).....	40
Figuur 19: Overzicht van de belangrijkste PFAS-verbindingen in vloerstof, uitgedrukt als % van de totale PFAS-concentratie.....	41
Figuur 20: Overzicht van de belangrijkste PFAS-verbindingen in vloerstof, uitgedrukt als % van de totale PFAS-concentratie. De resultaten van vloerstofmonsters met < 50 mg intake werden niet weerhouden. ....	42
Figuur 21: PFAS-concentraties in het vloerstof in woningen op site De Naeyer en op de referentielocatie. De resultaten voor de somparameters (som PFAS en EFSA-PFAS) en de meest voorkomende PFAS in het vloerstof (PFOS en EtPFOSAA) zijn weergegeven. ....	46
Figuur 22: Spreiding op de PFAS-concentraties in vloerstof, gegroepeerd volgens eerste en tweede veldwerkcampagne.....	47
Figuur 23: Boxplots van de PFAS-concentraties in het vloerstof, gegroepeerd per straat. De Saturnusstraat ligt in de referentiewijk. ....	48
Figuur 24: Meetresultaten voor PFAS uit de studie van Young et al. (2021) (kopie van een deel van Tabel 2 uit die publicatie). ....	50



Figuur 25: Mediaan-concentraties van PFOS, PFOA en PFHxS in huisstof in woningen in de VS. Figuur overgenomen uit Hall et al. (2020). .....	52
Figuur 26: Percentueel aandeel van de belangrijkste PFAS in huisstof depositie. ....	55
Figuur 27: Slide uit de presentatie op de informatievergadering in Willebroek met onderzoeksresultaten bodem.....	60
Figuur 28: Percentueel aandeel van de belangrijkste PFAS in de verschillende matrices.....	65
Figuur 29: Scatterplots van simultane schoen- en vloerstofmetingen voor PFOS (boven) en EtPFOSAA (onder). De 0:1-lijn is in de figuren aangeduid. ....	67
Figuur 30: Door S-Risk berekende concentraties PFOS in de woning.....	70
Figuur 31: Door S-Risk berekende concentraties voor PFOA in de woning.....	71
Figuur 32: Bijdrage van de verschillende orale blootstellingsroutes aan de totale orale blootstellingsdosis (ng/ kg lw.d). ....	73

## LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Specificaties van de bemonsteraar voor omgevingslucht. ....	4
Tabel 2: Tijdelijk toetsingskader voor 4 EFSA-PFAS verbindingen in omgevingslucht (zie <a href="https://www.vmm.be/lucht/meer-polluenten/pfas-in-de-omgevingslucht">https://www.vmm.be/lucht/meer-polluenten/pfas-in-de-omgevingslucht</a> ).....	12
Tabel 3: Richt- en streefwaarden voor bodem (OVAM, 4 april 2022). ....	13
Tabel 4: Maandverslagen van het KMI voor de maanden waarop de veldwerkcampagnes werden uitgevoerd. ....	15
Tabel 5: Procentuele verdeling van de windrichting tijdens de veldwerkcampagnes. ....	16
Tabel 6: Bemonstering vloerstof: overzicht van het aantal woningen per straat waar de bemonstering werd uitgevoerd in de eerste en tweede veldwerkcampagne. ....	18
Tabel 7: Bemonstering schoenstof: overzicht van het aantal woningen per straat waar de bemonstering werd uitgevoerd in de eerste en tweede veldwerkcampagne.....	20
Tabel 8: Overzicht van de timing van de bemonstering van de omgevingslucht. ....	21
Tabel 9: Overzicht van de PFAS-verbindingen die bij de screening van vloerstofmonsters werden terug gevonden. ....	23
Tabel 10: Overzicht per meetlocatie van de PFAS-verbindingen die gemeten werden tijdens de screeningsmetingen.....	23
Tabel 11: PFAS-verbindingen gevonden bij screening van stofzuigerzakken. ....	25
Tabel 12: Vergelijking van PFAS screening in vloerstof en stofzuigerzakken. ....	26
Tabel 13: Gemiddelde concentratie (6 weken) van de meest voorkomende PFAS-verbindingen in de omgevingslucht.....	28
Tabel 14: Gemiddelde PFAS depositie buiten op site De Naeyer. ....	32
Tabel 15: Overzicht deposities uit rapport 2022/HEALTH/R/2680 (2022) aangevuld met meetresultaten De Naeyer. ....	33
Tabel 16: Overzicht van de gemiddelde PFAS-concentraties in schoenstof uit woningen op site De Naeyer, Willebroek. ....	36
Tabel 17: Samenvattende statistieken PFAS-concentraties in schoenstof van woningen op site De Naeyer.....	37
Tabel 18: Vergelijking van de concentraties ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) van $\Sigma\text{PFAS}$ , EFSA-PFAS en belangrijkste PFAS-verbindingen in het schoenstof in woningen op site De Naeyer in vergelijking met de referentiewoning. ....	39
Tabel 19: Gemiddelde concentratie van PFAS in vloerstof.....	44
Tabel 20: Absoluut verschil in gemiddelde concentratie tussen woningen op site De Naeyer en de referentiewoning voor de belangrijkste PFAS-verbindingen en de som parameters ( $\Sigma\text{PFAS}$ en EFSA-PFAS). ....	45
Tabel 21: Samenvattende statistieken PFAS-concentraties ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in vloerstof van woningen op site De Naeyer. ....	45
Tabel 22: Vergelijking van de vloerstofconcentraties (uitgedrukt in $\text{ng}/\text{filter}$ ) met de studie van Colles et al. (2022). ....	49
Tabel 23: Vergelijking van de meetresultaten De Naeyer met de resultaten van D’Hollander et al. (2010).....	50
Tabel 24: Vergelijking van de PFAS-concentraties in vloerstof in woningen op De Naeyer en de resultaten van Young et al. (2021). De concentraties zijn uitgedrukt in $\mu\text{g}/\text{kg}$ (= $\text{ng}/\text{g}$ ); het aantal monsters waarvoor een meetwaarde > RG bepaald werd zijn procentueel uitgedrukt. ....	51
Tabel 25: Vergelijking van de PFAS-concentraties ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in vloerstof in De Naeyer en de studie van Hall et al. (2020).....	52
Tabel 26: Resultaten van PFAS-metingen in huisstof in Finland (Winkens et al., 2018) in vergelijking met meetresultaten van deze studie. In de Finse studie wordt onderscheid gemaakt tussen lineaire (L)	

en vertakte (br-, branched) vormen. Dezelfde vormen worden hier voor Willebroek gepresenteerd om de vergelijking tussen beide studies te kunnen maken. .... 53

Tabel 27: Overzicht van de pooling van de huisstof depositiemonsters. .... 54

Tabel 28: Gemiddelde PFAS-concentraties in de huisstofdeposities in woningen op site De Naeyer en in de referentiewijk. .... 57

Tabel 29: PFAS in de huisstofdeposities (genormaliseerd). .... 58

Tabel 30: PFAS-concentraties in de bodem van de referentiewijk. .... 60

Tabel 31: Overzicht van het voorkomen van PFAS in de verschillende matrices. Enkel niet-indicatieve PFAS werden weerhouden, die bovendien meer dan 0,1% voorkomen in de respectievelijke matrix. PFAS die in alle matrices voorkomen zijn gearceerd. .... 62

Tabel 32: Overzicht van PFAS die in laag percentage voorkomen of indicatief gemeten werden. .... 63

Tabel 33: Percentueel aandeel van PFAS die in minstens 1 van de matrices >5% van de  $\Sigma$ PFAS (inclusief indicatieve metingen) uitmaakt. Per matrix zijn de PFAS die >10% vertegenwoordigen in het vet aangeduid. De resultaten voor de EFSA-PFAS zijn ook opgenomen in de tabel. .... 64

Tabel 34: Gemiddelde PFAS-concentraties voor de verschillende matrices gemeten op De Naeyer en in de referentiewoning. .... 66

Tabel 35 – Berekende concentraties in huisstof (S-Risk) versus gemeten concentraties in vloerstof . 71

## LIJST VAN AFKORTINGEN

TSP	Total suspended particles, totaal stof
PUF	Poly-Urethane Foam
PFAS	Poly- en perfluoralkylstoffen
EFSA	European Food Safety Authority
EFSA-PFAS	Som van PFNA+PFOA+PFHxS+PFOS (totaal: lineair + vertakt)
Br-PFAS	Branched-PFAS, vertakte vorm
L-PFAS	Prefix verwijzend naar de lineaire vorm
T-PFAS	Prefix verwijzend naar de totaal (lineaire + vertakte vorm)
$\Sigma$ PFAS	Som van de PFAS die geanalyseerd werden (opgenomen in de target lijst). Voor PFAS met lineaire en vertakte vorm wordt de som van beide (T-) meegenomen in de som.
RG	Rapporteergrens (LOQ, limit of quantification)
RI	Risico-index

# 1. INLEIDING

De voormalige site van papierfabriek De Naeyer in Willebroek werd herbestemd tot woonzone. Onderzoek heeft recent aangetoond dat de gronden vervuild zijn met PFAS. Hierdoor is er bezorgdheid of de binnenomgeving van de woningen op de site vervuild zijn met PFAS.

Daarom werd VITO in opdracht van OVAM gevraagd om een studie op te zetten waarbij wordt nagegaan of de binnenomgeving van de woningen vervuild is met PFAS. De gemeten PFAS-concentraties worden afgetoetst aan referentiewaarden om de ernst van de vervuiling en de blootstellingsrisico's in te schatten. De mogelijke verspreidingsroute(s) van PFAS-houdende bodem naar de binnenruimte wordt in kaart gebracht, en indien de noodzaak blijkt op basis van het onderzoek, wordt er nagegaan welke maatregelen kunnen worden voorgesteld om de PFAS-concentraties binnenshuis te reduceren.

Dit type onderzoek kent een gestandaardiseerde opbouw, waarbij ter plaatste bemonsteringen worden uitgevoerd. De monsters worden naar het labo gebracht waar ze chemisch geanalyseerd worden (hier: bepaling van voorkomen en concentratie van PFAS-stoffen). De resultaten worden vervolgens geïnterpreteerd om het blootstellingsrisico te kunnen beoordelen.

## 2. MATERIAAL EN METHODE

Het onderzoek werd gefaseerd uitgevoerd, waarbij in de beginfase van het project een beperkt aantal bemonsteringen werden uitgevoerd en geanalyseerd als screening. De kennis die opgedaan werd door de screeningsmetingen, werd meegenomen bij de opmaak van de ruimere meetcampagne waar in een groter aantal woningen en andere matrices (bv. huisstof, lucht, bodem) bemonsterd werd. De screeningsmetingen werden gebruikt om zo veel mogelijk aanwezige gekende en onbekende PFAS-verbindingen op te sporen (*suspect screening analysis*). Deze resultaten werden in de mate van het mogelijke meegenomen om een lijst van PFAS-verbindingen op te stellen die geanalyseerd werden in de gerichte analyses (*target analysis*).

### 2.1 OVERZICHT MATRICES EN MILIEUCOMPARTIMENTEN

Volgende matrices en milieucompartmenten werden onderzocht in deze studie:

- Huisstof
- Omgevingslucht (buiten).

Er werd geen bodemonderzoek uitgevoerd. Voor het bodemonderzoek wordt verwezen naar het siteonderzoek dat door Abesim werd uitgevoerd (PFAS-onderzoek papierfabriek De Naeyer, Willebroek (Zone F), Tussentijdse rapportage veldwerk/analyse fase 1, oktober 2021). Er werden wel twee bodemanalyses voorzien van bodem uit de referentiewijk.

### 2.2 MONSTERNEMING

Onder huisstof wordt het stof verstaan dat zich in de woning bevindt. Een deel van het huisstof zweeft door de lucht (in suspensie) in de woning, en bepaalt de binnenluchtkwaliteit. Een deel van het huisstof bevindt zich als depositiestof op oppervlakten, zoals vloer, kast, etc. Huisstof in de binnenlucht kan neerslaan (depositie), en depositiestof kan op zijn beurt opgewaaid worden en in suspensie gaan in de binnenlucht.

Gezien de variatie in voorkomen van huisstof, werden er vier complementaire methoden toegepast voor de bemonstering van huisstof:

- Actieve bemonstering van vloerstof volgens gestandaardiseerde methode;
- Actieve bemonstering van schoenstof;
- Passieve bemonstering van depositiestof volgens gestandaardiseerde methode; en
- Niet-gerichte bemonstering van huisstof met de stofzuiger door de bewoner.

Er werd ook een bemonstering van de omgevingslucht uitgevoerd, zowel door actieve bemonstering als passieve bemonstering met depositiekruiken. De omgevingslucht werd bemonsterd op een meetlocatie centraal op site De Naeyer.

De methoden van monsterneming worden hier beschreven.

#### 2.2.1 Actieve bemonstering van vloerstof

Het vloerstof werd door een veldwerker actief bemonsterd met een stofzuiger volgens een protocol dat gebaseerd is op het protocol van Harrad et al. (2008). Hierbij werd als volgt te werk gegaan, waarbij één stofmonster een mengmonster is van vloerstof uit drie verschillende zones:

- Afbakening van de vloerzones (3) met gekend oppervlak voor monsterneming:
  - 1 m<sup>2</sup> indien vloebekleding (vast) tapijt;
  - 4 m<sup>2</sup> indien andere vloerbekleding (tegel, parket, laminaat).
- Opzuigen van vloerstof uit de eerste zone in filterzakje die in stofzuigermond geplaatst wordt; stofzuigen gedurende 1 min per m<sup>2</sup>, in twee richtingen; herhalen in de andere twee zones met hetzelfde filterzakje;
- Stofmonster verzegelen en in afgesloten recipiënt bewaren.

Eén stofmonster is een samengesteld monster uit drie zones (meestal samenstelling van monster uit keuken, living en hal, (bv. 3 keer 4 m<sup>2</sup> vloeroppervlak in keuken, living en hal) in een aantal gevallen ook garage of slaapkamer).

Gereedschap dat gebruikt wordt voor monsterneming wordt voor en na monsterneming gereinigd met isopropanol geïmpregneerde ontsmettingsdoekjes. De filterzakjes zijn gemaakt van nylon met een poriëndiameter van 25 µm.

Tijdens de monsterneming werd door de veldwerker in overleg met de bewoner of bouwverantwoordelijke een korte vragenlijst ingevuld (Bijlage A). De vragenlijst heeft o.a. tot doel om de meetlocatie iets meer in detail te beschrijven qua ligging en bouwjaar, en specifieke informatie te verzamelen met betrekking tot het aantal dagen sinds vorige kuis, rookgedrag van bewoners, aanwezigheid van kachel en van huisdieren.

### **2.2.2 Actieve bemonstering van schoenstof**

Het schoenstof werd bemonsterd volgens een aangepaste methode gebaseerd op het Harrad-protocol. Het schoenstof werd door een veldwerker actief bemonsterd met een stofzuiger door een gericht monster te nemen onder het schoenenrek, op de bodem van de schoenenkast of op en onder schoeisel of de mat in de inkomhal. Het schoenstof werd opgezogen vanop de oppervlakken (niet rechtsreeks van de schoenzool) in een filterzakje dat in stofzuigermond geplaatst werd. Het schoenstof werd opgezogen in twee richtingen loodrecht op elkaar, de duurtijd kon variëren in functie van de plaats van monsterneming. De schoenstofmonsters werden verzegeld en bewaard in een afgesloten recipiënt.

### **2.2.3 Passieve bemonstering van depositiestof**

Het depositiestof werd opgevangen (passief) in glazen petrischalen (diameter 184 mm, hoogte rand 27 mm). De petrischalen werden bij de deelnemers thuis geopend en in de leefruimte op een kast geplaatst door een veldwerker. De petrischalen bleven gedurende ongeveer 3 maanden onaangeroerd ter plaatse. In die periode werd huisstofdepositie opgevangen in de petrischaal. Op het einde van de bemonsteringsperiode werden de schalen door de veldwerker gesloten, verzegeld en meegenomen voor analyse.

### **2.2.4 Stofzuigerzakken**

Aan de bewoners werd gevraagd om volle stofzuigerzakken te bewaren in de door de veldwerker aangeleverde zak. Enkel bewoners die gebruik maakten van een stofzuiger met zak konden deelnemen. Er werden geen verdere instructies gegeven. De inhoud van de stofzuigerzak is een mengmonster van huisstof dat in heel de woning opgezogen werd gedurende een niet gekende periode. Aangezien de stofzuigerzakken op het einde van de veldwerkcampagne werden opgehaald, kan er wel van uitgegaan worden dat de inhoud ten minste deels tijdens de looptijd van de studie werd gestofzuigd.

## 2.2.5 Actieve bemonstering van de omgevingslucht

Voor het meten van PFAS in de omgevingslucht werd gebruik gemaakt van een actieve bemonstering op filter en PUF, met een toestel (high volume sampler van TISCH Enviromental, Figuur 1) dat 3,5 tot 4,5 m<sup>3</sup> lucht aanzuigt per uur en uitgerust is met een TSP-kop die quasi alle zwevende deeltjes doorlaat. Er wordt een gekend volume lucht aangezogen door de filter en de PUF (polyurethane foam), die achter elkaar 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 geïncubeerd. 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 m<sup>3</sup> lucht, verkort weergegeven als ng/m<sup>3</sup>.

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
Bemonsteringsdebiet	ca. 3,5 tot 4,5 m <sup>3</sup> /u



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

Gespreid over de volledige looptijd van de metingen, werden veldblanco's voorzien. Veldblanco's zijn filters en PUFs die op dezelfde manier gehanteerd worden als de te bemonsteren filters en PUFs (voorbereiding, transport) en gedurende de bemonsteringsperiode afgesloten bewaard worden ter plaatste, zonder ze te bemonsteren. Veldblanco's worden meegenomen in de kwaliteitscontrole om bv. contaminaties op te sporen.



### 2.2.6 Bemonstering van stofdeposities omgevingslucht

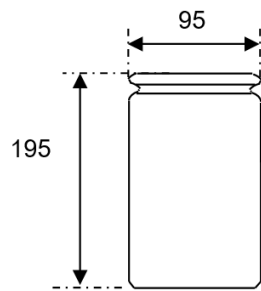
Depositie kan plaatsvinden in de vorm van natte en droge depositie. De totale depositie is de som van natte en droge depositie. Natte depositie is de aanvoer van stoffen via regen, sneeuw of hagel. Natte depositie is dus het resultaat van uitregenen of uitwassen en komt dus alleen voor ten tijde van 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.

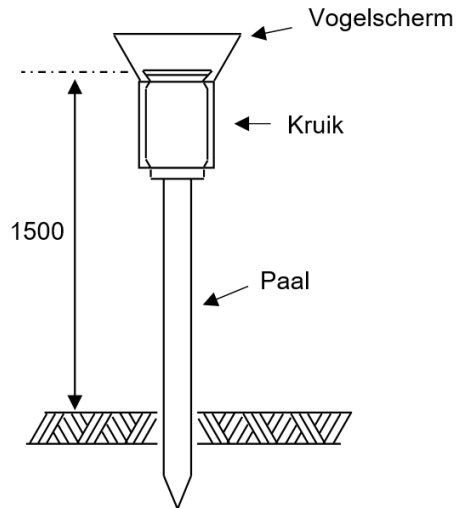
De depositie wordt bemonsterd met behulp van depositiekruiken (type Bergerhoff, Figuur 4). De Bergerhoff-kruik is een glazen bokaal met 9,5 cm effectieve binnendiameter, ongeveer 20 cm hoog en met 1,5 L inhoud. Aangezien de kruik uit glas bestaat, kan ze vooraf zeer grondig worden gereinigd om lage blanco-waarden te bekomen die nodig zijn voor bepalingen op immissieniveau. De Bergerhoff-kruiken worden voorafgaand aan de bemonsteringen in het labo 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 (ca. 28 dagen, 4 weken). Er worden telkens drie kruiken tegelijkertijd opgesteld (bemonstering in triplo). De inhoud van de drie kruiken wordt samengevoegd tot één monster.



**Bergerhoff-kruik**

Oppervlak: 0,0071 m<sup>2</sup>  
 inw.oppervlak: 0,079 m<sup>2</sup>  
 materiaal: glas



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



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 de 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).

**2.2.7 Bemonstering van de bodem**

Bij de bemonstering van de bodem werd een monster genomen van de toplaag (bovenste 5 cm). De vegetatie werd van de bodem verwijderd en er werd met een schep een oppervlakkig bodemstaal genomen (ongeveer 1 L). De bodemmonsters werden uitsluitend in de referentiewijk genomen (zie onder), niet op site De Naeyer. Er werd op twee verschillende plaatsen bemonsterd, telkens in de berm van een braakliggend terrein.

## 2.3 CHEMISCHE ANALYSE

De chemische analyses voor identificatie en bepaling van PFAS in de verschillende matrices kunnen opgedeeld worden in een suspect screening analyse (uitgevoerd door Universiteit Antwerpen) en een target-analyse (uitgevoerd door VITO):

Type analyse	Matrix	Uitgevoerd door
Suspect screening analysis	Vloerstof	UAntwerpen
	Stofzuigerzakken	UAntwerpen
Target analysis	Vloerstof	VITO
	Schoenstof	VITO
	Stofdepositie binnen	VITO
	Omgevingslucht	VITO
	Stofdepositie omgeving	VITO
	Bodem	VITO

### 2.3.1 Suspect screening analyse

Om een inschatting te kunnen maken van de aanwezigheid van PFAS-verbindingen in het binnenmilieu, kan door suspect screening van binnenhuisstofstalen, een inventaris worden opgemaakt van hun aanwezigheid in het binnenmilieu. Deze techniek laat toe om de hele familie van PFAS-verbindingen te screenen en specifieke PFAS-verbindingen te detecteren en te identificeren, zonder vooraf bepaalde PFAS-verbindingen te selecteren. Suspect screening biedt een brede evaluatie van aanwezige stoffen in een bepaalde matrix, hier binnenhuisstofstalen. Met suspect screening analyse wordt geen concentratie van de desbetreffende stoffen bepaald, daarvoor wordt de target-analyse toegepast (zie onder). De suspect screening werd uitgevoerd door de UAntwerpen (Toxicologisch Centrum TC-UA, <https://www.uantwerpen.be/en/research-groups/toxicological-centre>) onder leiding van prof. Adrian Covaci.

Overzicht van de suspect screening analyse:

- 1 Huisstofmonsters zeven met 180  $\mu\text{m}$  zeef. Zeef telkens gereinigd met ultrapuur water en aceton.



- 2 Ongeveer 50 mg van gezeefd stof wegen en overbrengen in een 15 mL PP buisje.
- 3 Toevoeging van interne PFAS standard (5 ng; MPFAC-C-ES; Wellington laboratories).
- 4 5 mL MeOH toevoegen en vortexen gedurende 30 s.
- 5 Ultrasoon extractie gedurende 30 min bij 40 °C.



- 6 Samples centrifugeren aan 4000 rpm gedurende 10 min.
- 7 Supernatant overbrengen naar een ander PP buisje.
- 8 Stappen nummer 4–7 werden herhaald.
- 9 Gecombineerde extracten werden geconcentreerd tot 1–2 mL met N2 evaporator.
- 10 30 mg dispersieve ENVI-Carb werd toegevoegd aan de extracten en vortex gedurende 1 min.



- 11 Extracts werden gecentrifugeerd aan 4000 rpm gedurende 10 min.
- 12 Supernatant overgebracht in een ander PP buisje.
- 13 Extracts werden geconcentreerd tot bijna droog.
- 14 Extracts werden gereconstitueerd tot 100  $\mu$ L met 10% (v/v) ultrapuur water in MeOH en vortex gedurende 30 s.
- 15 Extracts werden overgebracht naar 0,2  $\mu$ m centrifugal filter en gecentrifugeerd aan 15000 rpm gedurende 2 min.
- 16 De filterextracten werden overgebracht naar PP vial voor analyse met QTOF-MS.

Deze methode is gebaseerd op Wang et al., 2021; EST (<https://doi.org/10.1021/acs.est.0c08242>) en J eong et al., 2022; J Haz Mat (10.1016/j.jhazmat.2022.129378)

Vervolgens werd de Agilent 6530 QTOF-MS (Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometry) gebruikt in scanmodus over een breed massabereik, om zoveel mogelijk geëxtraheerde PFAS te detecteren. De QTOF-MS werd gehanteerd in auto-MS/MS modus, om van de belangrijkste analieten fragmentatiespectra te genereren, dewelke betrouwbaardere identificatie mogelijk maken. Met behulp van gespecialiseerde software werden alle gegenereerde data verwerkt om de relevante moleculaire features eruit te filteren. Verschillende algoritmes werden toegepast om voldoende abundante signalen over te houden die bovendien niet in de blanco controlestalen aanwezig zijn.

Om vervolgens de identificatie van deze features mogelijk te maken, wordt gebruik gemaakt van een suspect list met ongeveer 12 000 organische PFAS-verbindingen. Naast het gebruik van de in-house library, werden ook open-access databases zoals Massbank geraadpleegd om het vertrouwen in de identificatie van de componenten te maximaliseren. Het proces van data-analyse en identificatie werd zoveel mogelijk geautomatiseerd voor een verhoogde efficiëntie. Het niveau van vertrouwen in de

identificatie werd bepaald en gecommuniceerd volgens de schaal voorgesteld in Schymanski et al., 2014.

### 2.3.2 Target analyse

De target analyse is een gerichte, kwantitatieve bepaling van een lijst van PFAS-verbindingen (WAC-scope target-lijst; [https://reflabos.vito.be/2023/WAC\\_IV\\_A\\_025.pdf](https://reflabos.vito.be/2023/WAC_IV_A_025.pdf) en CMA; [https://reflabos.vito.be/2023/CMA\\_3\\_D.pdf](https://reflabos.vito.be/2023/CMA_3_D.pdf)).

#### 2.3.2.1 Monstervoorbehandeling

De monstervoorbehandeling is specifiek voor het type monster. Hieronder wordt een overzicht gegeven.

##### Monstervoorbehandeling omgevingslucht – filters en PUF

De filter wordt in een centrifugebuis gebracht, hieraan wordt basische methanol toegevoegd. Het monster wordt gedurende 1 uur geëxtraheerd door middel van ultrasoon sonicatie.

De PUF wordt in een glazen beker geplaatst en hieraan wordt methanol toegevoegd. De PUF wordt gesoniceerd gedurende 2 uur en herhaaldelijk wordt de PUF leeg geduwd.

Extracten van de PUF en filter worden samengevoegd en ingedampt met de turbovap. Nadien wordt het extract gecentrifugeerd en wordt de bovenstaande vloeistof gedecanteerd en overgebracht in een LC-vial.

##### Monstervoorbehandeling omgevingslucht – depositie

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.

Monstervoorbehandeling – huisstof (schoenstof, vloerstof en binnen depositie)

De huisstofmonsters worden eerst gezeefd en gehomogeniseerd voordat ze onderworpen worden aan de monstervoorbereiding.

Gemiddeld wordt 50 mg (range 14 – 54 mg) ingenomen voor schoenstof, voor vloerstof (173 mg, range 1.5 - 509 mg) en voor depositie werden een aantal monsters gepoold om tot een hogere intake (gemiddeld 11 mg, range 4 – 15 mg) te komen (meer details over de pooling, zie §8.2). Hieraan wordt een gekende hoeveelheid van de isotoop gemerkte fluorverbindingen toegevoegd (400 µg). Aan het monster wordt methanol toegevoegd en het geheel wordt gesoniceerd gedurende 1 uur. De bovenstaande fase wordt overgebracht naar een andere tube en wordt een tweede maal gesoniceerd met alkalische methanol. Na sonicatie wordt de bovenstaande fase bij in het extract van de eerste sonicatie gebracht en het geheel wordt opgeconcentreerd onder stikstof tot ongeveer 1 mL.

Het extract wordt opgezuiverd d.m.v. een Envicarb column (actieve kool, 12 mL, 1g). De Envicarb wordt gespoeld met acetonitrile en na het spoelen wordt het extract op de kolom gebracht. De kolom wordt 2x nagespoeld met acetonitrile en het eluaat wordt opgevangen. Het eluaat wordt ingedampt tot enkele µL (niet droog) en hieraan wordt methanol/water (1/1 v/v) toegevoegd. Het finale volume bedraagt 100 µL.

Monstervoorbehandeling - Bodem

Aan 1 gram van de gedroogde (bij 40°C) stalen worden gekende hoeveelheden isotoop gemerkte fluorverbindingen toegevoegd. De stalen worden vervolgens geëxtraheerd met methanol en basische methanol d.m.v. schudden.

Het extract wordt opgezuiverd d.m.v. een Envicarb column (actieve kool, 12 mL, 1g). De Envicarb wordt gespoeld met acetonitrile en na het spoelen wordt het extract op de kolom gebracht. De kolom wordt 2x nagespoeld met 2,5 mL acetonitrile en het eluaat wordt opgevangen. Het eluaat wordt ingedampt tot enkele µL (niet droog) en hieraan wordt methanol/water (1/1 v/v) toegevoegd. Het finale volume bedraagt 1000 µL.

### **2.3.2.2 Analyse**

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 ([https://reflabos.vito.be/2022/WAC\\_IV\\_A\\_025.pdf](https://reflabos.vito.be/2022/WAC_IV_A_025.pdf)) of CMA\_3\_D ([https://reflabos.vito.be/2021/CMA\\_3\\_D.pdf](https://reflabos.vito.be/2021/CMA_3_D.pdf)).

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 geaddeerd 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 (Bijlage E).

## **2.4 UITNODIGING VOOR DEELNAME AAN DE STUDIE**

Bewoners van site De Naeyer in Willebroek werden in de beginfase van dit onderzoek aangeschreven per brief. De uitnodiging werd bedeed op alle adressen op site De Naeyer. Deze correspondentie bestond uit:

- Uitnodiging tot deelname
- Registratie voor deelname
- Kadering van het onderzoek, informatie over de studie.

Tijdens de registratie werden bewoners gevraagd om dag van de week en tijdstip op te geven waarop de veldwerker kon langskomen. De uitnodiging voor deelname voor bewoners van site De Naeyer is opgenomen in Bijlage B.

Op gelijkaardige manier werden bewoners van een referentiewijk aangeschreven voor deelname. Er werd een uitnodiging bezorgd op alle adressen van de referentiewijk.

## **2.5 VRAGENLIJST VOOR DE DEELNEMERS**

Tijdens de monsterneming in de woning werd een korte vragenlijst ingevuld (Bijlage A), waarbij navraag gedaan werd naar:

- Bouwjaar van de woning
- Aantal dagen sinds laatste poetsbeurt
- Aanwezigheid van huisdieren
- Rookgedrag
- Aanwezigheid van een kachel of open haard
- Overige informatie (bv. gebruik van bepaalde chemische producten).

## **2.6 REFERENTIEWIJK**

Er werd een referentiewijk geselecteerd op ongeveer 1,2 km ten ZO van site De Naeyer. De woningen in de referentiewijk werden recent gebouwd (rond 2021). Het bouwjaar is vergelijkbaar met het bouwjaar van de meeste woningen op site De Naeyer (bouwjaar tussen 2017 en 2021).



Figuur 4: Situering van de referentiewijk t.o.v. site De Naeyer.

## 2.7 TOETSINGSKADER

### 2.7.1 PFAS in omgevingslucht

Er is momenteel een tijdelijk toetsingskader opgesteld voor PFAS in omgevingslucht. Het tijdelijk toetsingskader is opgesteld voor een sommatie-parameter van vier PFAS-verbindingen, de zgn. EFSA-PFAS. Daarbij wordt 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) (chronische blootstelling). Deze waarden kunnen dus als tijdelijk toetsingskader voor de bewoonde zones gebruikt worden. De onderbouwing van dit toetsingskader is bijgevoegd in Bijlage D. Voor individuele PFAS of een andere combinatie van PFAS zijn geen toetsingswaarden beschikbaar.

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> (Tabel 2). De meest strenge toetsingswaarde is de ondergrenswaarde van 0,4 ng/m<sup>3</sup>, wat een afronding is van 0,44 ng/m<sup>3</sup>. De ondergrenswaarde is de waarde waar we in dit rapport aan aftoetsen. De toetsingswaarde is opgesteld voor de concentratie in zwevend stof. Dat is de fractie waar de EFSA-PFAS zich voornamelijk in bevinden.

Tabel 2: Tijdelijk toetsingskader voor 4 EFSA-PFAS verbindingen in omgevingslucht (zie <https://www.vmm.be/lucht/meer-polluenten/pfas-in-de-omgevingslucht>).

Naam	Tijdelijk toetsingskader*
Toelaatbare Wekelijkse Inname-dosis (TWI)	4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week
Concentratie in zwevend stof	0,4 - 2,2 ng/m <sup>3</sup>

\* Voor 4 PFAS-componenten: PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS

Voor depositiestof (buiten) is er geen toetsingskader beschikbaar.



### 2.7.2 PFAS in bodem

Er werden toetsingswaarden voor de 'waarde vrij gebruik / richtwaarde' voor bodem afgeleid, waarbij rekening is gehouden met de achtergrondconcentraties (streefwaarden) en de voorgestelde bodemsaneringsnormen (toetsingswaarden) (Touchant et al., 2021). Eind 2022 jaar is het normenkader herbekeken (<https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling/pfas-normenkader-voor-bodemsanering-en-grondverzet> ; 1e principiële goedkeuring 16/12/2022 en het tijdelijk handelingskader PFAS werd op 31 maart 2023 tijdens de ministerraad voor een tweede keer goedgekeurd. Over dit besluit wordt nog het advies ingewonnen van de Raad van State.) en daar wordt voor PFOA 2 µg/kg ds voorgesteld.

De huidige richtwaarde / waarde vrij gebruik bedraagt 3,0 µg/kg ds voor PFOS en 3,0 µg/kg ds voor PFOA. Meer toelichting is te vinden in de Richtlijn PFAS-onderzoek – herziening april 2022 (OVAM, 2022). Wegens het ontbreken van data en kennis over de andere PFAS-verbindingen zal voor de waarde vrij gebruik en de richtwaarde voorlopig een pragmatische toetsing worden gevolgd. Namelijk, de som van de gemeten PFAS wordt getoetst aan 8 µg/kg ds. Parameters waarvan de gemeten waarde onder de rapportering grens ligt, worden in de sommatie niet meegenomen.

Er werden eveneens streefwaarden afgeleid voor perfluorverbindingen (Touchant et al., 2020). Op 50 onverdachte (niet-vervuilde) stalen uit de toplaag (0-20 cm) van Vlaamse bodems werden de perfluorverbindingen (PFAS) geanalyseerd. Voor Vlaarbo-genormeerde parameters zijn de streefwaarden gebaseerd op de 90-percentielwaarden. De streefwaarden voor PFOS en PFOA die op basis van de studie werden afgeleid, zijn 1,5 µg/kg ds voor PFOS en 1,0 µg/kg ds voor PFOA.

Tabel 3: Richt- en streefwaarden voor bodem (OVAM<sup>1</sup>, 4 april 2022).

	Richtwaarde	Streefwaarde
PFOS	3,0 µg/kg ds	1,5 µg/kg ds
PFOA	3,0 µg/kg ds	1,0 µg/kg ds
Som PFAS	8,0 µg/kg ds	/

### 2.7.3 PFAS in andere matrices

Voor binnenomgeving alsook voor alle andere matrices die opgenomen zijn in deze studie (vloerstof, schoenstof, depositiestof binnen, stofzuigerzak) zijn er momenteel geen toetsingskaders beschikbaar.

Het ontbreken van een toetsingskader voor verschillende matrices bemoeilijkt de evaluatie van de resultaten. Om die beoordeling te maken zal een vergelijking gemaakt worden met de resultaten uit een referentiewoning, en met gegevens die in de literatuur beschikbaar zijn. Dit is een relatieve beoordeling. Het situeren van de resultaten in een bredere context vervangt de gezondheidskundige beoordeling niet waarbij blootstellingroutes en dosis-respons relaties in rekening worden gebracht. Toekomstig onderzoek zal het toetsingskader voor PFAS verruimen, maar is momenteel nog niet beschikbaar.

1

<https://ovam.vlaanderen.be/documents/177281/789862/Toetsingswaarden+voor+PFOS+en+PFOA++in+bodem+en+voor+PFAS+in+grondwater+vanaf+19042022.pdf/24a04e36-4094-ba6e-f2c9-72a13eb99b17>

## 3. OPZET EN OMSTANDIGHEDEN VAN HET VELDONDERZOEK

### 3.1 DEELNAME AAN DE STUDIE

In totaal werd een deelname aan de studie bevestigd door 26 personen woonachtig op de site De Naeyer. Uit de referentiewijk was er slechts bevestiging door één persoon. De beperkte deelname uit de referentiewijk impliceert dat er slechts een zeer beperkte steekproef aan referentiemetingen beschikbaar is (maar één referentiewoning), waaraan de metingen op site De Naeyer afgetoetst kunnen worden. Bij de interpretatie van de metingen wordt er van uitgegaan dat de referentiemetingen representatief zijn voor de referentiesituatie, maar dat kan niet verder onderbouwd worden omwille van de beperkte referentiesteekproef.

### 3.2 TIMING VAN HET VELDWERK

Het veldwerk werd uitgevoerd in de eerste helft van 2022 en werd onderverdeeld in drie perioden:

Screeningsmetingen op 24/01 en 25/02/2022

Eerste veldwerkcampagne tussen 2/03 en 30/03/2022 (wintercampagne)

Tweede veldwerkcampagne tussen 19/05 en 15/06/2022 (zomercampagne).

De screeningsmetingen waren verkennende metingen bij aanvang van het project. Naar de eerste en tweede veldwerkcampagne wordt in de rapportering soms verwezen als winter- en zomercampagne (terwijl de zomercampagne plaats vond in de late lente).

### 3.3 METEO-OMSTANDIGHEDEN TIJDENS DE VELDWERKCAMPAGNES

Omdat verstuiving en verspreiding van stoffen via de lucht sterk samenhangt met de weersomstandigheden, werden de weersgegevens van het KMI-metstation Sint-Katelijne-Waver, gelegen op ongeveer 15 km van Willebroek, bekeken voor de volgende parameters:

- Windrichting
- Windsnelheid
- Temperatuur
- Neerslag
- Relatieve vochtigheid

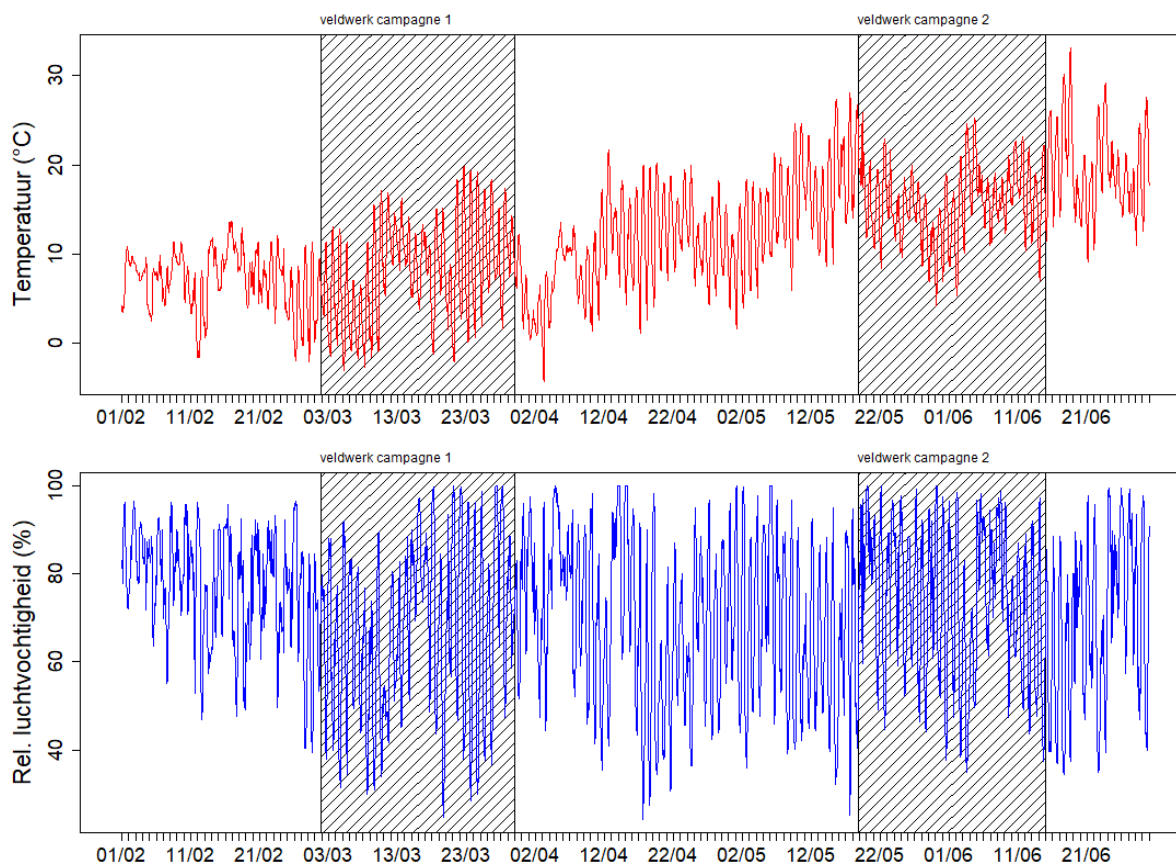
De windrichting en windsnelheid zijn vooral bepalend voor de verspreiding van stofemissies naar de ruimere omgeving. Locaties die zich windafwaarts bevinden kunnen beïnvloed worden door een windopwaarts gelegen bron. Neerslag heeft een effect op de stuifgevoeligheid van bodem/grond (minder stuifgevoelig onder vochtige condities) en heeft een effect op de stofconcentratie in omgevingslucht (lagere concentraties bij neerslag, stof wordt uitgewassen uit omgevingslucht). De invloed van meteorologie op andere verspreidingsroutes, met name naar de binnenomgeving, is minder bekend. Droge en warme omstandigheden kunnen aanleiding geven tot extra passieve verluchting van het huis (ramen open) waardoor de inwaai van stof via de buitenlucht hoger kan zijn. Ook frequenter buitengaan (bv. naar de tuin) kan inbreng van stof via schoeisel doen toenemen. Onder natte omstandigheden kan er dan weer meer bodem/stof aan de schoenool blijven kleven waardoor extra bodemmateriaal binnengelopen wordt.

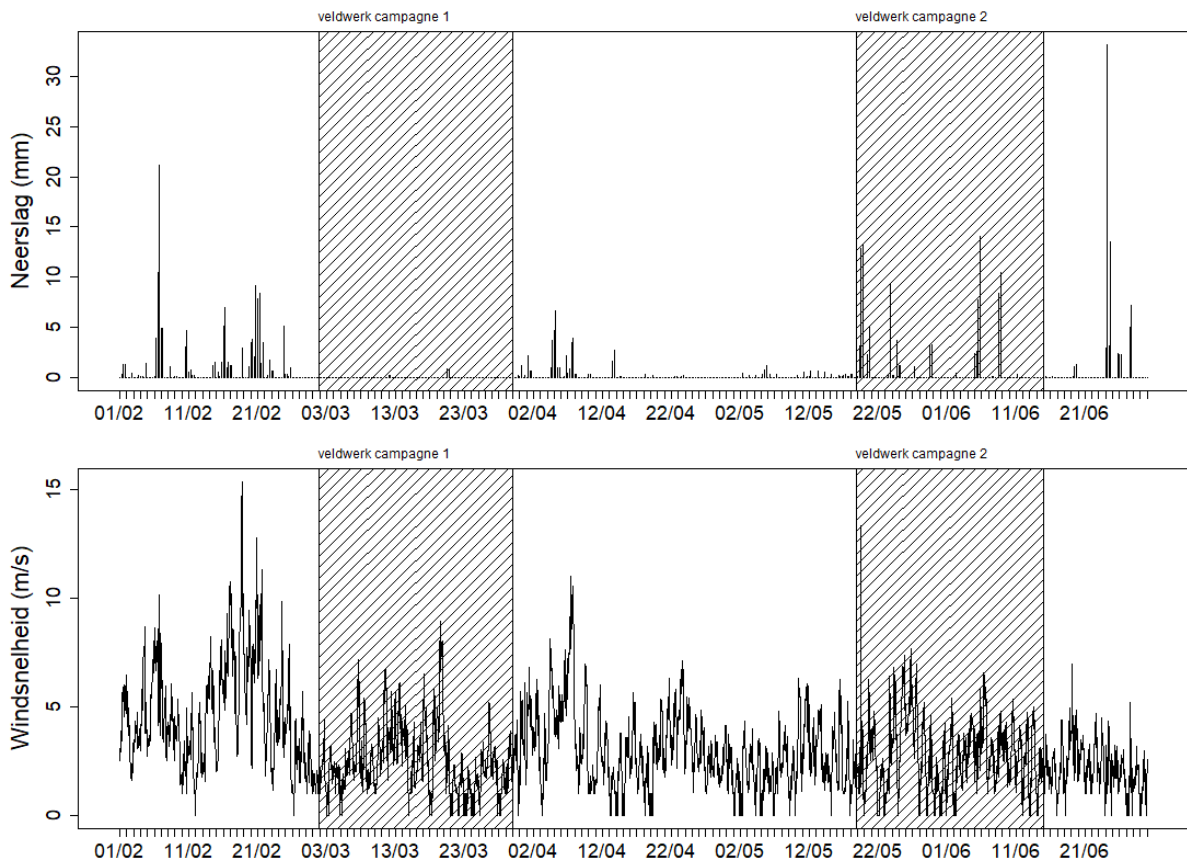
In Figuur 5 wordt het verloop van meteorologische parameters tussen februari en eind juni 2022 gegeven, met indicaties van beide veldwerkcampagnes. Op basis van de maandverslagen van het KMI

(<https://www.meteo.be/nl/klimaat/klimaat-van-belgie/klimatologisch-overzicht/2022/>) kan besloten worden dat de temperatuur normaal was voor de tijd van het jaar in beide veldwerkcampagnes (Tabel 4). In de eerste veldwerkcampagne was de neerslaghoeveelheid en ook de windsnelheid uitzonderlijk laag. Tijdens de tweede veldwerkcampagne was de neerslaghoeveelheid normaal, maar de windsnelheid uitzonderlijk laag in vergelijking met de voorgaande 30 jaren.

Tabel 4: Maandverslagen van het KMI voor de maanden waarop de veldwerkcampagnes werden uitgevoerd.

	Campagne 1	Campagne 2	
	Maart '22	Mei '22	Juni '22
<b>Temperatuur</b>	Normaal	Normaal	Normaal
<b>Neerslag</b>	Laagste waarde van afgelopen 30 jaar	Normaal	Normaal
<b>Windsnelheid</b>	Bij de drie laagste waarden van de afgelopen 30 jaar	Bij de drie laagste waarden van de afgelopen 30 jaar	Bij de vijf laagste waarden van de afgelopen 30 jaar





Figuur 5: Overzicht van de meteorologie tijdens de meetcampagnes.

De windrichting was voornamelijk NO (N tot ZO) (eerste meetcampagne) en ZW-W en NO tijdens de tweede veldwerkcampagne (Tabel 5). Tijdens de eerste meetcampagne was het aandeel ZW-wind beperkt.

Tabel 5: Procentuele verdeling van de windrichting tijdens de veldwerkcampagnes.

Windrichting (°)	Veldwerkcampagne 1	Veldwerkcampagne 2
0 - 30	11	3
30 - 60	18	10
60 - 90	22	9
90 - 120	14	3
120 - 150	11	3
150 - 180	8	3
180 - 210	2	4
210 - 240	3	26
240 - 270	1	17
270 - 300	3	8
300 - 330	3	8
330 - 360	5	5

### **3.4 ON-SITE WERKZAAMHEDEN TIJDENS DE MEETCAMPAGNES**

De werkzaamheden in de huidige woonzone van de voormalige fabriekszone in opdracht van de OVAM zijn deze in het kader van het 'Besluit Voorzorgsmaatregelen' dd. 08/12/2021. Hierbij ging de OVAM over tot het uitvoeren van de volgende voorzorgsmaatregelen teneinde mens en milieu te beschermen tegen de gevaren uitgaande van de bodemverontreiniging vastgesteld op de betreffende gronden, en meer bepaald in de zones met particuliere bewoning en ter hoogte van het openbaar domein waar sprake is van een hoger blootstellingsrisico:

het waar nodig omzichtig ontgraven van met PFAS-verontreinigde bodem in de bovenste 70 cm ;  
het terreinherstel van de ontgraven zones (laag van 50 cm aanvulgrond en 20 cm teelaarde);  
het afvoeren van de uitgegraven bodem die vrijkomt met de nodige aandacht voor de omgeving en de specifieke verwerking van de uitgegraven bodem.

Deze werken werden uitgevoerd in de periode van maart 2022 en tot maart 2023.

Daarnaast werden in deze periode door verschillende projectontwikkelaars, de nutsmaatschappijen en de particuliere eigenaars eveneens grondwerken uitgevoerd.

### **3.5 BEMONSTERING VAN HET HUISSTOF**

#### **3.5.1 Actieve bemonstering vloerstof**

##### SCREENING

Voor de screeningsmetingen werden 11 bemonsteringen uitgevoerd, op 10 verschillende adressen, waarvan 9 op de site De Naeyer gelegen zijn. Op één adres werd zowel in de woning als in de garage een monster genomen. Van de 10 adressen zijn er 9 woningen en 1 kantoor. Eén woning is een referentiewoning uit een wijk met vergelijkbaar bouwjaar ten ZO van Antwerpen.

##### VELDWERKCAMPAGNES

Tijdens de eerste veldwerkcampagne werden 26 vloerstofmonsters genomen, tijdens de tweede veldwerkcampagne 22 (Tabel 6). In de eerste veldwerkcampagne werd op 23 adressen een monsterneming uitgevoerd. Op 1 adres (appartement) werd in twee appartementen en de garage een monster genomen, op 1 adres werden twee monsters genomen. De meeste vloerstofmonsters werden genomen in huizen (20), een aantal in appartementen (3), kantoren (2) en een garage (1).

In de tweede veldwerkcampagne werden 22 vloerstofmonsters genomen op 21 verschillende adressen. Op één locatie werden twee monsters genomen. Er werden 18 monsters genomen in een huis, 2 in een appartement en 2 in een kantoor. Zowel in de eerste als de tweede veldwerkcampagne werd het vloerstof in één woning in de referentiewijk bemonsterd. Op 20 adressen werd zowel tijdens de eerste als de tweede veldwerkcampagne bemonsterd, op 3 adressen enkel tijdens de eerste, en op 1 adres enkel tijdens de tweede veldwerkcampagne.

Tabel 6: Bemonstering vloerstof: overzicht van het aantal woningen per straat waar de bemonstering werd uitgevoerd in de eerste en tweede veldwerkcampagne.

Veldwerkcampagne	Straatnaam	Aantal woningen
Eerste veldwerkcampagne	Thomas Vincottestraat	5
	Gieterijstraat	4
	Otto Intzeplein	2
	Smederijstraat	3
	Mechelsesteenweg	4
	Alida Peetersplein	5
	Pulpstraat	1
	Brigandstraat	1
	Referentiewijk	1
Tweede veldwerkcampagne	Thomas Vincottestraat	4
	Gieterijstraat	3
	Otto Intzeplein	2
	Smederijstraat	3
	Mechelsesteenweg	2
	Alida Peetersplein	5
	Pulpstraat	1
	Brigandstraat	1
	Referentiewijk	1

De woningen waarin de bemonsteringen werden uitgevoerd kunnen verder getypeerd worden op basis van de antwoorden op de vragenlijst. De analyse wordt hier gemaakt per vloerstofmonster:

Naar bouwjaar:

	Eerste campagne	Tweede campagne
2017:	1	1
2018:	1	1
2019:	6	6
2020:	9	6
2021:	8	6
2022:	1	1
Niet gekend:	0	1

Naar aanwezigheid van huisdier(en) in de woning:

Wel huisdier(en): 11 (eerste campagne), 8 (tweede campagne)

Geen huisdier(en): 15 (eerste campagne), 13 (tweede campagne)

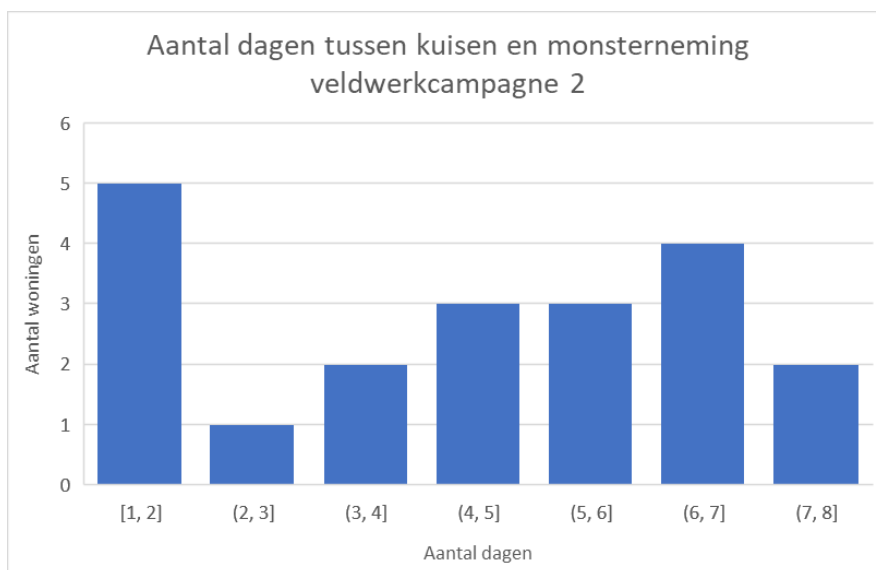
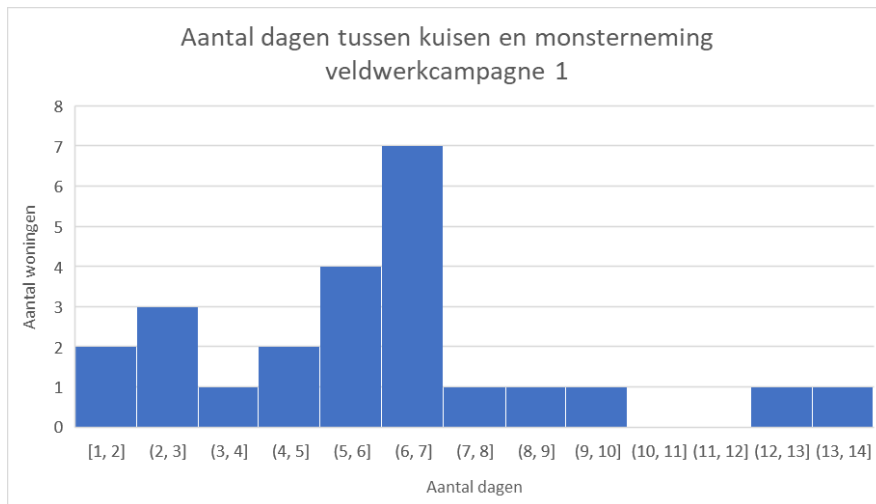
Niet gekend: 1 (tweede campagne)

Roken in de woning: in geen enkele woning

Kachel of open haard in de woning: in geen enkele woning aanwezig

In drie woningen vonden schilderwerken plaats tijdens de eerste veldwerkcampagne (geen effect op de meetwaarden).

Het aantal dagen tussen de laatste poetsbeurt en de dag van bemonstering varieerde van 1 tot 14 dagen in de eerste veldwerkcampagne en van 1 tot 8 dagen in de tweede veldwerkcampagne (voor twee monsters niet gekend) (Figuur 6).



Figuur 6: Aantal dagen tussen poetsen en monsterneming.

### 3.5.2 Actieve bemonstering schoenstof

Tijdens de eerste veldwerkcampagne werd het schoenstof van 18 woningen bemonsterd, waarvan 17 woningen op of in de directe omgeving van site De Naeyer en 1 woning in de referentiewijk (Tabel 7). Tijdens de tweede veldwerkcampagne waren dat 10 woningen waarvan 9 op site De Naeyer.

Tabel 7: Bemonstering schoenstof: overzicht van het aantal woningen per straat waar de bemonstering werd uitgevoerd in de eerste en tweede veldwerkcampagne.

<b>Veldwerkcampagne</b>	<b>Straatnaam</b>	<b>Aantal woningen</b>
Eerste veldwerkcampagne	Thomas Vincottestraat	5
	Gieterijstraat	4
	Otto Intzeplein	0
	Smederijstraat	2
	Mechelsesteenweg	1
	Alida Peetersplein	3
	Pulpstraat	1
	Brigandstraat	1
	Referentiewijk	1
Tweede veldwerkcampagne	Thomas Vincottestraat	1
	Gieterijstraat	2
	Otto Intzeplein	1
	Smederijstraat	1
	Mechelsesteenweg	1
	Alida Peetersplein	1
	Pulpstraat	1
	Brigandstraat	1
	Referentiewijk	1

### 3.5.3 Passieve bemonstering van depositiestof

De passieve bemonstering met depositieschalen werd uitgevoerd in 22 woningen. In de meeste woningen werd de depositieschaal in de woonkamer geplaatst (14), maar ook in de keuken (1), eetkamer (1), hal (1), gang gelijkvloers (1), gang boven (1) en logeerkamer (1). De juiste plaats van opstelling op twee adressen is niet gekend. De depositieschalen werden opgesteld op 1 m tot 2,2 m hoogte. Van de 20 depositieschalen, waren er 7 opgesteld tussen 1 en 1,5 m hoogte, 11 op 1,5 tot 2 m hoogte en 2 hoger dan 2 m boven de vloer. De depositieschalen werden tussen 69 en 84 dagen onafgebroken opgesteld in de woningen.

### 3.5.4 Stofzuigerzakken

Er werden 11 stofzuigerzakken verzameld, allen van woningen verspreid over de site De Naeyer (Thomas Vincottestraat (2), Gieterijstraat (1), Otto Intzeplein (1), Smederijstraat (1), Mechelsesteenweg (1), Alida Peetersplein (3), Brigandstraat (1). Er kon geen stofzuigerzak in de referentiewijk geïncollateerd worden.



### 3.6 BEMONSTERING VAN DE OMGEVINGSLUCHT

De omgevingslucht werd actief bemonsterd tijdens de eerste en tweede veldwerkcampagne. Individuele monsters werden continu gedurende één week genomen (zie start- en einddatum in Tabel 8 per monster). De bekomen resultaten zijn weekgemiddelde waarden. De monsters van weken 3 en 4 zijn verloren gegaan – zie Hoofdstuk 5.

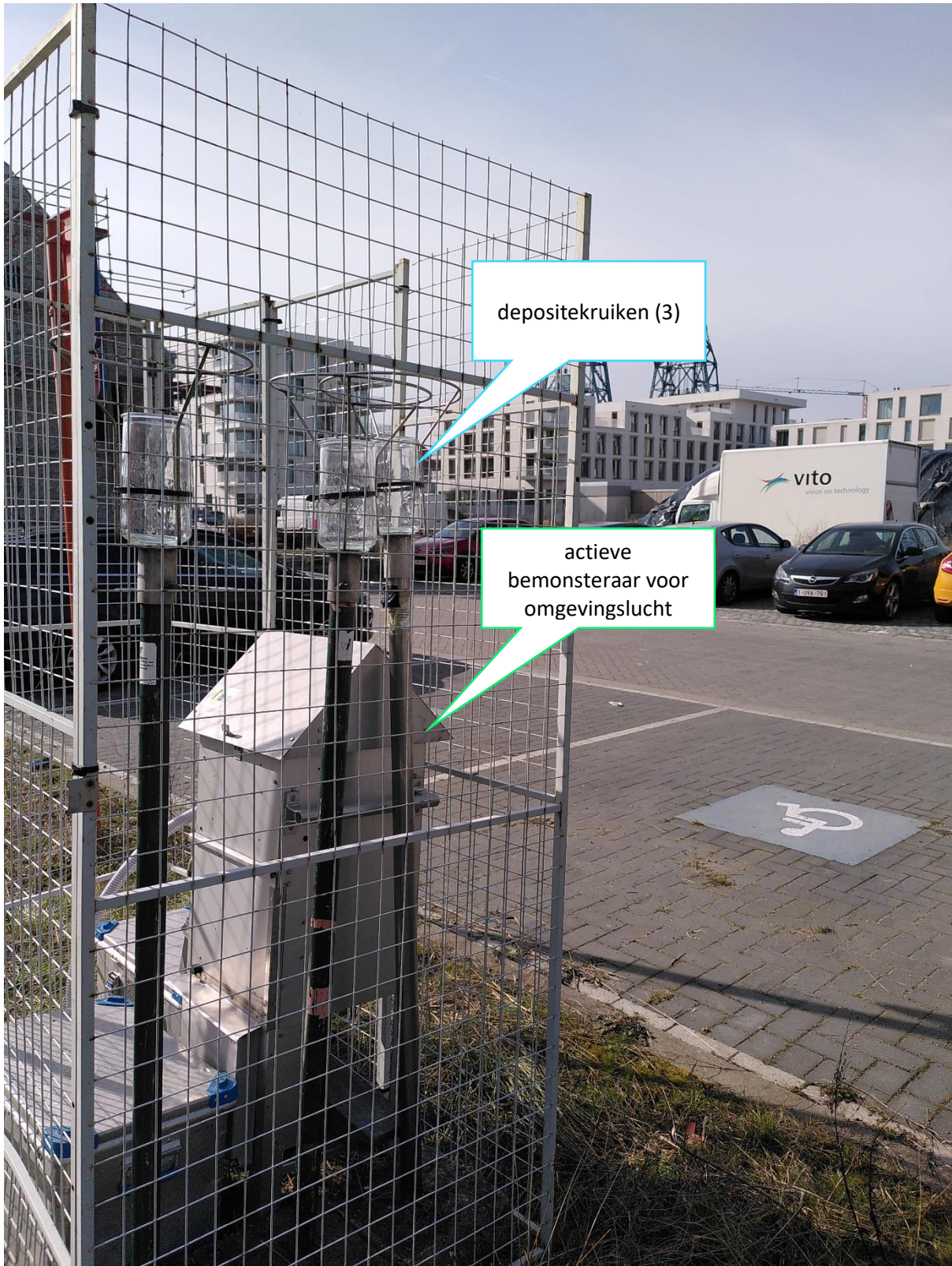
De depositiekruiken werden in de eerste en tweede veldwerkcampagne opgesteld, telkens gedurende ongeveer één maand (Tabel 8). De deposities worden gedurende ongeveer één maand gecollecteerd, maar het meetresultaat wordt omgerekend naar massa per dag per m<sup>2</sup> (normalisatie naar oppervlakte en bemonsteringsduur).

Tabel 8: Overzicht van de timing van de bemonstering van de omgevingslucht.

Actieve bemonstering omgevingslucht	Start	Eind	Bemonstering depositie omgevingslucht	Start	Eind
1	02/03/22	09/03/22	1	02/03/22	30/03/22
2	09/03/22	16/03/22			
3*	16/03/22	23/03/22			
4*	23/03/22	30/03/22			
5	19/05/22	24/05/22	2	19/05/22	15/06/22
6	24/05/22	01/06/22			
7	01/06/22	08/06/22			
8	08/06/22	15/06/22			

\* Verloren gegaan bij analyse

De actieve bemonsteraar en depositiekruiken stonden op dezelfde plaats opgesteld (Figuur 7). De meetplaats was centraal op de site De Naeyer ter hoogte van de parking op de hoek van het Otto Intzeplein en de Pulpstraat.



depositekruiken (3)

actieve  
bemonsteraar voor  
omgevingslucht

Figuur 7: Foto van de meetopstelling voor actieve bemonstering van de omgevingslucht en stofdepositie.

## 4. RESULTATEN SCREENINGSMETINGEN

### 4.1 PFAS IN VLOERSTOF

Er werden in totaal 9 PFAS-verbindingen geïdentificeerd via suspectscreening in het vloerstof van de 11 screeningsmonsters (Tabel 9). In 3 van de 11 monsters werden alle 9 PFAS-verbindingen teruggevonden (Tabel 10). In 8 monsters werden 5 tot 8 van de PFAS-verbindingen teruggevonden, waaronder ook de referentiewoning (6 PFAS gemeten). De screeningsmetingen laten geen kwantificatie van de PFAS-concentraties toe waardoor het niet mogelijk is om de ernst van de verontreiniging te beoordelen op basis van deze metingen.

Tabel 9: Overzicht van de PFAS-verbindingen die bij de screening van vloerstofmonsters werden teruggevonden.

Acroniem	Naam PFAS-verbinding	Formule
diSAmPAP	Bis(2-{ethyl[(perfluorooctyl)sulfonyl]amino}ethyl)waterstof fosfaat	C <sub>24</sub> H <sub>19</sub> F <sub>34</sub> N <sub>2</sub> O <sub>8</sub> P <sub>2</sub>
EtPFOSAA	2-(N-ethylperfluor-n-octaansulfonamido)azijnzuur	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> F <sub>17</sub> N O <sub>4</sub> S
PFOSAA	perfluor-n-octaansulfonamido azijnzuur	C <sub>10</sub> H <sub>4</sub> F <sub>17</sub> N O <sub>4</sub> S
PFOSA	perfluor-n-octaansulfonamide	C <sub>8</sub> H <sub>2</sub> F <sub>17</sub> N O <sub>2</sub> S
PFOS	perfluor-n-octaansulfonzuur	C <sub>8</sub> H F <sub>17</sub> O <sub>3</sub> S
PFHxA	perfluor-n-hexaanzuur	C <sub>6</sub> H F <sub>11</sub> O <sub>2</sub>
PFOA	perfluor-n-octaanzuur	C <sub>8</sub> H F <sub>15</sub> O <sub>2</sub>
PFNA	perfluor-n-nonaanzuur	C <sub>9</sub> H F <sub>17</sub> O <sub>2</sub>
6:2 diPAP	6:2 fluortelomeerfosfaat diester	C <sub>16</sub> H <sub>9</sub> F <sub>26</sub> O <sub>4</sub> P

Tabel 10: Overzicht per meetlocatie van de PFAS-verbindingen die gemeten werden tijdens de screeningsmetingen.

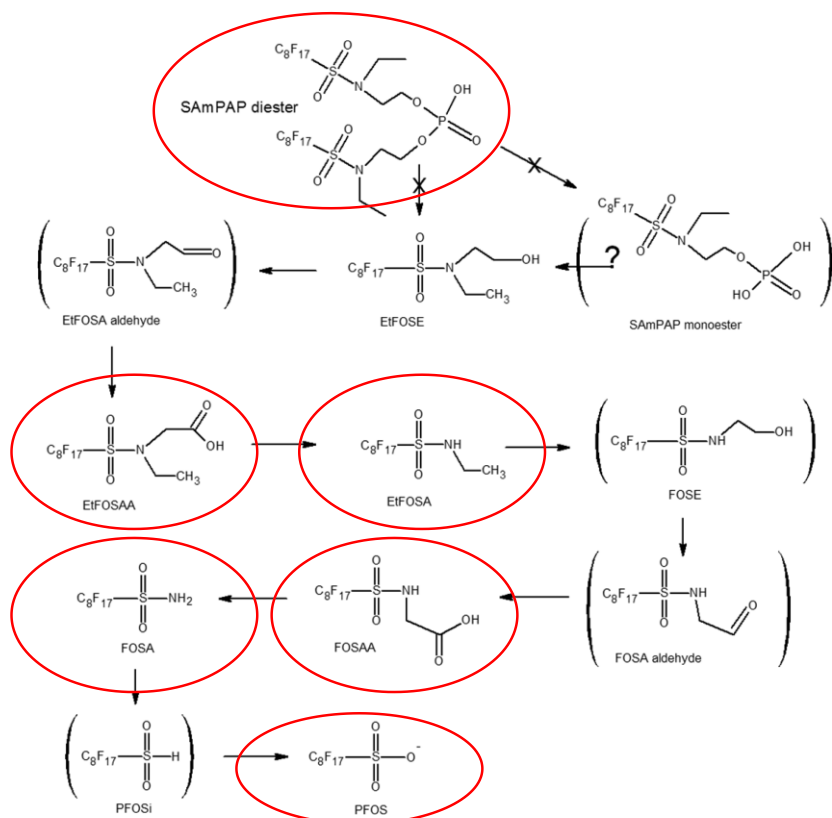
Acroniem	Screeningslocaties site De Naeyer										referentie
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
diSAmPAP	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-
EtPFOSAA	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
PFOSAA	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
PFOSA	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
PFOS	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PFHxA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PFOA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PFNA	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+
6:2 diPAP	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Niettegenstaande dat er een niet-kwantitatieve analysetechniek werd gebruikt, is het wel duidelijk dat met name diSAmPAP in enkele monsters op de site De Naeyer (S3 en S7) duidelijk aanwezig is. De stof diSAmPAP kan afbreken in een aantal degradatieproducten, waaronder EtPFOSAA, PFOSAA, PFOSA en PFOS, die ook worden teruggevonden.

DiSAmPAP is een PFAS-verbinding die geassocieerd wordt met de papierindustrie. In een recente Duitse studie (Bugsel et al., 2021) werden o.a. hoge DiSAmPAP-concentraties gemeten in een bodem die bemest werd met (bijmenging van) afvalstoffen van de papierindustrie (*paper sludge*) in de periode 2000-2008. In metingen van papiermonsters uit die periode werd onder andere DiSAmPAP gemeten

(ook nog diPAPs en FTMAPs). De analyse van de bodemonsters toonde diPAPs en hun degradatieproducten aan als voornaamste PFAS verontreiniging, maar ook FTMPAs en diSAmPAP en degradatieproducten werden gemeten. De PFAS precursoren in de bodem- en papiermonsters konden aan elkaar gerelateerd worden zodat de hypothese dat papierslib de voornaamste bron van bodemverontreiniging is, kon bevestigd worden. Als belangrijkste degradatieproducten via biotische en abiotische degradatie werden PFCAs, FTSAs en PFOS gemeten.

De biodegradatie van diSAmPAP in marien slib wordt beschreven in Benskin et al. (2013) (Figuur 8). De meeste afbraakproducten worden in de screeningsmetingen van het vloerstof teruggevonden (rood omcirkeld in Figuur 8).



Figuur 8: Biodegradatie van diSAmPAP zoals voorgesteld in Benskin et al., 2013. PFAS-verbindingen tussen haakjes werden niet gemeten in Benskin et al. maar als hypothetische afbraakproducten toegevoegd op basis van de studie van Lange (2000).

Op basis van deze literatuurgegevens, in combinatie met de meetresultaten van de screeningsmetingen, zijn er sterke indicaties dat de historische industriële activiteiten op de site De Naeyer, resulteerden in een contaminatie met diSAmPAP<sup>2</sup>. DiSAmPAP degradeert in het milieu naar andere PFAS-verbindingen, waaronder PFOS. DiSAmPAP en afbraakproducten worden gemeten in het vloerstof in woningen op de site De Naeyer waar de bemonstering voor de screeningsmetingen werd uitgevoerd. De screeningsmetingen zijn niet-kwantitatief waardoor de ernst van de verontreiniging van het vloerstof niet beoordeeld kan worden. Een kwantitatieve analyse komt verder aan bod. Er moet ook opgemerkt worden dat een deel van de PFAS-verbindingen die in woningen op De Naeyer werden gedetecteerd (waaronder ook PFOS), ook in de referentiewoning werden aangetroffen.

<sup>2</sup> DiSAmPAP wordt momenteel niet standard opgenomen in de PFAS analyse van bodem.

De PFAS-verbinding DiSAmPAP maakt momenteel geen onderdeel uit van de scope van de target analyse PFAS. DiSAmPAP werd dus niet gemeten in de verschillende matrices die in deze studie bemonsterd werden. De afbraakproducten, waaronder EtPFOSAA, EtPFOSA, PFOSAA en PFOS, worden wel gemeten in de target analyse. De aanwezigheid van deze verbindingen kan een indicatie zijn voor de aanwezigheid van DiSAmPAP, zoals blijkt uit de screeningsmetingen, maar DiSAmPAP wordt zelf niet gemeten.

## 4.2 STOFZUIGERZAKKEN

Er werden 11 stofzuigerzakken, allen van woningen op site De Naeyer, gescreend op het voorkomen van PFAS-verbindingen (Tabel 11). Er werden 15 PFAS gedetecteerd, waarvan 9 in meer dan de helft van de stofzuigerzakken aangetroffen werden.

Tabel 11: PFAS-verbindingen gevonden bij screening van stofzuigerzakken.

Acroniem	Stofzuigerzak										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
diSAmPAP	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-
PFBS	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PFOS	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PFPeA	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+
PFHxA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PFHpA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PFOA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
PFNA	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
PFDA	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
PFUnDA	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
PFDoDA	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
PFTTrDA	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
6:2 FTS	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
8:2 FTS	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+
6:2 diPAP	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+

## 4.3 VERGELIJKING PFAS SCREENING IN VLOERSTOF EN STOFZUIGERZAKKEN

Er is geen volledige overlap tussen de PFAS die in het vloerstof en de stofzuigerzakken werden gedetecteerd (Tabel 12). DiSAmPAP werd wel in beide matrices teruggevonden, maar niet alle afbraakproducten (bv. EtPFOSAA, PFOSAA en PFOSA werden enkel in de vloerstofmonsters gemeten en niet in de stofzuigerzakken). Drie van de vier EFSA-PFAS werden in beide type monsters aangetroffen, nl. PFOA, PFNA, PFOS.

Tabel 12: Vergelijking van PFAS screening in vloerstof en stofzuigerzakken.

Groep	Acroniem	Vloerstof	Stofzuigerzak
PFCA	PFPeA	aanwezigheid is laag	aanwezig
	PFHxA	aanwezig	aanwezig
	PFHpA	aanwezigheid is laag	aanwezig
	PFOA	aanwezig	aanwezig
	PFNA	aanwezig	aanwezig
	PFDA	aanwezigheid is laag	aanwezig
	PFUnDA	aanwezigheid is laag	aanwezig
	PFDoDA	aanwezigheid is laag	aanwezig
	PFTrDA	aanwezigheid is laag	aanwezig
PFSA	PFBS	aanwezigheid is laag (hogere onzekerheid omv massa afwijking)	aanwezig
	PFOS	aanwezig	aanwezig
FOSA	PFOSA	aanwezig	aanwezigheid is laag
FOSAA	PFOSAA	aanwezig	aanwezigheid is laag
	EtPFOSAA	aanwezig	aanwezigheid is laag
FTS	6:2 FTS	aanwezigheid niet kunnen bevestigen omv hoge procedure blanco	aanwezig
	8:2 FTS	aanwezigheid is laag	aanwezig
PAP	6:2 diPAP	aanwezig	aanwezig
	diSAmPAP	aanwezig	aanwezig

#### 4.4 VASTSTELLINGEN SCREENINGMETINGEN

Er wordt vastgesteld dat er een hoger aantal PFAS-componenten gemeten worden in de stofzuigerzakken dan in het vloerstof (15 t.o.v. 9). De langere keten PFAS en FTS worden vaker teruggevonden in de stofzuigerzakken. PFOSAA werd enkel in de vloerstofmonsters gedetecteerd. De precursor van PFOS, diSAmPAP, werd in beide media teruggevonden. Dit kan een indicatie zijn dat de bewoners van De Naeyer blootgesteld kunnen worden aan diSAmPAP dat kan afbreken tot PFOS en andere PFAS.

De meeste PFAS-componenten die in de screeningsmetingen geïdentificeerd werden, zijn opgenomen in de target-lijst van de target-analyse, met uitzondering van FOSAA (andere analysemethode) en diSAmPAP (momenteel nog niet opgenomen). Degradatieproducten van diSAmPAP, waaronder EtPFOSAA en PFOS, worden wel meegenomen in de target analyse, waardoor indirect de link met het basisproduct diSAmPAP gelegd kan worden. Een aantal PFAS-verbindingen kunnen enkel indicatief bepaald worden (bv. 6:2 FTS en 8:2 FTS).

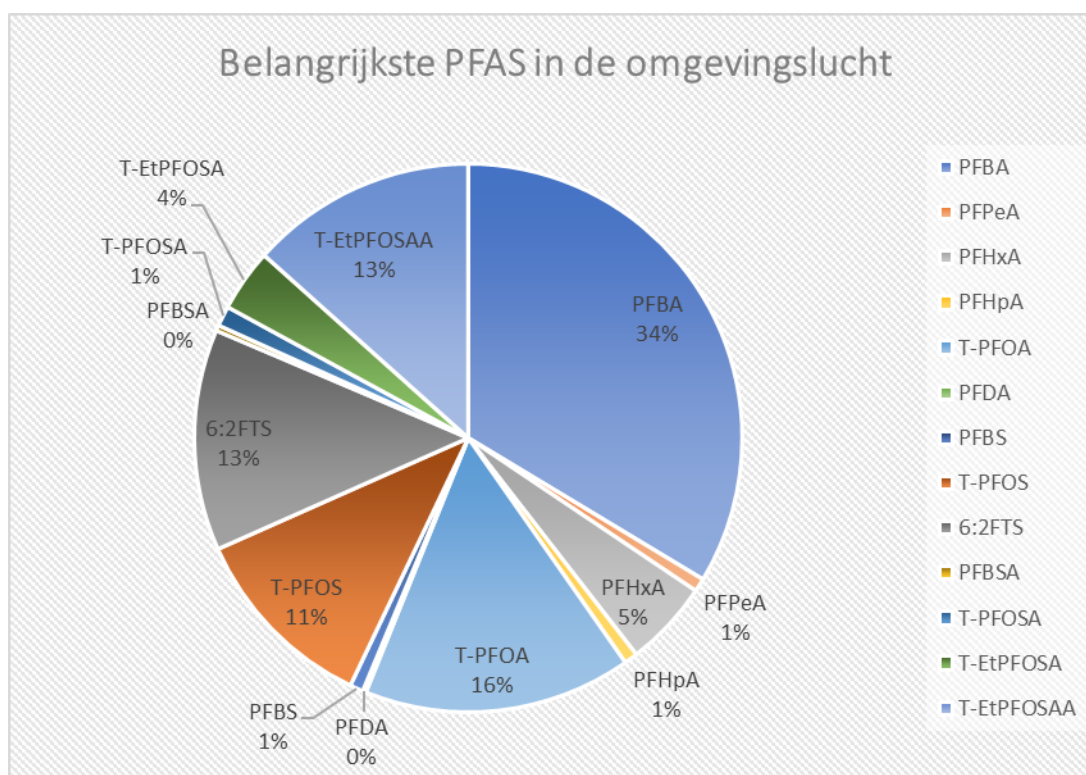
## 5. RESULTATEN LUCHTMETINGEN

### 5.1 OMGEVINGSLUCHT

De omgevingslucht werd op één meetlocatie bemonsterd gedurende acht weken, gespreid over 2 perioden (zie Tabel 8). Twee monsters zijn verloren gegaan (weken 3 en 4). Desondanks kan er toch een beeld gevormd worden van de PFAS-concentraties in de omgevingslucht, op basis van 6 weken bemonstering.

#### 5.1.1 Voorkomen van PFAS-verbindingen

De omgevingslucht werd geanalyseerd op een 50-tal PFAS verbindingen (zie Bijlage E, diSAmPAP zit niet in de target lijst). Er werden zowel PFAS bemonsterd die in vluchtige toestand voorkomen, als in vaste fase (stofvormig). Beide fracties werden afzonderlijk geanalyseerd, en de meetresultaten werden samengeteld tot een geïntegreerde concentratie in de omgevingslucht (stof + vluchtig). Er werden in totaal 13 verschillende PFAS-verbindingen aangetroffen in de omgevingslucht (eerste en tweede veldwerkcampagne samen), waarvan de belangrijkste zijn PFBA (34% van totaal concentratie), PFOA (16%), EtPFOSAA en 6:2FTS (beide 13%) en PFOS (11%) (Figuur 9). De vier EFSA-PFAS vertegenwoordigen 27% van het totaal. Zowel PFBA als 6:2FTS worden indicatief gemeten (grote meetonzekerheid).



Figuur 9: Overzicht van het aandeel van de verschillende PFAS-verbindingen die in de omgevingslucht gemeten worden. De prefix "T-" staat voor totaal, dit is de som van de lineaire en vertakte vormen van de PFAS-verbinding.

\*PFBA en 6:2FTS zijn indicatief

## 5.1.2 Concentraties in de omgevingslucht

De PFAS-verbindingen die gemeten worden in de omgevingslucht (zie 5.1.1) komen voor in concentraties tussen 0,001 ng/m<sup>3</sup> (in dezelfde grootteorde als de laagst meetbare concentratie voor de meeste PFAS-verbindingen) en 0,085 ng/m<sup>3</sup>, gemiddeld over de eerste en tweede veldwerkcampagne (Tabel 13).

Tabel 13: Gemiddelde concentratie (6 weken) van de meest voorkomende PFAS-verbindingen in de omgevingslucht.

Groep	Acroniem		Gemiddelde*** concentratie De Naeyer (ng/m <sup>3</sup> )
Perfluoralkylcarbonzuren (PFCA)	PFBA	perfluor-n-butaanzuur	0,085
	PFPeA	perfluor-n-pentaanzuur	0,002
	PFHxA	perfluor-n-hexaanzuur	0,013
	PFHpA	perfluor-n-heptaanzuur	0,002
	PFOA	perfluor-n-octaanzuur	0,040
	PFNA**	perfluor-n-nonaanzuur	0,000 (<RG)
	PFDA	perfluor-n-decaanzuur	0,001
	PFUnDA**	perfluor-n-undecaanzuur	0,000 (<RG)
	PFDoDA**	perfluor-n-dodecaanzuur	0,000 (<RG)
	PFTTrDA**	perfluor-n-tridecaanzuur	0,000 (<RG)
Perfluoralkylsulfonzuren (PFSA)	PFBS	perfluor-n-butaansulfonzuur	0,002
	PFOS	perfluor-n-octaansulfonzuur	0,029
Perfluorsulfonamides (FOSA)	PFOSA	perfluor-n-octaansulfonamide	0,003
	EtPFOSA	N-ethylperfluor-n-octaansulfonamide	0,009
Perfluorsulfonamide (azijn) zuren (FOSAA)	PFOSAA*	perfluor-n-octaansulfonamido azijnzuur	Niet gemeten
	EtPFOSAA	2-(N-ethylperfluor-n-octaansulfonamido)azijnzuur	0,034
Fluortelomeer sulfonaat (FTS)	6:2 FTS	6:2 fluortelomeersulfonzuur	0,033
	8:2 FTS**	8:2 fluortelomeersulfonzuur	0,000 (<RG)
Polyfluoroalkyl fosfaat esters (PAP)	6:2 diPAP**	6:2 fluortelomeerfosfaat diester	0,000 (<RG)
	diSAmPAP*	Bis(2-{ethyl[(perfluorooctyl)- sulfonyl]amino}ethyl) waterstoffosfaat	Niet gemeten
<b>Som PFAS</b>	<b>∑PFAS</b>		<b>0,253</b>
<b>Som EFSA-PFAS</b>	<b>EFSA-PFAS</b>		<b>0,069 – 0,086<sup>2</sup></b>

\* deze PFAS-verbinding zit niet in de target lijst voor analyse (wordt niet gemeten).

\*\* geen meetbare concentratie in de omgevingslucht, wel geïdentificeerd bij de screeningsmetingen huisstof.

\*\*\* meetwaarden <RG gelijk gesteld aan 0; indien alle meetwaarden <RG dan weergave als "0,000 (<RG)".

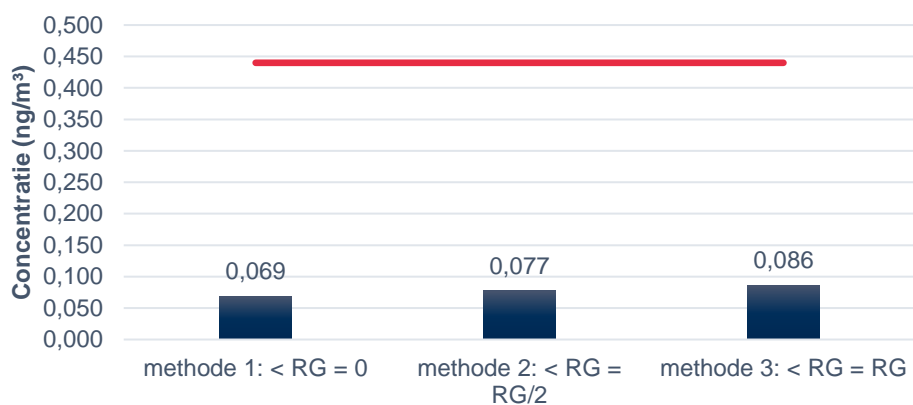
De gemiddelde PFAS-concentratie gesommeerd over alle gemeten PFAS is in de omgevingslucht 0,253 ng/m<sup>3</sup>. De gemiddelde EFSA-PFAS concentratie in de omgevingslucht op site De Naeyer ligt tussen 0,069 en 0,086 ng/m<sup>3</sup>, afhankelijk van de methode van omgaan met meetwaarden beneden de detectielimiet<sup>3</sup>. Voor de som van de vier EFSA-PFAS werd een tijdelijke toetsingswaarde gedefinieerd voor omgevingslucht (0,44 ng/m<sup>3</sup>, zie <https://www.vmm.be/lucht/meer-polluenten/pfas-in-de->

<sup>3</sup> Meetwaarden onder rapporteergrens (RG) gelijkstellen aan 0 (methode 1), de helft van de RG (RG /2) (methode 2), of de detectielimiet (RG) (methode 3). Methode 1 kan aanleiding geven tot een kleine onderschatting, methode 3 tot een kleine overschatting, en methode 2 ligt daar tussenin.



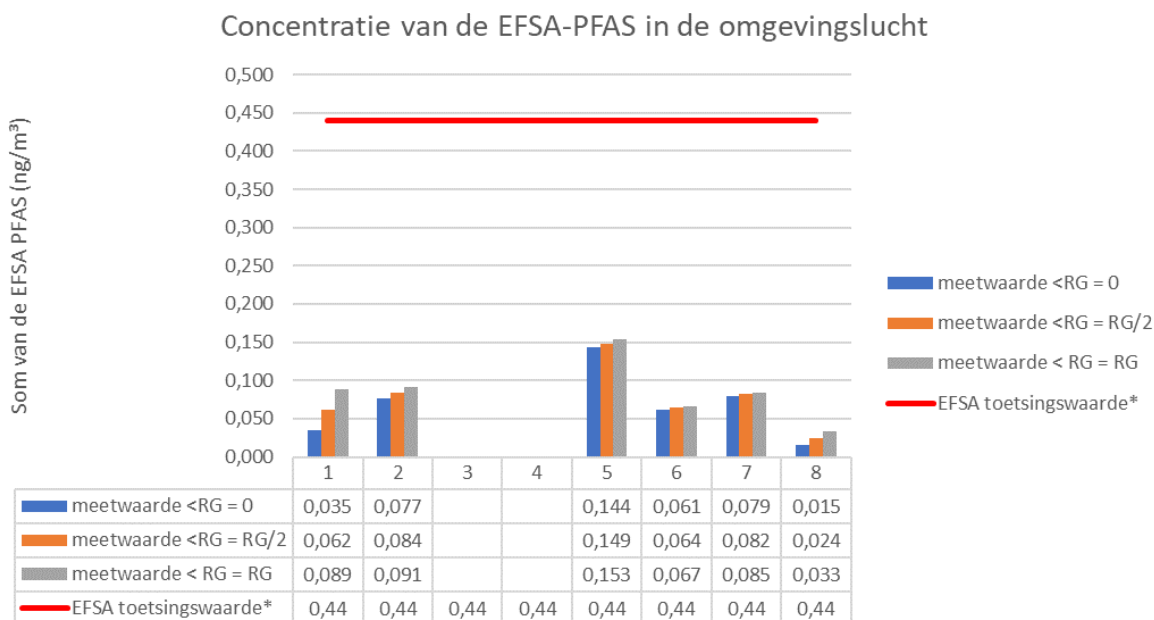
omgevingslucht ). De EFSA-PFAS-concentratie gemeten op De Naeyer ligt 5 tot 6 keer onder de toetsingswaarde.

## Gemiddelde concentratie van EFSA-PFAS in de omgevingslucht



Figuur 10: Concentratie van de EFSA-PFAS in omgevingslucht, berekend volgens drie methoden van omgaan met meetwaarden beneden de detectielimiet. De EFSA-PFAS toetsingswaarde is in rood aangegeven.

De EFSA-PFAS concentraties variëren enigszins van week tot week, met de hoogste concentratie (ca. 0,150 ng/m<sup>3</sup>) gemeten in week 5 (dit is de eerste week van de tweede veldwerkcampagne, van 19/05/2022 tot 24/05/2022) en de laagste concentratie in week 8 (0,015 tot 0,033 ng/m<sup>3</sup>, afhankelijk van de berekeningsmethode). De weekgemiddelde concentraties in de omgevingslucht liggen ruim onder de EFSA-toetsingswaarde (Figuur 11).



Figuur 11: Weekgemiddelde EFSA-PFAS concentraties in de omgevingslucht.

### 5.1.3 Vergelijking met andere omgevingsmetingen

De gemiddelde EFSA-PFAS concentratie in de omgevingslucht op site De Naeyer is 0,069 ng/m<sup>3</sup> (met meetwaarden beneden de rapporteergrens gelijk gesteld aan nul). De concentratie is hoger dan de achtergrondwaarde in Vlaanderen (0,001 ng/m<sup>3</sup> gemeten in Dessel op meetstation N016, zie *Figuur 12*), en hoger dan op een aantal meetlocaties in Antwerpen en Zwijndrecht. De concentratie is lager dan op meetlocatie ZD08 (0,103 ng/m<sup>3</sup>) die dicht in de buurt van de Oosterweelwerken en 3M gelegen is. De gemiddelde concentraties die gerapporteerd worden in rapport 2022/HEALTH/R/2680 (2022) liggen op alle meetpunten (ruim) beneden de tijdelijke toetsingswaarden. Voor een aantal stalen op locatie ZD08 lagen de individuele meetwaarden soms wel hoger dan de toetsingswaarde van 0,4 ng/m<sup>3</sup>. Dit is was niet het geval in De Naeyer.

De PFOS-concentratie ligt in De Naeyer (0,029 ng/m<sup>3</sup>) lager dan op ZD08 (0,088 ng/m<sup>3</sup>), maar hoger dan op de andere meetpunten in de buurt van de Oosterweelwerken en de achtergrondlocatie in Vlaanderen.

De PFOA-concentratie ligt in de Naeyer (0,040 ng/m<sup>3</sup>) gemiddeld hoger dan het gemiddelde in de buurt van de Oosterweelwerken en de achtergrondlocatie in Vlaanderen (maximaal 0,010 ng/m<sup>3</sup> over deze meetpunten).

*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.

Figuur 12: PFAS-concentraties in zwevend stof op andere locaties. Resultaten van de studie <https://www.vmm.be/publicaties/studie-naar-pfas-in-lucht-en-deposities-in-de-omgeving-van-3m-en-zwijndrecht>.

Er werden geen omgevingsluchtmetingen uitgevoerd in de referentiewijk.

#### **Besluit**

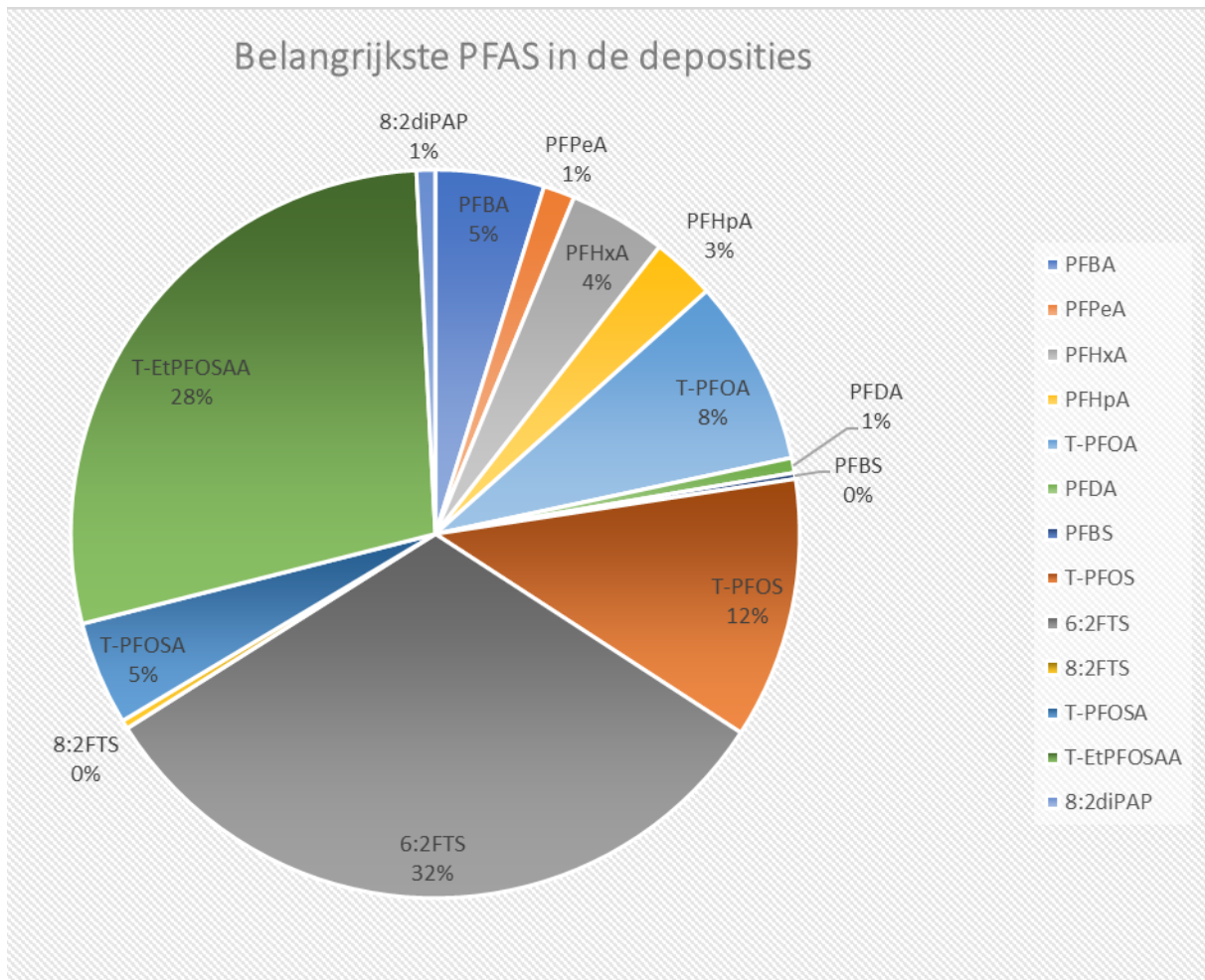
In de omgevingslucht op site De Naeyer worden PFAS gemeten. De meest voorkomende PFAS zijn PFBA (34% van totaal concentratie), PFOA (16%), EtPFOSAA en 6:2FTS (indicatief gemeten) (beide 13%) en PFOS (11%). De concentraties liggen voor de belangrijkste PFAS boven de achtergrondwaarde voor Vlaanderen (ingeschat op basis van 6 maanden metingen in 2021 in Dessel, station N016).

De EFSA-PFAS concentratie is gemiddeld tussen 0,069 en 0,086 ng/m<sup>3</sup>. De EFSA-PFAS concentratie ligt ruim onder de tijdelijke toetsingswaarde (0,44 ng/m<sup>3</sup>). Er is geen toetsingskader beschikbaar voor de individuele PFAS.

## 5.2 DEPOSITIES

### 5.2.1 Belangrijkste PFAS-verbindingen in deposities

De belangrijkste PFAS-verbindingen<sup>4</sup> die in de deposities gemeten worden zijn 6:2FTS (32%), EtPFOSAA (28%), PFOS (12%) en PFOA (8%) en nog een aantal andere PFAS-verbindingen (aandeel van 5% van totaal of lager) (Figuur 13). De 6:2FTS meting is een indicatieve meting (hogere meetonzekerheid).



Figuur 13: Overzicht van het aandeel van de verschillende PFAS-verbindingen die in de deposities van omgevingslucht.

### 5.2.2 PFAS-gehalte in de deposities omgevingslucht

Gemiddeld over de twee veldwerkcampagnes was de totale depositie van PFAS-verbindingen in omgevingslucht 95 ng/m<sup>2</sup>/dag, waarvan de depositie van EFSA-PFAS 18 ng/m<sup>2</sup>/dag bedraagt

<sup>4</sup> Het aandeel werd berekend door de gemiddelde depositie van veldwerkcampagnes 1 en 2 te berekenen, waarbij metingen onder de LOQ gelijk gesteld werden aan 0, en PFAS-verbindingen te weerhouden met een gemiddelde hoger dan 0,2 ng/m<sup>2</sup>/dag (zelfde grootteorde als de LOQ) en waarvan de meting niet als "indicatief" (d.w.z. grote meetonzekerheid) geassocieerd werd. De som van de weerhouden resultaten is 90 ng/m<sup>2</sup>/dag en ligt zeer beperkt lager dan het totaal over alle PFAS-verbindingen inclusief indicatieve waarden (94 ng/m<sup>2</sup>/dag). Deze berekeningswijze geeft een zeer volledig beeld van de PFAS-fingerprint in de deposities.

(ongeveer 1/5<sup>de</sup> van de totale depositie) (Tabel 14). Voor de individuele PFAS worden gemiddeld de hoogste deposities voor 6:2FTS (28,7 ng/m<sup>2</sup>/dag) en EtPFOSAA (25,4 ng/m<sup>2</sup>/dag) gemeten. De depositie van PFOS (10,5 ng/m<sup>2</sup>/dag) en PFOA (7,5 ng/m<sup>2</sup>/dag) zijn de belangrijkste deposities van de EFSA-PFAS.

Tabel 14: Gemiddelde PFAS depositie buiten op site De Naeyer.

Groep	Acroniem	Gemiddelde depositie (ng/m <sup>2</sup> /dag)	Opmerking
PFCA	PFBA	4,4	
	PFPeA	1,3	
	PFHxA	3,9	
	PFHpA	2,6	
	T-PFOA	7,5	
	PFDA	0,6	
PFSA	PFPrS	3,8	indicatief
	PFBS	0,3	
	T-PFOS	10, 5	
FTS	6:2FTS	28,7	
	8:2FTS	0,4	
PFBSA	PFBSA	0,3	indicatief
PFOSA	T-PFOSA	4,3	
PFOSAA	T-EtPFOSAA	25,4	
PAP	8:2diPAP	0,8	
<b>Som PFAS</b>	<b>∑PFAS</b>	<b>95</b>	Incl. indicatieve metingen
<b>Som PFAS</b>	<b>∑PFAS</b>	<b>91</b>	Excl. indicatie metingen
<b>Som EFSA-PFAS</b>	<b>EFSA-PFAS</b>	<b>18</b>	

De verschillen in de depositie tussen beide veldwerkcampagnes zijn beperkt voor ∑PFAS en EFSA-PFAS: 6 ng/m<sup>2</sup>/dag verschil tussen beide campagnes voor ∑PFAS en 2 ng/m<sup>2</sup>/dag voor EFSA-PFAS. Op niveau van de individuele PFAS-verbindingen worden wel verschillen vastgesteld, met hogere depositie van PFOSA en EtPFOSAA in de eerste veldwerkcampagne en hogere 6:2FTS depositie in de tweede.

### 5.2.3 Vergelijking met andere omgevingsmetingen

In een gezamenlijke studie van VITO en VMM (rapport 2022/HEALTH/R/2680, 2022) worden de resultaten van een 6 maand durende meetcampagne naar PFAS in omgevingslucht in de regio Zwijndrecht en op een achtergrondlocatie (Dessel) gerapporteerd. De depositie van EFSA-PFAS op site De Naeyer (gemiddeld over 2 maanden, i.e. 18 ng/m<sup>2</sup>/dag) situeert zich in het bereik van de metingen in de regio Zwijndrecht (Tabel 15, de laagste deposities werden in de dorpskern van Zwijndrecht gemeten (5 tot 6 ng/m<sup>2</sup>/dag) en hoogste depositie nabij de 3M site (58 ng/m<sup>2</sup>/dag)). De depositie van EFSA-PFAS ligt op site De Naeyer (i.e. 18 ng/m<sup>2</sup>/dag) in dezelfde grootteorde als de deposities in de regio Zwijndrecht die zich op ongeveer 1 km van de 3M site bevinden (ZD12, ZD07 en ZD08). Op een achtergrondlocatie in Vlaanderen (Dessel) is de depositie (6 ng/m<sup>2</sup>/dag) ongeveer 3 keer lager dan op site De Naeyer. Specifiek voor PFOS is de depositie op site De Naeyer (10 ng/m<sup>2</sup>/dag) best vergelijkbaar met meetlocatie ZD12 (Polderstraat, 't Vlietbos, 8,9 ng/m<sup>2</sup>/dag) uit de studie in Zwijndrecht, en bijna 2 keer hoger dan de PFOS depositie die op landelijke achtergrondlocatie in Dessel werd gemeten (5,8 ng/m<sup>2</sup>/dag).

Tabel 15: Overzicht deposities uit rapport 2022/HEALTH/R/2680 (2022) aangevuld met meetresultaten De Naeyer.

		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
ZD01	Gemiddelde <sup>(a)</sup>	42,1	5,7	0,2	5,9	0,03 <sup>(c)</sup>	6,2
ZD07	Gemiddelde	45,3	6,4	1,6	17,1	1,1	18,9
ZD08	Gemiddelde	87,6	33	10,1	15,3	2,8	25,8
ZD09	Gemiddelde	5,3	4,7	0,4	5,6	0,1	6,2
ZD10	Gemiddelde	10,5	16,3	0,2	4,5	0,03 <sup>(c)</sup>	4,8
ZD11	Gemiddelde	57,4	22,5	9	48,5	9,4	58,1
ZD12	Gemiddelde	5,7	17,6	3,5	8,9	0,2	12,6
R897	Gemiddelde	6,4	1,7	3,2	6,1	0,4	9,4
AL01	Gemiddelde	88,1	19,9	5,2	6,7	0,04 <sup>(c)</sup>	11,9
N016 (achtergrond)	Gemiddelde	4,1	3	0,2	5,8	< <sup>(d)</sup>	6
De Naeyer	Gemiddelde	4,35	0,25	7,45	10,45	4,15	18

meetwaarden beneden de RG werden gelijk gesteld aan nul.

Totaal (lineair + vertakte vorm)

Als gemiddelde <0,1 en niet alle meetwaarden <RG, dan wordt het meetresultaat met 2 decimalen gegeven

Als alle meetresultaten beneden de RG liggen, wordt dat als "<" weergegeven.

De samenstelling van de deposities vertonen wel duidelijke verschillen. Hierbij moet de kanttekening gemaakt worden dat de component 6:2FTS niet weerhouden werd in de studie in de regio Zwijndrecht, terwijl deze component in de depositie op site De Naeyer het grootste aandeel heeft (32%) (deze component wordt indicatief gemeten). De belangrijkste verschillen zijn het belangrijk aandeel van EtPFOSAA in De Naeyer (28%; typerend voor de papierindustrie) terwijl deze verbinding niet wordt gemeten in de deposities in Zwijndrecht. In Zwijndrecht zijn het PFBA (50%) en PFBS (19%) die het grootste aandeel vertegenwoordigen, terwijl hun aandeel in De Naeyer zeer beperkt is (5% PFBA, en <1% PFBS). Het gemiddelde percentage van de PFOS depositie op de totale PFAS depositie ligt iets hoger in de regio Zwijndrecht (18%) ten opzichte van De Naeyer (12%).

### Besluit

In de deposities op site De Naeyer worden PFAS gemeten. De meest voorkomende PFAS zijn 6:2FTS (32%, indicatief gemeten), EtPFOSAA (28%), PFOS (12%) en PFOA (8%). De deposities liggen op De Naeyer hoger dan op een achtergrondlocatie in Vlaanderen (ongeveer 3 keer hoger) en situeert zich in het bereik van de deposities die gemeten werden in het meetnet in Antwerpen en Zwijndrecht.

## 6. SCHOENSTOF

### 6.1 INLEIDING

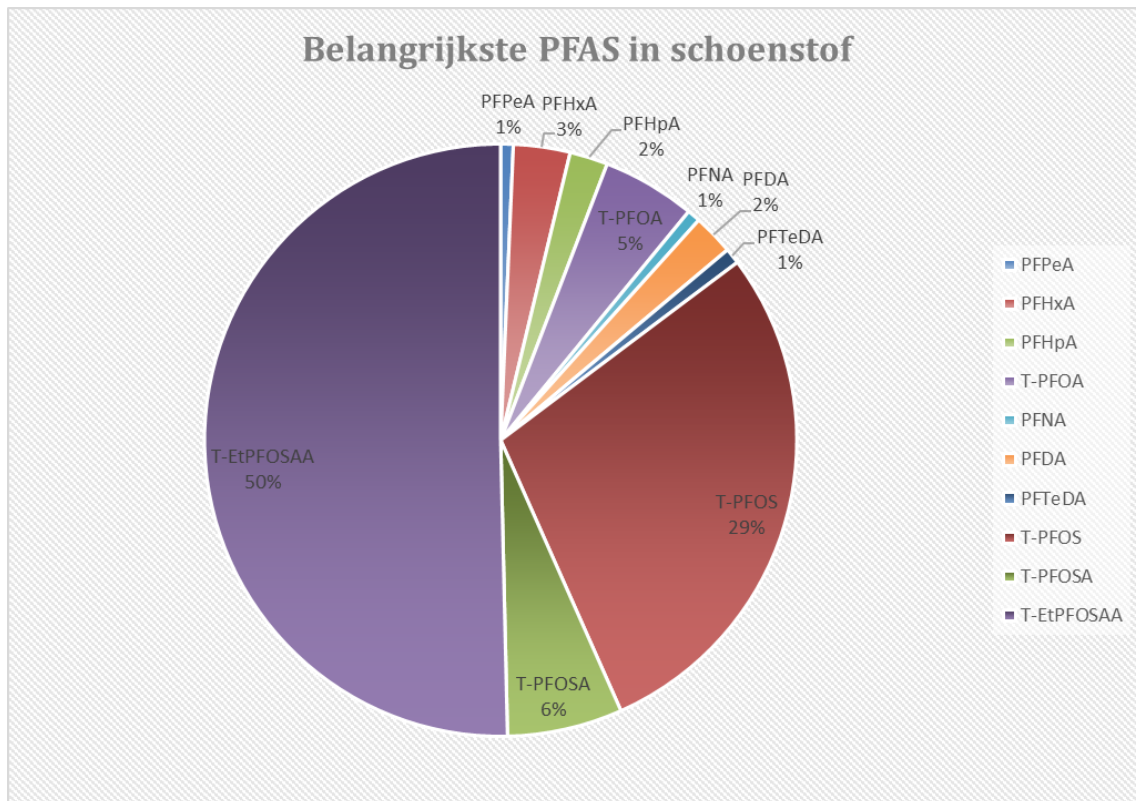
Er werd een bemonstering van het schoenstof uitgevoerd door op verschillende bemonsteringsadressen gerichte monsters te nemen van het stof in de schoenenkast, onder het schoenenrek of onder de inkommat. Er werden in totaal 28 schoenstofmonsters genomen, waarvan 2 in de referentiewoning (1 in elk van beide veldwerkcampagnes). Van de 28 schoenstofmonsters werden er 18 in de eerste veldwerkcampagne genomen en 10 in de tweede.

De schoenstofmonsters werden gewogen en de hoeveelheid PFAS werd bepaald. De PFAS-concentratie wordt uitgedrukt in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (dus  $\mu\text{g}$  PFAS per kg schoenstof;  $\mu\text{g}/\text{kg}$  is hetzelfde als  $\text{ng}/\text{g}$ ). De reële monsters hadden een gewicht van gemiddeld 350 mg per monster, met een minimum van 14 mg en een maximum van 1,2 g. Voor de analyse werd een standaard hoeveelheid van 50 mg genomen, met uitzondering van één monster waar minder dan 50 mg schoenstof beschikbaar was (14 mg).

### 6.2 VOORKOMEN VAN PFAS IN SCHOENSTOF

Een overzicht van de belangrijkste PFAS in het schoenstof werd opgemaakt volgens de methode beschreven in Bijlage C. De gemiddelde  $\Sigma\text{PFAS}$  concentratie werd berekend over alle meetlocaties op site De Naeyer. Meetwaarden beneden de RG werden gelijk gesteld aan 0. Vervolgens werd een filtering toegepast waarbij de lineaire vorm van de PFAS-verbinding niet weerhouden werd als er een meetresultaat voor de lineaire + vertakte vorm beschikbaar was (prefix "T" van Totaal), waarbij PFAS waarvan de meetwaarde als "indicatief" beoordeeld wordt niet weerhouden wordt en waarbij PFAS waarvan de gemiddelde concentratie laag is (zelfde grootte-orde als de detectielimiet, hier  $0,1 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) niet weerhouden worden. Tenslotte werden, om de leesbaarheid van de taartdiagrammen te verbeteren, PFAS-verbindingen met een aandeel van minder dan 0,5% van het totaal niet weergegeven.

De PFAS die in de hoogste concentraties voorkomen zijn EtPFOSAA (50% op totaal van  $52 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) en T-PFOS (29%) (Figuur 14), en in mindere mate T-PFOA (6%) en T-PFOA (5%). Deze vier PFAS-verbindingen vertegenwoordigen samen 90% van het totaal.



Figuur 14: Overzicht van de belangrijkste PFAS-verbindingen die voorkomen in het schoenstof.

Hierbij moet wel opgemerkt worden dat er een aantal PFAS-verbindingen die “indicatief” bepaald konden worden (dus grote meetonzekerheid) niet weerhouden werden in deze analyse. De meeste van de indicatief gemeten PFAS werden in lage concentratie gemeten. Met uitzondering van 6:2diPAP die in hoge concentraties indicatief gemeten werd (gemiddelde van 55,15 ng/kg). Ondanks de onzekerheid op de concentratie kan wel verondersteld worden dat 6:2diPAP een veel voorkomende PFAS is in het schoenstof. Fluorotelomeer fosfaatdiesters (diPAPs) worden geassocieerd met de papierenijverheid (Kärrman et al., 2022) en hun voorkomen in het schoenstof is een merker voor de historische verontreiniging van de site.

### 6.3 PFAS-CONCENTRATIES IN SCHOENSTOF

Er werd een gemiddelde PFAS-concentratie (inclusief indicatieve metingen) in het schoenstof gemeten van 115 µg/kg, waarvan de vier EFSA-PFAS 18 µg/kg vertegenwoordigen (Tabel 16). Zonder de indicatieve metingen is de gemiddelde concentratie respectievelijk 52 µg/kg voor het totaal van alle gemeten PFAS en 18 µg/m<sup>3</sup> voor de EFSA-PFAS.

De PFAS-verbinding die voorkomt in de hoogste concentratie in het schoenstof is 6:2diPAP (55,15 µg/kg), maar deze meetwaarde is indicatief (m.a.w. grote meetonzekerheid). De stoffen EtPFOSAA (26,05 µg/kg) en PFOS (14,79 µg/kg) komen in verhoogde concentraties voor in het schoenstof in vergelijking met de andere PFAS-verbindingen (Tabel 16).

Tabel 16: Overzicht van de gemiddelde PFAS-concentraties in schoenstof uit woningen op site De Naeyer, Willebroek.

Groep	Acroniem	Gemiddelde De Naeyer	Referentiewoning*	Opmerking
		Concentratie in schoenstof (µg/kg)	Concentratie in schoenstof (µg/kg)	
PFCA	PFBA	1,04	0,59	indicatief
	PFPeA	0,35	0 (<RG)	
	PFHxA	1,60	0,17	
	PFHpA	1,08	0,20	
	T-PFOA	2,63	0 (<RG)	
	PFNA	0,37	0 (<RG)	
	PFDA	1,15	0 (<RG)	
	PFUnDA	0,15	0 (<RG)	
	PFDoDA	0,12	0 (<RG)	
	PFTTrDA	0,32	0,12	indicatief
	PFTeDA	0,44	0,16	
PFSA	PFBS	0,53	0,21	indicatief
	PFOS	14,79	0 (<RG)	
FTS	6:2FTS	3,92	2,27	indicatief
	8:2FTS	0,12	0 (<RG)	
PFBSAA	MePFBSAA	0,21	0 (<RG)	indicatief
PFOSA	PFOSA	3,25	0 (<RG)	
	EtPFOSA	0,11	0 (<RG)	
PFOSAA	MePFOSAA	0,15	0 (<RG)	
	EtPFOSAA	26,05	0 (<RG)	
PAP	6:2diPAP	55,15	21,00	indicatief
	8:2diPAP	1,71	0 (<RG)	indicatief
	<b>Som PFAS (ΣPFAS)</b>	<b>115</b>	<b>25</b>	Incl. indicatieve metingen
	<b>Som PFAS (ΣPFAS)</b>	<b>52</b>	<b>0,52</b>	Excl. indicatieve metingen
	<b>Som EFSA-PFAS</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	

\* meetwaarden onder de rapporteergrens worden als "0 (<RG)" weergegeven. De rapporteergrens ligt op <0,1 µg/kg voor de meeste PFAS.

### 6.3.1 Vergelijking met de referentiewoning

Er werd een referentiemonster genomen van het schoenstof in de referentiewoning in de eerste en tweede veldwerkcampagne. In de referentiewoning werden geen andere (bijkomende) PFAS-verbindingen gemeten dan die in de woningen op site De Naeyer voorkomen. De gemiddelde PFAS-concentratie van het schoenstof in de referentiewoning kan vergeleken worden met de gemiddelde concentraties in de woningen op site De Naeyer (Tabel 16). De totale PFAS-concentratie in het schoenstof in de referentiewoning is 25 µg/kg. Deze concentratie is bijna volledig toe te schrijven aan de 6:2diPAP (21 µg/kg) en 6:2FTS (2,27 µg/kg) concentraties die beiden indicatief bepaald werden. Zonder de indicatieve metingen zou de gemiddelde PFAS-concentratie gesommeerd over alle PFAS-verbindingen in woningen op site De Naeyer gelijk zijn aan 52 µg/kg tegenover 0,52 µg/kg in de



referentiewoning. De PFAS-concentratie in de referentiewoning ligt dus een factor 100 lager dan op De Naeyer.

De EFSA-PFAS werden niet vastgesteld in de referentiewoning (0 µg/kg) tegenover 18 µg/kg als gemiddelde over de woningen op site De Naeyer (Tabel 16).

De PFAS-concentratie in het schoenstof blijkt in de woningen op site De Naeyer gemiddeld hoger te liggen dan in de referentiewoning. Aangezien de verhoging werd vastgesteld in het schoenstof, en dat er overeenkomst is met de belangrijkste PFAS die in de bodem op De Naeyer werden gemeten (zie later) is dit een indicatie dat er inloop/inwaai is van PFAS-houdend stof van buiten naar binnen.

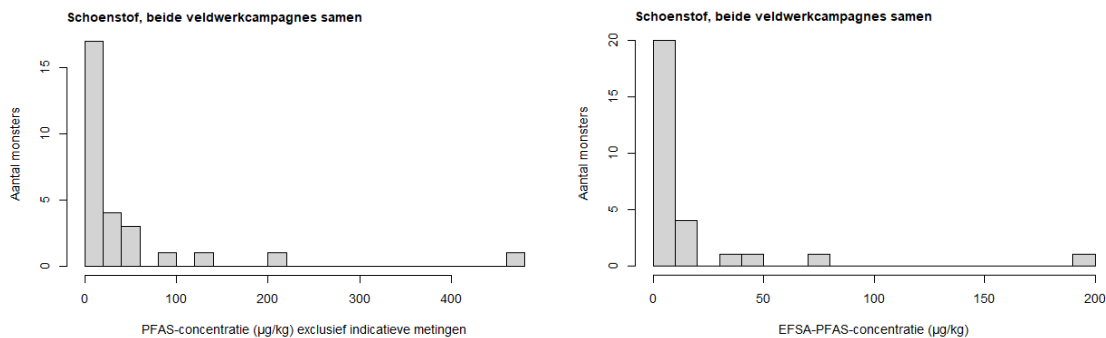
### 6.3.2 Vergelijking tussen woningen op site De Naeyer

Er zit een grote spreiding op de PFAS-concentraties in het schoenstof (Tabel 17). De totale PFAS-concentratie ( $\Sigma$ PFAS exclusief indicatieve metingen) varieert tussen 1 en 475 µg/kg. De concentratie aan EFSA-PFAS situeert zich tussen 0,1 en 190 µg/kg.

Tabel 17: Samenvattende statistieken PFAS-concentraties in schoenstof van woningen op site De Naeyer.

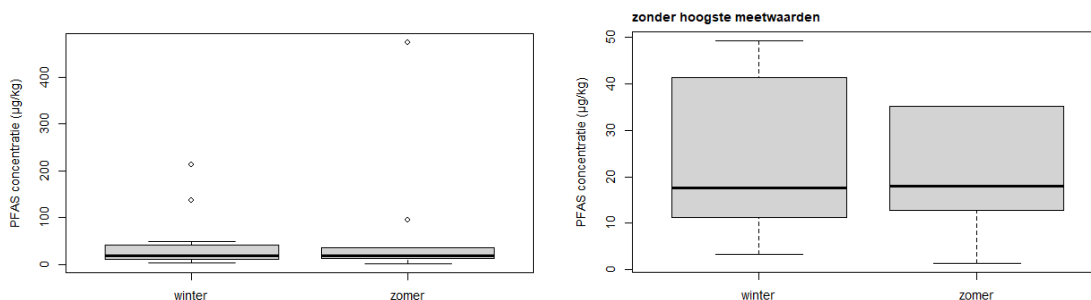
	<b>Concentratie PFAS totaal excl. indicatieve metingen (µg/kg)</b>	<b>Concentratie EFSA- PFAS (µg/kg)</b>
Min.	1	0,1
Mediaan	18	5
Gemiddelde	53	18
Max.	475	190

Er is één monster waar de concentraties in het schoenstof zeer sterk verhoogd zijn, in vergelijking met de andere woningen (Figuur 15). In drie andere monsters is er ook, in mindere mate, een verhoging ten opzichte van de rest. Het schoenstof met de hoogste concentratie werd bemonsterd in een woning die zowel in de eerste als de tweede veldwerkcampagne bemonsterd werd. De hoogste meetwaarde ( $\Sigma$ PFAS van 475 µg/kg) werd gemeten in de tweede veldwerkcampagne, in de eerste veldwerkcampagne lag de concentratie veel lager (69 µg/kg) en wel binnen het bereik van andere metingen uit de eerste meetcampagne. De hoogste meetwaarde voor de  $\Sigma$ PFAS is grotendeels toe te schrijven aan verhoogde EtPFOSAA (240 µg/kg) en PFOS (166 µg/kg) concentraties. Er werden geen extra informatie zoals het gebruik van bepaalde chemische producten genoteerd door de veldwerker. Er werd niets vastgesteld dat het sterk verhoogde resultaat zouden kunnen verklaren. Er zijn wel huisdieren aanwezig in de woning, maar dat was ook op een aantal andere adressen met lagere concentraties het geval.



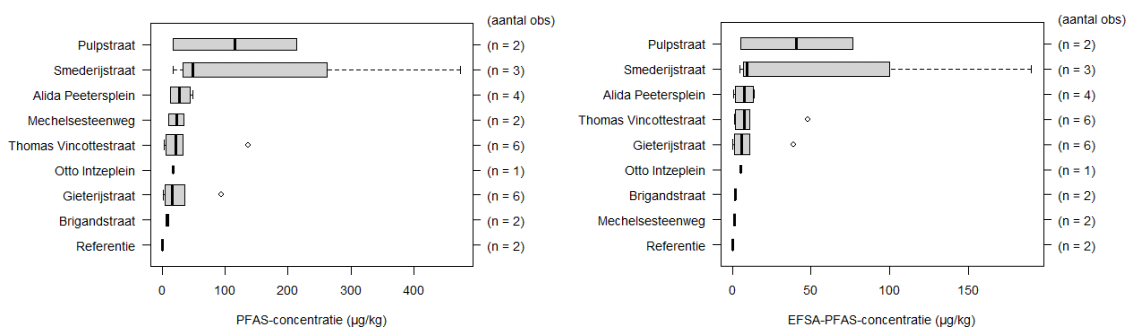
Figuur 15: Histogram van de totale PFAS-concentratie (links) en de EFSA-PFAS-concentratie (rechts) in het schoenstof in woningen op site De Naeyer.

Er wordt geen significant verschil vastgesteld tussen meetwaarden van de eerste (winter) en tweede (zomer) veldwerkcampagne (Figuur 16). De spreiding op de metingen is iets groter in de eerste veldwerkcampagne. Eenzelfde beeld zien we terugkomen voor de EFSA-PFAS-concentraties (niet getoond).



Figuur 16: Boxplot van de PFAS-concentratie in schoenstof tijdens de eerste veldwerkcampagne (winter, n = 17) en de tweede veldwerkcampagne (zomer, n = 9).

De meetresultaten werden gegroepeerd per straat. Het aantal observaties verschilt sterk tussen straten, en is laag (1, 2, 3 observaties) voor de meeste straten. Er worden verschillen in  $\Sigma$ PFAS en EFSA-PFAS concentraties vastgesteld tussen straten (Figuur 17). Ondanks de beperkte steekproef kan besloten worden dat de concentratie in de referentiewoning lager is dan in de woningen op site De Naeyer, en dat de hoogste concentraties voor de site De Naeyer worden gemeten in de Pulp- en Smederijstraat. In de Gieterijstraat en Thomas Vinçottestraat werd telkens één hoge concentratie gemeten t.o.v. de andere metingen in die straten.



Figuur 17: Boxplot van de PFAS (exclusief indicatieve metingen) en EFSA-PFAS-concentratie in schoenstof gemeten in beide veldwerkcampagnes, gegroepeerd per straat (referentiestraat verwijst naar de referentiemeting uit de referentiewijk).

### 6.3.3 Toetsing PFAS-concentratie in het schoenstof

Er is momenteel geen toetsingskader voor PFAS in schoenstof.

Er kan wel vergeleken worden met de referentiewoning (Tabel 18). De  $\Sigma$ PFAS-concentratie in De Naeyer (115  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) is ongeveer 4,5 keer hoger dan in de referentiewoning (25  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , vnl. door indicatief gemeten 6:2diPAP). De EFSA-PFAS worden in woningen op De Naeyer gemeten met een gemiddelde concentratie van 18  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , t.o.v. 0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  in de referentie. De belangrijkste PFAS in het schoenstof (>5% van totaal) in De Naeyer worden niet gemeten in de referentiewoning.

Tabel 18: Vergelijking van de concentraties ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) van  $\Sigma$ PFAS, EFSA-PFAS en belangrijkste PFAS-verbindingen in het schoenstof in woningen op site De Naeyer in vergelijking met de referentiewoning.

	De Naeyer	Referentie
$\Sigma$ PFAS (incl. indicatieve)	115	25
EFSA-PFAS	18	0
EtPFOSAA	26,05	<0,1
PFOS	14,79	<0,35
PFOSA	3,25	<0,1
PFOA	2,63	<0,1

#### Besluit

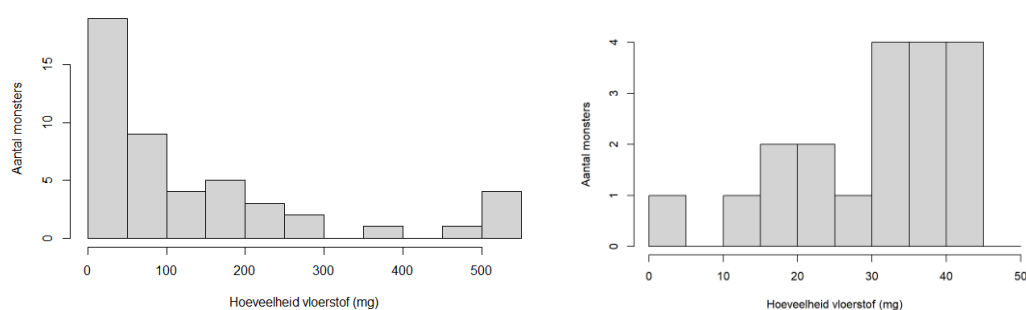
Het schoenstof in woningen op site De Naeyer bevat PFAS. Ook in de referentiewoning worden PFAS in het schoenstof gemeten. De mix aan PFAS in het schoenstof in site De Naeyer is rijker dan in de referentiewoning. De meest voorkomende PFAS in het schoenstof op site De Naeyer zijn EtPFOSAA, PFOS, PFOSA en PFOA. Deze PFAS werden niet gemeten in de referentiewoning.

## 7. VLOERSTOF

### 7.1 INLEIDING

Er werden 48 vloerstofmonsters genomen, gespreid over de eerste (26) en tweede (22) monitoringscampagne. De hoeveelheid gemiddelde hoeveelheid vloerstof die bemonsterd werd was 240 mg, en varieerde aanzienlijk tussen de vloerstofmonsters (minimum van 1 mg tot 3,760 g).

Door de beperkte hoeveelheid vloerstof in een aantal monsters, was de intake van vloerstof voor chemische analyse voor die monsters soms laag. De betrouwbaarheid van de analyse is lager wanneer de intake laag is. Als vuistregel voor deze analyse kan gesteld worden dat de onzekerheid toeneemt als de intake minder dan 50 mg bedraagt. Dat was het geval voor 19 monsters, voor 29 monsters was de intake meer dan 50 mg (Figuur 18). De maximale intake was ongeveer 500 mg. Voor 7 vloerstofmonsters was de intake minder dan 25 mg.

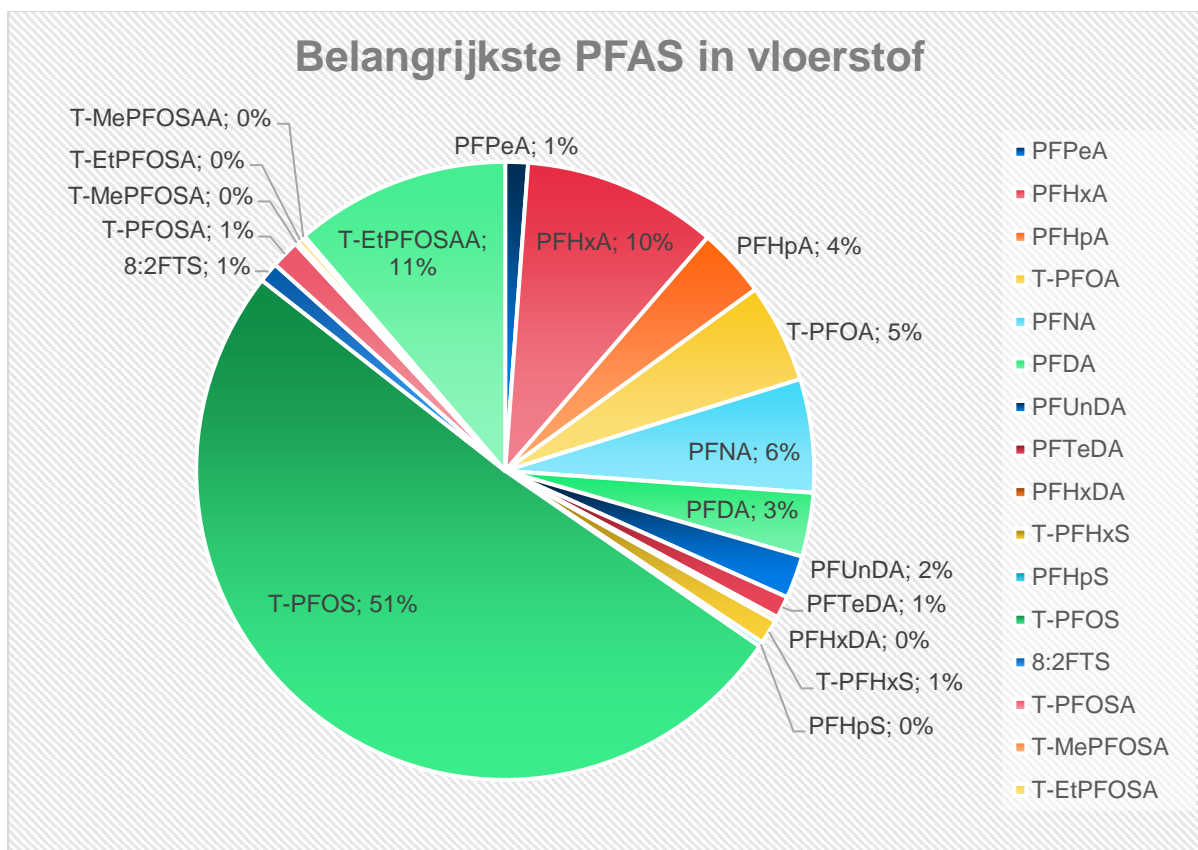


Figuur 18: Histogram van de hoeveelheid intake van alle vloerstofmonsters (links), en uitvergroting van de vloermonsters met intake < 50 mg (rechts).

De analyseresultaten worden beoordeeld zonder en met de vloerstofmonsters met lage (< 50 mg) intake.

### 7.2 VOORKOMEN VAN PFAS IN VLOERSTOF

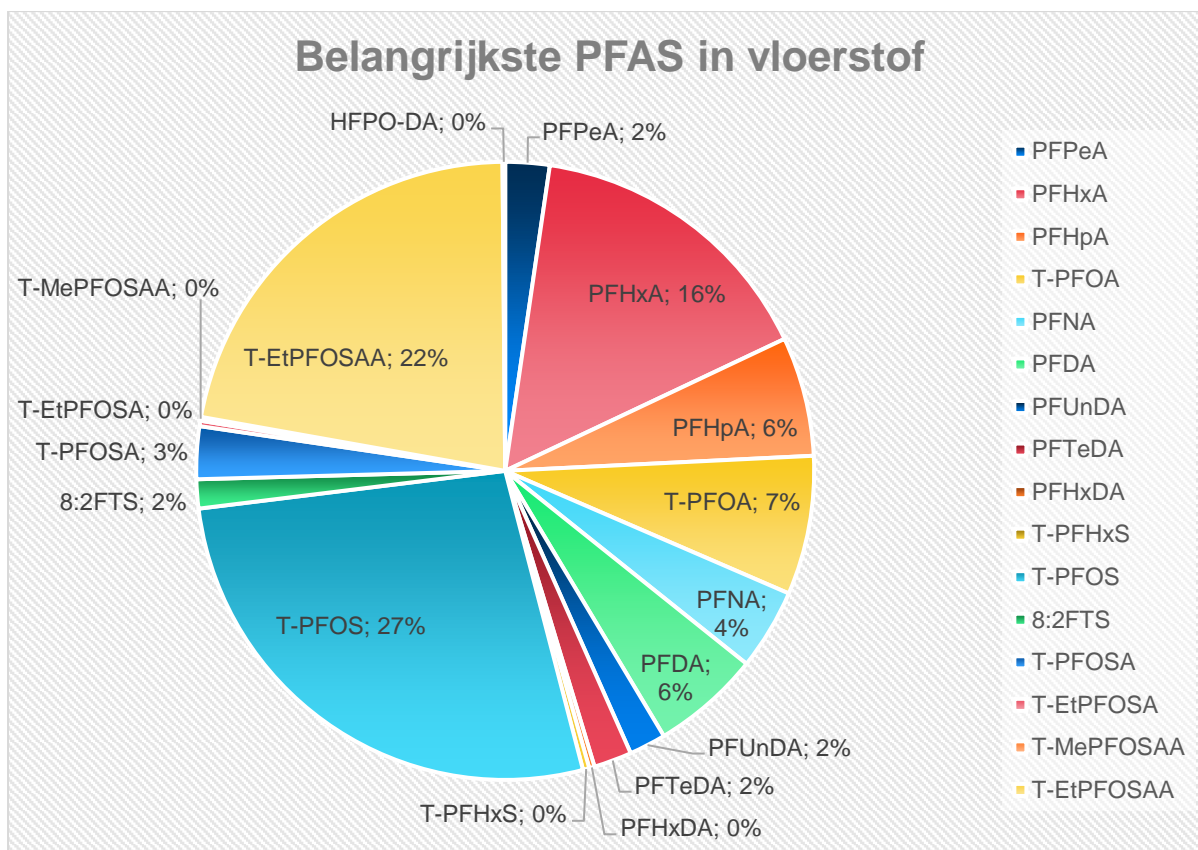
Een overzicht van de belangrijkste PFAS in het vloerstof werd opgemaakt volgens de methode beschreven in Bijlage C. De PFAS die in de hoogste concentraties voorkomen zijn en PFOS (51%) en in mindere mate EtPFOSAA (11%) en PFHxA (10%) op een totaal van 53  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Figuur 14). De PFAS verbindingen PFHpA, PFOA, PFNA en PFDA vertegenwoordigen elk rond de 5% van het totaal, en nog 12 andere PFAS komen in zeer lage concentraties voor. De vier EFSA-PFAS vertegenwoordigen samen 63% van het totaal.



Figuur 19: Overzicht van de belangrijkste PFAS-verbindingen in vloerstof, uitgedrukt als % van de totale PFAS-concentratie.

De PFAS-verbindingen die indicatief gemeten werden zijn niet weerhouden in bovenstaande analyse. Er werden nog 6 PFAS-verbindingen indicatief gemeten (PFBA, PFTrDA, PFBS, 6:2 FTS, 10:2 FTS, MePFBSAA) (zie Bijlage F).

De vloerstofmonsters met lage intake werden weerhouden in bovenstaande analyse. Wanneer deze monsters uit de analyse gelaten worden dan komen dezelfde PFAS naar voren, maar de percentages zijn wel verschillend (Figuur 20, enkel monsters met > 50 mg intake).



Figuur 20: Overzicht van de belangrijkste PFAS-verbindingen in vloerstof, uitgedrukt als % van de totale PFAS-concentratie. De resultaten van vloerstofmonsters met < 50 mg intake werden niet weerhouden.

## 7.3 PFAS-CONCENTRATIES IN VLOERSTOF

Er werd een gemiddelde  $\Sigma$ PFAS-concentratie (inclusief indicatieve metingen) in het vloerstof gemeten van 55  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , waarvan de vier EFSA-PFAS 34  $\mu\text{g}/\text{kg}$  vertegenwoordigen (Tabel 18). Zonder de indicatieve metingen is de gemiddelde concentratie  $\Sigma$ PFAS 53  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en 34  $\mu\text{g}/\text{kg}$  voor de EFSA-PFAS (bijna identiek aan gemiddeldes met indicatieve waarden). Zonder de monsters met lage intake (< 50 mg) is de gemiddelde  $\Sigma$ PFAS-concentratie 41  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , waarvan de EFSA-PFAS 15  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

Op de  $\Sigma$ PFAS-concentratie en de som van EFSA-PFAS heeft het al dan niet in rekening brengen van PFAS-verbindingen die indicatief gemeten werden een verwaarloosbaar effect. De impact van monsters met lage intake heeft wel een relatief groot effect, dat voornamelijk toe te schrijven is aan het monster met laagste intake (1,5 mg) waarvoor de PFAS-concentratie extreem hoog is (844  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in vergelijking met de andere monsters (voornamelijk door extreem hoge PFOS-concentratie van 725  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Dit monster wordt als outlier bestempeld omdat de onzekerheid op de meting door de zeer lage intake hoog kan zijn. De tweede meting op hetzelfde adres leverde wel een resultaat op dat in het bereik van de andere metingen lag ( $\Sigma$ PFAS-concentratie 42  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , ondanks de relatief lage intake van 23 mg).

### 7.3.1 Vergelijking met de referentiewoning

Er werd een referentiemonster genomen van het vloerstof in de referentiewoning in de eerste en tweede veldwerkcampagne. In de referentiewoning werden geen PFAS-verbindingen gemeten die

niet in de woningen op site De Naeyer voorkomen. Anderzijds worden niet alle PFAS uit het vloerstof op De Naeyer gedetecteerd in de referentiewoning.

De  $\Sigma$ PFAS-concentratie ligt gemiddeld beduidend hoger in woningen op site De Naeyer dan in de referentiewoning (55 t.o.v. 8  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Ook voor de EFSA-PFAS (34 t.o.v. 5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) is er een duidelijk verschil. Het is voornamelijk PFOS en EtPFOSAA die gemiddeld hoger ligt in woningen op site De Naeyer dan in de referentiewoning (PFOS: 27,0 t.o.v. 4,7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en EtPFOSAA: 6,0 en 0,2  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

Eén meting op site De Naeyer heeft een zeer grote impact op het gemiddelde. Die meting kan als outlier bestempeld worden door de zeer lage hoeveelheid vloerstof (zie boven). Zonder deze meting is de  $\Sigma$ PFAS-concentratie 35  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en de EFSA-PFAS-concentratie 16  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , wat zeer goed vergelijkbaar is met de gemiddelden berekend zonder resultaten van alle monsters met lage intake (Tabel 19).

Deze gemiddelde concentraties liggen gemiddeld een factor 3 (EFSA-PFAS) tot 5 ( $\Sigma$ PFAS) hoger in woningen op site De Naeyer dan in de referentiewoning. Het zijn voornamelijk de PFAS-verbindingen PFOS en EtPFOSAA die in hogere concentraties worden gemeten in de woningen op site De Naeyer. Beide PFAS-verbindingen kunnen als afbraakproducten gelinkt worden aan PFAS uit de papierindustrie (zie 4.4). Een aantal andere PFAS-verbindingen (o.a. PFOA, PFHxA, PFNA, PFDA) komen ook in hogere concentratie voor op De Naeyer dan in de referentiewoning, maar het absoluut verschil tussen beide type locaties is minder groot dan voor PFOS en EtPFOSAA.

Tabel 19: Gemiddelde concentratie van PFAS in vloerstof.

Groep	Acroniem	Gemiddelde De Naeyer		Referentiewoning <sup>(a)</sup>	Opmerking
		Concentratie in vloerstof ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Concentratie in vloerstof excl. lage intake ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Concentratie in vloerstof ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	
PFCA	PFBA	0,77	0,97	0,0 (<RG)	indicatief
	PFPeA	0,63	0,89	0,0 (<RG)	
	PFHxA	5,40	5,99	2,53	
	PFHpA	1,93	2,39	0,26	
	T-PFOA	2,75	2,78	0,33	
	PFNA	3,15	1,62	0,0 (<RG)	
	PFDA	1,77	2,18	0,18	
	PFUnDA	1,18	0,74	0,0 (<RG)	
	PFTTrDA	0,28	0,31	0,0 (<RG)	indicatief
	PFTeDA	0,60	0,76	0,07	
	PFHxDA	0,12	0,11	-	
PFSA	PFBS	0,12	0,20	0,0 (<RG)	indicatief
	T-PFHxS	0,68	0,13	0,0 (<RG)	
	PFHpS	0,13	0,0	0,0 (<RG)	
	T-PFOS	27,01	10,37	4,7 <sup>(b)</sup>	
FTS	6:2FTS	0,66	0,80	0,0 (<RG)	indicatief
	8:2FTS	0,56	0,58	0,08	
	10:2FTS	0,13	0,08	0,0 (<RG)	indicatief
PFBSAA	MePFBSAA	0,34	0,49	0,0 (<RG)	indicatief
PFOSA	T-PFOSA	0,79	1,05	0,0 (<RG)	
	T-MePFOSA	0,09	0,00	0,0 (<RG)	
	T-EtPFOSA	0,15	0,11	0,0 (<RG)	
PFOSAA	T-MePFOSAA	0,09	0,08	0,0 (<RG)	
	T-EtPFOSAA	5,97	8,44	0,15	
	<b>Som PFAS (<math>\Sigma</math>PFAS)</b>	<b>55</b>	<b>41</b>	<b>8</b>	Incl. indicatieve metingen
	<b>Som PFAS (<math>\Sigma</math>PFAS)</b>	<b>53</b>	<b>41</b>	<b>8</b>	Excl. indicatieve metingen
	<b>Som EFSA-PFAS</b>	<b>34</b>	<b>15</b>	<b>5</b>	

(a) meetwaarden onder de rapporteergrens worden als "0,0 (<RG)" weergegeven.

(b) concentratie gelijk gesteld aan L-PFOS omdat de meetwaarde voor T-PFOS niet boven de rapporteergrens ligt (die gelijk is aan <10 en <8  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Als de rapporteergrens van T-PFOS gebruikt wordt als rekenwaarde, dan zou de som van de PFAS 13  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bedragen, waarvan 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$  EFSA-PFAS voor de referentiewoning.

### Besluit

Er is een duidelijk verhoogde concentratie aan PFAS-verbindingen aanwezig in het vloerstof in de woningen op site De Naeyer in vergelijking met de referentiewoning. De PFAS-verbindingen PFOS en EtPFOSAA zijn het sterkst verhoogd ten opzichte van de referentie (Tabel 20), wat ook gereflecteerd worden in een hogere gemiddelde concentratie van de somparameters (som PFAS en EFSA-PFAS).



Tabel 20: Absoluut verschil in gemiddelde concentratie tussen woningen op site De Naeyer en de referentiewoning voor de belangrijkste PFAS-verbindingen en de som parameters ( $\Sigma$ PFAS en EFSA-PFAS).

Verhoging op De Naeyer in vergelijking met de referentie	
Som PFAS	+ 30 tot 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ *
EFSA PFAS	+ 10 tot 29 $\mu\text{g}/\text{kg}$
PFOS	+ 5,7 tot 22 $\mu\text{g}/\text{kg}$
EtPFOSAA	+ 5,8 tot 8,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$

\* range door vergelijking met concentraties inclusief en exclusief monsters met lage intake.

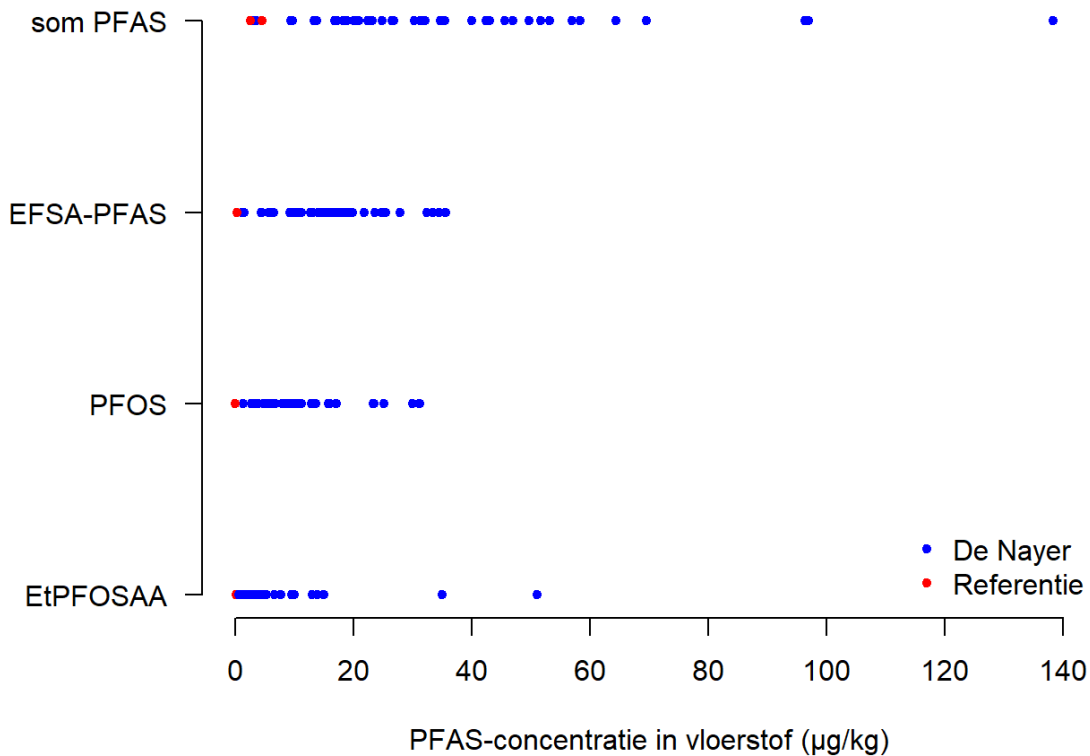
### 7.3.2 Onderlinge vergelijking tussen woningen op site De Naeyer

Er zit een grote spreiding op de PFAS-concentraties in het vloerstof (Tabel 21) tussen woningen. De totale PFAS-concentratie (exclusief indicatieve metingen) varieert tussen 3 en 844  $\mu\text{g}/\text{kg}$  tussen woningen, eerste en tweede meetcampagne samen. De concentratie aan EFSA-PFAS situeert zich tussen 1 en 821  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . De maximale waarde kan als outlier bestempeld worden (zie argumentatie boven, monster met zeer lage intake). De outlier heeft een grote impact op het gemiddelde. Zonder outlier is het gemiddelde 35  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en de maximale concentratie 138  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Voor de EFSA-PFAS is het gemiddelde dan 16  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en het maximum 36  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

Tabel 21: Samenvattende statistieken PFAS-concentraties ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) in vloerstof van woningen op site De Naeyer.

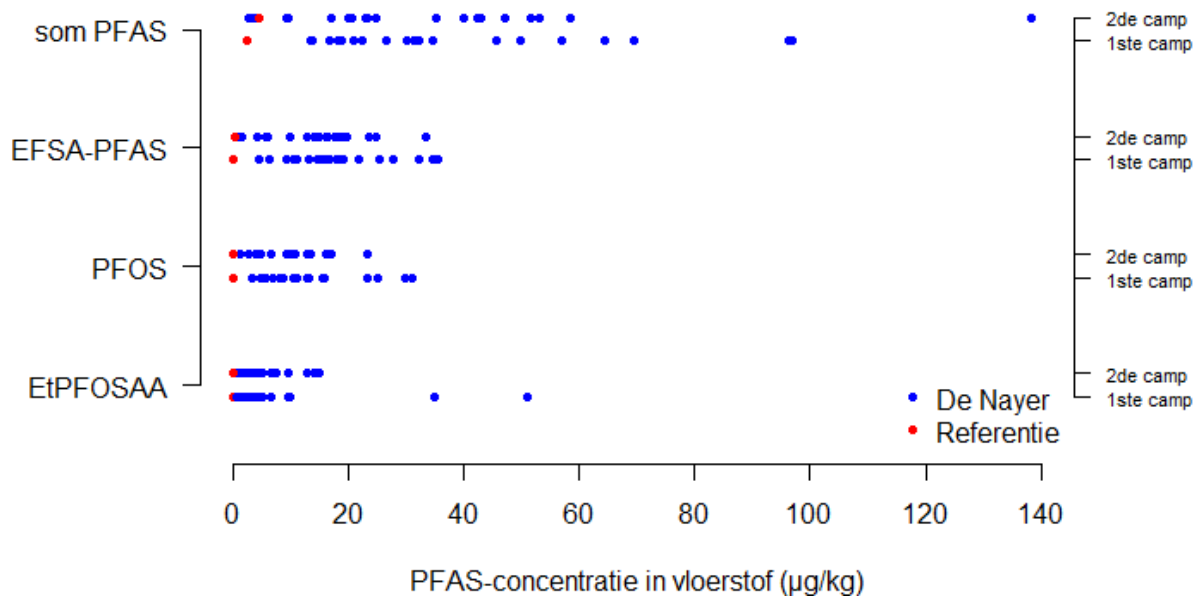
	Concentratie $\Sigma$ PFAS ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )			Concentratie EFSA-PFAS ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		
	excl. indicatieve metingen	excl. indicatieve metingen en outlier	excl. lage intake	excl. indicatieve metingen	excl. indicatieve metingen en outlier	excl. lage intake
Min.	3	3	4	1	1	2
Mediaan	29	27	29	16	16	15
Gemiddelde	53	35	38	34	16	15
Max.	844	138	138	821	36	36

De spreiding op de meetresultaten is duidelijk te beoordelen voor de meest voorkomende PFAS-verbindingen en de EFSA en  $\Sigma$ PFAS parameters (Figuur 21). De PFAS-concentraties voor de referentiewoning liggen steeds onderaan het bereik. De spreiding op de concentraties in het vloerstof situeert zich tussen (afgerond) 0 en 40 tot 50  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , behalve voor de  $\Sigma$ PFAS waar de bovengrens op 138  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ligt. Er zijn drie vloerstofmonsters waar de  $\Sigma$ PFAS-concentratie veel hoger ligt dan in de andere monsters. Dat komt door hoge concentraties van PFPeA, PFHxA en PFHpA in 2 (beide monsters genomen op zelfde adres) van de 3 monsters, en een hoge EtPFOSAA-concentratie in het derde monster (ander adres).



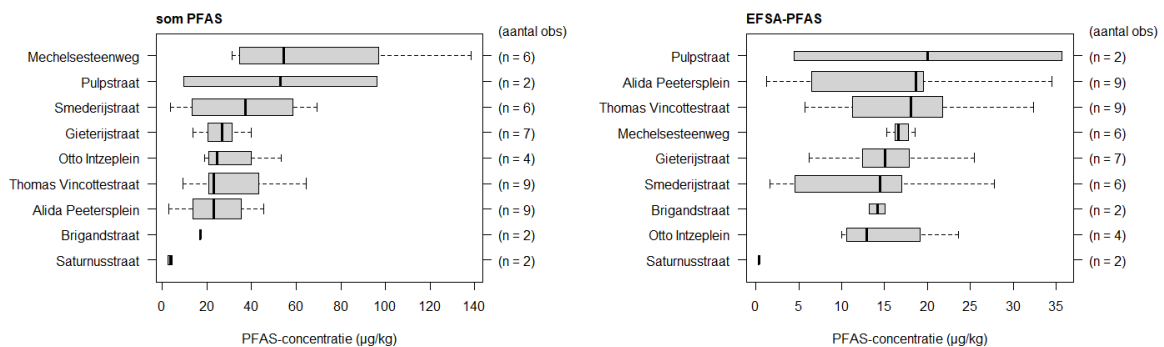
Figuur 21: PFAS-concentraties in het vloerstof in woningen op site De Naeyer en op de referentielocatie. De resultaten voor de somparameters (som PFAS en EFSA-PFAS) en de meest voorkomende PFAS in het vloerstof (PFOS en EtPFOSAA) zijn weergegeven.

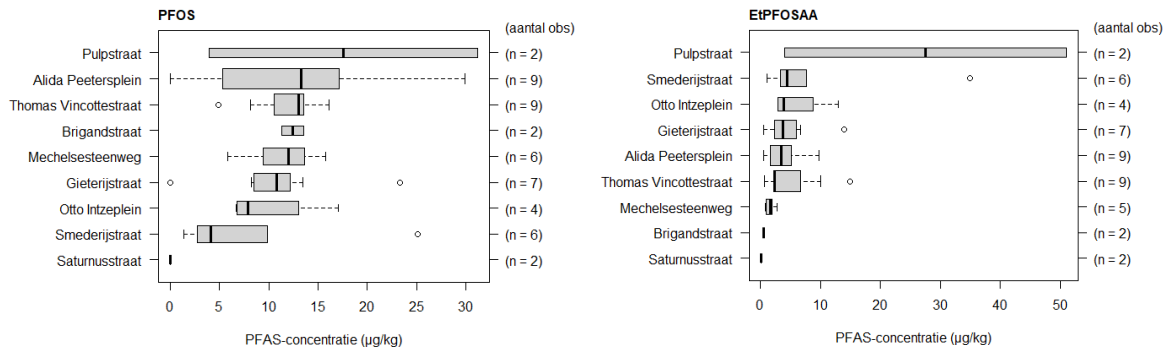
Er worden geen grote verschillen in PFAS-concentraties in het vloerstof vastgesteld tussen de twee meetcampagnes (Figuur 22). Uitzonderingen hierop zijn de twee hoogste EtPFOSAA-concentraties die beide in de eerste veldwerkcampagne werden gemeten (één hiervan geeft aanleiding tot hoogste som PFAS in de eerste veldwerkcampagne; verhoging andere twee monsters door hoge PFPeA, PFHxA en PFHpA-concentraties, zie ook boven).



Figuur 22: Spreiding op de PFAS-concentraties in vloerstof, gegroepeerd volgens eerste en tweede veldwerkcampagne.

De meetresultaten kunnen opgedeeld worden op straatniveau (Figuur 23). De PFAS-concentraties in de Saturnusstraat (referentie) liggen lager dan in de straten op site De Naeyer (staten zijn geordend op aflopende mediaan-concentratie). De PFAS-concentratie kan verschillen tussen woningen in de verschillende straten van De Naeyer. De verschillen tussen straten zijn variabel afhankelijk van de PFAS-verbinding of somparameter die bekeken wordt. Het is wel opvallend dat de Pulpstraat meestal bovenaan staat, wat verklaard kan worden door het beperkt aantal monsters in de Pulpstraat (2) waarvan in één van beide bij de hoogste concentraties gemeten werden in deze studie. De Mechelsesteenweg heeft de hoogste mediaan voor  $\Sigma$ PFAS, wat verklaard kan worden door de twee vloerstofmonsters waarin hoge concentraties PFPeA, PFHxA en PFHpA werden gemeten. In de Brigandstraat werden de laagste EtPFOSAA-concentraties gemeten (wel beperkte steekproef, n = 2). Met uitzondering van bovengenoemde vaststellingen kan er toch besloten worden dat de verschillen tussen straten vrij beperkt zijn. De verschillen tussen woningen in dezelfde straat zijn vaak groter.





Figuur 23: Boxplots van de PFAS-concentraties in het vloerstof, gegroepeerd per straat. De Saturnusstraat ligt in de referentiewijk.

### 7.3.3 Toetsing PFAS-concentraties in vloerstof

Er is geen wettelijk toetsingskader voor PFAS in vloerstof.

Er kan vergeleken worden met monsters uit de referentiewoning. Hieruit blijkt dat er een groter aantal PFAS-verbindingen aanwezig is in het vloerstof op site De Naeyer, en dat de concentraties hoger liggen dan in de referentiewoning. Voornamelijk voor PFOS en EtPFOSAA liggen de concentraties beduidend hoger op De Naeyer.

Hieronder worden resultaten vergeleken met literatuurgegevens.

Voor een aantal PFAS kan wel een vergelijking worden gedaan met de resultaten voor vloerstof in de studie van Colles et al. (2022) in woningen in Vlaanderen (referentiewoningen niet gelegen in no-regret zone, <https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/actuele-no-regret-zones-pfas> ). Voor deze vergelijking werden de eenheden voor vloerstof van deze studie herrekend naar ng/filter.

- Door Colles et al. (2022) zijn de PFAS die vaak waargenomen (meer dan 75% > LOQ) werden: PFOS kon bij alle vloerstofstalen (100%) boven de LOQ en PFOA werd bij 95% van de vloerstofstalen boven de LOQ waargenomen. PFNA werd bij 84% van de vloerstofstalen boven de LOQ waargenomen.
- Matig waargenomen (tussen 25% en 75% > LOQ): PFBS (53%) en PFHxA (37%) werden matig boven de LOQ waargenomen.
- Weinig waargenomen (minder dan 25% > LOQ): PFHxDA (10%), PFHxS (10%) en PFHxS (10%) werden beperkt boven de LOQ waargenomen.
- Niet waargenomen (0% > LOQ): de overige PFAS-componenten lagen allemaal onder de LOQ in alle vloerstofstalen (100%) of werden niet gemeten (blanco), inclusief EtPFOSAA.

Voor de belangrijkste PFAS-verbindingen in het vloerstof uit deze studie en de studie van Colles et al. (2022) werd een vergelijking gemaakt op basis van de mediaanwaarde (Tabel 22). Voor PFOA en PFNA zijn de concentraties vergelijkbaar. De PFOS-concentratie in vloerstof van de Naeyer ligt ongeveer 3 keer hoger, en EtPFOSAA en PFHxA worden enkel in De Naeyer gemeten en niet of beperkt in de woningen uit de studie van Colles et al. (2022). PFHxA is een verbinding die ook in het vloerstof van de referentiewoning in Willebroek wordt gemeten, en daarom is het niet duidelijk waarom niet in de woningen uit de andere studie. EtPFOSAA is een verbinding die in de woningen van Colles et al. (2022) niet wordt gemeten, maar wel op site De Naeyer, omdat het een verbinding is die op site De Naeyer in de bodem aanwezig is en gerelateerd wordt met papiernijverheid.

Tabel 22: Vergelijking van de vloerstofconcentraties (uitgedrukt in ng/filter) met de studie van Colles et al. (2022).

	Vloerstof (n=48) De Naeyer (ng/filter) (alle stof)	Vloerstof (n=19) in ng/filter Colles et al. (2022)
PFOA	1,01	1,05
PFOS	5,5	1,8
PFNA	0,52	0,69
PFHxA	0,92	<0,6
EtPFOSAA	4,88	<RG

RG = niet opgenomen in rapportering

In de studie van D'Hollander et al. (2010) werden (o.a.) PFCs (perfluorobutane sulfonate (PFBS), perfluorohexane sulfonate (PFHxS), PFOS, perfluorobutanoic acid (PFBA), perfluorohexanoic acid (PFHxA), PFOA, perfluorononanoic acid (PFNA) en perfluorodecanoic acid (PFDA)) concentraties gemeten in binnenhuisstof (i.e. vloerstof) in Vlaanderen. De belangrijkste PFAS waren PFOA en PFOS. De mediaan PFOA-concentratie in woningen (0,7 µg/kg) was lager dan in kantoren (2,9 µg/kg), ten opzichte van 1,9 µg/kg in site De Naeyer (Tabel 23). De mediaan PFOS-concentratie in woningen (0,5 µg/kg) is lager dan in kantoorgebouwen (2,2 µg/kg). De mediaan PFOS-concentratie in site De Naeyer is hoger (11,1 µg/kg). De maximale meetwaarden in site De Naeyer, voor PFOA en PFOS, liggen lager dan de P95-concentraties van de Vlaamse studie (zowel voor woningen als voor kantoren). Voor andere PFAS (Tabel 23) liggen de waarden voor site De Naeyer meestal hoger als in woningen uit D'Hollander et al. (2010), maar wel onder de meetwaarden voor kantoren.

Het meest opvallende verschil tussen beide studies is het mediaan meetresultaat voor PFOS dat op De Naeyer (11,1 µg/kg) hoger ligt dan in Vlaanderen (0,5 µg/kg). Dit suggereert dat er op De Naeyer een meer systematische verontreiniging van het huisstof is met PFOS. De maxima verschillen relatief minder sterk, en liggen op De Naeyer ongeveer 2 keer hoger dan in de woningen bemeaten door D'Hollander et al. (2010), en ongeveer 10 keer lager dan de P95-waarde voor kantoor. De hoogste PFOS-concentraties op De Naeyer zijn niet uitzonderlijk hoog, maar de PFOS-verontreiniging van het vloerstof is wel homogener aanwezig in de woningen op de site.

Tabel 23: Vergelijking van de meetresultaten De Naeyer met de resultaten van D'Hollander et al. (2010).

	De Naeyer		D'Hollander et al. (2010)			
			huis		kantoor	
	Mediaan (µg/kg)	Max (µg/kg)	Mediaan (µg/kg)	P95 (µg/kg)	Mediaan (µg/kg)	P95 (µg/kg)
PFOS	<b>11,1</b>	31,18	0,5	17,5	2,2	293
PFOA	1,9	9,5	0,7	11,5	2,9	56,9
PFNA	1,08	9,68	0,1	2,1	0,4	62
PFBS	<	5,72	0	1,1	0,2	2,5
PFBA	<	9,54	0,2	1,6	0,7	3,9
PFHxS	0,02	0,42	0,1	9	0,2	5,1
PFHxA	1,51	73,82	0,3	5,8	1,3	26,1
PFDA	0,67	21,00	0,2	2,6	0,9	30,8

In een studie van Young et al. (2021) werd het vloerstof bemonsterd in 46 lokalen van een Amerikaanse universiteit. De monsters werden geanalyseerd op 42 chemicaliën, waaronder 15 PFAS (PFOS, PFOA, PFHxA, PFHxS, FOSA, PFHpA, PFPeA, PFNA, PFBS, PFDS, PFBA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA en MeFOSAA). De stof Et-PFOSAA die een belangrijk aandeel heeft in de PFAS-concentratie van het vloerstof in site De Naeyer werd niet geanalyseerd in de studie van Young. Twaalf van de 15 PFAS werden gedetecteerd in de stofmonsters. Mediaanconcentraties voor PFAS varieerden tussen 0,92 en 193 µg/kg (of ng/g) voor de gedetecteerde PFAS (Figuur 24).

Exposure levels in dust samples			
Chemical	Percentage of samples >MDL	Median [range (ng/g)]	Median percentage of class sum
Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS)			
PFHxA	97.8	193 (<MDL–2,980)	66
PFOS	97.8	15.2 (<MDL–296)	5.4
PFOA	73.9	7.63 (<MDL–1,520)	4.5
PFHxS	63.0	1.82 (<MDL–23.7)	<1
FOSA	60.9	3.26 (<MDL–236)	1.5
PFHpA	52.2	0.918 (0–1,760)	<1
PFPeA	32.6	<MDL (<MDL–455)	<1
PFNA	30.4	<MDL (<MDL–1,480)	<1
PFBS	30.4	<MDL (<MDL–16.1)	<1
PFDS	10.9	<MDL (<MDL–12.5)	<1
PFBA	4.35	<MDL (<MDL–155)	<1
PFDA	4.35	<MDL (<MDL–35.0)	<1
PFUnDA	0	<MDL (<MDL– < MDL)	<1
PFDoDA	0	<MDL (<MDL– < MDL)	<1
N-MeFOSAA	0	<MDL (<MDL– < MDL)	<1

Figuur 24: Meetresultaten voor PFAS uit de studie van Young et al. (2021) (kopie van een deel van Tabel 2 uit die publicatie).

In Tabel 24 worden de meetresultaten van De Naeyer naast de resultaten van Young et al. (2021) weergegeven. Van de 15 PFAS die door Young et al. geanalyseerd werden, werden er 12 gedetecteerd, t.o.v. 13 van deze lijst die in De Naeyer gemeten werden. De percentages van woningen/lokalen waar PFAS gemeten worden verschilt tussen beide studies. Door Young werden 3 PFAS gemeten in meer dan 70% van de lokalen (PFHxA, PFOS, PFOA), in De Naeyer zijn dat 8 PFAS die in meer dan 70% van de vloerstofmonsters gemeten werden. Dat kan betekenen dat de verontreiniging van het vloerstof met PFAS in De Naeyer homogener is, i.e. is beter vergelijkbaar tussen de verschillende adressen. De concentraties van de belangrijkste PFAS zijn meestal lager in De Naeyer (bv. mediaan-concentratie PFOS is 11,12 µg/kg in De Naeyer en 15,2 µg/kg in de studie van Young; voor PFOA is dit 1,90 vs. 7,63 µg/kg).

In de studie van Young worden de stofmonsters gebruikt om via *in-vitro* onderzoek na te gaan of er hormoon-reacties plaatsvinden. Naast PFAS zitten nog andere stoffen in de stofmonsters waarvan geweten is dat ze een verstorend effect kunnen hebben op de hormoonhuishouding. Young et al. concluderen dat wijzigingen in de hormoon-activiteit worden vastgesteld, geassocieerd met PFAS, organofosfaat esters (OPEs), en polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) concentraties. De auteurs geven aan dat huisstof een complexe mix is van potentieel hormoonverstorende stoffen, en dat meer onderzoek nodig is om de belangrijkste componenten te identificeren en na te gaan welke interventies er nodig zijn om die te verminderen.

Tabel 24: Vergelijking van de PFAS-concentraties in vloerstof in woningen op De Naeyer en de resultaten van Young et al. (2021). De concentraties zijn uitgedrukt in µg/kg (= ng/g); het aantal monsters waarvoor een meetwaarde > RG bepaald werd zijn percentueel uitgedrukt.

	De Naeyer				Young et al. (2021)			
	% > RG	median	min	max	% > RG	median	min	max
<b>PFHxA</b>	89%	1,51	<	73,82	98%	193	<	2980
<b>PFOS</b>	93%	11,12	<	31,18	98%	15,2	<	296
<b>PFOA</b>	100%	1,90	0,17	9,50	74%	7,63	<	1520
<b>PFHxS</b>	58%	0,02	<	0,42	63%	1,82	<	23,7
<b>PFOSA</b>	91%	0,41	<	4,70	61%	3,26	<	236
<b>PFHpA</b>	89%	0,67	<	29,11	52%	0,918	0	1760
<b>PFPeA</b>	44%	<	<	10,91	33%	<	<	455
<b>PFNA</b>	96%	1,08	<	9,68	30%	<	<	1480
<b>PFBS*</b>	9%	<	<	5,72	30%	<	<	16,1
<b>PFDS</b>	0%	<	<	<	11%	<	<	12,5
<b>PFBA*</b>	22%	<	<	9,54	4%	<	<	155
<b>PFDA</b>	98%	0,67	<	21,00	4%	<	<	35
<b>PFUnDA</b>	87%	0,53	<	5,00	0%	<	<	<
<b>PFDoDA</b>	0%	<	<	<	0%	<	<	<
<b>MePFOSAA</b>	49%	<	<	0,66	0%	<	<	<

\* indicatieve meting.

In een andere studie werd door Hall et al. (2020) PFAS gemeten in huisstof dat verzameld werd (stofzuiger) in 184 woningen in North Carolina en in 49 brandweerkazernes in de US en in Canada. De fluorotelomeer alcoholen (FTOHs) en de di-polyfluoroalkyl phosphoric acid esters (diPAPs) waren het meest aanwezig in woningen en kazernes, met mediaan-concentraties van ongeveer 100 µg/kg of

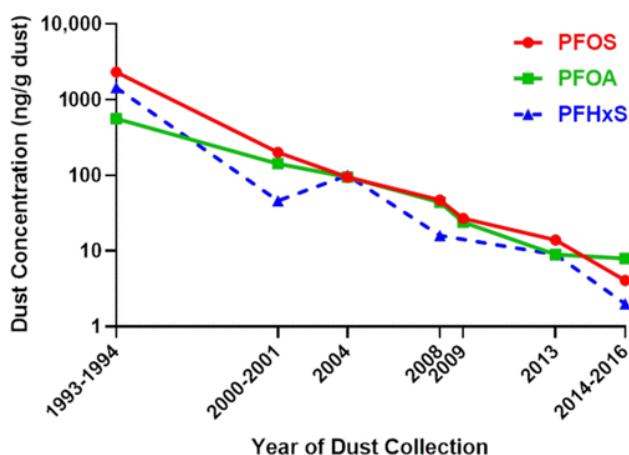
meer. Andere PFAS zoals PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA en 6:2 diPAP waren significant hoger in brandweerkazernes dan in woningen, en omgekeerd was 8:2 FTOH hoger in woningen dan in kazernes.

In Tabel 25 worden de belangrijkste PFAS die gemeten werden op site De Naeyer en waarvoor meetresultaten van particuliere woningen van de studie van Hall et al. beschikbaar zijn naast elkaar gezet. Voor de meeste PFAS ligt de mediaanconcentratie op site De Naeyer tot 10 maal lager, behalve voor PFOS waarvoor de concentratie op site De Naeyer zo'n 2,5 keer hoger ligt (11,12 µg/kg t.o.v. 4,40 µg/kg). De maximum concentratie in site De Naeyer (31,18 µg/kg) is ongeveer 90 keer lager dan in de woningen uit de studie van Hall et al. (2810 µg/kg). De mediaan PFOS concentraties in brandweerkazernes was 64,5 µg/kg en ongeveer 2 keer hoger dan de mediaan-concentratie in De Naeyer.

Tabel 25: Vergelijking van de PFAS-concentraties (µg/kg) in vloerstof in De Naeyer en de studie van Hall et al. (2020).

	De Naeyer			Hall et al. (2020)		
	% > RG	mediaan	max	% > RG	mediaan	max
PFOA	100%	1,90	9,50	100%	7,90	2350
PFDA	98%	0,67	21,00	41%	6,20	4130
PFNA	96%	1,08	9,68	99,50%	3,30	208
PFOS	93%	<b>11,12</b>	31,18	84%	4,40	2810
PFHxA	89%	1,51	73,82	97%	8,50	1380
PFHpA	89%	0,67	29,11	97%	8,90	713

In de studie van Hall et al. (2020) wordt verwezen naar een viertal andere studies in de US waar PFAS gemeten werd in huisstof, en een 13-tal studies wereldwijd. Op basis van de Amerikaanse studies werd de mediaan-concentratie van PFOA, PFOS en PFHxS uitgezet over de laatste 20 jaar (Figuur 25). Er wordt een dalende trend vastgesteld, die in verband gebracht wordt met het uitfasen van PFOS en later PFOA. Deze verbindingen worden vervangen door andere, waarvan Hall et al. verwachten dat ze in toenemende concentraties zullen voorkomen in huisstof.



Figuur 25: Mediaan-concentraties van PFOS, PFOA en PFHxS in huisstof in woningen in de VS. Figuur overgenomen uit Hall et al. (2020).

In een Finse studie (Winkens et al., 2018) was EtPFOSAA samen met 6:2 diPAP de meest vertegenwoordigde PFAS-verbinding die in alle huisstofmonsters uit 62 kinderkamers werden teruggevonden (L-EtPFOSAA mediaan 3 µg/kg, maximum 422 µg/kg; branched-EtPFOSAA mediaan 0,45 µg/kg en maximum van 95,9 µg/kg). In Willebroek was de concentratie van L-EtPFOSAA mediaan



2,6 µg/kg met een maximum van 40 µg/kg; en mediaan 0,8 µg/kg en maximum van 11 µg/kg voor de vertakte vorm br-EtPFOSAA. De mediaanwaarden liggen in dezelfde grootteorde in beide studies, de maxima in Willebroek zijn wel beduidend lager. De PFOS-concentratie is in Willebroek hoger dan in de Finse studie, zowel de mediaan als het maximum (vooral de L-vorm). Omgekeerd zijn de PFOA-concentraties lager in Willebroek.

Tabel 26: Resultaten van PFAS-metingen in huisstof in Finland (Winkens et al., 2018) in vergelijking met meetresultaten van deze studie. In de Finse studie wordt onderscheid gemaakt tussen lineaire (L) en vertakte (br-, branched) vormen. Dezelfde vormen worden hier voor Willebroek gepresenteerd om de vergelijking tussen beide studies te kunnen maken.

	De Naeyer		Winkens et al., 2018	
	mediaan	max	mediaan	max
L-PFOS	8,3	21,44	0,95	10,9
br-PFOS	2,9	9,74	0,55	4,64
L-PFOA	1,8	9,4	5,26	82,7
br-PFOA	0,1	0,1	0,14	3,79
L-EtPFOSAA	2,6	40	3	422
br-EtPFOSAA	0,8	11	0,45	95,9

### Besluit

Het vloerstof in woningen op site De Naeyer bevat PFAS. Ook in de referentiewoning worden PFAS in het vloerstof gemeten. De mix aan PFAS in het vloerstof in site De Naeyer is rijker dan in de referentiewoning. De meest voorkomende PFAS in het vloerstof op site De Naeyer zijn PFOS en EtPFOSAA die beide als afbraakproduct in verband kunnen gebracht worden met de papierenijverheid. Er zijn verschillen in concentraties tussen de woningen op site De Naeyer, en ook tussen straten kunnen verschillen vastgesteld worden. In vergelijking met andere studies blijkt de onderlinge spreiding tussen de woningen wel relatief beperkt te zijn, wat kan wijzen op een algemene aanrijking van PFAS in het vloerstof in de woningen op site De Naeyer.

De PFOS-concentratie in het vloerstof in site De Naeyer ligt ruim boven de Vlaamse mediaanwaarde die in 2010 gemeten werd (D'Hollander et al. (2010)). De maximale PFOS-concentratie op site De Naeyer is ook hoger dan de P95-waarde van woningen in Vlaanderen, maar ongeveer een grootteorde lager dan de P95-waarde voor kantoren in Vlaanderen. Er kon een vergelijking gemaakt worden voor een aantal PFAS-verbindingen (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxA, EtPFOSAA) in het vloerstof met resultaten van Colles et al. (2022). De concentraties liggen lager in het vloerstof van woningen op site De Naeyer. In vergelijking met andere internationale studies is het beeld genuanceerder, waarvoor de mediaan PFOS-concentratie in site De Naeyer ten opzichte van één studie ongeveer 1/3<sup>de</sup> lager ligt, en ten opzichte van twee andere studies ongeveer 2,5 tot 7 keer hoger. In vergelijking met een Finse studie ligt de EtPFOSAA-concentratie ongeveer in dezelfde grootteorde.

## 8. DEPOSITIESTOF BINNEN

### 8.1 INLEIDING

Er werden depositieschalen opgesteld in 22 woningen, waarmee gedurende een periode van minimaal 3 maanden (minimum 69 dagen, gemiddeld 79 dagen, maximum 84 dagen) onafgebroken neervallend huisstof geïncubatie werd. De depositieschalen stonden op 1 tot 2,2 m hoogte (gemiddelde 1,6 m) opgesteld in woonkamer (14), gang (2), keuken (1), eetkamer (1) of nog een andere plaats (logeerkamer, onthaal van het kantoor, niet gekend (2)).

### 8.2 HOEVEELHEDEN HUISSTOF DEPOSITIE

De hoeveelheden depositiestof varieerde van 0,6 mg tot 12,6 mg (gemiddelde van 5,2 mg). Er was geen verband tussen de stofhoeveelheid en het aantal bemonsteringsdagen.

De hoeveelheid depositiestof was te laag om een betrouwbare analyse te kunnen uitvoeren per adres (waarvoor bij voorkeur min. 50 mg wordt geanalyseerd). Daarom werden de depositie monsters gepoold, tot mengmonsters van tussen de 10 en 20 mg (wat nog vrij weinig is), met uitzondering van het depositie monster uit de referentiewoning dat apart geanalyseerd werd. In totaal werden 7 gepoolde monsters geanalyseerd (Tabel 27) en het referentie monster. De lage hoeveelheden kunnen wel resulteren in hogere rapporteergrenzen, wat bv. het geval was voor PFOS waar de rapporteergrens tussen 30 en 100 µg/kg lag. De PFOS-concentratie kon door de lage intake van het referentie monster niet bepaald worden voor de referentiewoning.

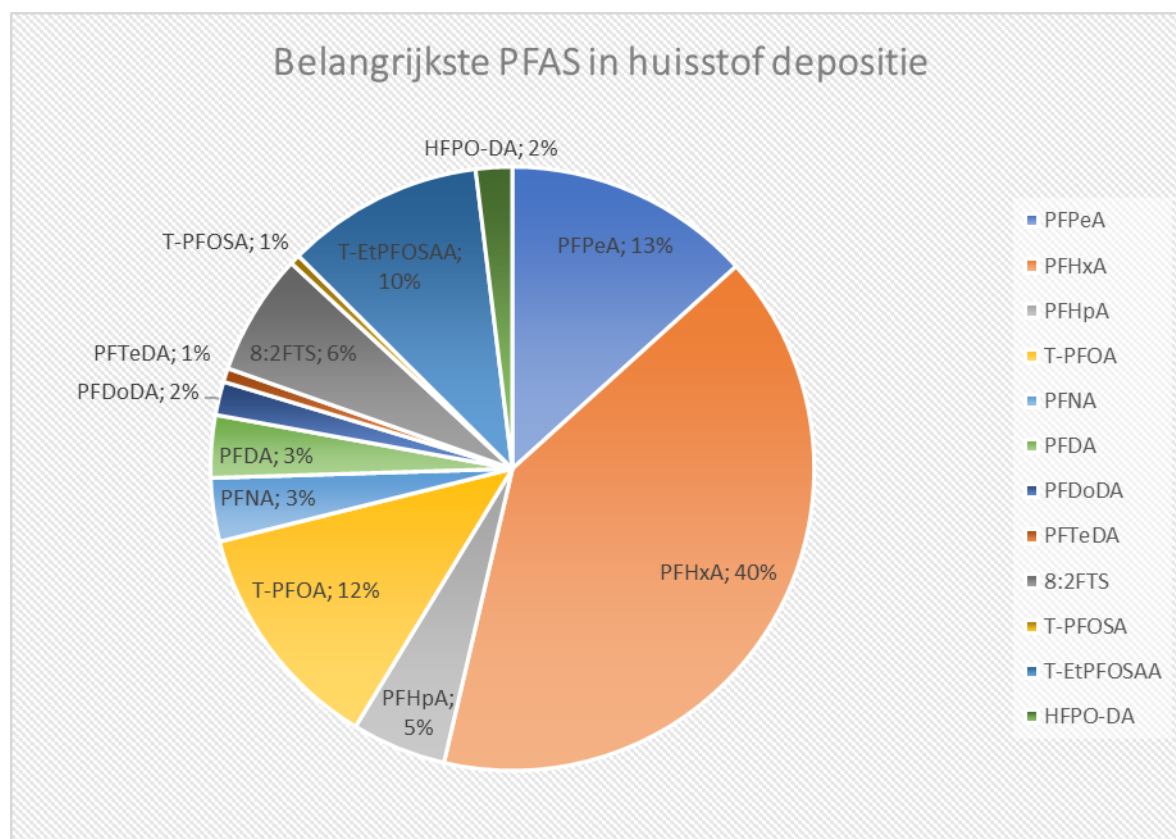
Tabel 27: Overzicht van de pooling van de huisstof depositie monsters.

Gepoolde monsters	gewicht (mg)	Straat
1	17,34	Alida Peetersplein
2	15,77	Alida Peetersplein
3	18,96	Thomas Vinçottestraat
4	16,26	Smederijstraat
5	11,96	Otto Inzeplein + Pulpstraat
6	17,48	Gieterijstraat
7	12,18	Mechelsesteenweg + Brigandstraat
8	4,82	referentie (maar 1 woning, niet poolen)

### 8.3 VOORKOMEN VAN PFAS IN HUISSTOF DEPOSITIES

Een overzicht van de belangrijkste PFAS in huisstofdeposities werd opgemaakt volgens de methode beschreven in Bijlage C. De PFAS die in de hoogste concentraties voorkomen zijn PFHxA (40%) en in mindere mate PFPeA (13%), PFOA (12%) en EtPFOSAA (10%) (Figuur 26). PFOS kon niet goed gemeten worden in het depositiestof (hoge rapporteergrens) door de lage hoeveelheid depositiestof (zie boven, lage intake). In de referentiewoning worden de verbindingen PFHxA (93%) en PFPeA (7%) gemeten. In de referentiewoningen worden 2 PFAS-verbindingen gemeten in de huisstofdepositie, en 12 in de huisstofdeposities in De Naeyer (exclusief indicatieve metingen en PFAS die <0,5% van totaal uitmaken). Er komen meer verschillende PFAS voor in het depositiestof in woningen op De Naeyer dan in de referentiewoning.

De belangrijkste PFAS in het depositiestof in de woningen verschilt toch met andere indoor media, zowel in de referentie als in woningen op site De Naeyer. Er lijkt een aanrijking te zijn van PFPeA en PFHxA in het depositiestof, zowel in de referentie als in site De Naeyer woningen. Dit is niet te verklaren door inwaai of inloop van PFAS uit de bodemverontreiniging op De Naeyer. Een mogelijke verklaring is de aanwezigheid van deze PFAS in consumentenproducten, meubilair, etc., die zowel in woningen op De Naeyer als in de referentiewoning worden gebruikt (i.e. indoor bronnen). Er is ook een aanrijking van beide PFAS in de stofdepositie op hogere oppervlakken in vergelijking met het vloerstof (zie onder).



Figuur 26: Percentueel aandeel van de belangrijkste PFAS in huisstof depositie.

## 8.4 PFAS-CONCENTRATIES IN DE HUISSTOFDEPOSITIES

De concentratie van de som van de PFAS (exclusief indicatieve metingen) is gemiddeld 61 µg/kg in woningen op site De Naeyer en 94 µg/kg in de referentiewoning (Tabel 28). In de referentiewoning komen PFPeA en PFHxA in hogere concentratie voor (respectievelijk 6,50 µg/kg en 87,36 µg/kg) dan in de huisstofdeposities in woningen op site De Naeyer (7,98 µg/kg en 24,22 µg/kg). Vooral de PFHxA concentratie is hoog in de referentiewoning. In één van de gepoolde stalen van site De Naeyer ligt de PFHxA concentratie nog hoger (117 µg/kg) dan in de referentiewoning (geen gepoold staal). Er moet opgemerkt worden dat de PFHxA meting als "indicatief" werd beoordeeld bij de analyse. Samen met het feit dat de referentiemeting geen gepoold staal was met lage intake maakt dat de PFHxA depositiemeting in de referentiewoning onzeker is.

Er is een aanrijking van PFPeA en PFHxA in de huisstofdepositie ten opzichte van het vloerstof, waar de concentratie van PFPeA (0,35 µg/kg) en PFHxA (1,60 µg/kg) lager ligt. Dit kan een indicatie zijn dat PFPeA en PFHxA voornamelijk in suspensie in de binnenlucht voorkomen (volume-vullend) en kunnen neerslaan op oppervlakken op grotere hoogte, terwijl de voornaamste PFAS van het schoen- en vloerstof mogelijks minder stuifgevoelig zijn of minder hoog opwaaien in de woning (bv. door gebonden toestand met bodemdeeltjes?).

Voor de EFSA-PFAS is de concentratie 10 µg/kg in site De Naeyer tegenover 0,00 µg/kg in de referentiewoning. Aangezien PFOS niet voldoende precies bepaald kon worden is dit mogelijks een onderschatting. PFOA is de belangrijkste PFAS in het depositiestof (7,45 µg/kg), mogelijks ook doordat PFOS-metwaarden ontbreken.

In de huisstofdeposities van De Naeyer woningen komen nog andere PFAS voor, waarvan EtPFOSAA (6,36 µg/kg) in de hoogste concentratie. De verbinding EtPFOSAA komt in de hoogste concentraties voor in de Thomas Vinçottestraat en de Smederijstraat (tussen 9,4 en 14 µg/kg). De typische PFAS die in bodem en andere matrices gemeten worden in site De Naeyer komen ook voor in de depositie, maar in een lager percentage aangezien er een aanrijking is van PFPeA en PFHxA.

Tabel 28: Gemiddelde PFAS-concentraties in de huisstofdeposities in woningen op site De Naeyer en in de referentiewijk.

Groep	Acroniem	Gemiddelde De Naeyer	Referentiewoning	Opmerking
		Concentratie huisstof depositie (µg/kg)	Concentratie huisstof depositie (µg/kg)	
PFCA	PFBA	25,43	28,00	indicatief
	PFPeA	7,98	6,50	
	PFHxA	24,22	87,36	*
	PFHpA	3,04	0,00	
	T-PFOA	7,45	0,00	
	PFNA	2,04	0,00	
	PFDA	2,01	0,00	
	PFUnDA	0,30	0,00	
	PFDoDA	1,08	0,00	
	PFTTrDA	0,16	0,00	indicatief
	PFTeDA	0,44	0,00	
PFSA	PFPrS	1,00	0,00	indicatief
	PFBS	2,73	0,00	indicatief
	T-PFHxS	0,14	0,00	
	PFDS	0,12	0,00	
FTS	6:2FTS	23,84	1,40	indicatief
	8:2FTS	3,91	0,00	
	10:2FTS	1,21	0,00	indicatief
PFBSA	MePFBSA	0,29	0,00	indicatief
PFBSAA	MePFBSAA	9,43	5,60	indicatief
PFOSA	T-PFOSA	0,32	0,00	
PFOSAA	T-EtPFOSAA	6,36	0,00	
	HFPO-DA	1,17	0,00	
	<b>Som PFAS (ΣPFAS)</b>	<b>125</b>	<b>129</b>	Incl. indicatieve metingen
	<b>Som PFAS (ΣPFAS)</b>	<b>61</b>	<b>94</b>	Excl. indicatieve metingen
	<b>Som EFSA-PFAS</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	

\* afwijkende terugvinding van de interne standaard (vermoedelijk door matrix effect) voor deze PFAS (analytische kwaliteitscontrole)

Er werden nog een aantal PFAS indicatief gemeten in het depositiestof in woningen op site De Naeyer en in de referentiewoning, waarvan PFBA (25 µg/kg De Naeyer en 28 µg/kg in referentiewoning); 6:2FTS (24 µg/kg De Naeyer en 1,4 µg/kg in de referentiewoning) en MePFBSAA (9 µg/kg in De Naeyer en 5,60 in de referentiewoning). De hoge gemiddelde 6:2 FTS op De Naeyer in vergelijking met de referentiewoning is toe te schrijven aan 1 verhoogd meetresultaat op De Naeyer (factor 100 hoger dan de referentiemeting, factor 10 tot 100 hoger dan andere metingen op De Naeyer, zonder deze uitschieter is het gemiddelde op De Naeyer 4 µg/kg 6:2FTS).

De huisstofdeposities kunnen genormaliseerd worden naar oppervlakte en tijd (Tabel 29), en uitgedrukt worden in ng/m<sup>2</sup>/dag in plaats van per kg depositiestof. Depositieingen in buitenomgeving worden ook in die eenheden uitgedrukt. Deposities van de EFSA-PFAS (vnl. PFOA, mogelijks omdat PFOS niet bepaald kon worden) varieert van 0,02 tot 0,13 ng/m<sup>2</sup>/dag in woningen op De Naeyer. EtPFOSAA varieert tussen 0,01 en 0,06 ng/m<sup>2</sup>/dag. In de referentiewijk is de depositie van EFSA-PFAS, PFOA en EtPFOSAA gelijk aan 0 ng/m<sup>2</sup>/dag.

Tabel 29: PFAS in de huisstofdeposities (genormaliseerd).

	EFSA PFAS	PFOA	EtPFOSAA
	ng/m <sup>2</sup> /dag	ng/m <sup>2</sup> /dag	ng/m <sup>2</sup> /dag
Alida Peetersplein (pool 1)	0,03	0,03	0,02
Alida Peetersplein (pool 2)	0,06	0,05	0,01
Thomas Vinçottestraat	0,13	0,09	0,05
Smederijstraat	0,06	0,05	0,06
Otto Inzeplein + Pulpstraat	0,02	0,02	0,03
Gieterijstraat	0,07	0,05	0,02
Mechelsesteenweg + Brigandstraat	0,04	0,03	0,01
Referentie	0,00	0,00	0,00

### Besluit

In vergelijking met het vloerstof wordt in het depositiestof een aanrijking van PFPeA en PFHxA vastgesteld, zowel in de woningen op site De Naeyer als in de referentiewoning. Door hun voorkomen in de referentiewoning zijn deze PFAS niet onderscheidend en typisch voor woningen in site De Naeyer. Dit kan mogelijks verklaard worden door de aanwezigheid van deze PFAS in consumentenproducten, meubilair, tapijten etc. Naast PFPeA en PFHxA worden ook PFOA en EtPFOSAA gemeten in het depositiestof in woningen op site De Naeyer, maar niet in de referentiewoning. PFOA en EtPFOSAA zijn ook belangrijke PFAS in de bodemverontreiniging van site De Naeyer en komen ook voor in schoenstof en vloerstof in woningen op de site, en dus ook in de deposities op hogere oppervlakken in de binnenruimte. PFOS kon niet voldoende precies bepaald worden in de depositie monsters en werd dus niet als kwantitatief significant weerhouden.

## 9. BODEM

### 9.1 BODEMONDERZOEK DE NAEYER

Er werd een onderzoek uitgevoerd door Abesim in 2021, waar onder andere PFAS-concentratie in de bodem van percelen in zone F (dit is de zone waar deze studie zich ook situeert) werden gemeten (Abesim, 2021) en vergeleken met de toen geldende referentiewaarden (nu voorstel om de bodemsaneringsnorm voor wonen (bestemmingstype III) te verlagen naar 4,9 µg/kg ds PFOS en 7,9 µg/kg ds PFOA).

Abesim besluit voor grond ondiepe stalen dat (zie Abesim, 2021):

- *Quasi alle stalen zijn aangerijkt*
- *over volledige site*
- *over volledige traject 0-70 cm-mv (sterk geroerde grond)*
- *De concentraties komen overeen met deze in de gestockeerde hopen grond.*
- *PFOS: Gemiddelde concentraties = 97 µg/kg.ds*
- *= 6x voorgestelde BSN o.b.v. ecotoxicologische grenswaarde 18 µg/kg*
- *< voorgestelde BSN o.b.v. humaan toxicologische grenswaarde 205 µg/kg.ds*
- *PFOA: Gemiddeld concentraties = 7,4 µg/kg.ds*
- *< voorgestelde BSN o.b.v. eco- en humaan toxicologische grenswaarde*
- *PFAS totaal: Er werden tevens verhoogde concentraties aan overige PFAS gemeten. De gemiddelde concentratie PFAS (incl. PFOS en PFOA) bedraagt 130 µg/kg.ds waarvan dus 75% PFOS. Sommige PFAS zijn een precursor voor PFOS en PFOA. Gezien het ontbreken van toetsingswaarden voor de overige PFAS en het onvoldoende gekend zijn van het omvormgedrag in de bodem, zijn geen toetsingswaarden in dit rapport geëvalueerd.*

Op de Informatievergadering Willebroek 19 juli 2021 werden de meetresultaten bodem van zone F (dit is de zone waar deze studie uitgevoerd werd) voorgesteld (Figuur 27). In de overzicht tabel is de PFAS-verbinding EtPFOSAA opgenomen. EtPFOSAA wordt in hoge concentraties gemeten in de bodem, en is een precursor is van PFOS (zie Figuur 8).



Staal	Gebruik	Diepte staal (m-mv)	Concentratie µg/kg.ds			Andere parameters >80% BSN type III
			PFOS	PFOA	EtFOSAA	
BF21001	Openbaar domein, groenzone	0-0,15	100	3,9	470	Andere PFAS
		0,15-0,30	200	5,4	430	Koper, Andere PFAS
BF21002	Braakliggend woonperceel	0-0,15	57	2,9	110	Andere PFAS
BF21003	Openbaar domein, groenzone	0-0,15	100	2,2	240	Andere PFAS
		0,15-0,30	160	9,5	240	Andere PFAS
BF21004	Openbaar domein, naast drainagegracht	0-0,15	57	2,2	110	Andere PFAS
		0,15-0,30	53	3,6	42	Andere PFAS
BF21005	Braakliggend woonperceel	0-0,15	0,49	0,27	< 1,4	-
		0,30-0,45	1,1	0,44	< 1,7	-
BF21006	Particuliere tuin	0-0,15	34	1,2	13	-
		0,30-0,50	47	1,4	8,6	PFDA, FOSA

	BSN Type I/II Natuurgebied Woongebied met landelijk karakter (µg/kg ds)	BSN Type III Woongebied (µg/kg ds)	BSN Type IV Recreatiegebied (µg/kg ds)
PFOS	3,8	38	130
PFOA	4,3	89	143
EtFOSAA	(?)	(?)	(?)

Figuur 27: Slide uit de presentatie op de informatievergadering in Willebroek met onderzoeksresultaten bodem.

## 9.2 BIJKOMENDE BODEMANALYSES UIT DE REFERENTIEWIJK

Er werden twee bodemmonsters (toplaag, bovenste 5 cm) genomen op braakliggend terrein in de referentiewijk (op hetzelfde tijdstip, twee verschillende locaties).

Gemiddeld bedraagt de totale PFAS-concentratie 3,1 µg/kg ds, waarvan de EFSA-PFAS ongeveer 2/3<sup>de</sup> (1,9 µg/kg ds) uitmaken. Van de EFSA-PFAS is de PFOS-concentratie (1,4 µg/kg ds) hoger dan de PFOA-concentratie (0,3 µg/kg ds) (daarnaast: PFNA-concentratie 0,14 µg/kg ds en PFHxS-concentratie <0,05 µg/kg ds). Buiten de EFSA-PFAS werden voornamelijk nog een aantal perfluoralkylcarbonzuren gemeten (belangrijkste: PFBA, 0,54 µg/kg ds). De verbinding EtPFOSAA wordt niet gemeten in de bodem van de referentiewijk (<0,05 µg/kg ds). De gemiddelde concentraties van PFOS (97 µg/kg) en PFOA (7,4 µg/kg) liggen respectievelijk 70 en 25 keer hoger in site De Naeyer.

Tabel 30: PFAS-concentraties in de bodem van de referentiewijk.

	PFAS totaal* concentratie (µg/kg ds)	EFSA PFAS- concentratie (µg/kg ds)	PFOA (µg/kg ds)	PFOS (µg/kg ds)
bodemmonster 1	3,8	2,1	0,4	1,6
bodemmonster 2	2,5	1,6	0,3	1,2
<b>gemiddelde</b>	<b>3,1</b>	<b>1,9</b>	<b>0,3</b>	<b>1,4</b>

\* exclusief indicatieve metingen

Er werden toetsingswaarden voor de ‘waarde vrij gebruik / richtwaarde’ voor bodem afgeleid, waarbij rekening is gehouden met de achtergrondconcentraties (streefwaarden) en de voorgestelde bodemsaneringsnormen (toetsingswaarden) (Touchant et al., 2021).

De richtwaarde / waarde vrij gebruik bedraagt 3,0 µg/kg ds voor PFOS en 3,0 µg/kg ds voor PFOA. Meer toelichting is te vinden in de Richtlijn PFAS-onderzoek – herziening april 2022 (OVAM, 2022). Eind vorig jaar is het normenkader herbekeken (<https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling/pfas-normenkader-voor-bodemsanering-en-grondverzet>; 1<sup>e</sup> goedkeuring 16/12/2022) en daar wordt voor



PFOA 2 µg/kg ds voorgesteld. Wegens het ontbreken van data en kennis over de andere PFAS-verbindingen zal voor de waarde vrij gebruik en de richtwaarde voorlopig een pragmatische toetsing worden gevolgd. Namelijk, de som van de gemeten PFAS wordt getoetst aan 8 µg/kg ds. Parameters waarvan de gemeten waarde onder de rapporteringsgrens ligt, worden in de sommatie niet meegenomen.

De PFOS, PFOA en de som van alle gemeten PFAS-verbindingen liggen onder de richtwaarde / waarde vrij gebruik van bodem in de referentiewijk.

Er werden eveneens streefwaarden afgeleid voor perfluorverbindingen (Touchant et al., 2020). Op 50 onverdachte (niet-vervuilde) stalen uit de toplaag (0-20 cm) van Vlaamse bodems werden de perfluorverbindingen (PFAS) geanalyseerd. Voor Vlarebo-genormeerde parameters zijn de streefwaarden gebaseerd op de 90-percentielwaarden. De streefwaarden voor PFOS en PFOA die op basis van de studie werden afgeleid, zijn 1,5 µg/kg ds voor PFOS en 1,0 µg/kg ds voor PFOA.

De streefwaarde voor PFOS is in de referentiewijk in één van beide monsters (beperkt) overschreden. De PFOA-concentraties liggen ruim beneden de streefwaarde.

## 10. INTERPRETATIE VAN DE MEETRESULTATEN

### 10.1 VERGELIJKING VERSCHILLENDE MATRICES

Volgende milieucompartimenten en matrices werden onderzocht in deze studie:

- Huisstof: schoenstof, vloerstof, depositiestof binnen;
- Omgevingslucht en deposite buiten.

Hier wordt een vergelijking gemaakt van de PFAS-belasting van de verschillende matrices.

#### 10.1.1 Voorkomen van PFAS

In de verschillende matrices komt een mix van PFAS voor, bestaande uit 9 tot 18 verschillende verbindingen (Tabel 31). Acht PFAS komen in alle media voor (hier werd PFOS toegevoegd ondanks het feit dat PFOS niet gemeten kon worden in de deposities in de woning door de beperkte hoeveelheid depositiestof). Hierbij zit ook de stof EtPFOSAA die als merker voor de historische bodemverontreiniging kan beoordeeld worden. Naast deze PFAS zijn er nog een heel aantal PFAS die niet opgenomen werden in deze lijst wegens "indicatief" gemeten of voorkomen met een heel lage detectiefrequentie (bijvoorbeeld maar in enkele woningen) (zie Tabel 32 voor alle matrices samen). De belangrijkste "indicatief" gemeten PFAS componenten zijn 6:2FTS (tussen 1,7 en 30% van  $\Sigma$ PFAS), PFBA (tussen 0,9 en 33% van  $\Sigma$ PFAS) welke in alle matrices gemeten werden.

Tabel 31: Overzicht van het voorkomen van PFAS in de verschillende matrices. Enkel niet-indicatieve PFAS werden weerhouden, die bovendien meer dan 0,1% voorkomen in de respectievelijke matrix. PFAS die in alle matrices voorkomen zijn gearceerd.

		Omgevingslucht		In de woning		
		omgevingslucht	depositie	schoenstof	vloerstof	depositie
Perfluoralkylcarbonzuren (PFCA)	PFPeA	x	x	x	x	x
	PFHxA	x	x	x	x	x
	PFHpA	x	x	x	x	x
	PFOA	x	x	x	x	x
	PFNA	0	x	x	x	x
	PFDA	x	x	x	x	x
	PFUnDA	0	x	x	x	x
	PFDoDA	0	x	x	0	x
	PFTeDA	0	x	x	x	x
	PFHxDA	0	0	x	x	0
Perfluoralkylsulfonzuren (PFSA)	PFHxS	0	0	x	x	x
	PFOS	x	x	x	x	/
	PFDS	0	0	0	0	x
Fluortelomeer sulfonaat (FTS)	8:2FTS	0	x	x	x	x
Perfluorsulfonamides (FOSA)	PFOSA	x	x	x	x	x
	MePFOSA	0	0	0	x	0
	EtPFOSA	x	x	x	x	0
Perfluorsulfonamide zuren (FOSAA) (azijn)	MePFOSAA	0	0	x	x	0
	EtPFOSAA	x	x	x	x	x
	HFPO-DA	0	0	0	x	x
	ADONA	0	x	0	0	0
<b>Aantal gedetecteerde PFAS</b>		<b>9</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>15</b>

Tabel 32: Overzicht van PFAS die in laag percentage voorkomen of indicatief gemeten werden.

Laag % (<0,1% van $\Sigma$ PFAS)	Indicatief
PFHpS	PFBA
PFNS	PFTrDA
ADONA	PFPrS
	PFBS
	6:2FTS
	10:2FTS
	PFBSA
	MePFBSA
	MePFBSAA
	6:2diPAP
	8:2diPAP
	HFPO-DA
	ADONA

### 10.1.2 Belangrijkste PFAS

De eenheden waarin de concentraties van de verschillende matrices worden uitgedrukt verschillen. Dat bemoeilijkt de vergelijking tussen matrices. Een alternatief is het procentueel aandeel van bepaalde componenten op het totale PFAS-gehalte voor elke matrix afzonderlijk te berekenen, en zo een vergelijking te maken over de verschillende matrices.

Het procentueel aandeel van de verschillende PFAS op het totaal ( $\Sigma$ PFAS) werd uitgezet voor de verschillende matrices zwevend stof in omgevingslucht, depositie buiten, schoenstof, vloerstof en depositiestof binnen (Figuur 28). PFAS die indicatief gemeten worden, zijn niet opgenomen in Figuur 28.

De PFAS-componenten die in de verschillende media gemeten worden, komen grotendeels overeen, met PFOS (gemiddeld 16% over alle matrices, min 11%, max 29%, behalve in huisstofdepositie, zie boven), EtPFOSAA (11%, min 0,4%, max 23%), PFHxA (9%, min 1,4%, max 19%), PFOA (7,5%, min 2,3% max 16%) en PFPeA (2,1%, min 0,3%, max 6,3%) als belangrijkste componenten (>5% in één van de matrices).

Tabel 33: Percentueel aandeel van PFAS die in minstens 1 van de matrices >5% van de  $\Sigma$ PFAS (inclusief indicatieve metingen) uitmaakt. Per matrix zijn de PFAS die >10% vertegenwoordigen in het vet aangeduid. De resultaten voor de EFSA-PFAS zijn ook opgenomen in de tabel.

	De Naeyer					
	Omgevingslucht	depositie omgevingslucht	schoenstof	vloerstof	depositie binnen	aantal matrices >5%
	%	%	%	%	%	
PFPeA	0,8%	1,3%	0,3%	1,6%	6,3%	1
PFHxA	5,1%	4,1%	1,4%	<b>13,8%</b>	<b>19,2%</b>	3
T-PFOA	<b>15,8%</b>	7,9%	2,3%	6,6%	5,9%	4
T-PFOS	<b>11,3%</b>	<b>11,0%</b>	<b>12,8%</b>	<b>28,7%</b>	-*	4
T-EtPFOSAA	<b>13,4%</b>	<b>26,7%</b>	<b>22,6%</b>	<b>14,9%</b>	5,0%	5
EFSA-PFAS	<b>27%</b>	<b>19%</b>	<b>15%</b>	<b>40%</b>	8%	5

\* PFOS kon niet voldoende nauwkeurig gemeten worden op de huisstofdeposities.

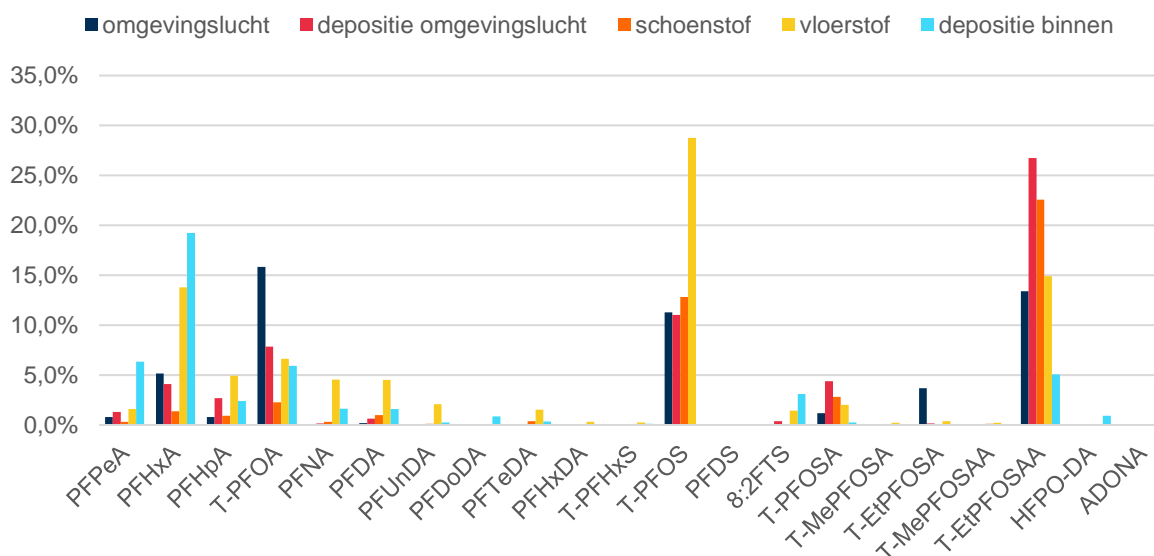
De belangrijkste verschillen in fingerprint tussen de matrices zijn:

- Relatief hoog aandeel van PFHxA in vloerstof en binnendepositie in vergelijking met andere matrices. Een mogelijke verklaring is het voorkomen van andere bronnen van PFHxA in de woning. PFHxA wordt zowel in woningen op De Naeyer gemeten als in de referentiewoning, waardoor besloten kan worden dat de historische bodemverontreiniging geen (of hoogstens een beperkte) bijdrage kan hebben voor deze PFAS component binnenshuis.
- Afwezigheid van PFOS in depositiestof binnen wat verklaard kan worden door de hoge rapporteergrens van PFOS in die matrix door lage intake.

De belangrijkste PFAS in de verschillende matrices op site De Naeyer zijn EtPFOSAA, PFOS, en PFOA. Ook in de bodem worden deze componenten in hoge concentraties gemeten (Abesim, 2021). Er is dus een duidelijke link tussen de historische bodemverontreiniging en de PFAS die in de woningen wordt aangetroffen.

De EFSA-PFAS vertegenwoordigen gemiddeld 21% (min 8%, max 40%, zie Tabel 33) in de onderzochte matrices. Het percentage voor depositie van huisstof (8%) is waarschijnlijk een onderschatting. PFOS en PFOA zijn de belangrijkste EFSA-PFAS.

## Percentueel aandeel PFAS in verschillende matrices



\* aandeel bepaald t.o.v. som PFAS inclusief indicatieve PFAS; indicatieve PFAS niet opgenomen in deze figuur. Som van de aandelen per matrix is daarom niet noodzakelijk 100%.

Figuur 28: Percentueel aandeel van de belangrijkste PFAS in de verschillende matrices.

### **Besluit**

Er kan geconcludeerd worden dat de verschillende matrices PFAS bevatten. De belangrijkste PFAS, met name PFOS, EtPFOSAA en PFOA komen in de verschillende matrices in belangrijke mate voor. Deze PFAS kunnen in verband gebracht worden met de historische bodemverontreiniging van de site. Deze PFAS zijn afbraakproducten van PFAS die gebruikt werden in de papierindustrie.

Een andere PFAS-verbinding die in belangrijke mate gemeten werd is PFHxA. Deze stof komt voornamelijk voor in het vloerstof en de huisstofdepositie, en minder in de andere matrices. PFHxA heeft waarschijnlijk een andere bron en verspreidingsroute want PFHxA wordt ook aangetroffen in de referentiewoning.

### **10.1.3 Gemiddelde PFAS concentraties in verschillende matrices**

Voor de belangrijkste PFAS die gemeten worden in De Naeyer in de verschillende matrices, worden de gemiddelde concentraties van De Naeyer site en de referentiewoning (indien beschikbaar) gegeven in Tabel 34. De PFOS, PFOA en EtPFOSAA concentraties liggen hoger in de woningen op site De Naeyer dan in de referentiewoning. De PFHxA en PFPeA concentraties liggen in dezelfde grootteorde tussen site De Naeyer en referentiewoning, of kunnen zelfs hoger zijn in de referentiewoning.

Tabel 34: Gemiddelde PFAS-concentraties voor de verschillende matrices gemeten op De Naeyer en in de referentiewoning.

	Omgevingslucht <sup>(a)</sup>				In de woning					
	omgevingslucht		depositie		schoenstof		Vloerstof <sup>(b)</sup>		depositie binnen	
	De Naeyer	referentie	De Naeyer	referentie	De Naeyer	referentie	De Naeyer	referentie	De Naeyer	referentie
	ng/m <sup>3</sup>		ng/m <sup>2</sup> /dag		µg/kg		µg/kg		µg/kg	
PFPeA	0,002		1,3		0,35	<0,046	0,89	<0,8	7,98	6,50
PFHxA	0,013		3,9		1,60	<0,095	5,99	2,53	24,22	87,36
PFOA	0,040		7,5		2,63	<0,096	2,78	0,33	7,45	<4
PFOS	0,029		10,5		14,79	<0,35	10,37	4,70 <sup>(d)</sup>	<50 <sup>(c)</sup>	<100 <sup>(c)</sup>
EtPFOSAA	0,034		25,4		26,05	<0,10	8,44	0,15	6,36	<1
∑PFAS (excl. indicatief)	0,253		91		52	0,52	38	8	61	94
EFSA-PFAS	0,069		18		18	0	15	5	10	0

er werden geen omgevingslucht- en depositiemetingen in de referentiewijk uitgevoerd.

monsters met lage intake (<50 mg) werden niet meegenomen in de berekening van de gemiddelde concentraties.

hoge rapporteergrens of kwantificatielimiet door lage intake.

resultaat voor L-PFOS, T-PFOS beneden RG met hoge RG voor die meting.

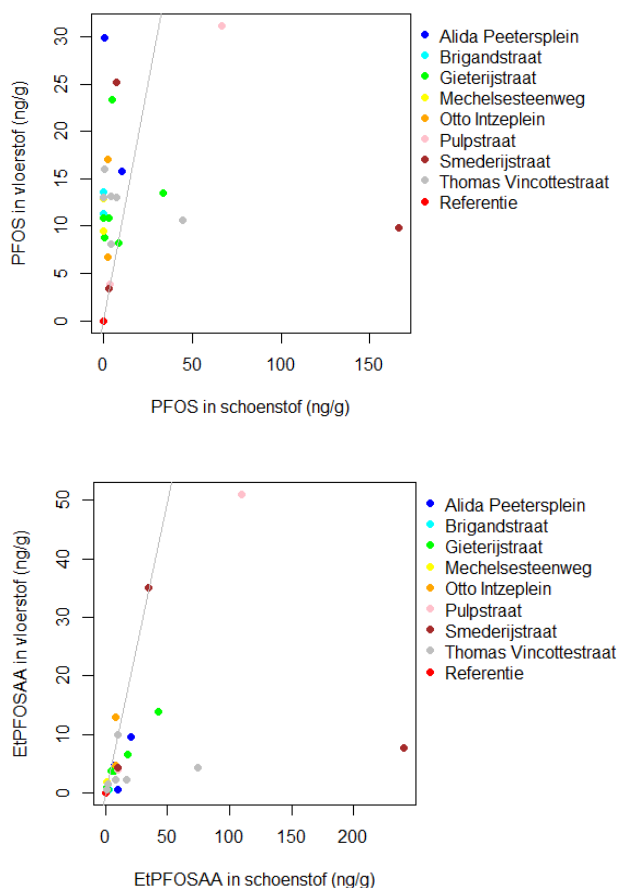
Er worden vergelijkbare PFOS- en PFOA-concentraties gemeten in het schoen- en vloerstof (PFOS en PFOA gesommeerd in de EFSA-PFAS met een gemiddelde concentratie van respectievelijk 17,87 en 16,08 µg/kg). In het bodemonderzoek (Abesim, 2021) werd een gemiddelde PFOS-concentratie van 97 µg/kg ds gemeten en een gemiddelde PFOA-concentratie van 7,4 µg/kg ds, de concentratie van EFSA-PFAS in de bodem is gemiddeld 104,4 µg/kg ds (de overige twee EFSA-PFAS worden hier gelijk gesteld aan nul, dat kan mogelijks zorgen voor een kleine onderschatting). PFOS en PFOA zijn veruit de belangrijkste EFSA-PFAS in bodem. De EFSA-PFAS concentratie in de bodem ligt gemiddeld ongeveer 5 keer hoger dan in het schoenstof en vloerstof in de woning. Dit verschil kan verklaard worden door verdunning, bv. door inloop en inbreng van niet PFAS-houdend stof/bodem materiaal in de woning of door de aanwezigheid van niet-PFAS houdende stofbronnen in de woning.

Het feit dat de gemiddelde concentraties voor schoenstof en vloerstof zo dicht bij elkaar liggen is opmerkelijk, en kan een indicatie zijn dat inloop van PFAS-houdend materiaal een belangrijke verspreidingsroute is, en dat de inloop zich niet beperkt tot de hal (schoenenrek/schoenenkast) maar ook verder in de woning verspreid wordt (zonder veel verdunning). De EtPFOSAA-concentratie is wel hoger in het schoenstof dan in het vloerstof (mogelijks impact van één hoge meetwaarde van 240 µg/kg in het schoenstof).

De PFOA-concentratie in het depositiestof (7,45 µg/kg) in de buitenomgeving is hoger dan in schoen- en vloerstof. De EtPFOSAA-concentratie in depositie is in dezelfde grootteorde als in vloerstof, maar lager dan in het schoenstof. Voor PFOS kan de vergelijking niet volledig gemaakt worden.

### 10.1.4 Spreiding op de metingen

Op een aantal adressen werd simultaan schoen- en vloerstof bemonsterd. Er is een licht positieve correlatie (Figuur 29), die duidelijker is voor EtPFOSAA dan voor PFOS. De EtPFOSAA-concentraties zijn meestal hoger in het schoenstof, terwijl de PFOS-concentraties dikwijls hoger zijn in het vloerstof. De concentraties EtPFOSAA en PFOS zijn in de referentiewoning lager dan in de woningen op De Naeyer. Er worden geen systematische of significante verschillen tussen de straten onderling vastgesteld.



Figuur 29: Scatterplots van simultane schoen- en vloerstofmetingen voor PFOS (boven) en EtPFOSAA (onder). De 0:1-lijn is in de figuren aangeduid.

## 10.2 VERSPREIDINGSROUTE VAN PFAS

PFAS die in de woning worden aangetroffen, kunnen daar op verschillende manieren terecht komen. De in huis aanwezige (bouw)materialen en consumentenproducten kunnen een bron zijn van PFAS. Door hun water-, vuil- en vetafstotende eigenschappen en door hun bestendigheid tegen hoge temperaturen, worden PFAS in vele toepassingen gebruikt.

De voornaamste toepassingen in de woning zijn behandeld textiel, papier en verpakkingsmateriaal, kookgerei, cosmetica en huishoudproducten zoals schoonmaakmiddelen, smeermiddelen, verf, lakken, bestrijdingsmiddelen, wax voor vloeren of auto's (Colles et al., 2022, en referenties daarin). Naast binnenbronnen is het ook mogelijk dat PFAS binnendringen via inwaai of ventilatie van PFAS-houdend zwevend (bodem)stof of door inloop van PFAS-houdend schoenstof.

De gemiddelde EFSA-PFAS concentratie in de omgevingslucht op site De Naeyer ligt tussen 0,069 en 0,086 ng/m<sup>3</sup>, afhankelijk van de methode van omgaan met meetwaarden beneden de detectielimiet. Voor de som van de vier EFSA-PFAS werd een tijdelijke toetsingswaarde gedefinieerd (0,44 ng/m<sup>3</sup>) waar de meetwaarden voor omgevingslucht op de Naeyer ruim aan voldoen. Ondanks de lage concentraties in de omgevingslucht is een (beperkte) inwaai van PFAS niet uitgesloten.

De inloop van PFAS-houdende bodem is een andere mogelijke verspreidingsroute van PFAS naar de binnenomgeving. Aangezien in het schoenstof PFAS wordt aangetroffen, waarvan bovendien dezelfde PFAS in belangrijke mate voorkomen als in de bodem, wordt de inloop via schoenstof als belangrijke verspreidingsroute beoordeeld.

### **10.3 BEOORDELING VAN DE PFAS-CONCENTRATIES**

Voor de meeste milieucompartimenten en matrices, waarin PFAS gemeten werden in deze studie, zijn er geen wettelijke toetsingskaders voor PFAS beschikbaar.

Voor omgevingslucht is er wel een tijdelijk toetsingskader beschikbaar, met een tijdelijke toetsingswaarde van 0,44 ng/m<sup>3</sup> voor de EFSA-PFAS. De EFSA-PFAS concentratie in de omgevingslucht op site De Naeyer ligt ruim onder deze toetsingswaarde.

Er werd wel een risico-beoordeling gemaakt voor de blootstelling aan PFAS via huisstof (zie paragraaf 10.4).

### **10.4 BLOOTSTELLING AAN PFAS VIA HUISSTOF IN WILLEBROEK**

S-Risk (<https://www.s-risk.be/>) is het Vlaamse state-of-the-art model voor het inschatten van blootstelling en humane risico's ter hoogte van verontreinigde sites. Het model is gestoffeerd voor een reeks chemische stoffen, waaronder 2 PFAS verbindingen, nl. PFOS en PFOA. In onderstaande risico-evaluatie werd reeds rekening gehouden met de berekeningswijze voor de geactualiseerde toetsingswaarden die gebaseerd zijn op de EFSA 2020 (EFSA, 2020) gezondheidkundige grenswaarden (GGW) zoals opgenomen in het aangepast normenkader dat op 6 oktober 2022 door VITO werd voorgesteld aan de Vlaamse Regering voor bodemsanering en grondverzet (Touchant *et al.*, 2022) en reeds een 1<sup>e</sup> maal principieel goedgekeurd werd door de Vlaamse regering op 16/12/2022 en op 31 maart 2023 tijdens de ministerraad voor een tweede keer goedgekeurd. Over dit besluit wordt nog het advies ingewonnen van de Raad van State.

S-Risk kan gebruikt worden voor een locatie-specifieke risicobeoordeling. Voor 'residentieel wonen' zijn 3 verschillende residentiële bestemmingstypes voorzien, nl. residentieel wonen zonder tuin, residentieel wonen met siertuin en residentieel wonen met moestuin.

Standaard worden 3 blootstellingsroutes in beschouwing genomen, nl. oraal (ingestie), dermaal (via de huid) en inhalatie (inademing). Voor PFOS en PFOA is de orale blootstelling (ingestie) het meest relevant en deze kan voor 'residentieel wonen' verder onderverdeeld worden in volgende 4 lokale blootstellingsroutes:

1. Inname via bodem en stof
2. Inname via lokaal geproduceerde groenten (bij aanwezigheid van een moestuin)
3. Inname via lokaal geproduceerde eieren (bij aanwezigheid van een kippenren)
4. Inname via grondwater of drinkwater



Daarnaast neemt S-Risk ook nog de niet lokale orale blootstelling via commerciële voeding en drinkwater mee in beschouwing.

Als residentieel bestemmingstype, dat het best aansluit bij het huidige (en toekomstige) gebruik voor deze woonwijk, wordt geopteerd voor **'residentieel wonen met siertuin'**. Het betreft immers een woonwijk gelegen ter hoogte van een historische PFAS-verontreiniging waarbij tijdens de uitvoering van deze studie reeds gestart werd met een bodemsanering (ontgraving van de bovenste 70 cm). De keuze om niet te kiezen voor 'wonen met moestuin' is te verantwoorden daar de historische bron (papierindustrie) niet meer aanwezig is en de top laag (0-70 cm) vervangen wordt door een schone PFAS-vrije laag. Bijgevolg wordt er ook geen relevante impact vanuit lucht en depositie op de bodem en gewassen verwacht en dus ook geen relevante bijdrage meer via de consumptie van groenten uit eigen moestuin. In het scenario 'residentieel wonen met siertuin' wordt de blootstellingsroute 'inname via lokaal geproduceerde groenten' standaard niet meegenomen.

'Inname via lokaal geproduceerde eieren' wordt nooit standaard meegenomen, maar kan indien relevant (i.e. bij aanwezigheid van een kippenren) wel meegenomen worden door de eieren te analyseren op PFAS en de meetwaarden in rekening te brengen. Aangezien tijdens deze studie de top laag (bovenste 70 cm) ontgraven en vervangen wordt door een niet verontreinigde bodem, zijn er geen kippenrennen aanwezig. Er zijn dan ook geen ei-metingen beschikbaar.

Drinkwaterleidingen liggen doorgaans in de bovenste 80 cm. Uit communicatie met OVAM blijkt dat de drinkwaterleidingen dieper liggen. Dit is meegenomen in de berekening waarbij er wordt uitgegaan van een gemiddelde bodemverontreiniging, maar niet meer wanneer wordt uitgegaan van een schone leeflaag. OVAM heeft na uitvoering van onderstaande berekeningen laten weten dat in het bodemsaneringsproject en de bijhorende bouwplannen rekening werd gehouden met de kans dat het leidingwater mogelijk gecontamineerd kan worden ten gevolge van permeatie door drinkwaterleidingen. De bijdrage via de consumptie van leidingwater kan dus m.a.w. niet optreden.

Gerichte metingen (o.a. metingen in huisstof/vloerstof) kunnen gebruikt worden om het model te verfijnen zodat de humane risico's nauwkeuriger ingeschat kunnen worden.

### **S-Risk berekeningen**

In eerste instantie wordt met het S-Risk model (versie 1.3.3.3) een berekening uitgevoerd voor zowel PFOS als PFOA om na te gaan vanaf welke bodemconcentraties een humaan risico verwacht kan worden (i.e. risico-index  $RI \geq 1$ ) en met welke door S-Risk voorspelde concentraties in vloerstof dit overeenstemt. Vervolgens wordt deze voorspelde waarde vergeleken met de gemeten PFOS- en PFOA-concentraties in vloerstof (zie Tabel 19 in § 7.3.1) om na te gaan of het model het risico correct begroot. Tenslotte wordt het risico berekend op basis van de meetwaarden in vloerstof.

Zoals eerder vermeld worden deze berekeningen uitgevoerd in analogie met de afspraken gemaakt voor de berekening van de geactualiseerde toetsingswaarden (Bindend normenkader voor PFOs en PFOA; Touchant *et al.*, 2022):

- het risico wordt getoetst aan de EFSA 2020 TWI die volledig wordt toegewezen aan PFOS of PFOA;
- de achtergrondblootstelling via voeding wordt overgenomen van EFSA 2020;
- de toetsing gebeurt voor volwassenen, alle onderstaande resultaten van blootstellings- en risicoberekeningen zijn dan ook van toepassing op deze leeftijdsgroep.

- **RI = 1**

Wanneer in S-Risk het scenario 'wonen met siertuin' wordt geselecteerd, dan verkrijgt men een risico-index (RI) ~ 1 (0,99) bij een bodemconcentratie van resp. 85 µg/kg ds PFOS en 97 µg/kg ds PFOA. Hierbij wordt rekening gehouden met volgende orale blootstellingsroutes:

1. Inname via bodemdeeltjes
2. Inname via huisstof (vloerstof)
3. Inname via drinkwater (permeatie door drinkwaterleidingen)

De default instellingen van het scenario 'wonen met siertuin' werden niet gewijzigd. Dit wil zeggen dat de berekening werd uitgevoerd voor een 3 meter dikke bodemlaag met algemene kenmerken en dat er geen gemeten grondwaterconcentratie werd ingevoerd.

In Figuur 30 en Figuur 31 worden voor PFOS en PFOA de door S-Risk voorspelde concentraties in huisstof (settled dust concentration) weergegeven, nl. 63,8 µg/kg ds voor PFOS en 72,8 µg/kg ds voor PFOA. Het volledige S-Risk rapport van deze berekening is terug te vinden in Bijlage G1.

De berekening van de concentratie in huisstof is gebaseerd op volgende formule (TGD<sup>5</sup>):

$$C_{\text{huisstof}} = \text{fractie bodem in huisstof} \times \text{aanrijningsfactor bodem naar huisstof} \times C_{\text{bodem}}$$

waarbij

fractie bodem in huisstof: 0,5 (default waarde; tabel 47 in S-Risk TGD)

aanrijningsfactor bodem naar huisstof: 1,5 (default waarde; tabel 15 in S-Risk TGD)

#### **Building : General**

Indoor air concentration from soil (mg/m <sup>3</sup> )	1.163E-9
Layer determining the soil indoor air concentration	1.0E0
Indoor air concentration from groundwater (mg/m <sup>3</sup> )	3.149E-10
Indoor air concentration from volatilization (mg/m <sup>3</sup> )	1.163E-9
Settled dust concentration (mg/kg ds)	6.375E-2
Indoor air concentration from soil resuspension (mg/m <sup>3</sup> )	8.5E-10
Final indoor air concentration (mg/m <sup>3</sup> )	2.013E-9
<b>Bathroom air</b>	
Shower stall concentration (mg/m <sup>3</sup> )	3.58E-10
Bathroom air concentration (mg/m <sup>3</sup> )	2.536E-11

Figuur 30: Door S-Risk berekende concentraties PFOS in de woning

<sup>5</sup> TGD: Technical Guidance Document - <https://s-risk.be/sites/srisk/files/downloads/20190515%20S-Risk%20model%20equations%20-%20FL.pdf>

**Building : General**

Indoor air concentration from soil (mg/m <sup>3</sup> )	8.801E-9
Layer determining the soil indoor air concentration	1.0E0
Indoor air concentration from groundwater (mg/m <sup>3</sup> )	2.471E-9
Indoor air concentration from volatilization (mg/m <sup>3</sup> )	8.801E-9
Settled dust concentration (mg/kg ds)	7.275E-2
Indoor air concentration from soil resuspension (mg/m <sup>3</sup> )	9.7E-10
Final indoor air concentration (mg/m <sup>3</sup> )	9.771E-9
<b>Bathroom air</b>	
Shower stall concentration (mg/m <sup>3</sup> )	2.864E-9
Bathroom air concentration (mg/m <sup>3</sup> )	2.029E-10

Figuur 31: Door S-Risk berekende concentraties voor PFOA in de woning

- **RI op basis van gemiddelde bodemconcentraties ter hoogte van de site 'De Nayer'**

In de voorliggende studie wordt in § 9.1 verwezen naar een gemiddelde bodemconcentratie van 97 µg/kg ds voor PFOS en 7,4 µg/kg voor PFOA. Dit zijn de gemeten bodemconcentraties **vóór** ontgraven van de toplaag en het aanbrengen van nieuwe bodem.

Bij een PFOS-concentratie van 97 µg/kg ds geeft S-Risk aan dat er een humaan risico is (**RI = 1,03 > 1**) en een voorspelde concentratie in huisstof van 72,8 µg/kg ds.

Voor PFOA is er geen humaan risico (**RI = 0,3**) bij een bodemconcentratie van 7,4 µg/kg ds en een voorspelde concentratie in huisstof van 5,5 µg/kg ds.

Het volledige S-Risk rapport van deze berekening is opgenomen in Bijlage G2.

Bij de bespreking van het vloerstof (§ 7.3.1) wordt vastgesteld dat voornamelijk PFOS en EtPFOSAA (PFAS typerend voor de papierindustrie) gemiddeld hoger ligt in woningen op site De Naeyer dan in de referentiewoning. De gemiddelde gemeten concentratie in vloerstof bedraagt 27 µg/kg ds voor PFOS, 6 µg/kg ds voor EtPFOSAA en 2,8 µg/kg ds voor PFOA (zie Tabel 19). Hieruit kan geconcludeerd worden dat voor zowel PFOS als PFOA de met S-Risk voorspelde concentraties in huisstof hoger liggen dan de gemiddelde gemeten concentratie in vloerstof aan PFOS (72,8 versus 27 µg/kg ds) en PFOA (5,5 versus 2,8 µg/kg ds). Dit geeft aan dat het S-Risk model de concentratie in vloerstof op basis van de gemiddelde bodemconcentratie overschat en dat het zinvol is om een risicoberekening uit te voeren op basis van de meetwaarde in vloerstof. Voor PFOA is deze berekening niet nodig daar er geen humaan risico uitgaat van de berekening gebaseerd op 5,5 µg/kg PFOA in huisstof (RI = 0,3) en de meetwaarde in vloerstof lager ligt (nl. 2,8 µg/kg ds).

Tabel 35 – Berekende concentraties in huisstof (S-Risk) versus gemeten concentraties in vloerstof

Concentraties (µg/kg ds)	PFOS		PFOA	
	Berekend S-Risk	Gemiddelde meetwaarden	Berekend S-Risk	Gemiddelde meetwaarden
C bodem	85	97	97	7,4
Risico-index	RI = 1	<b>RI = 1,03</b>	RI = 1	RI = 0,3
S-Risk voorspelling C huisstof	63,8	72,8	72,8	5,5
Gem. meetwaarde C vloerstof		27		2,8

De som van de 4 EFSA-PFAS in huisstof bedraagt 34 µg/kg ds (27 PFOS + 2,8 PFOA + 0,7 PFHxS + 3,1 PFNA) waarbij vnl. de PFSA (en in het bijzonder PFOS) doorslaggevend zijn. De ΣPFAS in huisstof bedraagt 55 µg/kg ds (~ 35 PFSA + 20 PFCA). Hierin zit ook de component EtPFOSAA vevat. Beide sommen liggen lager dan de met S-Risk voorspelde concentraties in huisstof voor PFOS en PFOA bij RI = 1 (resp. 63,8 en 72,8 µg/kg ds) en kan geconcludeerd worden dat er geen humaan risico is.

- **RI na invoer meetwaarden bodem en vloerstof voor PFOS**

Wanneer in S-Risk de 'gemeten' PFOS-concentraties in bodem (97 µg/kg ds) en in vloerstof (27 µg/kg ds), als concentratie in huisstof worden ingevoerd, dan gaat er net geen humaan risico uit van de bodemverontreiniging (**RI = 0,99**; Bijlage G3). Achtergrondblootstelling via commerciële voeding draagt voor 71 % bij aan de blootstelling, ingestie van huisstof voor 8,7% en inname van leidingwater voor 20,3%. Zoals reeds eerder aangegeven heeft OVAM laten weten dat er bij de aanleg van de drinkwaterleidingen reeds maatregelen werden getroffen om permeatie door drinkwaterleidingen te verhinderen. Bijgevolg is de 'inname van leidingwater' 0% in plaats van 20% of dat op Figuur 32 het blauw ingekleurde deel (leidingwater permeatie) wegvalt.

- **RI na invoer meetwaarden vloerstof voor PFOS en bodemconcentratie op 0 µg/kg ds**

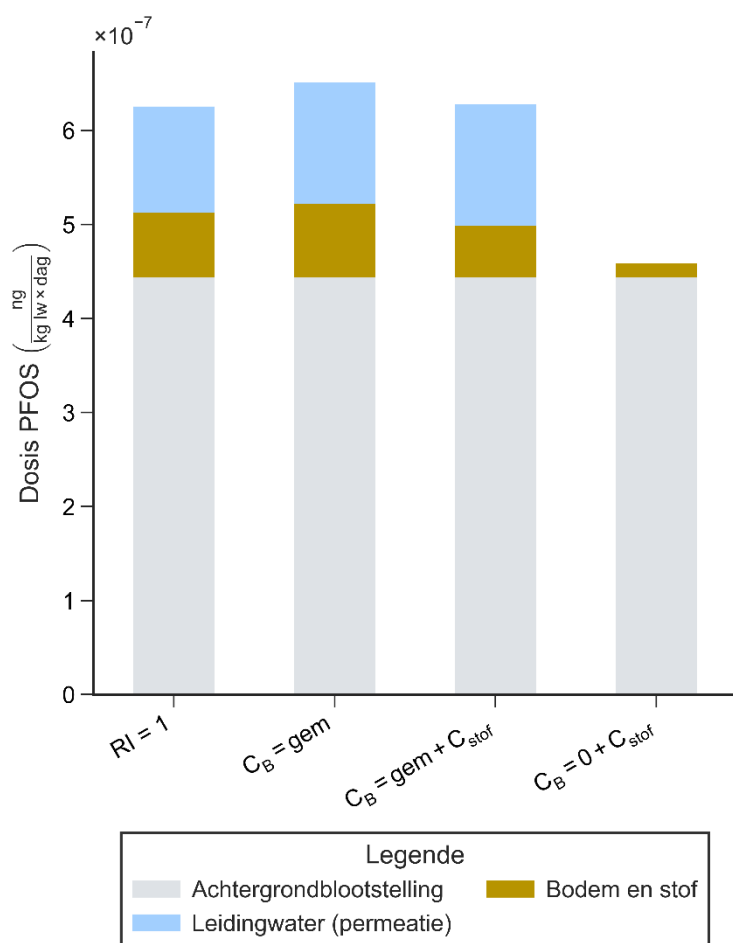
Er dient opgemerkt te worden dat in bovenstaande berekening 'inname via bodemdeeltjes' en 'inname via drinkwater' wordt meegenomen op basis van de ingevoerde gemiddelde gemeten bodemconcentratie van 97 µg PFOS/kg ds. Van zodra de toplaag in de woonwijk vervangen is door een schone leeflaag, vervalt de bijdrage via inname van bodemdeeltjes. Indien ook aangetoond kan worden dat er geen drinkwaterleidingen meer doorheen een PFAS-houdende bodemlaag lopen is er ook geen contaminatie van drinkwater ten gevolge van permeatie door drinkwaterleidingen mogelijk. Ook de concentratie in huisstof ten gevolge van bodemverontreiniging zal afnemen en dus ook de blootstelling ten gevolg van 'inname via stofdeeltjes'. Deze berekeningen kunnen dus als conservatief worden beschouwd.

Om het risico na vervanging van leeflaag te kunnen inschatten, wordt enkel rekening gehouden met de huidige gemiddelde PFOS-concentratie in huisstof van 27 µg/kg ds. Als bodemconcentratie wordt '0 µg/kg ds' ingevoerd omwille van het aanbrengen van een schone leeflaag. Het volledige S-Risk rapport van deze berekening is opgenomen in Bijlage G4. In dit geval is er geen humaan risico (**RI = 0,73**). Dat dit nog steeds resulteert in 'RI = 0,73' is voornamelijk te wijten aan achtergrondblootstelling via commerciële voeding. Achtergrondblootstelling draagt in dit geval voor 97 % bij en slechts 3% is te wijten aan de 'inname via huisstof'. Indien er geen lokale bodemverontreiniging aanwezig is, dan nog berekent S-Risk voor wonen met siertuin een RI van 0,7 die louter te wijten is aan achtergrondblootstelling via commerciële voeding (Bijlage G5).

In het vloerstof was EtPFOSAA ook een veel voorkomende verbinding (gemiddeld 6 µg/m<sup>3</sup>). Deze verbinding is niet opgenomen in S-Risk. Er werd een berekening gemaakt waarbij de concentratie PFOS en EtPFOSAA in het vloerstof gesommeerd werd, om toch een inschatting te kunnen maken van de bijdrage van EtPFOSAA. Er kan besloten worden dat er geen humaan risico is (RI = 0,733, vergelijkbaar met de RI van 0,73 voor PFOS alleen)

De bijdrage van de verschillende orale blootstellingsroutes aan de totale orale blootstelling worden voor de verschillende doorgerekende scenario's visueel weergegeven in Figuur 32. Deze figuur geeft duidelijk aan dat de achtergrondblootstelling via voeding de belangrijkste bijdrage levert. Zoals reeds eerder aangegeven kan er volgens OVAM geen permeatie door drinkwaterleidingen optreden daar er

bij de aanleg van de drinkwaterleidingen reeds maatregelen werden getroffen. De bijdrage ten gevolg van inname via bodem en stof is relatief beperkt in vergelijking met de achtergrondblootstelling via voeding.



Figuur 32: Bijdrage van de verschillende orale blootstellingsroutes aan de totale orale blootstellingsdosis (ng/ kg lw.d).

### Conclusie

Hoewel de bijdrage via de ingestie van bodem- en stofdeeltjes relatief beperkt is in verhouding tot de achtergrondblootstelling via voeding, geven bovenstaande berekeningen aan dat het S-Risk model de bijdrage van met PFAS verontreinigde bodem aan binnenhuisstof in deze gevalstudie overschat en dat het zinvol is om een risicoberekening uit te voeren op basis van meetwaarden in vloerstof.

Van de gemiddelde bodemverontreiniging met PFOA (7,4 µg/kg ds) en de voorspelde en gemeten concentratie in vloerstof (resp. 5,5 en 2,8 µg/kg ds) gaat **geen** humaan risico uit.

Van de gemiddelde gemeten bodemverontreiniging met PFOS (97 µg/kg ds) en de voorspelde concentratie in vloerstof (72,8 µg/kg ds) gaat wel een humaan risico uit (RI = 1,03). De gemeten gemiddelde concentratie aan PFOS in vloerstof is echter lager, nl. 27 µg/kg ds. Wanneer deze meetwaarde wordt ingevoerd, is er net geen humaan risico (RI = 0,99). Daar de verontreinigde toplaag (0 – 70 cm) ondertussen vervangen werd, dient bij het afleiden van het risico na afgraving van de toplaag en aanbreng van de nieuwe leeflaag enkel rekening gehouden te worden met de meetwaarde in huisstof daar de PFOS concentratie in de nieuwe leeflaag gelijk aan 0 kan worden gesteld. In dat

geval is er geen humaan risico verbonden aan een PFOS-concentratie van 27 µg/kg ds in huisstof (RI = 0,73).

Tijdens de meetcampagne werd reeds gestart met de sanering (ontgraving van de bovenste 70 cm). Om na te gaan of deze saneringstechniek het te verwachten positief effect heeft op de concentratie aan PFAS in vloerstof zou een vervolg meetcampagne opgestart moeten worden. Eens de toplaag in de woonwijk overal vervangen is, worden immers lagere PFAS-concentraties in vloerstof en de andere matrices verwacht.

Zolang de sanering lopende is en in afwachting van een nieuwe meetcampagne, worden op basis van de risico-evaluatie geen extra maatregelen noodzakelijk geacht. Wel blijven volgende 2 tips om blootstelling binnenshuis aan milieuvervuilende stoffen te verminderen gelden (zie website milieu en gezondheid<sup>6</sup>):

Poets regelmatig je huis met water. Zo verwijder je meer stofdeeltjes dan door te borstelen of door te stofzuigen. De stofdeeltjes kunnen schadelijke stoffen bevatten die dan met het water worden weggespoeld. Als je toch een stofzuiger gebruikt, kies dan een stofzuiger met een HEPA-filter.

Doe je schoenen uit aan de voordeur of veeg je voeten voor je het huis binnenstapt. Zo neem je geen vervuild stof mee in huis. Een rubberen deurmat die je regelmatig kan spoelen met leidingwater, is het meest geschikt.

---

<sup>6</sup> <https://www.milieu-en-gezondheid.be/nl/hoe-kan-je-blootstelling-aan-milieuvervuilende-stoffen-verminderen> (geraadpleegd op 2/02/2023)

# 11. BESLUIT

Er werd een studie uitgevoerd om na te gaan of de woningen op site De Naeyer vervuild zijn met PFAS, en of die PFAS-verontreiniging in verband kan gebracht worden met de historische bodemverontreiniging van de site.

Er werd een uitgebreid onderzoek opgestart, met twee veldwerkcampagnes waarbij monsters genomen werden van het schoenstof, vloerstof en depositiestof op hogere oppervlakken in een heel aantal woningen op de site, en aangevuld met bemonsteringen van de omgevingslucht en deposities buiten. De monsters werden geanalyseerd op PFAS met screenings- en target analysemethoden. De meetresultaten werden geïnterpreteerd, en worden hieronder geformuleerd als antwoorden op de belangrijkste onderzoeksvragen.

## 11.1 ANTWOORDEN OP DE ONDERZOEKSVRAGEN

Worden er PFAS aangetroffen in het binnenmilieu?

Op basis van screeningsmetingen en analyses van stofmonsters uit het binnenmilieu die in twee gerichte meetcampagnes bemonsterd werden, kan besloten worden dat er PFAS aanwezig zijn in het binnenmilieu in woningen op site De Naeyer.

Worden er PFAS aangetroffen in de verschillende matrices in het binnenmilieu?

Er werden PFAS gemeten in alle matrices die in deze studie onderzocht werden, met name schoenstof, vloerstof en depositiestof op een hoger oppervlak. De PFAS-mix bevat 23 tot 33 verschillende PFAS. Er is wel wat variatie in de concentraties waarin de PFAS in de verschillende matrices voorkomen.

Welke PFAS komen het meest voor in het binnenmilieu?

PFAS die in de hoogste concentraties gemeten worden in het binnenmilieu in woningen op De Naeyer zijn PFPeA, PFHxA, PFOA, PFOS en EtPFOSAA en ook PFBA en 6:2FTS die indicatief gemeten werden. De indicatief bepaalde PFAS werden niet weerhouden in de kwantitatieve analyse.

Worden deze PFAS ook gemeten in het buitenmilieu?

In de omgevingslucht (zwevend stof) worden PFPeA, PFHxA, PFOA, PFOS, EtPFOSAA en PFBA (indicatief gemeten) en 6:2FTS (indicatief gemeten) gedetecteerd (samen 93% van de  $\Sigma$ PFAS-concentratie).

In de deposities buiten worden dezelfde PFAS gedetecteerd, samen vertegenwoordigen ze 90% van de  $\Sigma$ PFAS-concentratie.

In de bodem komen PFOS, PFOA en EtPFOSAA in de hoogste concentraties voor.

Is er link tussen bodemverontreiniging en PFAS in de woningen?

De belangrijkste PFAS die in de bodem gemeten worden zijn PFAS die in verband gebracht kunnen worden met de historische verontreiniging van de papierfabriek (PAPs en afbraakproducten). Diezelfde PFAS worden in de woningen aangetroffen. De PFAS-fingerprint van de bodem en het huisstof komen overeen voor deze PFAS-verbindingen. Dit wijst erop dat de historische bodemverontreiniging kan bestempeld worden als bron voor PFAS-verontreiniging in de woningen op de site.

In welke concentraties komen de belangrijkste PFAS voor in het binnenmilieu in woningen op De Naeyer?

De vijf niet-indicatief gemeten PFAS die in de hoogste concentraties gemeten worden vertegenwoordigen samen 36 tot 66% van het totaal, afhankelijk van de matrix. De minimum en maximum concentraties over de drie huisstof matrices zijn voor PFPeA (0,35-7,98 µg/kg), PFHxA (1,60-24,22 µg/kg), PFOA (2,63-7,45 µg/kg), PFOS (11,51-14,79 µg/kg) en EtPFOSAA (5,97-26,05 µg/kg).

De minimum en maximum concentraties over de drie huisstof matrices zijn voor de indicatief gemeten PFBA (0,79-25,43 µg/kg) en 6:2FTS (0,68-23,84 µg/kg).

Hoe vergelijken deze waarden zich tot de referentiemetingen van deze studie?

Identieke huisstofmonsters werden geanalyseerd voor een referentiewoning. De minimum en maximum concentraties over de drie huisstof matrices zijn voor PFPeA (< tot 6,5 µg/kg), PFHxA (< tot 87,36 µg/kg), PFOA (< tot 0,3 µg/kg), PFOS (< tot 4,7 µg/kg) en EtPFOSAA (< tot 0,2 µg/kg). De PFOS concentratie kon niet bepaald worden in het depositiestof.

De PFOA, PFOS en EtPFOSAA-concentraties lagen beduidend lager in het huisstof van de referentiewoning in vergelijking met de woningen op De Naeyer. Voor PFPeA en PFHxA liggen de concentraties in de referentie en De Naeyer woningen in dezelfde grootteorde of hoger in de referentiewoning, door mogelijke bijdrage van binnenhuisbronnen.

Is het huisstof in woningen op De Naeyer vervuild met specifieke PFAS die gerelateerd kunnen worden aan de historische bodemverontreiniging?

Aangezien verhoogde concentraties voor PFOA, PFOS en EtPFOSAA voorkomen in de woningen op De Naeyer (beduidend hogere concentraties dan in de referentiewoning) en bovendien deze PFAS componenten ook in de buitenomgeving voorkomen (lucht/bodem), laat ons besluiten dat de mix van deze drie PFAS typisch is voor het huisstof in woningen op De Naeyer. Bovendien zijn PFOS en EtPFOSAA afbraakproducten van diSAmPAP, een PFAS uit de papiernijverheid, die ook in de bodem gedetecteerd worden.

Hoe verhouden de PFAS-concentraties in woningen op De Naeyer zich ten opzichte van andere (internationale) studieresultaten?

Voor andere PFAS liggen de waarden voor de De Naeyer woningen meestal hoger dan in Vlaamse woningen die opgenomen werden in de studie van D'Hollander et al. (2010), maar wel onder de meetwaarden voor kantoren uit diezelfde studie. Het belangrijkste verschil wordt vastgesteld voor PFOS. De mediaan PFOS-concentratie in het vloerstof in De Naeyer (11,1 µg/kg) ligt ruim boven de Vlaamse mediaanwaarde (0,5 µg/kg). De maximale PFOS-concentratie op De Naeyer is ook hoger dan de P95-waarde van woningen in Vlaanderen, maar ongeveer een grootteorde lager dan de P95-waarde voor kantoren in Vlaanderen. In vergelijking met andere internationale studies is het beeld genuanceerder. De mediaan PFOS-concentratie in De Naeyer is ongeveer 1/3de lager dan in een andere studie, en ongeveer 2,5 tot 7 keer hoger ten opzicht van twee andere studies.

In vergelijking met een Finse studie ligt de EtPFOSAA-concentratie ongeveer in dezelfde grootteorde.

Zijn er significante verschillen in PFAS concentraties tussen straten op De Naeyer (ruimtelijk patroon)?

Er worden geen systematische of significante verschillen tussen de straten onderling vastgesteld.



Wat is de belangrijkste verspreidingsroute voor PFAS naar de binnenomgeving?

De inloop van PFAS-houdende bodem is een mogelijke verspreidingsroute van PFAS naar de binnenomgeving. Aangezien in het schoenstof, vloerstof en binnendeposities PFAS wordt aangetroffen, waarvan bovendien dezelfde PFAS in belangrijke mate voorkomen als in de bodem, wordt inloop als belangrijke verspreidingsroute beoordeeld.

Wordt er voldaan aan de tijdelijke toetsingswaarde voor EFSA-PFAS in omgevingslucht?

De EFSA-PFAS concentratie bedraagt gemiddeld tussen 0,069 en 0,086 ng/m<sup>3</sup> over beide meetperiodes op De Naeyer. De EFSA-PFAS concentratie ligt ruim onder de tijdelijke toetsingswaarde van 0,44 ng/m<sup>3</sup>.

Er is geen toetsingskader beschikbaar voor de individuele PFAS.

Hoe wordt het blootstellingsrisico aan PFAS ingeschat?

Er werd een inschatting van blootstelling en humane risico's gemaakt m.b.v. het S-Risk model (<https://www.s-risk.be/>).

Van de gemiddelde bodemverontreiniging met PFOS (97 µg/kg ds) en de voorspelde concentratie in vloerstof (72,8 µg/kg ds) gaat wel een humaan risico uit (RI = 1,03). De gemeten gemiddelde concentratie aan PFOS in vloerstof is echter lager dan 72,8 µg/kg ds, nl. 27 µg/kg ds. Wanneer de risicobeoordeling wordt gemaakt met deze meetwaarde, is er net geen humaan risico (RI = 0,99). Daar de verontreinigde toplaag van de bodem vervangen werd, dient bij het afleiden van het 'toekomstig' risico enkel rekening gehouden te worden met de meetwaarde in huisstof. In dat geval is er geen humaan risico verbonden aan een PFOS-concentratie van 27 µg/kg ds in huisstof (RI = 0,73). De blootstelling is dan voornamelijk een achtergrondblootstelling via voeding.

Voor PFOA is er geen humaan risico (RI = 0,3) bij een bodemconcentratie van 7,4 µg/kg ds en een voorspelde concentratie in huisstof van 5,5 µg/kg ds. De werkelijke PFOA concentratie in het vloerstof ligt lager dan 5,5 µg/kg ds waardoor de werkelijke RI lager is dan 0,3.

De som van de 4 EFSA-PFAS in huisstof bedraagt 34 µg/kg ds. De som van alle PFAS in huisstof bedraagt 55 µg/kg ds. Beide sommen liggen lager dan de met S-Risk voorspelde concentraties in huisstof voor PFOS en PFOA bij RI = 1 (resp. 63,8 en 72,8 µg/kg ds).

Er kan besloten worden dat er geen humaan risico uitgaat van de situatie na sanering ten gevolge van blootstelling aan PFOS of PFOA voor de bewoners van De Naeyer is.

Hoe wordt het blootstellingsrisico aan EtPFOSAA ingeschat?

De stof EtPFOSAA is niet opgenomen in S-Risk. EtPFOSAA zit wel vervat in de somparameter  $\sum$ PFAS. De  $\sum$ PFAS in huisstof bedraagt 55 µg/kg ds (~ 35 PFSA + 20 PFCA). Beide sommen liggen lager dan de met S-Risk voorspelde concentraties in huisstof voor PFOS (PFSA verbinding) en PFOA (PFCA verbinding) bij RI = 1 (resp. 63,8 en 72,8 µg/kg ds) en kan geconcludeerd worden dat er geen humaan risico is. Ook als de concentratie EtPFOSAA wordt gesommeerd met de PFOS concentratie in vloerstof kan besloten worden dat er geen humaan risico is.

## 11.2 AANBEVELINGEN

Voor site De Naeyer gelden momenteel een aantal no-regret maatregelen, zoals weergegeven in <https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling/willebroek-no-regret-maatregelen-pfas>. In november 2021 werd na overleg tussen de OVAM, opdrachthouder Karl Vrancken en het kabinet van de Minister van Omgeving beslist om de verontreinigde toplaag van het volledige woongebied af te graven. Die beslissing gebeurde op basis van de resultaten van een tussentijds rapport van het PFAS-onderzoek. Die toplaag, ongeveer 70 cm diep, wordt vervangen door zuivere grond. Er zijn ook een aantal specifieke no-regret maatregelen en adviezen van kracht, waaronder adviezen op vlak van hygiëne:

- Was uw handen, zeker voor de maaltijd en na het werken in de tuin.
- Maak uw huis binnen en buiten schoon met water.

Het belang van het advies om de woning regelmatig schoon te maken met water, wordt op basis van de studieresultaten sterk onderbouwd. Regelmatige schoonmaak van de woning, met bijzondere aandacht voor schoenstof in hal/schoenenkast/schoenenrek en vloerstof in de woning, zorgt er voor dat op regelmatige basis PFAS verontreinigd stof wordt weggehaald, waardoor de kans op blootstelling zal afnemen.

In deze studie werd geen bemonstering uitgevoerd in buizen of filters van het ventilatiesysteem. Het is mogelijk dat het ventilatiesysteem bevuild is met PFAS-houdend stof, bv. via de toevoer van buitenlucht waar PFAS in aanwezig kan zijn, of via de afvoer van PFAS bevuilde binnenlucht. Er kan worden overwogen om een reguliere onderhoud van het ventilatiesysteem te vervroegen of een bijkomend onderhoud (filters vervangen, ontstopping) te voorzien.

Er wordt verwacht dat de bodemsanering er voor zal zorgen dat de PFAS-verontreiniging binnen in de woning zal afnemen naar achtergrondniveaus omdat actieve inloop van verontreinigd bodemmateriaal niet zal gebeuren vanuit de gesaneerde toplaag. De aanwezigheid van historisch verontreinigd stof in de woning kan nog wel een bron van PFAS blijven. Echter, historisch stof zal voornamelijk verzameld blijven op plaatsen die zelden betreden en gepoetst worden (bv. zolder). Door de beperkte betreding van deze ruimtes is het blootstellingsrisico is dan ook minder groot.

Er wordt aanbevolen om binnen afzienbare tijd een herhaalde meting uit te voeren bij (een aantal) van de deelnemers van De Naeyer om aan de hand van metingen na te gaan of de afgravingen en no-regret adviezen op vlak van hygiëne daadwerkelijk aanleiding gegeven hebben tot een reductie in PFAS-concentraties in de woningen (met name de PFAS die in de bodem gemeten werden en gerelateerd zijn aan de historische papierindustrie). Desgevallend kunnen de no-regret maatregelen en adviezen opgeheven worden. Het is wenselijk om bij het vervolgonderzoek ook extra woningen uit de referentiewijk proberen opnemen om een beter inzicht te krijgen in (al dan niet aanwezige) variaties in concentraties tussen referentiewoningen.

## LITERATUURLIJST

Abesim 2021. SITEONDERZOEK PFAS-onderzoek papierfabriek De Naeyer, Willebroek (Zone F) Tussentijdse rapportage veldwerk/analyse fase 1, Projectnummer Abesim BV: E21/4859.

Benskin, J.P., Ikonomou, M.G., Gobas, F.A.P.C., Begley, T.H., Woudneh, M.B., Cosgrove, J.R., 2013. Biodegradation of N-Ethyl Perfluorooctane Sulfonamido Ethanol (EtFOSE) and EtFOSE-Based Phosphate Diester (SAmPAP Diester) in Marine Sediments. *Environmental Science and Technology*, 47, 1381-1389.

Bugsel, B., Bauer, R., Herrmann, F., Maier, M.E., Zweiner, C., 2022. LC-HRMS screening of per- and polyfluorinated alkyl substances (PFAS) in impregnated paper samples and contaminated soils. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 414:1217–1225

Colles, A., 2022. Per- en poly-fluoralkylstoffen in en rond de woning. Studie in opdracht van het Departement Omgeving, depotnummer D/2022/3241/228.

D'Hollander et al., 2020. Brominated flame retardants and perfluorinated compounds in indoor dust from homes and offices in Flanders, Belgium. *Chemosphere*, 81(4), 478-487.

EFSA, 2020. Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. Scientific Opinion. Adopted: 9 July 2020. doi: 10.2903/j.efsa.2020.6223. *EFSA Journal*, 18.

Hall et al., 2020. Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Dust Collected from Residential Homes and Fire Stations in North America. *Environ. Sci. Technol.*, 54, 22, 14558–14567

Harrad, S., Ibarra, C., Diamond, M., Melymuk, L., Robson, M., Douwes, J., Roosens, L., Constantin Dirtu, A., Covaci, A., 2008. Polybrominated diphenyl esters in domestic indoor dust from Canada, New Zealand, United Kingdom and United States. *Environment International*, 34, 232-238.

Kärman, A., Fredriksson, F., Yuen, C.N.T., Yeung, L.W.Y., 2022. Screening of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in sediment and water close to paper industries. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1720031/FULLTEXT01.pdf>

Lange, C. C. The aerobic biodegradation of N-EtFOSE alcohol by the microbial activity present in municipal wastewater treatment sludge; U.S. Environmental Protection Agency Docket AR-226-058; 2000.

Touchant K., Vanermen G., Patyn J. en De Wit J., 2020. Afleiden van streefwaarden voor perfluorverbindingen en enkele andere 'emerging contaminants' – DEEL 2: Afleiden streefwaarden voor perfluorverbindingen. VITOstudie 2020/ SCT/R/2313. (Document op de OVAM-website)

Touchant K., Joris I., Van Holderbeke M., Bierkens J. en Geerts L. (2021). Normeringskader PFAS - ontwerp. Onderbouwing van de streefwaarden, richtwaarden, waarden voor vrij gebruik van bodem en bodemsaneringsnormen. VITO-studie 2021/HEALTH/R/2450.

Touchant, K., Van Holderbeke, M., De Brouwere, K., Geerts, L., Joris, I., Torfs, R. en Seuntjens, P. (2022) Bindend normenkader voor PFOS en PFOA.

Young et al. (2021) Assessing Indoor Dust Interference with Human Nuclear Hormone Receptors in Cell-Based Luciferase Reporter Assays. *Environmental Health Perspectives*, 129(4), 047010-1.

Winkens et al. (2018) Perfluoroalkyl acids and their precursors in floor dust of children's bedrooms – Implications for indoor exposure. *Environment International*, 119, 493-502.

2022/HEALTH/R/2680. <https://www.vmm.be/publicaties/studie-naar-pfas-in-lucht-en-deposities-in-de-omgeving-van-3m-en-zwijndrecht>

# BIJLAGE A



## Vragenlijst

### Questionnaire

Staal en datum / Sample ID and date \_\_\_\_\_

<i>Algemeen / General details</i>	
<i>Adres / Address</i>	
Wilt u geïnformeerd worden over de algemene resultaten van de studie? Indien Ja: laat uw e-mailadres achter <i>Willingness to be informed of the overall results of the study (Y = yes; N = no). If Y: e-mail contact</i>	Ja (Yes) / Nee (No): email:
Bouwjaar (indien gerenoveerd ook renovatiejaar en type renovatie) <i>Construction year (or period) of the building (if renovated, specify the year (period) and type of renovation)</i>	
<i>Bemonsteringsomgeving algemeen / General sampling environment</i>	
Aantal dagen sinds u laatst gestofzuigd of met nat geпоетst heeft/ <i>Approximate time since last vacuumed or wet cleaned (days)</i>	
Zijn er huisdieren aanwezig? (J = ja; N = neen) / <i>Are there pets in the house? (Y = yes; N = no)</i>	
Wordt er gerookt in de woning? (J = ja; N = neen) / <i>Does someone smoke in the house? (Y = yes; N = no)</i>	
Is er een open haard / kachel aanwezig in de woning? (J = ja; N = neen) / <i>Is there an open fireplace / stove in the house? (Y = yes; N = no)</i>	
Overige informatie (bv. gebruik van bepaalde chemische producten) / <i>Any further information (e.g. use of specific chemical products)</i>	





# Studie naar PFAS in huisstof in woningen op site De Naeyer, Willebroek



## INFORMATIE OVER DE STUDIE

### Waarom deze studie?

Door vastgestelde PFAS-verontreiniging in de bodem van de site De Naeyer is er bezorgdheid dat er PFAS aanwezig zijn in de binnenomgeving van de woningen op deze site. Via bemonstering en analyse van huisstofstalen willen we nagaan of er sprake is van PFAS-aanwezigheid in het huisstof.

### Doel van deze studie?

Binnen deze opdracht willen we nagaan of er PFAS verbindingen voorkomen in binnenhuisstofstalen.

### Wie voert deze studie uit?

De studie wordt uitgevoerd door onderzoekers van Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) en de Universiteit Antwerpen (UA) in opdracht van de Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM).

### Wie kan deelnemen aan de studie?

We zullen stofstalen nemen in een 20-tal woningen. Als er meer dan 20 aanmeldingen zijn, wordt een selectie gemaakt. We houden je zeker op de hoogte of je al dan niet kan meedoen aan de studie.

### Wat vragen we van de deelnemers?

We verzamelen bij de deelnemers :

- huisstof uit de woonkamer, keuken en slaapkamer van de deelnemer

- gegevens over de kenmerken van de woning en activiteiten binnenshuis via een korte vragenlijst

### Waar en wanneer?

De monsterneming op de geselecteerde adressen wordt twee keer herhaald: een eerste keer in februari-maart 2022, een tweede keer in april-mei 2022. De monsterneming duurt ongeveer 30 minuten.


### Hoe verloopt de studie?

#### Planning van het huisbezoek

Er wordt telefonisch of via e-mail een afspraak gemaakt wanneer het huisbezoek kan doorgaan.

#### Huisbezoek en monsterneming



Wat verwachten we van jou?	Wat doet onze medewerker?
<b>Huisstof</b>	
 <p>Eén week vóór de afspraak vragen we om niet te stofzuigen of poetsen met nat in de woonkamer, keuken en slaapkamer. Onze medewerker krijgt toegang tot de woning op de dag van de monsetrning.</p>	<p>Onze medewerker zal met een eigen stofzuiger op een afgebakende oppervlakte stof verzamelen in de woonkamer, keuken en een slaapkamer. Tapijt: 1m<sup>2</sup> gedurende 2 minuten Andere: 4m<sup>2</sup> gedurende 4 minuten</p>

### Invullen van een korte vragenlijst

Op de dag van de staalname overloopt onze medewerker een korte vragenlijst met jou (dit duurt ongeveer 5 minuten).

### Heeft het onderzoek risico's voor jou?

Het onderzoek houdt geen enkel risico in voor de deelnemer.

### Kan je stoppen met het onderzoek?

Ja, je kan op elk moment beslissen om te stoppen door een e-mail te sturen naar [jan.peters@vito.be](mailto:jan.peters@vito.be).

### Ben je verzekerd?

Ondervind je schade door de studie? Dan vergoedt de verzekering van de onderzoekers jou voor die schade, volgens de Belgische wet. Je hoeft hiervoor geen fout aan te tonen. Jij kan hiervoor altijd de verzekeraar dagvaarden in België.

### Wat met je privacy?

We vinden jouw privacy zeer belangrijk. We verwerken je gegevens volgens de nieuwe Europese privacywetgeving<sup>7</sup>. Je vindt hierover ook meer info op: [vito.be/nl/privacyverklaring](http://vito.be/nl/privacyverklaring). Enkel de veldwerker ziet je naam en adres. Je naam en je adres worden gepseudonimiseerd of vervangen door een code, en alle andere onderzoekers zien alleen die code. Medewerkers die betrokken zijn bij het onderzoek beschikken tijdelijk over je adres. Als we de resultaten van het onderzoek publiceren, dan vermelden we je naam en adres niet.

### Wat betekent dit concreet voor deze studie?

We verwerken voor deze studie volgende gegevens: voorkomen van chemische stoffen in huisstof en antwoorden op de vragenlijsten. Deze gegevens worden louter verwerkt voor wetenschappelijk onderzoek. Enkel de partners van dit project hebben toegang tot de gegevens, namelijk medewerkers van VITO, UA en de OVAM.

<sup>7</sup> Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG) of General Data Protection Regulation (GDPR) Verordening (EU) 2016/679 van het Europees Parlement en de Raad van 27 april 2016  
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=NL>

**Wat gebeurt er met de resten van de monsters?**

Wat er overblijft van de monsters na de metingen wordt bewaard voor eventuele verdiepende analyse.

**Mag je informatie vragen over het onderzoek?**

U hebt het recht om je persoonlijke gegevens in te kijken, op te vragen, te laten verbeteren of te laten schrappen. Die rechten heb je volgens de wet<sup>1</sup>. We informeren je wanneer er belangrijke veranderingen in de procedures, de risico's of de voordelen van de studie zouden zijn.

**Wil je graag deelnemen aan deze studie?**

Fijn! Om te laten weten dat je wil deelnemen, vul je het registratieformulier in.

## BIJLAGE C

### PFAS in schoenstof en vloerstof

Om een overzicht te bekomen van de belangrijkste PFAS in schoenstof werd volgende methode gebruikt:

Berekening van de gemiddelde concentratie over alle PFAS-verbindingen die geanalyseerd werden, waarbij:

Enkel meetgegevens van adressen op site De Naeyer meegenomen werden;

Meetwaarden beneden de RG gelijk gesteld werden aan 0.

Vervolgens werd een filtering toegepast waarbij

De lineaire vorm van de PFAS-verbinding niet weerhouden werd als er een meetresultaat voor de lineaire + vertakte vorm beschikbaar was (prefix "T" van Totaal)

PFAS waarvan de meetwaarde als "indicatief" beoordeeld wordt niet weerhouden wordt;

PFAS waarvan de gemiddelde concentratie laag is (zelfde grootte-orde als de detectielimiet, hier 0,1 µg/kg) niet weerhouden blijven.

Om de leesbaarheid van de taartdiagrammen te verbeteren werden PFAS-verbindingen met een aandeel van minder dan 0,5% van het totaal niet weergegeven.

## BIJLAGE D

Er is op dit moment geen wettelijk kader, noch een gezondheidskundig 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 gezondheidskundige 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 gezondheidskundige advieswaarde. Het is aan te bevelen om op korte termijn GAWs voor PFAS te selecteren volgens deze methode, 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 gezondheidskundige 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) .
- 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 (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 vervolgtraject 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)
- 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+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 ongeschikt 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 . 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  $0,4 \text{ ng/m}^3$  en een bovengrens van  $2,2 \text{ ng/m}^3$ . Er wordt niet met één vaste waarde gewerkt om rekening te kunnen houden met verschillen in allocatiefactor. De meest strenge toetsingswaarde is de ondergrenswaarde.

## BIJLAGE E

PFAS verbindingen die gemeten worden met de target analyse.

Component/Compound	Afkorting	CAS nummer	U (k=2)	Opmerking
perfluor-n-propaanzuur perfluoro-n-propanoic acid	PFPrA	422-64-0	>50%	indicatief
perfluor-n-butaanzuur perfluoro-n-butanoic acid	PFBA	375-22-4	<50%	
perfluor-n-pentaanzuur perfluoro-n-pentanoic acid	PFPeA	2706-90-3	<50%	
perfluor-n-hexaanzuur perfluoro-n-hexanoic acid	PFHxA	307-24-4	<50%	
perfluor-n-heptaanzuur perfluoro-n-heptanoic acid	PFHpA	375-85-9	<50%	
perfluor-n-octaanzuur (lineair) perfluoro-n-octanoic acid (linear)	L-PFOA	335-67-1	<50%	
Perfluor-n-octaanzuur (totaal) perfluoro-n-octanoic acid (total)	T-PFOA	-	-	
perfluor-n-nonaanzuur perfluoro-n-nonanoic acid	PFNA	375-95-1	<50%	
perfluor-n-decaanzuur perfluoro-n-decanoic acid	PFDA	335-76-2	<50%	
perfluor-n-undecaanzuur perfluoro-n-undecanoic acid	PFUnDA	2058-94-8	<50%	
perfluor-n-dodecaanzuur perfluoro-n-dodecanoic acid	PFDoDA	307-55-1	<50%	
perfluor-n-tridecaanzuur perfluoro-n-tridecanoic acid	PFTTrDA	72629-94-8	<50%	
perfluor-n-tetradecaanzuur perfluoro-n-tetradecanoic acid	PFTeDA	376-06-7	<50%	
perfluor-n-pentadecaanzuur perfluoro-n-pentadecanoic acid	PFPeDA	141074-63-7	>100%	niet rapporteren
perfluor-n-hexadecaanzuur perfluoro-n-hexadecanoic acid	PFHxDA	67905-19-5	<50%	
perfluor-n-octadecaanzuur perfluoro-n-octadecanoic acid	PFODA	16517-11-6	>50%	indicatief
perfluor-n-propaansulfonzuur perfluoro-n-propanesulfonic acid	PFPrS	423-41-6	<50%	
perfluor-n-butaansulfonzuur perfluoro-n-butanesulfonic acid	PFBS	375-73-5	<50%	
perfluor-n-pentaansulfonzuur perfluoro-n-pentanesulfonic acid	PFPeS	2706-91-4	<50%	
perfluor-n-hexaansulfonzuur (lineair) perfluoro-n-hexanesulfonic acid (linear)	L-PFHxS	355-46-4	<50%	
perfluorhexaansulfonzuur (totaal) perfluorohexanesulfonic acid (total)	T-PFHxS	-	-	
perfluor-n-heptaansulfonzuur perfluoro-n-heptanesulfonic acid	PFHpS	375-92-8	<50%	
perfluor-n-octaansulfonzuur (lineair) perfluoro-n-octanesulfonic acid (linear)	L-PFOS	1763-23-1	<50%	

perfluorooctaansulfonzuur (totaal) perfluorooctanesulfonic acid (total)	T-PFOS	-	-	
perfluor-n-nonaansulfonzuur perfluoro-n-nonanesulfonic acid	PFNS	68259-12-1	<50%	
perfluor-n-decaansulfonzuur perfluoro-n-decanesulfonic acid	PFDS	335-77-3	<50%	
perfluor-n-undecaansulfonzuur perfluoro-n-undecanesulfonic acid	PFUnDS	749786-16-1	<50%	
perfluor-n-dodecaansulfonzuur perfluoro-n-dodecanesulfonic acid	PFDoDS	79780-39-5	<50%	
perfluor-n-tridecaansulfonzuur perfluoro-n-tridecanesulfonic acid	PFTrDS	791563-89-8	<50%	
4:2 fluortelomeersulfonzuur 4:2 fluorotelomer sulfonic acid	4:2 FTS	757124-72-4	>50%	indicatief
6:2 fluortelomeersulfonzuur 6:2 fluorotelomer sulfonic acid	6:2 FTS	27619-97-2		indicatief
8:2 fluortelomeersulfonzuur 8:2 fluorotelomer sulfonic acid	8:2 FTS	39108-34-4	>50%	indicatief
10:2 fluortelomeersulfonzuur 10:2 fluorotelomer sulfonic acid	10:2 FTS	120226-60-0	>50%	indicatief
perfluor-n-butaansulfonamide perfluoro-n-butanesulfonamide	PFBSA	30334-69-1	<50%	
N-methylperfluor-n-butaansulfonamide N-methylperfluoro-n-butanesulfonamide	MePFBSA	68298-12-4	<50%	
2-N-methylperfluor-n-butaansulfonamide azijnzuur 2-(N-methylperfluoro-n- butanesulfonamido)acetic acid	MePFBSAA	159381-10-9	<50%	
perfluor-n-hexaansulfonamide perfluoro-n-hexanesulfonamide	PFHxSA	41997-13-1	<50%	
perfluor-n-octaansulfonamide (lineair) perfluoro-n-octanesulfonamide (linear)	L-PFOSA	754-91-6	<50%	
perfluorooctaansulfonamide (totaal) perfluorooctanesulfonamide (total)	T-PFOSA	-		
N-methylperfluor-n-octaansulfonamide (lineair) N-methylperfluor-n-octanesulfonamide (linear)	L-MePFOSA	31506-32-8	<50%	
N-methylperfluorooctaansulfonamide (totaal) N-methylperfluorooctanesulfonamide (total)	T-MePFOSA	-		
N-ethylperfluor-n-octaansulfonamide (lineair) N-ethylperfluoro-n-octanesulfonamide (linear)	L-EtPFOSA	4151-50-2	<50%	
N-ethylperfluorooctaansulfonamide (total) N-ethylperfluorooctanesulfonamide (total)	T-EtPFOSA	-	-	
perfluor-n-octaansulfonamido azijnzuur perfluoro-n-octanesulfonamido acetic acid	PFOSAA	2806-24-8	NA	NA
2-(N-methylperfluor-n- octaansulfonamido)azijnzuur (lineair) 2-(N-methylperfluoro-n- octanesulfonamido)acetic acid (linear)	L-MePFOSAA	2355-31-9	<50%	
2-(N- methylperfluorooctaansulfonamido)azijnzuur (totaal)	T-MePFOSAA	-	-	

2-(N-methylperfluorooctanesulfonamido)acetic acid (total)				
2-(N-ethylperfluor-n-octaansulfonamido)azijnzuur (lineair) 2-(N-ethylperfluoro-n-octanesulfonamido)acetic acid (linear)	L-EtPFOSAA	2991-50-6	<50%	
2-(N-ethylperfluor-n-octaansulfonamido)azijnzuur (totaal) 2-(N-ethylperfluoro-n-octanesulfonamido)acetic acid (total)	T-PFOSAA	-	-	
perfluor-n-decaansulfonamide perfluoro-n-decanesulfonamide	PFDSA	Not available	>50%	indicatief
6:2 fluortelomeerfosfaat monoester 6:2 fluorotelomerphosphate monoester	6:2 PAP	57678-01-0	NA	NA
8:2 fluortelomeerfosfaat monoester 8:2 fluorotelomerphosphate monoester	8:2 PAP	57678-03-2	NA	NA
6:2 fluortelomeerfosfaat diester 6:2 fluorotelomerphosphate diester	6:2 diPAP	57677-95-9	<50%	
6:2/8:2 fluortelomeerfosfaat diester 6:2/8:2 fluorotelomerphosphate diester	6:2/8:2 diPAP	943913-15-3	<50%	
8:2 fluortelomeerfosfaat diester 8:2 fluorotelomerphosphate diester	8:2 diPAP	678-41-1	<50%	
perfluor-2-propoxypropaanzuur perfluoro-2-propoxypropanoic acid	HFPO-DA	13252-13-6	<50%	
4,8-dioxa-3H-perfluornonaanzuur 4,8-dioxa-3H-perfluorononanoic acid	DONA	919005-14-4	<50%	
perfluor-4-ethylcyclohexaansulfonzuur perfluoro-4-ethylcyclohexane sulfonic acid	PFECHS	646-83-3	<50%	
9-chloorhexadecafluor-3-oxanonaan-1-sulfonzuur (F-53B Major) 9-chlorohexadecafluoro-3-oxanonane-1-sulfonic acid (F-53B Major)	9Cl-PF3ONS	756426-58-1	<50%	
11-chlooreicosafluor-3-oxaundecaan-1-sulfonzuur (F-53B Minor) 11-chloroeicosafluoro-3-oxaundecane-1-sulfonic acid (F-53B Minor)	11Cl-PF3OUnDS	763051-92-9	<50%	

NA: niet geanalyseerd, een andere analysemethode moet hiervoor gebruikt worden

Indicatief: geen kwantitatief resultaat

U = measurement uncertainty 95% confidence



## BIJLAGE F

Overzicht van de belangrijkste PFAS-verbindingen in het vloerstof.

	µg/kg	% van totaal
PFPeA	0,6	1%
PFHxA	5,4	10%
PFHpA	1,9	4%
T-PFOA	2,8	5%
PFNA	3,1	6%
PFDA	1,8	3%
PFUnDA	1,2	2%
PFTeDA	0,6	1%
PFHxDA	0,1	0%
T-PFHxS	0,7	1%
PFHpS	0,1	0%
T-PFOS	27,0	51%
8:2FTS	0,6	1%
T-PFOSA	0,8	1%
T-MePFOSA	0,1	0%
T-EtPFOSA	0,2	0%
T-MePFOSAA	0,1	0%
T-EtPFOSAA	6,0	11%
<b>som PFAS</b>	<b>53,0</b>	
<b>som EFSA</b>	<b>33,6</b>	<b>63%</b>
indicatief	PFBA	
indicatief	PFTrDA	
indicatief	PFBS	
indicatief	6:2FTS	
indicatief	10:2FTS	
indicatief	MePFBSAA	

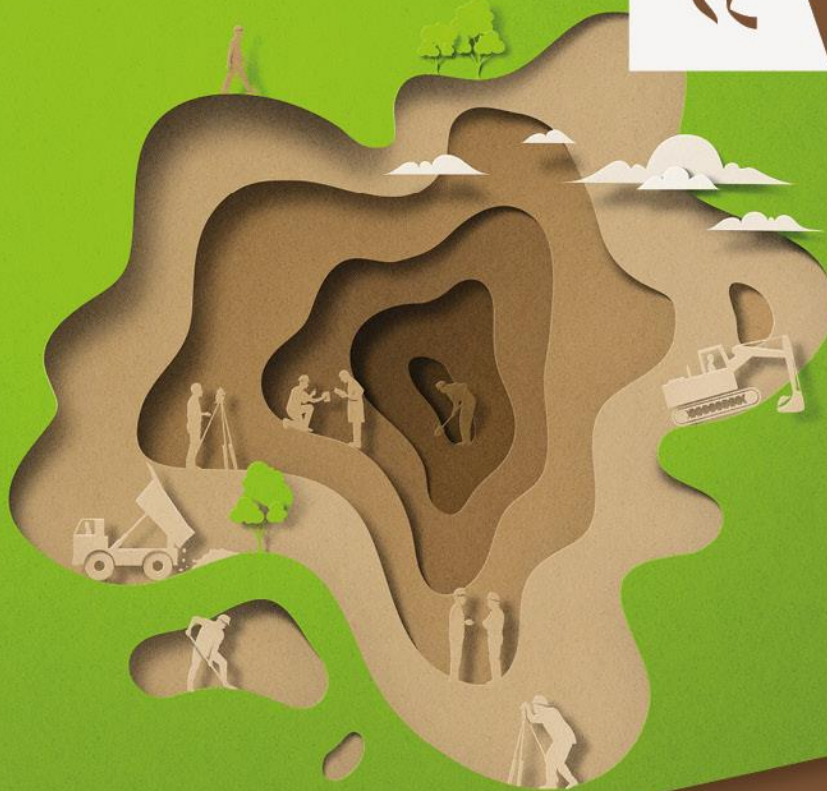
## **BIJLAGE G**

Overzicht van de S-risk berekeningen (als aparte pdf's beschikbaar):

- G1\_PFOS+huisstof+siertuin\_RI1\_def.pdf
- G2\_PFOS+huisstof+siertuin\_97 PFOS 7,4 PFOA.pdf
- G3\_PFOS+huisstof+siertuin+97+meetwaarde 27.pdf
- G4\_PFOS+huisstof+siertuin+B0+meting+.pdf
- G5\_PFOS+huisstof+siertuin+B0\_bijdrage AB.pdf



**Vlaanderen**  
is materiaalbewust



# MEETCAMPAGNE VOOR STOFMETINGEN IN WONINGEN IN WILLEBROEK - HERHALINGSMETINGEN 2024

SAMEN MAKEN WE  
MORGEN MOOIER

**OVAM**

[OVAM.VLAANDEREN.BE](http://OVAM.VLAANDEREN.BE)

SAMEN MAKEN WE  
MORGEN MOOIER

**OVAM**



**MEETCAMPAGNE VOOR**  
**STOFMETINGEN IN**  
**WONINGEN**  
**IN WILLEBROEK**  
**- HERHALINGSMETINGEN**  
**2024**

*publicatiedatum / 20.12.2024*



SAMEN MAKEN WE  
MORGEN MOOIER

**OVAM**

## DOCUMENTBESCHRIJVING

- |   |   |
|---|---|
| 1 <i>Titel van publicatie:</i><br>Meetcampagne voor stofmetingen<br>in woningen in Willebroek –<br>herhalingsmetingen 2024  | 2 <i>Verantwoordelijke Uitgever:</i><br>OVAM                                    |
| 3 <i>Wettelijk Depot nummer:</i> D/2024/5024/39   | 4 <i>Trefwoorden:</i> PFAS, stofmetingen  |
| 5 <i>Samenvatting:</i><br>Dit rapport beschrijft het onderzoek naar PFAS blootstelling in woningen op de site De Naeyer, een voormalige papierfabriek herbestemd tot woonzone. In 2022 werd een eerste studie uitgevoerd waarbij een rijkere mix aan PFAS (i.e. meer PFAS-verbindingen) alsook hogere concentraties aan o.a. EtPFOSAA, PFOS en PFOA werden gemeten, t.o.v. een referentiewoning in Willebroek. Er werden indicaties gevonden dat de historische bodemverontreiniging kan resulteren in PFAS verontreiniging in de woning. Ondertussen werd de toplaag van de bodem vervangen door een nieuwe leeflaag. Dit rapport beschrijft de herhalingsmetingen in 2024 waarbij werd vastgesteld dat de PFAS concentraties sterk gereduceerd zijn in vergelijking met de resultaten uit 2022. De reducties worden toegeschreven aan de bodemsanering waarbij de historische bodemvervuiling werd vervangen door een nieuwe toplaag. |   |
| 6 <i>Aantal bladzijden:</i> 54  | 7 <i>Aantal tabellen en figuren:</i> 18 tabellen en 12 figuren                  |
| 8 <i>Datum publicatie:</i> 20/12/2024   | 9 <i>Prijs:</i> /   |
| 10 <i>Begeleidingsgroep en/of auteur:</i><br>VITO: Jan Peters, Patrick Berghmans, Griet<br>Jacobs, Stefan Voorspoels, David<br>Poelmans, Maarten Spruyt, Jef Daems, Guy<br>Geukens, Kaat Touchant,  | 11 <i>Contactpersonen:</i><br>Griet Van Gestel<br>Laetitia Six<br>Youri Mertens |
| 12 <i>Andere titels over dit onderwerp:</i><br>D/2023/5024/14   |   |

U hebt het recht deze brochure te downloaden, te printen en digitaal te verspreiden. U hebt niet het recht deze aan te passen of voor commerciële doeleinden te gebruiken.

De meeste OVAM-publicaties kunt u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website:  
[ovam.vlaanderen.be](https://ovam.vlaanderen.be)

# SAMENVATTING

## Inleiding

De voormalige site van papierfabriek De Naeyer werd herbestemd tot woonzone. Na een herbestemming heeft onderzoek heeft aangetoond dat de gronden vervuild zijn met PFAS. Er is daarom bezorgdheid over het feit of de binnenomgeving van de woningen op de site vervuild zijn met PFAS. Daarom werd in 2022 een studie uitgevoerd om na te gaan of er sprake is van PFAS-verontreiniging in de woningen en om de ernst van de vervuiling en de blootstellingsrisico's in te schatten. Verder werd(en) de mogelijke verspreidingsroute(s) van PFAS-houdende bodem naar de binnenruimte in kaart gebracht, en werd er nagegaan welke maatregelen kunnen worden voorgesteld om de PFAS-concentraties binnenshuis te reduceren. De resultaten van het onderzoek kunnen geraadpleegd worden (OVAM rapport D/2023/5024/14).

De belangrijkste conclusies van het onderzoek uit 2022 waren:

- Op basis van screeningsmetingen en analyses van stofmonsters uit het binnenmilieu die in twee gerichte meetcampagnes bemonsterd werden kon besloten worden dat er PFAS aanwezig zijn in het binnenmilieu in woningen op site De Naeyer.
- De PFAS die in de hoogste concentraties gemeten werden in het binnenmilieu in woningen op De Naeyer zijn PFPeA, PFHxA, PFOA, PFOS en EtPFOSAA.
- De belangrijkste PFAS die in de bodem gemeten werden zijn PFAS die in verband gebracht kunnen worden met de papiernijverheid (met name PFOA, PFOS en EtPFOSAA). Diezelfde PFAS worden in de woningen aangetroffen. De PFAS-fingerprint van de bodem en het huisstof komen overeen voor deze PFAS-verbindingen. Dit wijst erop dat de historische bodemverontreiniging kan bestempeld worden als bron voor PFAS-verontreiniging in de woningen op de site.
- De inloop van PFAS-houdende bodem is een mogelijke verspreidingsroute van PFAS naar de binnenomgeving. Aangezien in het schoenstof, vloerstof en binnendeposities PFAS werd aangetroffen, waarvan bovendien dezelfde PFAS in belangrijke mate voorkomen als in de bodem, werd inloop als belangrijke verspreidingsroute beoordeeld.
- De PFAS concentraties waren voldoende laag om te besluiten dat er geen humaan risico ten gevolge van blootstelling aan PFAS voor de bewoners van De Naeyer was.

Tijdens de studie van 2022 werd al gestart met de bodemsanering, i.e. de vervanging van de leeflaag (ontgraving van de bovenste 70 cm van de bodem). Om na te gaan of deze saneringstechniek het te verwachten positief effect heeft op de concentratie aan PFAS in vloerstof werd een herhalingsmeetcampagne opgestart in 2024 (deze studie). Aangezien de toplaag in de woonwijk overall vervangen is, worden lagere PFAS-concentraties in het vloerstof verwacht. Deze studie heeft tot doel om te beoordelen of dit bevestigd kan worden via metingen van het vloerstof van woningen op site De Naeyer. Aanvullend op de huisstofmetingen werden metingen uitgevoerd in de buitenomgeving, met name van de PFAS-concentraties in de omgevingslucht en in atmosferische deposities.

## Resultaten

In de omgevingslucht op site De Naeyer werden ook in 2024 PFAS gemeten. Dat is niet uitzonderlijk, op de meeste plaatsen in Vlaanderen kunnen PFAS gemeten worden in de omgevingslucht. De PFAS-concentraties op site De Naeyer gemeten in 2024 liggen een factor 10 onder de meetresultaten van 2022. Dit geldt ook voor PFOA, PFOS en EtPFOSAA, drie PFAS-verbindingen die geassocieerd worden met de historische bodemverontreiniging, en voor de somparameters EFSA-PFAS (dit is de som van PFOA, PFOS, PFHxS en PFOS) en  $\sum$ PFAS.

De gemeten EFSA-PFAS concentratie lag in 2022 (0,069 ng/m<sup>3</sup>) ruim onder de gezondheidkundige toetsingswaarde (0,4 ng/m<sup>3</sup>). In 2024 is deze gemeten waarde sterk gedaald (0,006 ng/m<sup>3</sup>) ten opzichte van de meting uit 2022, en ongeveer 75 keer lager dan de toetsingswaarde.

In het depositiestof uit de lucht op site De Naeyer worden PFAS gemeten, zowel in 2022 als in 2024. De belangrijkste PFAS in de depositie waren in 2022 o.a. EtPFOSAA (25 ng/m<sup>2</sup>/dag), PFOS (10,5 ng/m<sup>2</sup>/dag) en PFOA (7,5 ng/m<sup>2</sup>/dag). Deze PFAS zijn gerelateerd aan de historische bodemverontreiniging. In 2024 waren de deposities van deze PFAS een tot twee grootteordes lager (respectievelijk 0,2, 0,3 en 1,7 ng/m<sup>2</sup>/dag). Dit is een indicatie dat de bodemsanering een reducerend effect heeft op de deposities van deze PFAS.

Tijdens de veldwerkcampagne van 2024 werden 16 vloerstofmonsters genomen op 16 verschillende adressen (13 op site De Naeyer, 3 woningen uit de referentiewijk). De meeste vloerstofmonsters werden genomen in woningen (15) en één in een kantoor. De gemiddelde concentratie was 23 µg/kg ΣPFAS en 6 µg/kg EFSA-PFAS in 2024. In de studie uit 2022 was de gemiddelde ΣPFAS-concentratie 38 µg/kg vloerstof en de gemiddelde EFSA-PFAS concentratie 15 µg/kg in woningen op site De Naeyer. De concentraties zijn sterk gedaald in 2024 t.o.v. 2022.

Tabel: Meetresultaten EFSA-PFAS en ΣPFAS uit 2022 en 2024.

		2022	2024	% afname 2024 t.o.v. 2022
Vloerstof (µg/kg)	EFSA-PFAS	15	6	-60%
	ΣPFAS	38	23	-39%
Omgevingslucht (ng/m <sup>3</sup> )	EFSA-PFAS	0,069	0,006	-91%
	ΣPFAS	0,253	0,044	-83%
Depositie (ng/m <sup>2</sup> /dag)	EFSA-PFAS	18	5	-72%
	ΣPFAS	66	41	-38%

De PFAS-verbindingen EtPFOSAA, PFOS en PFOA zijn de typische verbindingen die in verband worden gebracht met de historische bodemverontreiniging op site De Naeyer. Er wordt een sterke afname vastgesteld in de concentraties van PFOA, PFOS en EtPFOSAA tussen 2022 en 2024 in de verschillende matrices. Procentueel uitgedrukt liggen de concentraties in 2024 minstens 85% lager dan in 2022, met uitzondering van PFOA in vloerstof (+5% in 2024 t.o.v. 2022, toe te schrijven aan de maximale meetwaarde uit 2024, zonder die waarde zou er een afname met -37% zijn) en PFOS in depositie (-63%: relatief beperkt in vergelijking met andere percentages, te verklaren door één meetwaarde op locatie B, dit is een nieuwe meetlocatie waar enkel in de studie van 2024 bemonsterd werd).

Tabel: Meetresultaten PFOA, PFOS en EtPFOSAA uit 2022 en 2024.

	% verschil 2024 t.o.v. 2022		
	Vloerstof	Omgevingslucht	Depositie buiten
PFOA	+5%	-95%	-87%
PFOS	-88%	-86%	-63%
EtPFOSAA	-94%	-97%	-99%

### **Beoordeling van de meetresultaten en conclusies**

De belangrijkste vaststellingen en conclusies van het onderzoek zijn:

- **In de binnenomgeving (vloerstof) en buitenomgeving (omgevingslucht en depositie) werden in 2022 en 2024 PFAS gemeten.** PFAS zijn persistente chemicaliën die nauwelijks afbreken. Het aantreffen van PFAS in verschillende milieucompartimenten (lucht, water, bodem, huisstof) is



eerder regel dan uitzondering. Het is belangrijk om de concentratie van PFAS te meten en te beoordelen om een inschatting te kunnen maken van de effectiviteit van de sanering en blootstellingsrisico's.

- De PFAS-concentraties zijn sterk gereduceerd in 2024 tegenover 2022 in alle matrices. De **EFSA-PFAS concentraties zijn, afhankelijk van de matrix, 60 tot 90% gereduceerd in 2024** in vergelijking met 2022.
- Drie **PFAS-verbindingen die gerelateerd konden worden aan de historische bodemverontreiniging (PFOA, PFOS en EtPFOSAA) zijn sterk gereduceerd in concentratie in de verschillende matrices**. Procentueel uitgedrukt liggen de concentraties in 2024 minstens 85% lager dan in 2022, met uitzondering van PFOA in vloerstof (+5% in 2024 t.o.v. 2022, toe te schrijven aan de maximale meetwaarde uit 2024) en PFOS in depositie (-63%: relatief beperkt in vergelijking met andere percentages, te verklaren door één meetwaarde op locatie B).
- De EFSA-PFAS concentratie in de omgevingslucht op site De Naeyer lag in 2022 (0,069 ng/m<sup>3</sup>) en in 2024 (0,006 ng/m<sup>3</sup>) **ruim onder de gezondheidkundige toetsingswaarde** (0,44 ng/m<sup>3</sup>).
- In de studie van 2022 werd een RI berekend van 0,73 waardoor besloten kon worden dat er geen humaan risico is (RI < 1, humaan risico als RI ≥ 1). Rekening houdend met de gemeten PFOS-concentratie in vloerstof in 2024 (1,20 µg/kg) die minstens een grootteorde lager ligt dan in 2022 kan besloten worden dat er in de huidige situatie ook geen humaan risico is.

Er kan besloten worden dat de bodemsanering van de historische bodemverontreiniging op site De Naeyer geleid heeft tot PFAS-reducties in de woningen en in de buitenomgeving. Er is geen humaan blootstellingsrisico voor bewoners van De Naeyer.

# EXECUTIVE SUMMARY

## Introduction

The former site of the De Naeyer paper factory was rezoned as a residential area. Research showed that the soil is contaminated with PFAS. Therefore concern was raised about whether the indoor environment of the homes on the site is contaminated with PFAS. Therefore, a study was carried out in 2022 to investigate whether there is PFAS contamination in the homes and to assess the severity of the contamination and the exposure risks. Furthermore, the possible distribution route(s) of PFAS-containing soil to the indoor space was evaluated, and it was investigated which measures could be proposed to reduce PFAS concentrations indoors. The results of the research can be consulted (OVAM report D/2023/5024/14).

The main conclusions of the 2022 study were:

- Based on screening measurements and analyses of dust samples from the indoor environment that were sampled in two targeted measurement campaigns, it could be concluded that PFAS are present in the indoor environment in homes on the De Naeyer site.
- The PFAS that were measured in the highest concentrations in the indoor environment in homes on the De Naeyer site are PFPeA, PFHxA, PFOA, PFOS and EtPFOSAA.
- The most important PFAS that were measured in the soil are PFAS that can be linked to the paper industry (in particular PFOA, PFOS and EtPFOSAA). These same PFAS are found in the homes. The PFAS fingerprint of the soil and the house dust match for these PFAS compounds. This indicates that the historical soil contamination can be classified as a source of PFAS contamination in the homes on the site.
- The ingress of PFAS-containing soil is a possible route of PFAS distribution to the indoor environment. Since PFAS was found in shoe dust, floor dust and indoor deposits, of which the same PFAS also occur in significant quantities as in the soil, ingress was assessed as an important route of distribution.
- The PFAS concentrations were sufficiently low to conclude that there was no human risk as a result of exposure to PFAS for the residents of De Naeyer.

During the 2022 study, soil remediation had already started i.e., the replacement of the living layer (excavation of the top 70 cm of the soil). To determine whether this remediation technique has the expected positive effect on the concentration of PFAS in floor dust, a repeat measurement campaign was started in 2024 (this study). Since the top layer in the residential area has been replaced at the site, lower PFAS concentrations are expected in the floor dust. This study aims to assess whether this can be confirmed by measurements of the floor dust of homes on the De Naeyer site. In addition to the house dust measurements, PFAS concentrations were measured in the ambient air and in atmospheric outdoor depositions.

## Results

PFAS were measured in the ambient air at the De Naeyer site in 2024. This is not exceptional; PFAS can be measured in the ambient air at most locations in Flanders. The PFAS concentrations at the De Naeyer site measured in 2024 are a factor of 10 below the measurement results of 2022. This also applies to PFOA, PFOS and EtPFOSAA, three PFAS compounds associated with historical soil contamination, and to the sum parameters EFSA-PFAS (this is the sum of PFOA, PFOS, PFHxS and PFOS) and  $\Sigma$ PFAS.

The measured EFSA-PFAS concentration in 2022 (0.069 ng/m<sup>3</sup>) was well below the health assessment value (0.4 ng/m<sup>3</sup>). In 2024, this measured value has fallen sharply (0.006 ng/m<sup>3</sup>) compared to the measurement from 2022 and is approximately 75 times lower than the health assessment value.

PFAS are measured in the deposition dust at De Naeyer, both in 2022 and in 2024. The most important PFAS in the deposition in 2022 were, among others, EtPFOSAA (25 ng/m<sup>2</sup>/day), PFOS (10.5 ng/m<sup>2</sup>/day) and PFOA (7.5 ng/m<sup>2</sup>/day). These PFAS are related to the historical soil contamination. In 2024, the depositions of these PFAS were one to two orders of magnitude lower (0.2, 0.3 and 1.7 ng/m<sup>2</sup>/day respectively). This is an indication that soil remediation had a reducing effect on the depositions.

During the 2024 fieldwork campaign, 16 floor dust samples were taken at 16 different addresses (13 on the De Naeyer site, 3 homes from the reference area). Most floor dust samples were taken in homes (15) and one in an office. The average concentration was 23 µg/kg ∑PFAS and 6 µg/kg EFSA-PFAS in 2024. In the 2022 study, the average ∑PFAS concentration was 38 µg/kg floor dust and the average EFSA-PFAS concentration was 15 µg/kg in homes on the De Naeyer site. The concentrations are much reduced in 2024 in comparison to the results of 2022.

Table: EFSA-PFAS and ∑PFAS concentration in different matrices in 2022 and 2024.

		2022	2024	% difference 2024 t.o.v. 2022
Floor dust (µg/kg)	EFSA-PFAS	15	6	-60%
	∑PFAS	38	23	-39%
Ambient air (ng/m <sup>3</sup> )	EFSA-PFAS	0,069	0,006	-91%
	∑PFAS	0,253	0,044	-83%
Deposition (ng/m <sup>2</sup> /dag)	EFSA-PFAS	18	5	-72%
	∑PFAS	66	41	-38%

The PFAS compounds EtPFOSAA, PFOS and PFOA are the typical compounds associated with the historical soil contamination at the De Naeyer site. A strong decrease is observed in these concentrations between 2022 and 2024 in the various matrices. The concentrations in 2024 are at least 85% lower than in 2022, with the exception of PFOA in floor dust (+5% in 2024 compared to 2022, attributable to the maximum measurement value from 2024, without that value there would be a decrease of -37%) and PFOS in deposition (-63%: relatively limited compared to other percentages, explained by one measurement value at location B, this is a new measurement location where sampling was only done in the 2024 study).

Table: Percentual difference in PFOA, PFOS and EtPFOSAA concentration in different matrices between 2022 and 2024.

	% difference 2024 compared to 2022		
	Floor dust	Ambient air	Deposition
PFOA	+5%	-95%	-87%
PFOS	-88%	-86%	-63%
EtPFOSAA	-94%	-97%	-99%

### **Assessment of measurement results and conclusions**

The main observations and conclusions from this research are:

- PFAS were measured in the indoor environment (floor dust) and outdoor environment (ambient air and deposition) in 2022 and 2024. PFAS are persistent chemicals that hardly break down. The detection of PFAS in various environmental compartments (air, water, soil, house dust) is the rule rather than the exception. It is important to measure and assess the

concentration of PFAS in order to be able to estimate the effectiveness of the remediation and exposure risks.

- PFAS concentrations were significantly reduced in 2024 compared to 2022 in all matrices. Depending on the matrix, EFSA-PFAS concentrations were reduced by 60 to 90% in 2024 compared to 2022.
- Three PFAS compounds that could be related to the historical soil contamination (PFOA, PFOS and EtPFOSAA) were significantly reduced in concentration in the various matrices. In percentage terms, the concentrations in 2024 are at least 85% lower than in 2022, with the exception of PFOA in floor dust (+5% in 2024 compared to 2022, attributable to the maximum measured value from 2024) and PFOS in deposition (-63%: relatively limited compared to other percentages, explained by one measured value at location B).
- The EFSA-PFAS concentration in the ambient air at the De Naeyer site was well below the health assessment value (0.44 ng/m<sup>3</sup>) in 2022 (0.069 ng/m<sup>3</sup>) and in 2024 (0.006 ng/m<sup>3</sup>).
- In the 2022 study, an RI of 0.73 was calculated, which allowed it to be concluded that there is no human risk (RI < 1, human risk if RI ≥ 1). Taking into account the measured PFOS concentration in floor dust in 2024 (1.20 µg/kg) which is at least an order of magnitude lower than in 2022, it can be concluded that there is no human risk in the current situation either.

It can be concluded that the soil remediation of the historical soil contamination on the De Naeyer site has led to PFAS reductions in the homes and in the outdoor environment. There is no human exposure risk for residents of De Naeyer.

# INHOUDSTAFEL

Samenvatting .....	2
Executive summary .....	5
Inhoudstafel .....	8
Lijst van Figuren .....	10
Lijst van tabellen .....	11
Lijst van afkortingen.....	12
1. Inleiding.....	1
2. Materiaal en Methode.....	2
2.1 Overzicht matrices en milieucompartimenten.....	2
2.2 Monsterneming .....	2
2.2.1 Actieve bemonstering van vloerstof .....	2
2.2.2 Actieve bemonstering van de omgevingslucht .....	3
2.2.3 Bemonstering van stofdeposities omgevingslucht.....	4
2.3 Chemische analyse .....	5
2.3.1. Monstervoorbehandeling.....	6
2.3.2. Analyse .....	7
2.4 Uitnodiging voor deelname aan de studie .....	7
2.5 Vragenlijst voor de deelnemers.....	8
2.6 Referentiewijk.....	8
2.7 Toetsingskader.....	8
2.7.1 PFAS in omgevingslucht.....	8
2.7.2 PFAS in bodem.....	9
2.7.3 PFAS in andere matrices.....	9
2.8 Vergelijking tussen meetcampagnes.....	10
3. Opzet en omstandigheden van het veldonderzoek.....	11
3.1 Deelname aan de studie.....	11
3.2 Timing van het veldwerk .....	11
3.3 Meteo-omstandigheden tijdens de veldwerkcampagne .....	11
3.4 On-site werkzaamheden voorafgaand aan de meetcampagne van 2024.....	12
3.5 Bemonstering van het huisstof.....	12
3.5.1 Actieve bemonstering vloerstof .....	12
3.5.2 Bemonstering van de omgevingslucht en deposities.....	13
4. Resultaten luchtmetingen.....	16
4.1 Omgevingslucht .....	16
4.1.1 Voorkomen van PFAS-verbindingen in omgevingslucht .....	16

4.1.2	Concentraties in de omgevingslucht .....	17
4.2	Deposities .....	19
4.2.1	Voorkomen van PFAS-verbindingen in deposities .....	19
4.2.2	PFAS-gehalte in deposities .....	19
4.2.3	Belangrijkste PFAS in de depositie .....	20
5.	Vloerstof.....	22
5.1	Inleiding .....	22
5.2	Samenvatting van de Resultaten uit 2022.....	22
5.2.1	Voorkomen van PFAS in vloerstof .....	22
5.2.2	$\sum$ PFAS en EFSA-PFAS concentraties in vloerstof.....	22
5.2.3	Vergelijking met de referentiewoning.....	23
5.3	Resultaten van de herhalingsmetingen 2024.....	23
5.3.1	Voorkomen van PFAS in vloerstof .....	23
5.3.2	Gemeten concentraties in het vloerstof in 2024.....	23
5.4	Vergelijking van de Resultaten van 2022 en 2024.....	24
5.4.1	Vergelijking van de gemiddelde concentraties in vloerstof in 2022 en 2024 .....	24
5.4.2	Spreiding op de concentraties in 2022 en 2024.....	25
5.4.3	Toetsing PFAS-concentraties in vloerstof.....	26
5.4.4	Vergelijking met literatuurgegevens .....	26
6.	Interpretatie van de meetresultaten .....	28
6.1	Gemiddelde $\sum$ PFAS en EFSA-PFAS concentraties in verschillende matrices .....	28
6.2	Specifieke PFAS: PFOA, PFOS en EtPFOSAA.....	28
6.3	Beoordeling van de PFAS-concentraties.....	29
6.4	Blootstelling aan PFAS via huisstof in Willebroek .....	29
7.	Besluit .....	31
	Literatuurlijst.....	32
	Bijlage A.....	33
	Bijlage B.....	36
	Bijlage C.....	38

## LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Foto van de fijnstofbemonsteraar (Tisch, onderaan op foto). Omgevingslucht wordt via de bemonsteringskop bovenaan aangezogen, door een filter en PUF. De bemonstering van deposities wordt uitgevoerd met kruiken (links op foto). .....	3
Figuur 2: Afmetingen van de Bergerhoff neerslagkruik en opstelling in het veld. ....	5
Figuur 3: Opstelling met drie Bergerhoff-neerslagkruiken in een houder met vogelscherm op paal....	5
Figuur 4: Situering van de referentiewijk t.o.v. site De Naeyer.....	8
Figuur 5: Overzicht van de meetlocaties voor de bemonstering van omgevingslucht en deposities. .	14
Figuur 6: Foto van de meetopstelling voor actieve bemonstering van de omgevingslucht en stofdepositie. ....	15
Figuur 7: Depositiekruiken ter hoogte van de vijver. ....	15
Figuur 8: Vergelijking van de $\Sigma$ PFAS en EFSA-PFAS concentraties in 2022 en 2024 in de omgevingslucht op site De Naeyer. De toetsingswaarde voor EFSA-PFAS is als rode lijn aangeduid (0,4 ng/m <sup>3</sup> ). ....	18
Figuur 9: Atmosferische depositie van PFAS in 2022 en 2024.....	20
Figuur 10: Gemiddelde PFAS concentratie ( $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ ) in het vloerstof in woningen op site De Naeyer in 2022 en in 2024 na de bodemsanering. ....	25
Figuur 11: Boxplot van de PFOS (links) en EtPFOSAA (rechts) concentraties in vloerstof in 2022 en 2024. ....	25

## LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Specificaties van de bemonsteraar voor omgevingslucht. ....	3
Tabel 2: Tijdelijk toetsingskader voor 4 EFSA-PFAS verbindingen in omgevingslucht (zie <a href="https://www.vmm.be/lucht/meer-polluenten/pfas-in-de-omgevingslucht">https://www.vmm.be/lucht/meer-polluenten/pfas-in-de-omgevingslucht</a> ).....	9
Tabel 3: Richt- en streefwaarden voor bodem (OVAM, 4 april 2022). ....	9
Tabel 4: Maandverslagen van het KMI voor de maanden waarop de veldwerkcampagnes werden uitgevoerd in 2022 en 2024. ....	11
Tabel 5: Bemonstering vloerstof: overzicht van het aantal woningen per straat waar de bemonstering werd uitgevoerd in de eerste en tweede veldwerkcampagne van vorige studie, en tijdens de herhalingsmetingen van 2024. ....	13
Tabel 6: Overzicht van de timing van de bemonstering van de omgevingslucht. ....	14
Tabel 7: Overzicht van de gemeten PFAS-verbindingen in 2022 en 2024 in omgevingslucht.....	16
Tabel 8: Gemiddelde PFAS-concentratie in omgevingslucht in 2022 en 2024. ....	18
Tabel 9: Jaargemiddelde PFAS-concentraties in de omgevingslucht op het landelijke achtergrondstation voor luchtkwaliteit (N016, Dessel).....	18
Tabel 10: Overzicht van het aantal PFAS die in deposities gemeten werden in 2022 en 2024.....	19
Tabel 11: Deposities (ng/m <sup>2</sup> /dag) op verschillende type locaties in Vlaanderen.....	20
Tabel 12: Deposities van de PFAS-verbindingen die in verband gebracht worden met de historische bodemverontreiniging en de somparameters EFSA-PFAS en $\sum$ PFAS. ....	21
Tabel 13: Concentraties van de belangrijkste PFAS in het vloerstof in woningen De Naeyer en referentiewoningen gemeten in 2024. ....	24
Tabel 14: Samenvattende statistieken van de PFAS concentraties ( $\mu$ g/kg) in vloerstof van woningen op site De Naeyer in 2022 en 2024 voor de belangrijkste PFAS die gerelateerd kunnen worden aan de historische bodemverontreiniging en de geaggregeerde parameters $\sum$ PFAS en EFSA-PFAS. ....	24
Tabel 15: Vergelijking van de vloerstofconcentraties (uitgedrukt in ng/filter) met de studie van Colles et al. (2022). ....	26
Tabel 16: Vergelijking van de meetresultaten De Naeyer met de resultaten voor huisstof in woningen in Australië. ....	26
Tabel 18: Percentuele afname in PFAS-concentratie in de verschillende matrices. ....	28
Tabel 19: Percentueel verschil in PFAS concentraties gemeten in 2022 en 2024. ....	29



## LIJST VAN AFKORTINGEN

TSP	Total suspended particles, totaal stof
PUF	Polyurethane Foam
PFAS	Poly- en perfluoralkylstoffen
EFSA	European Food Safety Authority
EFSA-PFAS	Som van PFNA+PFOA+PFHxS+PFOS (totaal: lineair + vertakt)
Br-PFAS	Branched-PFAS, vertakte vorm
L-PFAS	Prefix verwijzend naar de lineaire vorm
T-PFAS	Prefix verwijzend naar de totaal (lineaire + vertakte vorm)
$\Sigma$ PFAS	Som van de PFAS die geanalyseerd werden (opgenomen in de target lijst). Voor PFAS met lineaire en vertakte vorm wordt de som van beide (T-) meegenomen in de som.
RG	Rapporteergrens (LOQ, limit of quantification)
RI	Risico-index

# 1. INLEIDING

In 2022-2023 werd door VITO in opdracht van OVAM een studie uitgevoerd (rapport D/2023/5024/14) om na te gaan of de binnenomgeving van woningen op site De Naeyer vervuild zijn met PFAS. Er werd een meetcampagne opgezet en de gemeten PFAS-concentraties werden afgetoetst aan referentiewaarden om de ernst van de vervuiling en de blootstellingsrisico's te beoordelen.

Er werd vastgesteld dat in de verschillende matrices (omgevingslucht (actief bemonsterd en depositie) en huisstof (schoenstof, vloerstof en depositie)) een mix van PFAS aanwezig was, waarvan de chemische stoffen EtPFOSAA, PFOS en PFOA de belangrijkste zijn. Ook in de bodem werden deze componenten in hoge concentraties gemeten (Abesim, 2021). Er kon dus een duidelijke link tussen de de PFAS die in de woningen wordt aangetroffen en de historische bodemverontreiniging aangetoond worden. Er werd een beoordeling gemaakt van het blootstellingsrisico. De PFAS-concentraties waren voldoende laag om te besluiten dat er geen humaan risico ten gevolge van blootstelling aan PFAS voor de bewoners van De Naeyer is.

Tijdens de studie van 2022-2023 werd al gestart met de sanering (ontgraving van de bovenste 70 cm van de bodem, i.e. de leeflaag). Om na te gaan of deze saneringstechniek het te verwachten positief effect heeft op de concentratie aan PFAS binnenshuis, werd een herhalingsmeetcampagne opgestart in 2024 (deze studie) waarbij de PFAS in vloerstof werden gemeten. Aangezien de topklaag in de woonwijk overal vervangen is, worden lagere PFAS-concentraties in het vloerstof verwacht. Deze studie heeft tot doel om te beoordelen of dit bevestigd kan worden via metingen van het vloerstof van woningen op site De Naeyer. De meetcampagne werd minder uitgebreid opgezet als de eerste studie (rapport D/2023/5024/14), maar toch voldoende om een representatief beeld van het effect van de sanering op de PFAS-concentraties in het vloerstof te kunnen beoordelen. Aanvullend op de huisstofmetingen werden metingen uitgevoerd in de buitenomgeving, met name van de PFAS-concentraties in de omgevingslucht en in atmosferische deposities. Eenzelfde type meting werd ook in 2022 uitgevoerd. Deze metingen kunnen inzicht geven in emissies van PFAS houdend stof (bv. bodemmateriaal) naar de lucht, waar ze een blootstellingsrisico kunnen vormen via inademing.

## 2. MATERIAAL EN METHODE

Er werd een meetcampagne uitgevoerd in 2024 waarbij vloerstof, omgevingslucht en depositie bemonsterd werden. Er werd een *target-analyse* uitgevoerd om de concentratie van een 50-tal PFAS-verbindingen in deze matrices te meten. Dezelfde PFAS-verbindingen als deze die in vorige studie werden geanalyseerd. Van een aantal PFAS-verbindingen, met name EtPFOSAA en PFOS, werd in de vorige studie aangetoond dat ze in verhoogde concentratie gemeten werden en rechtsreeks gerelateerd zijn aan de historische bodemverontreiniging.

### 2.1 OVERZICHT MATRICES EN MILIEUCOMPARTIMENTEN

Volgende matrices en milieucompartmenten werden onderzocht in deze studie:

- Vloerstof (vloerstof van binnen in de woning)
- Omgevingslucht en atmosferische depositie (buiten).

### 2.2 MONSTERNEMING

Onder huisstof wordt het stof verstaan dat zich in de woning bevindt. Een deel van het huisstof zweeft door de lucht (in suspensie) in de woning, en bepaalt de binnenluchtkwaliteit. Een deel van het huisstof bevindt zich als depositiestof op oppervlakten, zoals vloer, kast, etc.

Bij de herhalingsmetingen werd het vloerstof bemonsterd en op de aanwezigheid van PFAS geanalyseerd. In de studie van 2022-2023 werd ook specifiek het schoenstof gemeten, stofdeposities en op sommige plaatsen de inhoud van de stofzuigerzak van de stofzuiger van de bewoners. Dit werd in deze studie niet herhaald. Vorige studie heeft aangetoond dat de concentraties in het vloerstof een goede indicator zijn van de PFAS-verontreiniging binnenshuis.

#### 2.2.1 Actieve bemonstering van vloerstof

Het vloerstof werd door een veldwerker actief bemonsterd met een stofzuiger volgens een protocol dat gebaseerd is op het protocol van Harrad et al. (2008). Hierbij werd als volgt te werk gegaan, waarbij één stofmonster een mengmonster is van vloerstof uit drie verschillende zones:

- Afbakening van de vloerzones (3) met gekend oppervlak voor monsterneming:
  - 1 m<sup>2</sup> indien vloebekleding (vast) tapijt;
  - 4 m<sup>2</sup> indien andere vloerbekleding (tegel, parket, laminaat).
- Opzuigen van vloerstof uit de eerste zone in filterzakje die in stofzuigermond geplaatst wordt; stofzuigen gedurende 1 min per m<sup>2</sup>, in twee richtingen; herhalen in de andere twee zones met hetzelfde filterzakje;
- Stofmonster verzegelen en in afgesloten recipiënt bewaren.

Eén stofmonster is een samengesteld monster uit drie zones (meestal samenstelling van monster uit keuken, living en hal, (bv. 3 keer 4 m<sup>2</sup> vloeroppervlak in keuken, living en hal, in enkele gevallen ook garage of slaapkamer).

Gereedschap dat gebruikt wordt voor monsterneming wordt voor en na monsterneming gereinigd met isopropanol geïmpregneerde ontsmettingsdoekjes. De filterzakjes zijn gemaakt van nylon met een poriëndiameter van 25 µm.

Tijdens de monsterneming werd door de veldwerker in overleg met de bewoner of gebouwverantwoordelijke een korte vragenlijst ingevuld. De vragenlijst heeft o.a. tot doel om de

meetlocatie iets meer in detail te beschrijven qua ligging en bouwjaar, en specifieke informatie te verzamelen met betrekking tot het aantal dagen sinds vorige kuis, rookgedrag van bewoners, aanwezigheid van kachel en van huisdieren.

## 2.2.2 Actieve bemonstering van de omgevingslucht

Voor het meten van PFAS in de omgevingslucht werd gebruik gemaakt van een actieve bemonstering op filter en PUF, met een toestel (high volume sampler van TISCH Enviromental, Figuur 1) dat 3,5 tot 4,5 m<sup>3</sup> lucht aanzuigt per uur en uitgerust is met een TSP-kop die quasi alle zwevende deeltjes doorlaat. Er wordt een gekend volume lucht aangezogen door de filter en de PUF (polyurethane foam), die achter elkaar 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 m<sup>3</sup> lucht, verkort weergegeven als ng/m<sup>3</sup>.

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
Bemonsteringsdebiet	ca. 3,5 tot 4,5 m <sup>3</sup> /u



Figuur 1: Foto van de fijnstofbemonsteraar (Tisch, onderaan op foto). Omgevingslucht wordt via de bemonsteringskop bovenaan aangezogen, door een filter en PUF. De bemonstering van deposities wordt uitgevoerd met kruiken (links op foto).

Gespreid over de volledige looptijd van de metingen, werden veldblanco's voorzien. Veldblanco's zijn filters en PUFs die op dezelfde manier gehanteerd worden als de te bemonsteren filters en PUFs

(voorbereiding, transport) en gedurende de bemonsteringsperiode afgesloten bewaard worden ter plaatse, zonder ze te bemonsteren. Veldblanco's worden meegenomen in de kwaliteitscontrole om bv. contaminaties op te sporen.

### 2.2.3 Bemonstering van stofdeposities omgevingslucht

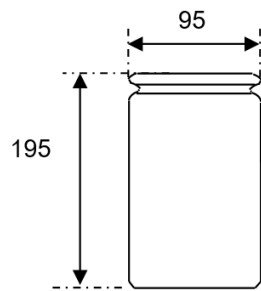
Depositie kan plaatsvinden in de vorm van natte en droge depositie. De totale depositie is de som van natte en droge depositie. Natte depositie is de aanvoer van stoffen via regen, sneeuw of hagel. Natte depositie is dus het resultaat van uitregenen of uitwassen en komt dus alleen voor ten tijde van 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.

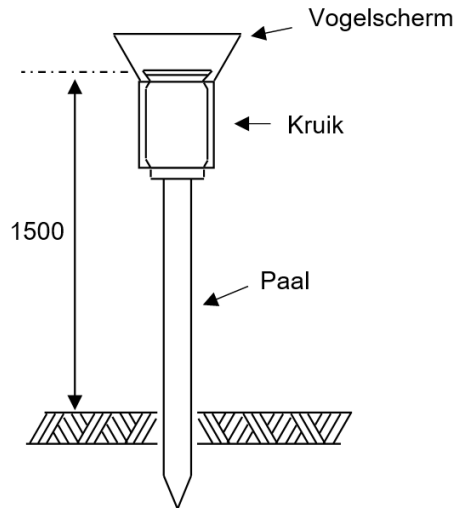
De depositie wordt bemonsterd met behulp van depositiekruiken (type Bergerhoff, Figuur 4). De Bergerhoff-kruik is een glazen bokaal met 9,5 cm effectieve binnendiameter, ongeveer 20 cm hoog en met 1,5 L inhoud. Aangezien de kruik uit glas bestaat, kan ze vooraf zeer grondig worden gereinigd om lage blanco-waarden te bekomen die nodig zijn voor bepalingen op immissieniveau. De Bergerhoff-kruiken worden voorafgaand aan de bemonsteringen in het labo 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 (ca. 28 dagen, 4 weken). Er worden telkens drie kruiken tegelijkertijd opgesteld (bemonstering in triplo). De inhoud van de drie kruiken wordt samengevoegd tot één monster.



### Bergerhoff-kruik

Oppervlak: 0,0071 m<sup>2</sup>  
 inw.oppervlak: 0,079 m<sup>2</sup>  
 materiaal: glas



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



Figuur 3: Opstelling met drie Bergerhoff-neerslagkruiken in een houder met vogelscherm op paal.

## 2.3 CHEMISCHE ANALYSE

De chemische analyses voor identificatie en bepaling van PFAS (target-analyse) werd uitgevoerd door VITO.

De target analyse is een gerichte, kwantitatieve bepaling van een lijst van PFAS-verbindingen (WAC-scope target-lijst; [https://reflabos.vito.be/2023/WAC\\_IV\\_A\\_025.pdf](https://reflabos.vito.be/2023/WAC_IV_A_025.pdf) en CMA; [https://reflabos.vito.be/2023/CMA\\_3\\_D.pdf](https://reflabos.vito.be/2023/CMA_3_D.pdf) ).

### 2.3.1. Monstervoorbehandeling

De monstervoorbehandeling is specifiek voor het type monster. Hieronder wordt een overzicht gegeven.

#### Monstervoorbehandeling omgevingslucht – filters en PUF

De filter wordt in een centrifugebuis gebracht, hieraan wordt basische methanol toegevoegd. Het monster wordt gedurende 1 uur geëxtraheerd door middel van ultrasoon sonicatie.

De PUF wordt in een glazen beker geplaatst en hieraan wordt methanol toegevoegd. De PUF wordt gesoniceerd gedurende 2 uur en herhaaldelijk wordt de PUF leeg geduwd.

Extracten van de PUF en filter worden samengevoegd en ingedampd met de turbovap. Nadien wordt het extract gecentrifugeerd en wordt de bovenstaande vloeistof gedecanteerd en overgebracht in een LC-vial.

#### Monstervoorbehandeling omgevingslucht – depositie

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 basische 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 basische 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 geëlueerd met methanol en het methanolextract wordt ingedampd tot

500 µL. Aan 500 µL van het extract wordt 500 µL ultrapuur water toegevoegd en in een LC-vial voor analyse gebracht.

#### *Monstervoorbehandeling – huisstof (vloerstof)*

De huisstofmonsters werden gezeefd, gehomogeniseerd en gewogen. Voor analyse werd een gekende hoeveelheid van de isotoop gemerkte fluorverbindingen toegevoegd (400 pg). Aan het monster wordt methanol toegevoegd en het geheel wordt gesoniceerd gedurende 1 uur. De bovenstaande fase wordt overgebracht naar een andere tube en wordt een tweede maal gesoniceerd met basische methanol. Na sonicatie wordt de bovenstaande fase bij in het extract van de eerste sonicatie gebracht en het geheel wordt opgeconcentreerd onder stikstof tot ongeveer 1 mL.

Het extract wordt opgezuiverd d.m.v. een Envicarb column (actieve kool, 12 mL, 1g). De Envicarb wordt gespoeld met acetonitrile en na het spoelen wordt het extract op de kolom gebracht. De kolom wordt 2x nagespoeld met acetonitrile en het eluaat wordt opgevangen. Het eluaat wordt ingedampt tot enkele µL (niet droog) en hieraan wordt methanol/water (1/1 v/v) toegevoegd. Het finale volume bedraagt 100 µL.

### 2.3.2. Analyse

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 ([https://reflabos.vito.be/2022/WAC\\_IV\\_A\\_025.pdf](https://reflabos.vito.be/2022/WAC_IV_A_025.pdf)) of CMA\_3\_D ([https://reflabos.vito.be/2021/CMA\\_3\\_D.pdf](https://reflabos.vito.be/2021/CMA_3_D.pdf)).

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 geaddeerd monster meegenomen om de juistheid en de herhaalbaarheid te bepalen. 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 (Bijlage A).

## 2.4 UITNODIGING VOOR DEELNAME AAN DE STUDIE

De bewoners van site De Naeyer in Willebroek werden voor dit onderzoek aangeschreven per brief. De uitnodiging werd bedeed aan alle bewoners die deelnamen aan de studie van 2022-2023. De correspondentie bestond uit:

- Uitnodiging tot deelname
- Registratie voor deelname
- Kadering van het onderzoek, informatie over de studie.

Tijdens de registratie werden bewoners gevraagd om dag van de week en tijdstip op te geven waarop de veldwerker kon langskomen.

Op gelijkaardige manier werden bewoners van een referentiewijk aangeschreven voor deelname. Er werd een uitnodiging via de post bezorgd op de adressen van de referentiewijk.



## 2.5 VRAGENLIJST VOOR DE DEELNEMERS

Tijdens de monsterneming in de woning werd een korte vragenlijst ingevuld, waarbij navraag gedaan werd naar:

- Aantal dagen sinds laatste poetsbeurt
- Aanwezigheid van huisdieren
- Rookgedrag
- Aanwezigheid van een kachel of open haard
- Overige informatie (bv. gebruik van bepaalde chemische producten).

## 2.6 REFERENTIEWIJK

In de vorige studie werd een referentiewijk geselecteerd op ongeveer 1,2 km ten ZO van site De Naeyer (Figuur 4). De woningen in de referentiewijk werden recent gebouwd (rond 2021). Voor deze studie werden bewoners van dezelfde referentiewijk aangeschreven.



Figuur 4: Situering van de referentiewijk t.o.v. site De Naeyer.

## 2.7 TOETSINGSKADER

### 2.7.1 PFAS in omgevingslucht

Er is momenteel een tijdelijk toetsingskader opgesteld voor PFAS in omgevingslucht. Het tijdelijk toetsingskader is opgesteld voor een sommatie-parameter van vier PFAS-verbindingen, de zgn. EFSA-PFAS. Daarbij wordt 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) (chronische blootstelling). Deze waarden kunnen dus als tijdelijk toetsingskader voor de bewoonde zones gebruikt worden. De onderbouwing van dit toetsingskader is bijgevoegd in Bijlage B. Voor individuele PFAS of een andere combinatie van PFAS zijn geen toetsingswaarden beschikbaar.

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> (Tabel 2). De meest strenge toetsingswaarde is de ondergrenswaarde van 0,4 ng/m<sup>3</sup>, wat een afronding is van 0,44 ng/m<sup>3</sup>. De ondergrenswaarde is de waarde waar we in dit rapport aan aftoetsen. De toetsingswaarde is opgesteld voor de concentratie in zwevend stof. Dat is de fractie waar de EFSA-PFAS zich voornamelijk in bevinden.

Tabel 2: Tijdelijk toetsingskader voor 4 EFSA-PFAS verbindingen in omgevingslucht (zie <https://www.vmm.be/lucht/meer-polluenten/pfas-in-de-omgevingslucht>).

Naam	Tijdelijk toetsingskader*
Toelaatbare Wekelijkse Innamedosis (TWI)	4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week
Concentratie in zwevend stof	0,4 - 2,2 ng/m <sup>3</sup>

\* Voor 4 PFAS-componenten: PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS

Voor depositiestof (buiten) is er geen toetsingskader beschikbaar.

### 2.7.2 PFAS in bodem

De huidige richtwaarde / waarde vrij gebruik bedraagt 3,0 µg/kg ds voor PFOS en 3,0 µg/kg ds voor PFOA. Meer toelichting is te vinden in de Richtlijn PFAS-onderzoek – herziening april 2022 (OVAM, 2022). Wegens het ontbreken van data en kennis over de andere PFAS-verbindingen zal voor de waarde vrij gebruik en de richtwaarde voorlopig een pragmatische toetsing worden gevolgd. Namelijk, de som van de gemeten PFAS wordt getoetst aan 8 µg/kg ds. Parameters waarvan de gemeten waarde onder de rapportering grens ligt, worden in de sommatie niet meegenomen.

Er werden eveneens streefwaarden afgeleid voor perfluorverbindingen (Touchant et al., 2020). Op 50 onverdachte (niet-vervuilde) stalen uit de toplaag (0-20 cm) van Vlaamse bodems werden de perfluorverbindingen (PFAS) geanalyseerd. Voor Vlarebo-genormeerde parameters zijn de streefwaarden gebaseerd op de 90-percentielwaarden. De streefwaarden voor PFOS en PFOA die op basis van de studie werden afgeleid, zijn 1,5 µg/kg ds voor PFOS en 1,0 µg/kg ds voor PFOA.

Tabel 3: Richt- en streefwaarden voor bodem (OVAM<sup>1</sup>, 4 april 2022).

	Richtwaarde	Streefwaarde
PFOS	3,0 µg/kg ds	1,5 µg/kg ds
PFOA	3,0 µg/kg ds	1,0 µg/kg ds
Som PFAS	8,0 µg/kg ds	/

### 2.7.3 PFAS in andere matrices

Voor de andere matrices die opgenomen zijn in deze studie (vloerstof en depositiestof) zijn er momenteel geen toetsingskaders beschikbaar. Er zijn wel referentiewaarden beschikbaar waartegen de resultaten van De Naeyer kunnen afgezet worden (resultaten referentiewoning voor vloerstof, deposities op landelijke achtergrondlocatie).

1

<https://ovam.vlaanderen.be/documents/177281/789862/Toetsingswaarden+voor+PFOS+en+PFOA++in+bodem+en+voor+PFAS+in+grondwater+vanaf+19042022.pdf/24a04e36-4094-ba6e-f2c9-72a13eb99b17>

## 2.8 VERGELIJKING TUSSEN MEETCAMPAGNES

Het doel van deze studie is om via herhalingsmetingen na te gaan of de PFAS-concentraties gedaald zijn na uitvoering van de saneringswerken op site De Naeyer. Hiervoor werden identieke meet- en analysemethodes gebruikt en werd er op dezelfde locaties gemeten. De herhalingsmetingen zijn minder uitgebreid dan de meetcampagne uit 2022. Er werd bijvoorbeeld geen opdeling gemaakt in afzonderlijke meetcampagnes gespreid in de tijd zoals in de studie van 2022. Dit is te verantwoorden aangezien die opdeling geen significant verschillende resultaten opleverde (maar eerder een bevestiging van de resultaten). De bemeten matrices werden in deze studie ook beperkt tot vloerstof en de omgevingslucht en deposities buiten. In de studie van 2022 werd ook het schoenstof afzonderlijk bemonsterd en gemeten om de verspreidingsroute via inloop te kunnen beoordelen. Aangezien de meetresultaten van het schoenstof in dezelfde grootteorde lag als het vloerstof, en aangezien de inlooproute bevestigd werd in 2022, werd ervoor gekozen om schoenstof niet apart op te nemen in de herhalingsmetingen. Ook werden er in 2022 depositiemetingen binnen uitgevoerd. Dit werd niet herhaald aangezien het moeilijk bleek om op die manier voldoende hoeveelheden stof te collecteren voor analyse.

Door herhalingsmetingen uit te voeren met de geselecteerde methoden worden inzichten verworven in:

- de PFAS-concentraties in het vloerstof in de binnenomgeving (in de woning), en
- de PFAS-concentraties in de buitenlucht en deposities

en hoe de concentraties zich verhouden tot eerder gemeten concentraties uit 2022.

In deze studie wordt een analyse gemaakt van de concentraties van de belangrijkste PFAS in het huisstof van de deelnemers De Naeyer en van de concentraties die gemeten werden in de omgevingslucht en de deposities buiten. De belangrijkste PFAS zijn PFAS die:

- gemeten werden in de voorgaande studie,
- in hoge concentraties gemeten werden in 2022 ten opzichte van referentiemetingen, en
- die gerelateerd zijn aan de historische bodemverontreiniging van site De Naeyer van voor de sanering.

Voor deze studie zijn dit de PFAS-verbindingen PFOS en EtPFOSAA.

Naast deze PFAS-verbindingen zal ook de EFSA-PFAS (i.e. som van 4 PFAS, nl. PFOA, PFNA, PFOS en PFHxS) beoordeeld worden aangezien hierin PFAS opgenomen zijn met een significant blootstellingsrisico en er een toetsingskader voor EFSA-PFAS in omgevingslucht bestaat.

Andere PFAS (uit de analyselijst) zijn minder relevant voor de vergelijking tussen 2022 en 2024 en voor de beoordeling van de bodemsanering van De Naeyer omdat ze niet specifiek gelinkt kunnen worden aan de bodemverontreiniging maar uit andere bronnen geëmitteerd kunnen worden (bv. consumentenproducten, meubels, etc.) of in zeer lage concentraties voorkomen.

De sommatieparameter  $\sum$ PFAS wordt ook gerapporteerd. Dit is de som van alle PFAS waarop geanalyseerd wordt. PFAS-verbindingen die voorkomen als lineaire of vertakte isomeren worden als totaal meegenomen (som van lineair + vertakt). De  $\sum$ PFAS-concentraties zijn minder relevant in deze studie omdat dit de som is van alle PFAS, dus niet enkel van de PFAS die gelinkt zijn aan de historische bodemverontreiniging en waarvan de concentratie door de bodemsanering gedaald zou moeten zijn.

## 3. OPZET EN OMSTANDIGHEDEN VAN HET VELDONDERZOEK

### 3.1 DEELNAME AAN DE STUDIE

Aan de studie van 2022-2023 werd door 26 personen woonachtig op de site De Naeyer deelgenomen. Uit de referentiewijk was er slechts bevestiging door één persoon.

Aan de herhalingsmetingen namen 13 personen die op site De Naeyer wonen deel, en drie uit de referentiewijk. De deelnemers van De Naeyer namen ook deel aan de eerste studie. Uit de referentiewijk namen drie nieuwe deelnemers deel.

### 3.2 TIMING VAN HET VELDWERK

In de eerste studie werd het veldwerk uitgevoerd in de eerste helft van 2022, opgedeeld in drie perioden:

- Screeningsmetingen op 24/01 en 25/02/2022
- Eerste veldwerkcampagne tussen 2/03 en 30/03/2022 (wintercampagne)
- Tweede veldwerkcampagne tussen 19/05 en 15/06/2022 (zomercampagne).

De bemonsteringen voor deze studie vonden plaats in de lente van 2024. De bemonstering van het vloerstof werd eind mei 2024 uitgevoerd (21-27/05/2024). De buitenmetingen (omgevingslucht en depositie) liepen van 14/05/2024 tot 10/07/2024.

### 3.3 METEO-OMSTANDIGHEDEN TIJDENS DE VELDWERKCAMPAGNE

Verstuiving en verspreiding van stoffen via de lucht hangt sterk af van de weersomstandigheden, De windrichting en windsnelheid zijn vooral bepalend voor de verspreiding van stofemissies naar de ruimere omgeving. Locaties die zich windafwaarts bevinden kunnen beïnvloed worden door een windopwaarts gelegen bron. Neerslag heeft een effect op de stuifgevoeligheid van bodem/grond (minder stuifgevoelig onder vochtige condities) en heeft een effect op de stofconcentratie in omgevingslucht (lagere concentraties bij neerslag want stof wordt uitgewassen uit omgevingslucht). De invloed van meteorologie op andere verspreidingsroutes, met name naar de binnenomgeving, is minder bekend. Droge en warme omstandigheden kunnen aanleiding geven tot extra passieve verluchting van het huis (ramen open) waardoor de inwaai van stof via de buitenlucht hoger kan zijn. Ook frequenter buitengaan (bv. naar de tuin) kan inbreng van stof via schoeisel doen toenemen. Onder natte omstandigheden kan er dan weer meer bodem/stof aan de schoenzool blijven kleven waardoor extra bodemmateriaal binnengelopen wordt.

Op basis van de maandverslagen van het KMI (<https://www.meteo.be/nl/klimaat/klimaat-van-belgie/klimatologisch-overzicht/2022/>) kan besloten worden dat de temperatuur normaal was voor de tijd van het jaar in beide veldwerkcampagnes (Tabel 4) van 2022. In de eerste veldwerkcampagne was de neerslaghoeveelheid en ook de windsnelheid uitzonderlijk laag. Tijdens de tweede veldwerkcampagne was de neerslaghoeveelheid normaal, maar de windsnelheid uitzonderlijk laag in vergelijking met de voorgaande 30 jaren. In 2024 was mei een uitzonderlijk natte en warme maand met lage windsnelheid. De maanden juni en juli waren normaal voor de tijd van het jaar.

Tabel 4: Maandverslagen van het KMI voor de maanden waarop de veldwerkcampagnes werden uitgevoerd in 2022 en 2024.

	2022	2022		2024		
	Campagne 1	Campagne 2				
	Maart '22	Mei '22	Juni '22	Mei '24	Juni '24	Juli '24
<b>Temperatuur</b>	Normaal	Normaal	Normaal	Bij de hoogste drie van de afgelopen 30 jaar	Normaal	Normaal
<b>Neerslag</b>	Laagste waarde van afgelopen 30 jaar	Normaal	Normaal	Bij de hoogste drie van de afgelopen 30 jaar	Normaal	Normaal
<b>Windsnelheid</b>	Bij de drie laagste waarden van de afgelopen 30 jaar	Bij de drie laagste waarden van de afgelopen 30 jaar	Bij de vijf laagste waarden van de afgelopen 30 jaar	De laagste van de afgelopen 30 jaar	Normaal	Normaal

### **3.4 ON-SITE WERKZAAMHEDEN VOORAFGAAND AAN DE MEETCAMPAGNE VAN 2024**

De werkzaamheden in de huidige woonzone van de voormalige fabriekszone in opdracht van de OVAM zijn deze in het kader van het 'Besluit Voorzorgsmaatregelen' dd. 08/12/2021. Hierbij ging de OVAM over tot het uitvoeren van de volgende voorzorgsmaatregelen teneinde mens en milieu te beschermen tegen de gevaren uitgaande van de bodemverontreiniging vastgesteld op de betreffende gronden, en meer bepaald in de zones met particuliere bewoning en ter hoogte van het openbaar domein waar sprake is van een hoger blootstellingsrisico:

- het waar nodig omzichtig ontgraven van met PFAS-verontreinigde bodem in de bovenste 70 cm ;
- het terreinherstel van de ontgraven zones (laag van 50 cm aanvulgrond en 20 cm teelaarde);
- het afvoeren van de uitgegraven bodem die vrijkomt met de nodige aandacht voor de omgeving en de specifieke verwerking van de uitgegraven bodem.

Deze werken werden uitgevoerd in de periode van maart 2022 tot maart 2023. Daarnaast werden in deze periode door verschillende projectontwikkelaars, de nutsmaatschappijen en de particuliere eigenaars eveneens grondwerken uitgevoerd.

### **3.5 BEMONSTERING VAN HET HUISSTOF**

#### **3.5.1 Actieve bemonstering vloerstof**

Tijdens de veldwerkcampagne werden 16 vloerstofmonsters genomen (Tabel 5) op 16 verschillende adressen (13 op site De Naeyer, 3 woningen uit de referentiewijk). De meeste vloerstofmonsters werden genomen in woningen (15) en één in een kantoor.

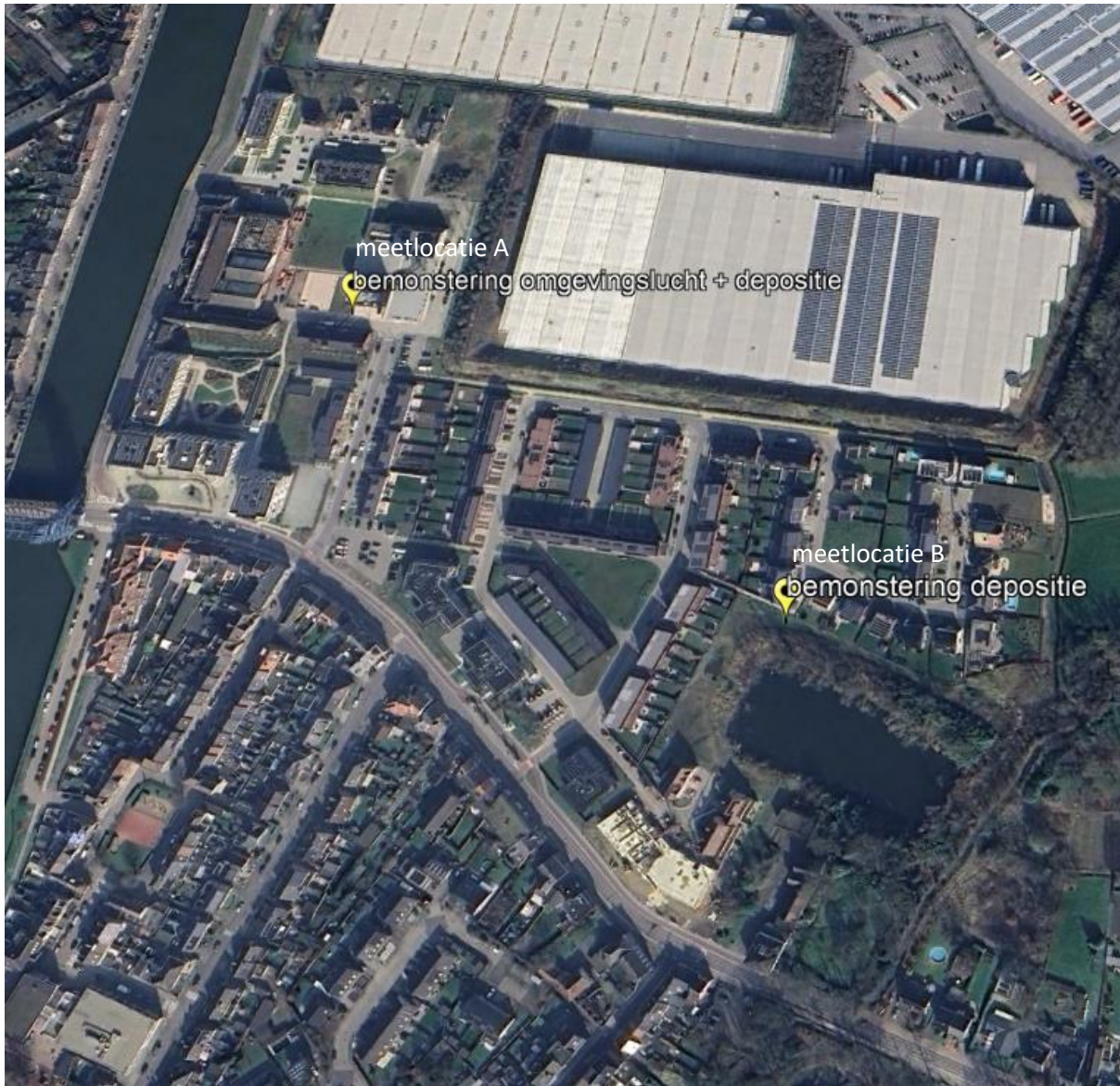
Tabel 5: Bemonstering vloerstof: overzicht van het aantal woningen per straat waar de bemonstering werd uitgevoerd in de eerste en tweede veldwerkcampagne van vorige studie, en tijdens de herhalingsmetingen van 2024.

Veldwerkcampagne	Straatnaam	Aantal woningen
Eerste veldwerkcampagne 2022	Thomas Vincottestraat	5
	Gieterijstraat	4
	Otto Intzeplein	2
	Smederijstraat	3
	Mechelsesteenweg	4
	Alida Peetersplein	5
	Pulpstraat	1
	Brigandstraat	1
	Referentiewijk	1
Tweede veldwerkcampagne 2022	Thomas Vincottestraat	4
	Gieterijstraat	3
	Otto Intzeplein	2
	Smederijstraat	3
	Mechelsesteenweg	2
	Alida Peetersplein	5
	Pulpstraat	1
	Brigandstraat	1
	Referentiewijk	1
Herhalingsmetingen 2024	Thomas Vincottestraat	2
	Gieterijstraat	1
	Otto Intzeplein	1
	Smederijstraat	2
	Mechelsesteenweg	2
	Alida Peetersplein	3
	Pulpstraat	1
	Brigandstraat	1
	Referentiewijk	3

### 3.5.2 Bemonstering van de omgevingslucht en deposities

De omgevingslucht werd actief bemonsterd gedurende 2 maanden (8 weken). Individuele monsters werden continu gedurende twee weken genomen (zie start- en einddatum in Tabel 6 per monster). De verkregen resultaten zijn tweewekelijks gemiddelde waarden, uitgedrukt in  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

De deposities werden in dezelfde periode gedurende 2 maanden gemeten. Een depositiestaal wordt gedurende vier weken geïncubated (Tabel 6), maar het meetresultaat wordt omgerekend naar massa per dag per  $\text{m}^2$  (normalisatie naar oppervlakte en bemonsteringsduur). De deposities werden bemonsterd op twee meetlocaties: één op de plaats van de actieve bemonstering omgevingslucht, en één aan de rand van de vijver in het ZO deel van de site De Naeyer (Figuur 5).



Figuur 5: Overzicht van de meetlocaties voor de bemonstering van omgevingslucht en deposities.

Tabel 6: Overzicht van de timing van de bemonstering van de omgevingslucht.

Actieve bemonstering omgevingslucht	Start	Eind	Bemonstering depositie omgevingslucht	Start	Eind
1	14/05/2024	30/05/2024	1	14/05/2024	13/06/2024
2	30/05/2024	13/06/2024			
3	13/06/2024	27/06/2024	2	13/06/2024	10/07/2024
4	27/06/2024	10/07/2024			

De actieve bemonsteraar en depositiekruiken stonden op dezelfde plaats opgesteld centraal op de site De Naeyer, en in de buurt van de meetlocatie uit 2022 ter hoogte van het Otto Intzeplein en de Pulpstraat (foto van de meetopstelling in Figuur 6). Een foto van de meetopstelling voor deposities naast de vijver is te zien in Figuur 7.



Figuur 6: Foto van de meetopstelling voor actieve bemonstering van de omgevingslucht en stofdepositie.



Figuur 7: Depositiekruiken ter hoogte van de vijver.



## 4. RESULTATEN LUCHTMETINGEN

### 4.1 OMGEVINGSLUCHT

In de studie van 2022 werd de omgevingslucht op één meetlocatie bemonsterd gedurende acht weken, gespreid over 2 perioden (zie Tabel 6). Ook in 2024 werden de luchtmetingen herhaald gedurende 8 weken. De bemonsteringsmethoden waren identiek in beide meetcampagnes, met uitzondering van de uitmiddellingsperiode (in 2022 weekgemiddelde, in 2024 tweewekelijks gemiddelde) en de bemonsteringslocatie die zich niet op exact dezelfde plaats bevond in 2024 omwille van stroomvoorziening. De bemonsteringslocatie van 2024 bevond zich op 50 meter van de locatie van 2022, centraal op site De Naeyer. Er kan van uitgegaan worden dat de geringe afstand tussen beide meetlocaties geen effect heeft op de meetresultaten.

De omgevingslucht werd geanalyseerd op een 50-tal PFAS verbindingen (zie Bijlage A). Er werden zowel PFAS bemonsterd die in vluchtige toestand voorkomen, als in vaste fase (stofvormig). Beide fracties werden afzonderlijk geanalyseerd, en de meetresultaten werden samengeteld tot een geïntegreerde concentratie in de omgevingslucht (stof + vluchtig). Eén analyseresultaat kon niet gevalideerd worden (vluchtige fase, meting 30/05 tot 13/06/2024) door een probleem in de monstervoorbereiding. Dit kan aanleiding geven tot een kleine onderschatting van de gemiddelde concentraties over de meetperiode (+/- 15% onderschatting). Dit heeft echter verder geen invloed op de conclusies van dit onderzoek.

Er werden geen omgevingsluchtmetingen uitgevoerd in de referentiewijk.

#### 4.1.1 Voorkomen van PFAS-verbindingen in omgevingslucht

In de studie van 2022 werden er in totaal 11 verschillende PFAS-verbindingen aangetroffen in de omgevingslucht (eerste en tweede veldwerkcampagne samen) met een concentratie hoger dan 0,001 ng/m<sup>3</sup>. De belangrijkste zijn: PFBA (indicatief gemeten) (34% van totaal concentratie), PFOA (16%), EtPFOSAA en 6:2FTS (indicatief) (beide 13%), PFOS (11%) en PFHxA (5%). Zowel PFBA als 6:2FTS worden indicatief gemeten (grote meetonzekerheid).

In de herhalingsmetingen van 2024 werden 7 PFAS-verbindingen gemeten met een concentratie hoger dan 0,001 ng/m<sup>3</sup> (Tabel 7), waarvan enkel PFBA (0,021 ng/m<sup>3</sup>, 48% van totaal) met een concentratie hoger dan 0,01 ng/m<sup>3</sup>.

Tabel 7: Overzicht van de gemeten PFAS-verbindingen in 2022 en 2024 in omgevingslucht.

	2022	2024
Aantal PFAS verbindingen in analysescope*	47	45
Aantal PFAS gemeten met concentratie > 0,001 ng/m <sup>3</sup> **	11	7
Aantal PFAS gemeten met concentratie > 0,01 ng/m <sup>3</sup>	6 (PFBA, PFHxA, PFOA, PFOS, 6:2FTS, EtPFOSAA)	1 (PFBA)

\* de PFAS verbindingen 6:2 FTS, PFPrA en PFPrS zitten niet in de scope van 2024; de verbinding BPAF zat niet in de scope van 2022.

\*\* 0,001 is een zeer lage concentratie. Voor sommige verbindingen of analyses kan de rapporteergrens beperkt hoger liggen dan deze waarde. De PFAS beneden de RG worden meegeteld bij de verbindingen met concentratie lager dan 0,001 ng/m<sup>3</sup>.

## Besluit

Het aantal PFAS-verbindingen die in 2024 in de omgevingslucht gemeten worden is lager dan in 2022 (7 tegenover 11 PFAS).

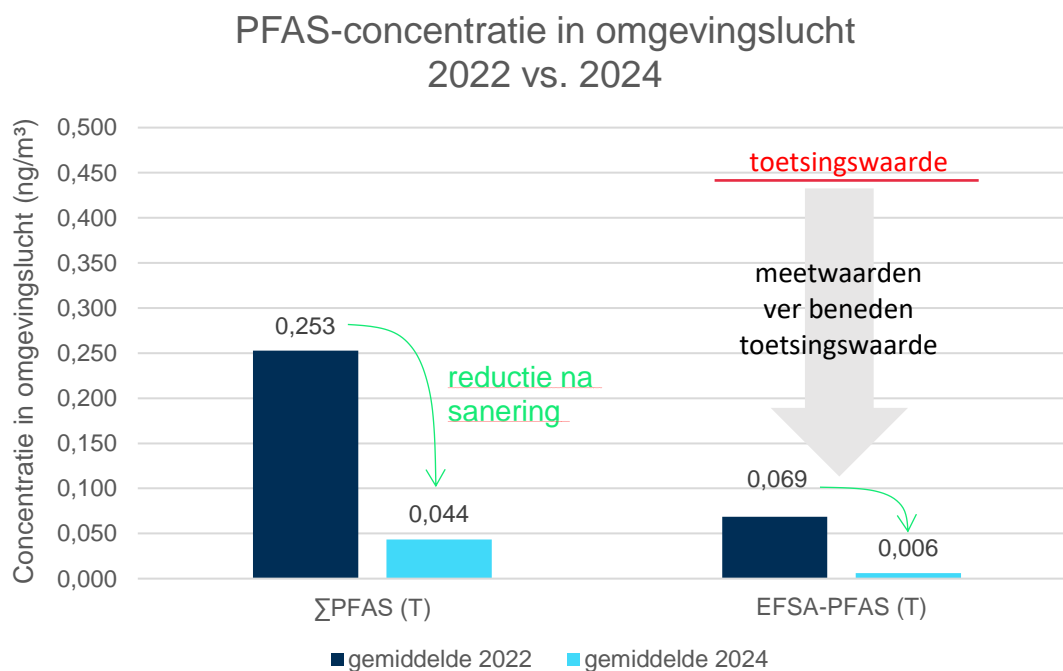
### 4.1.2 Concentraties in de omgevingslucht

De gemiddelde PFAS-concentratie gesommeerd over alle gemeten PFAS ( $\sum$ PFAS) in de omgevingslucht was 0,253 ng/m<sup>3</sup> in 2022 en 0,044 ng/m<sup>3</sup> tijdens de herhalingsmetingen in 2024. De analysescope is beperkt gewijzigd tussen 2022 en 2024. Het belangrijkste verschil is dat 6:2FTS niet langer opgenomen is in analysescope wegens de grote meetonzekerheid. De  $\sum$ PFAS-concentratie voor identieke analysescope (i.e. zelfde PFAS-verbindingen gemeten) is 0,220 ng/m<sup>3</sup> in 2022 en 0,044 ng/m<sup>3</sup> in 2024. **De gemiddelde  $\sum$ PFAS-concentratie in de omgevingslucht was 5 keer lager tijdens de herhalingsmetingen in 2024 in vergelijking met 2022.**

De gemiddelde EFSA-PFAS concentratie in de omgevingslucht op site De Naeyer was 0,069 ng/m<sup>3</sup> in 2022. In 2024 werd een EFSA-PFAS concentratie van 0,006 ng/m<sup>3</sup> gemeten. **De omgevingsconcentratie EFSA-PFAS lag een factor 10 lager in 2024 in vergelijking met 2022.**

De gemiddelde EFSA-PFAS concentratie kan afgetoetst worden aan de tijdelijke toetsingswaarde gedefinieerd voor omgevingslucht (0,44 ng/m<sup>3</sup>). De EFSA-PFAS-concentratie gemeten op De Naeyer ligt ca. 75 keer onder de toetsingswaarde (in 2022 was dat ca. 6 keer onder de toetsingswaarde).

De vergelijking van de  $\sum$ PFAS en EFSA-PFAS concentraties in 2022 en 2024 in de omgevingslucht op site De Naeyer zijn grafisch voorgesteld in Figuur 8. De belangrijkste conclusie is dat de concentraties sterk zijn afgenomen en dat de EFSA-PFAS concentratie ver onder de gezondheidkundige toetsingswaarde ligt.



Figuur 8: Vergelijking van de  $\sum$ PFAS en EFSA-PFAS concentraties in 2022 en 2024 in de omgevingslucht op site De Naeyer. De toetsingswaarde voor EFSA-PFAS is als rode lijn aangeduid (0,4 ng/m<sup>3</sup>).

De PFAS-verbindingen EtPFOSAA, PFOS en PFOA zijn de typische verbindingen die in verband konden gebracht worden met de historische bodemverontreiniging van De Naeyer. Deze PFAS-verbindingen werden ook in andere matrices aangetroffen in de studie uit 2022 -zowel buiten als binnenshuis (Peters et al., 2023). De concentratie van deze PFAS zijn prioritair om een vergelijking te maken tussen de meetresultaten van 2022 en 2024 na sanering.

Er is een zeer sterke reductie van de PFOA, PFOS en EtPFOSAA concentraties in de omgevingslucht tussen 2022 en 2024. In 2022 lagen de concentraties van deze PFAS tussen 0,029 en 0,040 ng/m<sup>3</sup> voor deze PFAS, in 2024 tussen 0,001 en 0,004 ng/m<sup>3</sup> en minstens een factor 10 lager dan in 2022.

Tabel 8: Gemiddelde PFAS-concentratie in omgevingslucht in 2022 en 2024.

	2022	2024
<b>PFOA</b>	0,040	0,002
<b>PFOS</b>	0,029	0,004
<b>EtPFOSAA</b>	0,034	0,001
<b>EFSA-PFAS (T)</b>	0,069	0,006
<b><math>\sum</math>PFAS* (T)</b>	0,253 (0,220 excl. 6:2FTS)	0,044

In vergelijking met de landelijke achtergrondconcentraties (op meetlocatie N016, in Dessel, Tabel 9) zijn de PFAS-concentraties in de omgevingslucht op site De Naeyer beperkt hoger. Het verschil met de landelijke achtergrondconcentraties bedraagt maximaal enkele duizendste van een ng/m<sup>3</sup>. Rekening houdend met het feit dat de EFSA-PFAS concentratie (waar o.a. PFOS en PFOA in gesommeerd worden) op site De Naeyer (0,006 ng/m<sup>3</sup>) ver onder de gezondheidskundige toetsingswaarde ligt, wordt het verschil met de achtergrond als verwaarloosbaar beoordeeld. In 2022 werden er PFAS metingen uitgevoerd op een stedelijk achtergrondlocatie in Borgerhout, Antwerpen (periode 2/09 tot 25/11/2022). De EFSA-PFAS concentratie (0,017 ng/m<sup>3</sup>) lag er lager dan op site De Naeyer in 2022 en lager dan op site De Naeyer in 2024.

Tabel 9: Jaargemiddelde PFAS-concentraties in de omgevingslucht op het landelijke achtergrondstation voor luchtkwaliteit (N016, Dessel).

	2021 2/07/21- 12/01/22	2022 13/01/22- 12/01/23	2023 12/01/23- 14/12/23
<b>PFOA</b>	<0,001	<0,001	<0,001
<b>PFOS</b>	<0,001	0,001	0,001
<b>EtPFOSAA</b>	<0,001	<0,001	<0,001
<b>EFSA-PFAS (T)</b>	0,001	0,001	0,001

\* som van kwantitatief en indicatief gemeten PFAS

\*\* enkel de filterfractie werd bemeten, niet de vluchtige fractie

\*\*\* resultaten afgerond tot op pg/m<sup>3</sup>; meetwaarden < 0,001ng/m<sup>3</sup> en meetwaarden beneden de detectielimiet weergegeven als <0,001 ng/m<sup>3</sup>

Data bron: VMM (<https://www.vmm.be/lucht/meer-polluenten/pfas-in-zwevend-stof>)

## Besluit

In de omgevingslucht op site De Naeyer worden PFAS gemeten. Dat is niet uitzonderlijk daar op de meeste plaatsen in Vlaanderen waar omgevingsmetingen werden uitgevoerd werden PFAS gemeten. De PFAS-concentraties op site De Naeyer gemeten in 2024 liggen 10 keer lager dan de meetresultaten van 2022. Dit geldt voor PFOA, PFOS en EtPFOSAA, drie PFAS-verbindingen die geassocieerd worden met de historische bodemverontreiniging, en voor de somparameters EFSA-PFAS en  $\sum$ PFAS.

De EFSA-PFAS concentratie lag in 2022 (0,069 ng/m<sup>3</sup>) ruim onder de gezondheidkundige toetsingswaarde (0,4 ng/m<sup>3</sup>). In 2024 is de EFSA-concentratie sterk gedaald (0,006 ng/m<sup>3</sup>) ten opzichte van de meting uit 2022, en ongeveer 75 keer lager dan de toetsingswaarde.

## 4.2 DEPOSITIES

Atmosferische depositie werd op twee locaties gemeten in 2024 (Figuur 5). Eén van beide locaties (meetlocatie A) situeert zich dicht bij de meetlocatie waar in 2022 de depositie gemeten werd.

### 4.2.1 Voorkomen van PFAS-verbindingen in deposities

In de depositiestalen worden een aantal PFAS gemeten (Tabel 10). In 2022 werden 23 verschillende PFAS gemeten met een depositie boven 0,1 ng/m<sup>2</sup>/dag, in 2024 waren dat er 11 (locatie A) en 9 (locatie B). Daarvan waren er in 10 met deposities hoger dan 1 ng/m<sup>2</sup>/dag in 2022 en 5 in 2024. Het aantal PFAS dat gemeten wordt in de deposities is afgenomen in 2024 tegenover 2022.

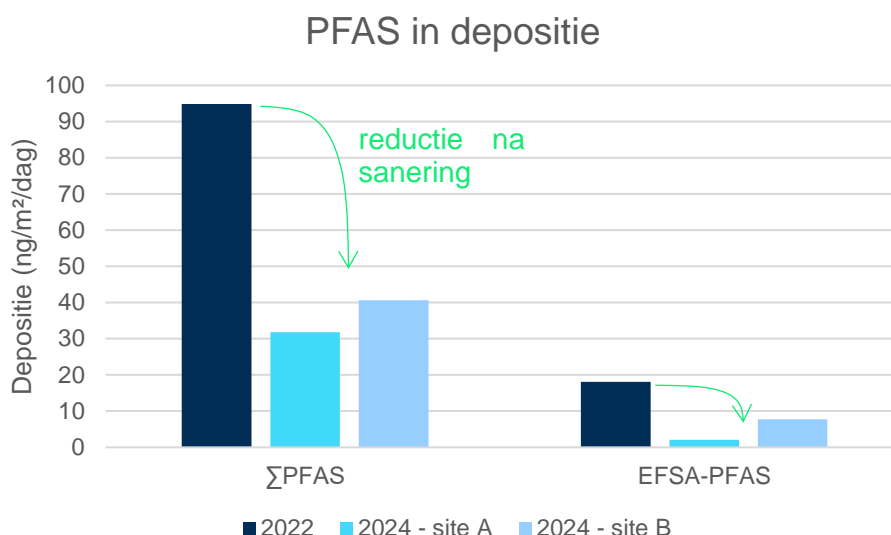
Tabel 10: Overzicht van het aantal PFAS die in deposities gemeten werden in 2022 en 2024.

	2022	2024	
	Nabij locatie A	Locatie A	Locatie B
Aantal PFAS verbindingen in analysescope	47	45	45
Aantal PFAS gemeten met concentratie > 0,1 ng/m <sup>2</sup> /dag	23	11	9
Aantal PFAS gemeten met concentratie > 1 ng/m <sup>2</sup> /dag	10	5	5

### 4.2.2 PFAS-gehalte in deposities

Gemiddeld over de twee veldwerkcampagnes uit 2022 was de depositie van  $\sum$ PFAS-verbindingen 95 ng/m<sup>2</sup>/dag (66 ng/m<sup>3</sup>/dag exclusief 6:2FTS die niet langer in de analysescope zit), waarvan de depositie van EFSA-PFAS 18 ng/m<sup>2</sup>/dag bedraagt (ongeveer 1/5<sup>de</sup> van de totale depositie) (Figuur 9). In 2024 was de  $\sum$ PFAS-depositie 32 ng/m<sup>2</sup>/dag (site A) en 41 ng/m<sup>2</sup>/dag (site B). De EFSA-PFAS depositie was 2 ng/m<sup>2</sup>/dag (site A) en 8 ng/m<sup>2</sup>/dag (site B).

De  $\sum$ PFAS depositie was in 2024 ongeveer 2 tot 3 keer lager dan in 2022, de EFSA-PFAS concentratie lag minstens 2 keer lager dan in 2022.



Figuur 9: Atmosferische depositie van PFAS in 2022 en 2024.

Uit de vergelijking van de deposities gemeten op verschillende locaties in Vlaanderen blijkt dat de deposities op site De Naeyer hoger liggen dan op de landelijke achtergrondlocatie (Tabel 11). De jaargemiddelde deposities gemeten in Antwerpen Linkeroever liggen in dezelfde grootteorde als de metingen in De Naeyer. De deposities op site De Naeyer liggen ruim onder de deposities die in de Antwerpse haven en in de omgeving van 3M gemeten werden.

Tabel 11: Deposities (ng/m<sup>2</sup>/dag) op verschillende type locaties in Vlaanderen.

	ΣPFAS	EFSA-PFAS
De Naeyer – site A	32	2
De Naeyer – site B	41	8
Landelijke achtergrond <sup>a</sup>	11	0,8
Antwerpen Linkeroever <sup>b</sup>	29	7
Haven Antwerpen <sup>c</sup>	50	19
3M <sup>d</sup>	422	191

<sup>a</sup> Landelijk achtergrondstation N016 in Dessel

<sup>b</sup> Gemiddelde van meetlocaties AL09 en AL10 in 2023

<sup>c</sup> Gemiddelde van R822, R830, R831, R891

<sup>d</sup> Gemiddelde van R897, ZD01, ZD07, ZD08, ZD11, ZD12

In 2022 werd gedurende 3 maanden de PFAS-depositie op een stedelijke achtergrondlocatie in Antwerpen Borgerhout gemeten (EFSA-PFAS depositie 1,7 ng/m<sup>2</sup>/dag). Op meetlocatie A op site De Naeyer was de depositie vergelijkbaar (2 ng/m<sup>2</sup>/dag). Op meetlocatie B lag de depositie ongeveer 4 keer hoger.

#### 4.2.3 Belangrijkste PFAS in de depositie

Voor de individuele PFAS werden in 2022 gemiddeld de hoogste deposities voor 6:2FTS (28,7 ng/m<sup>2</sup>/dag) en EtPFOSAA (25,4 ng/m<sup>2</sup>/dag) gemeten. De depositie van PFOS (10,5 ng/m<sup>2</sup>/dag) en PFOA (7,5 ng/m<sup>2</sup>/dag) zijn de belangrijkste deposities van de EFSA-PFAS. Daarnaast kwamen ook de C4 tot C7 PFCAs (perfluoroalkylcarboxylzuren) voor in de deposities van 2022 (21% van totaal).

In de depositie van 2024 zijn voornamelijk de C4 tot C8 (PFBA tot PFOA) vertegenwoordigd (respectievelijk 97% en 81% op meetlocaties A en B). De PFAS die gerelateerd worden aan de historische bodemverontreiniging zijn sterk gereduceerd ten opzichte van 2024. Een uitzondering is PFOS op meetlocatie B (gemiddelde van 7,5 ng/m<sup>2</sup>/dag, verhoging veroorzaakt doordat één van beide metingen verhoogd was (14 ng/m<sup>2</sup>/dag)). Deze waarde ligt 30 keer hoger dan wat gemiddeld op de landelijke achtergrondlocaties wordt gemeten (gemiddelde PFOS depositie in Dessel van 0,24 ng/m<sup>2</sup>/dag in 2023). Op hetzelfde moment werd op locatie A geen PFOS in depositie gemeten. De oorzaak van de verhoging kan niet achterhaald worden. Het gaat over een lokale en tijdelijke verhoging (enkel op meetlocatie B, een van twee metingen). Waar de verhoogde waarde zich zou situeren indien langer gemeten zou worden, is niet geweten. Het zou een uitschieter kunnen zijn (op basis van de beperkte dataset van twee meetpunten zou dat verondersteld kunnen worden), maar het is ook mogelijk dat de meetwaarde niet uitzonderlijk is op de desbetreffende meetlocatie.

Tabel 12: Deposities van de PFAS-verbindingen die in verband gebracht worden met de historische bodemverontreiniging en de somparameters EFSA-PFAS en  $\Sigma$ PFAS.

	2022	2024	
	Nabij locatie A	Locatie A	Locatie B
PFOA	7,5	1,7	0,3
PFOS	10,5	0,3	7,5
EtPFOSAA	25,4	0,2	0,1
EFSA-PFAS	18	2	8
$\Sigma$ PFAS	95 (66 excl. 6:2FTS)	32	41

Deposities in ng/m<sup>2</sup>/dag

### Besluit

In de deposities op site De Naeyer worden PFAS gemeten, zowel in 2022 als in 2024. De belangrijkste PFAS in de depositie waren in 2022 o.a. EtPFOSAA (25 ng/m<sup>2</sup>/dag), PFOS (10,5 ng/m<sup>2</sup>/dag) en PFOA (7,5 ng/m<sup>2</sup>/dag). Deze PFAS zijn gerelateerd aan de historische bodemverontreiniging. In 2024 waren de deposities van deze PFAS een tot twee grootteordes lager op meetlocatie A voor deze PFAS (respectievelijk 0,2, 0,3 en 1,7 ng/m<sup>2</sup>/dag). Dit is een indicatie dat de bodemsanering een reducerend effect heeft op de deposities van deze PFAS.

De PFOS depositie op meetlocatie B is slechts beperkt lager dan de meting uit 2022 (PFOA en EtPFOSAA deposities zijn wel veel lager). Dit kan een lokale verhoging zijn (beperkt in tijd en ruimte) maar dat kan niet verder onderzocht worden op basis van de relatief beperkte dataset.

De PFAS deposities liggen op De Naeyer in het bereik dat gemeten wordt in Vlaanderen. De deposities op site De Naeyer zijn hoger dan op de landelijke achtergrondlocatie, vergelijkbaar met de stedelijke achtergrondlocatie en andere locaties in Antwerpen Linkeroever, en lager dan op meetlocaties in de haven van Antwerpen en in de buurt van 3M.

## 5. VLOERSTOF

### 5.1 INLEIDING

In 2024 werden herhalingsmetingen uitgevoerd in woningen op De Naeyer en in referentiewoningen. De woningen van De Naeyer waren ook opgenomen in de studie van 2022. De PFAS-concentraties in het vloerstof kan vergeleken worden tussen 2022 en 2024, i.e. in de periode waarbij de sanering werd opgestart (2022) en na de saneringswerken (2024). In beide meetcampagnes werden enkele metingen uitgevoerd in referentiewoningen. De referentiewoningen uit 2022 en 2024 zijn niet dezelfde woningen, maar ze bevinden zich wel in dezelfde straat.

Hieronder worden eerst de belangrijkste resultaten uit 2022 herhaald. Vervolgens worden de nieuwe resultaten gerapporteerd en wordt een vergelijking gemaakt tussen de resultaten uit 2022 en 2024.

### 5.2 SAMENVATTING VAN DE RESULTATEN UIT 2022

#### 5.2.1 Voorkomen van PFAS in vloerstof

De meetresultaten uit 2022 toonden aan dat de PFAS die in de hoogste concentraties voorkomen in het vloerstof PFOS (51%), EtPFOSAA (11%) en PFHxA (10%) waren (zie §7.3 in rapport D/2023/5024/14). De PFAS-verbindingen PFHpA, PFOA, PFNA en PFDA vertegenwoordigden elk rond de 5% van het totaal, en nog 12 andere PFAS kwamen in zeer lage concentraties voor. De vier EFSA-PFAS vertegenwoordigden samen 63% van de totale som aan PFAS. Wanneer de monsters met lage intake (lage hoeveelheid stof voor analyse) uit de analyse gelaten werden dan kwamen dezelfde PFAS naar voren, maar de percentages waren wel wat verschillend.

De verbindingen die het grootste aandeel hadden waren PFOS, EtPFOSAA en PFHxA. De verbindingen PFOS en EtPFOSAA konden gerelateerd worden aan de historische bodemverontreiniging (in hoge concentratie aanwezig in historische bodem). PFHxA is een PFAS die niet specifiek gelinkt is aan de bodemverontreiniging. PFHxA werd ook gemeten in de referentiewoning en is daarom niet geschikt om impact van de bodemsanering te beoordelen. PFOA en enkele andere PFAS kwamen in lagere concentraties voor. PFOA werd ook meegenomen in de verdere beoordeling in de studie van 2022 omdat er een bodemkundige richt -en streefwaarde gedefinieerd is voor PFOA.

#### 5.2.2 $\Sigma$ PFAS en EFSA-PFAS concentraties in vloerstof

Er werd een gemiddelde  $\Sigma$ PFAS-concentratie (inclusief indicatieve metingen) in het vloerstof gemeten van 55  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , waarvan de vier EFSA-PFAS 34  $\mu\text{g}/\text{kg}$  vertegenwoordigden (Tabel 18). Zonder de indicatieve metingen was de gemiddelde concentratie  $\Sigma$ PFAS 53  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en 34  $\mu\text{g}/\text{kg}$  voor de EFSA-PFAS (bijna identiek aan gemiddeldes met indicatieve waarden). Zonder de monsters met lage intake (< 50 mg) was de gemiddelde  $\Sigma$ PFAS-concentratie 41  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , waarvan de EFSA-PFAS 15  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . De impact van monsters met lage intake heeft wel een relatief groot effect, dat voornamelijk toe te schrijven was aan één monster dat als outlier bestempeld werd.

Aangezien alle PFAS die gemeten werden -ook PFAS die niet specifiek gelinkt zijn aan de bodemverontreiniging- vervat zitten in de  $\Sigma$ PFAS is deze parameter minder geschikt om het effect van de bodemsanering en dus de meetresultaten van 2024 aan af te toetsen.

### 5.2.3 Vergelijking met de referentiewoning

Er werd een referentiemonster genomen van het vloerstof in de referentiewoning in de eerste en tweede veldwerkcampagne van 2022. De  $\Sigma$ PFAS-concentratie lag gemiddeld aanmerkelijk hoger in woningen op site De Naeyer dan in de referentiewoning (55 t.o.v. 8  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Ook voor de EFSA-PFAS (34 t.o.v. 5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) is er een duidelijk verschil. Het is voornamelijk PFOS en EtPFOSAA die gemiddeld hoger ligt in woningen op site De Naeyer dan in de referentiewoning (PFOS: 27,0 t.o.v. 4,7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en EtPFOSAA: 6,0 en 0,2  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

#### **Besluit uit studie 2022**

Er is een duidelijk verhoogde concentratie aan PFAS-verbindingen aanwezig in het vloerstof in de woningen op site De Naeyer in vergelijking met de referentiewoning. De PFAS-verbindingen PFOS en EtPFOSAA zijn het sterkst verhoogd in het vloerstof in woningen van De Naeyer ten opzichte van de referentie. Beide PFAS-verbindingen kunnen gerelateerd worden aan de historische bodemverontreiniging.

## 5.3 RESULTATEN VAN DE HERHALINGSMETINGEN 2024

Er werden 16 vloerstofmonsters genomen in 2024: 13 op een adres op site De Naeyer, en 3 in de referentiewijk. De gemiddelde hoeveelheid vloerstof die bemonsterd werd was 123 mg, en varieerde tussen de vloerstofmonsters (minimum van 70 tot 349 mg). Er kon voldoende huisstof bemonsterd worden om de chemische analyses uit te voeren.

### 5.3.1 Voorkomen van PFAS in vloerstof

De meest voorkomende PFAS-verbindingen in het vloerstof van woningen op site De Naeyer zijn lange keten PFCAs (perfluoroalkyl carboxylzuren) (PFHxA en langere ketens, aandeel tussen 4 en 15%, Bijlage C). PFOS vertegenwoordigt 5% van de  $\Sigma$ PFAS. Andere PFAS-verbindingen uit de analyselijst komen niet of nauwelijks voor in het vloerstof.

In het vloerstof van de referentiewoningen zijn de lange keten PFCAs eveneens het meest aanwezig. Het aandeel PFOS ligt in de referentiewoningen hoger dan in de woningen op De Naeyer (14%), maar de absolute waarde is vergelijkbaar laag tussen woningen De Naeyer en de referentie (1  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

De vier EFSA-PFAS vertegenwoordigden samen 25% van de som aan PFAS in het vloerstof van woningen op site De Naeyer. In 2022 was dit aandeel 63%.

### 5.3.2 Gemeten concentraties in het vloerstof in 2024

De gemiddelde  $\Sigma$ PFAS in vloerstof in woningen De Naeyer en de referentiewoningen zijn zeer gelijkaardig: 23  $\mu\text{g}/\text{kg}$  en 18  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ds respectievelijk (Tabel 13). Dezelfde vaststelling kan worden gemaakt voor de EFSA-PFAS concentratie: deze is respectievelijk gemiddeld 6 en 4  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ds vloerstof in woningen van De Naeyer en referentiewijk (ongeveer 1/4<sup>de</sup> van de  $\Sigma$ PFAS). De concentratie van PFOS (1,20 en 1,44  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en EtPFOSAA (0,49 en 0,31  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) zijn eveneens goed vergelijkbaar tussen woningen op site De Naeyer en de referentiewoningen. De PFOA concentratie is gemiddeld hoger in



woningen op site De Naeyer (2,92 µg/kg) ten opzichte van de referentiewoningen (1,43 µg/kg) wat grotendeels verklaard kan worden door een hoge concentratie in één van de woningen op site De Naeyer (zonder deze woning is het gemiddelde 1,74 µg/kg en vergelijkbaar met de referentie). Er is momenteel geen reden om de hoge meting als outlier te beschouwen. Ook andere PFAS zijn hoger in deze woning dan elders. De PFOS concentratie is niet verhoogd t.o.v. andere woningen.

Tabel 13: Concentraties van de belangrijkste PFAS in het vloerstof in woningen De Naeyer en referentiewoningen gemeten in 2024.

PFAS-verbinding	Woningen De Naeyer Concentratie in vloerstof (µg/kg ds)	Referentiewoningen Concentratie in vloerstof (µg/kg ds)
PFOA	2,92	1,43
PFOS	1,20	1,44
EtPFOSAA	0,49	0,31
∑PFAS	23	18
EFSa-PFAS	6	4

## 5.4 VERGELIJKING VAN DE RESULTATEN VAN 2022 EN 2024

### 5.4.1 Vergelijking van de gemiddelde concentraties in vloerstof in 2022 en 2024

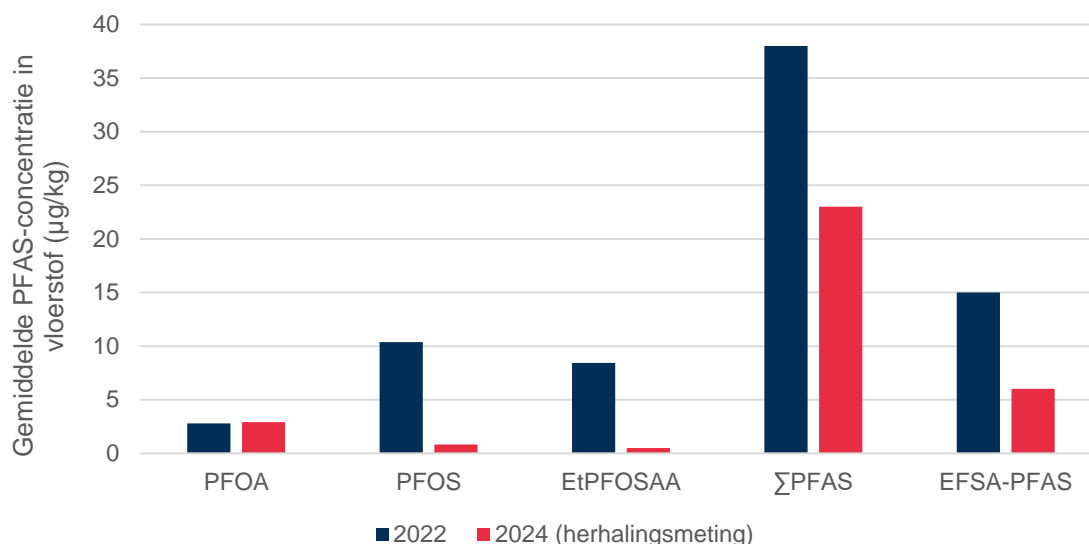
In de studie uit 2022 was de gemiddelde ∑PFAS-concentratie 38 µg/kg vloerstof en de gemiddelde EFSa-PFAS concentratie 15 µg/kg in woningen op site De Naeyer (Tabel 14). De gemiddelde concentratie was 23 µg/kg ∑PFAS en 6 µg/kg EFSa-PFAS in 2024. De gemiddelde PFOS, EtPFOSAA, ∑PFAS en EFSa-PFAS concentraties zijn gedaald; de gemiddelde PFOA-concentratie is vergelijkbaar tussen beide meetcampagnes. Merk op dat er in 2022 bemonsterd werd in een groter aantal woningen en dat de metingen twee keer herhaald werden (op enkele uitzonderingen na werden er geen grote verschillen tussen de herhaalde metingen vastgesteld).

Tabel 14: Samenvattende statistieken van de PFAS concentraties (µg/kg) in vloerstof van woningen op site De Naeyer in 2022 en 2024 voor de belangrijkste PFAS die gerelateerd kunnen worden aan de historische bodemverontreiniging en de geaggregeerde parameters ∑PFAS en EFSa-PFAS.

PFAS-verbinding	2022* Concentratie in vloerstof (µg/kg ds)	2024* (herhalingsmeting) Concentratie in vloerstof (µg/kg ds)
PFOA	2,78	2,92
PFOS	10,37	1,20
EtPFOSAA	8,44	0,49
∑PFAS	38	23
EFSa-PFAS	15	6

\* resultaten exclusief indicatie metingen en metingen met lage intake.

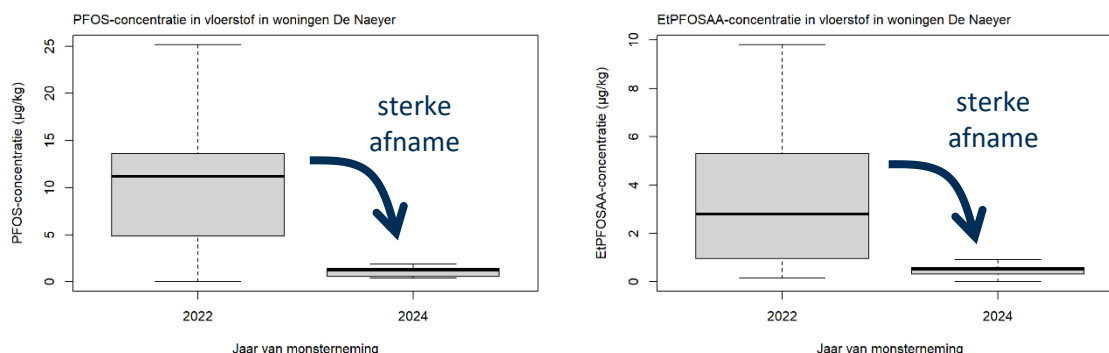
Er is een duidelijke afname van de gemiddelde PFOS en EtPFOSAA-concentratie in het vloerstof in woningen op site De Naeyer in 2024 tegenover 2022 (Figuur 10). Dit zijn PFAS die in 2022 verhoogd waren en gelinkt zijn aan de historische bodemverontreiniging. De PFOA-concentratie in het vloerstof zit op een vergelijkbaar niveau (zonder hoogste meting (één woning) ook gereduceerd van 2,78 naar 1,74 µg/kg).



Figuur 10: Gemiddelde PFAS concentratie (µg/kg ds) in het vloerstof in woningen op site De Naeyer in 2022 en in 2024 na de bodemsanering.

#### 5.4.2 Spreiding op de concentraties in 2022 en 2024

De individuele meetresultaten voor PFOS en EtPFOSAA, de twee belangrijkste PFAS-verbindingen die gemeten werden in het vloerstof in woningen van De Naeyer in 2022 en tracers zijn voor de historische bodemverontreiniging, worden weergegeven aan de hand van boxplot voor 2022 en 2024 (Figuur 11). De boxplot is begrensd langs de onderkant door de 1<sup>ste</sup> kwartielwaarde, en bovenaan door de 3<sup>de</sup> kwartielwaarde (tussenin is de mediaan als dikkere zwarte lijn weergegeven). De whiskers worden begrensd door de meest extreme meetwaarden.



Figuur 11: Boxplot van de PFOS (links) en EtPFOSAA (rechts) concentraties in vloerstof in 2022 en 2024.

Er is een sterke afname in de PFOS- en EtPFOSAA-concentraties in 2024 ten opzichte van de resultaten uit 2022, zowel voor de mediaan, kwartielwaarde en hoogste waarde. De spreiding op de gemeten concentraties in 2024 zijn veel kleiner dan in 2022.

Er kan besloten worden dat de PFOS en EtPFOSAA-concentraties in het vloerstof systematisch lager liggen in 2024 ten opzichte van 2022. In 2022 waren er ook een aantal woningen waar de concentraties

al laag waren, maar nu is dat in alle woningen het geval. De maximaal gemeten concentraties van 2024 liggen ruim onder de 1<sup>ste</sup> kwartielwaarde uit 2022.

### 5.4.3 Toetsing PFAS-concentraties in vloerstof

Er is geen wettelijk toetsingskader voor PFAS in vloerstof.

Er kan vergeleken worden met monsters uit de referentiewoning. In 2022 bleek dat er een groter aantal PFAS-verbindingen aanwezig is in het vloerstof op site De Naeyer, en dat de concentraties hoger lagen dan in de referentiewoning. Voornamelijk voor PFOS en EtPFOSAA lagen de concentraties aanmerkelijk hoger op De Naeyer. In 2024 zijn de concentraties in het vloerstof sterk gereduceerd, en zijn de concentraties vergelijkbaar met de concentraties die in referentiewoningen gemeten worden. Er worden geen verhoogde concentraties gemeten in woningen op site De Naeyer en in de referentiewoningen.

### 5.4.4 Vergelijking met literatuurgegevens

In de studie van 2022 werd voor een aantal PFAS een vergelijking gemaakt met de resultaten voor vloerstof uit de studie van Colles et al. (2022) voor woningen in Vlaanderen (referentiewoningen niet gelegen in no-regret zone, <https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/actuele-no-regret-zones-pfas>). Er kon een vergelijking gemaakt worden van de mediaanwaarden, uitgedrukt in ng/filter (eenheid gebruikt in Colles et al., daarom andere eenheid in Tabel 15). De PFOS-concentratie in vloerstof lag ongeveer 3 keer hoger in De Naeyer in vergelijking met resultaten voor Vlaanderen. De verbinding EtPFOSAA werd enkel in De Naeyer gemeten en niet of beperkt in de woningen uit de studie van Colles et al. (2022).

Tabel 15: Vergelijking van de vloerstofconcentraties (uitgedrukt in ng/filter) met de studie van Colles et al. (2022).

	De Naeyer 2022 (n=48)	Literatuur Colles et al. (2022) (n=19)	De Naeyer 2024 (n=13)
PFOS	5,5	1,8	0,12
EtPFOSAA	4,88	<RG*	0,05

\* resultaat onder de rapporteergrens

De gemiddelde PFOS concentratie gemeten in het vloerstof van woningen op site De Naeyer in 2024 is lager dan de waarde voor Vlaanderen uit Colles et al. (bijna 10 keer lager). De EtPFOSAA-concentratie voor Vlaanderen lagen beneden de rapporteergrens (Colles et al., 2022). Er kan wel besloten worden dat de concentratie die in 2024 in de woningen van de Naeyer laag was (en veel lager dan in 2022): in drie woningen onder de rapporteergrens, in de andere woningen maximaal 3 keer boven de rapporteergrens.

In Li et al. (2024) werd de PFAS concentratie in vloerstof gemeten in 38 woningen in Australië (Tabel 16). Het huisstof werd geanalyseerd op de aanwezigheid van PFOA (en andere PFCAs) en PFOS, maar niet op EtPFOSAA. De mediaan, gemiddelde en maximale PFOA en PFOS concentraties in het huisstof in de woningen van De Naeyer liggen ruim onder de gerapporteerde waarden uit Australië.

Tabel 16: Vergelijking van de meetresultaten De Naeyer met de resultaten voor huisstof in woningen in Australië.

	Woningen (n = 38)	Woningen De Naeyer (n = 13)
--	-------------------	-----------------------------

	mediaan	gemiddelde	max	mediaan	gemiddelde	max
PFOA	5,8	22	1100	2	2,9	17
PFOS	3,9	53	780	1,2	1,2	3,1

### Besluit

De PFAS-verbindingen PFOS en EtPFOSAA, die gerelateerd worden aan de historische papiernijverheid en bodemverontreiniging op site De Naeyer, werden in hoge concentraties gemeten in het vloerstof in 2022 dan in 2024. De concentraties in 2024 zijn sterk gereduceerd ten opzichte van de meetwaarden van 2022, en liggen in dezelfde grootteorde als de concentraties uit referentiewoningen en de literatuur. Voor PFOA wordt geen sterke reductie vastgesteld, wat verklaard kan worden door het feit dat de PFOA concentratie in 2022 al relatief laag was en door een relatief hoge meetwaarde in 2024 die het gemiddelde op ongeveer hetzelfde niveau als in 2022 brengt.

## 6. INTERPRETATIE VAN DE MEETRESULTATEN

In de studie van 2022 en in deze studie werd de PFAS-concentratie in vloerstof (binnenshuis), de omgevingslucht en de deposities buiten gemeten. De meetresultaten van de verschillende matrices worden hier besproken.

### 6.1 GEMIDDELDE $\Sigma$ PFAS EN EFSA-PFAS CONCENTRATIES IN VERSCHILLENDE MATRICES

De  $\Sigma$ PFAS en EFSA-PFAS concentraties zijn sterk gereduceerd in 2024 tegenover 2022 in alle matrices (Tabel 17). De reductie is groter voor de EFSA-PFAS dan voor  $\Sigma$ PFAS. Dit is voornamelijk te verklaren door de reductie in PFOA en PFOS, i.e. twee PFAS die in hoge concentraties gemeten werden in de historische bodemverontreiniging. Deze PFAS hebben een hoger aandeel in de EFSA-som (EFSA-PFAS) in vergelijking met de totale PFAS-som ( $\Sigma$ PFAS).

Tabel 17: Percentuele afname in PFAS-concentratie in de verschillende matrices.

		2022	2024	% afname 2024 t.o.v. 2022
Vloerstof ( $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ )	EFSA-PFAS	15	6	-60%
	$\Sigma$ PFAS	38	23	-39%
Omgevingslucht ( $\text{ng}/\text{m}^3$ )	EFSA-PFAS	0,069	0,006	-91%
	$\Sigma$ PFAS	0,253	0,044	-83%
Depositie ( $\text{ng}/\text{m}^2/\text{dag}$ ) (gemiddelde sites A en B)	EFSA-PFAS	18	5	-72%
	$\Sigma$ PFAS	66	41	-38%

De resultaten van 2024 kunnen vergeleken worden met metingen op achtergrondlocaties. Voor vloerstof werd een bemonstering uitgevoerd in referentiewoningen. De  $\Sigma$ PFAS en EFSA-PFAS concentraties in het vloerstof in woningen van De Naeyer en de referentiewijk liggen in dezelfde grootteorde (Tabel 13). Voor omgevingslucht en depositie kan vergeleken worden met metingen van het landelijk achtergrondmeetstation (N016). In vergelijking met de landelijke achtergrondconcentraties zijn de PFAS-concentraties in de omgevingslucht op site De Naeyer beperkt hoger (Tabel 9). Het verschil met de achtergrondconcentraties bedraagt maximaal enkele  $\text{ng}/\text{m}^3$ . Rekening houdend met de het feit dat de EFSA-PFAS concentratie op site De Naeyer ( $0,006 \text{ ng}/\text{m}^3$ ) ver onder de gezondheidkundige toetsingswaarde ligt, wordt het verschil met de achtergrond als verwaarloosbaar beoordeeld. De PFAS-depositie op site De Naeyer is hoger dan op de landelijke achtergrondlocatie, maar binnen het bereik dat gemeten wordt in Vlaanderen (vergelijkbare deposities als op Antwerpen Linkeroever).

### 6.2 SPECIFIEKE PFAS: PFOA, PFOS EN ETPFOSAA

De PFAS-verbindingen EtPFOSAA, PFOS en PFOA zijn de typische verbindingen die in verband worden gebracht met de historische bodemverontreiniging op site De Naeyer. Er wordt een **sterke afname vastgesteld in de concentraties van PFOA, PFOS en ETPFOSAA tussen 2022 en 2024** in de verschillende matrices (behalve voor PFOA in vloerstof). Procentueel uitgedrukt liggen de concentraties in 2024 minstens 85% lager dan in 2022, met uitzondering van PFOA in vloerstof (+5% in 2024 t.o.v. 2022, toe te schrijven aan de maximale meetwaarde uit 2024, zonder die waarde zou er

een afname met -37% zijn) en PFOS in depositie (-63%: relatief beperkt in vergelijking met andere percentages, te verklaren door één meetwaarde op locatie B, zie §4.2.3).

Tabel 18: Percentueel verschil in PFAS concentraties gemeten in 2022 en 2024.

	% verschil 2024 t.o.v. 2022		
	Vloerstof	Omgevingslucht	Depositie*
PFOA	+5%	-95%	-87%
PFOS	-88%	-86%	-63%
EtPFOSAA	-94%	-97%	-99%

\* afname van de gemiddelde depositie op de twee meetlocaties 2024 t.o.v. 2022

### 6.3 BEOORDELING VAN DE PFAS-CONCENTRATIES

Voor de meeste milieucompartimenten en matrices, waarin PFAS gemeten werden in deze studie, zijn er momenteel geen wettelijke toetsingskaders voor PFAS beschikbaar.

Voor omgevingslucht is er wel een tijdelijk gezondheidskundig toetsingskader beschikbaar, met een toetsingswaarde van 0,4 ng/m<sup>3</sup> voor de EFSA-PFAS. De EFSA-PFAS concentratie in de omgevingslucht op site De Naeyer lag in 2022 (0,069 ng/m<sup>3</sup>) en in 2024 (0,006 ng/m<sup>3</sup>) ruim onder deze toetsingswaarde (zie Figuur 8).

### 6.4 BLOOTSTELLING AAN PFAS VIA HUISSTOF IN WILLEBROEK

In de studie van 2022 werd een risicoanalyse gemaakt voor blootstelling aan PFAS met het S-Risk model (<https://www.s-risk.be/>). S-Risk is het Vlaamse state-of-the-art model voor het inschatten van blootstelling en humane risico's ter hoogte van verontreinigde sites. Het model is gestoffeerd voor een reeks chemische stoffen, waaronder 2 PFAS verbindingen, nl. PFOS en PFOA.

Standaard worden 3 blootstellingsroutes in beschouwing genomen, nl. oraal (ingestie), dermaal (via de huid) en inhalatie (inademing). Voor PFOS en PFOA is de orale blootstelling (ingestie) het meest relevant en deze kan verder onderverdeeld worden in volgende 4 lokale blootstellingsroutes:

1. Inname via bodem en stof
2. Inname via lokaal geproduceerde groenten (bij aanwezigheid van een moestuin)
3. Inname via lokaal geproduceerde eieren (bij aanwezigheid van een kippenren)
4. Inname via grondwater of drinkwater

Daarnaast neemt S-Risk ook nog de niet lokale orale blootstelling via commerciële voeding en drinkwater mee in beschouwing.

In de studie van 2022 werd een berekening uitgevoerd voor zowel PFOS als PFOA om na te gaan vanaf welke bodemconcentraties een humaan risico verwacht kan worden (i.e. risico-index RI  $\geq$  1) en met welke door S-Risk voorspelde concentraties in vloerstof dit overeenstemt. Vervolgens werd deze voorspelde waarde vergeleken met de gemeten PFOS- en PFOA-concentraties in vloerstof om na te gaan of het model het risico correct begroot. Tenslotte werd het risico berekend op basis van de meetwaarden in vloerstof. Voor detailanalyse wordt verwezen naar rapport D/2023/5024/14.

Om het risico na vervanging van leeflaag te kunnen inschatten, werd in de studie van 2022 een bodemconcentratie wordt '0 µg/kg ds' ingevoerd omwille van het aanbrengen van een schone

leeflaag. Er werd wel nog rekening gehouden met de gemeten PFOS-concentratie in het huisstof (gemiddeld 27 µg/kg). Er was geen humaan risico (RI = 0,73). Dat dit nog steeds resulteerde in 'RI = 0,73' is voornamelijk te wijten aan achtergrondblootstelling via commerciële voeding. Achtergrondblootstelling draagt in dit geval voor 97 % bij en slechts 3% was te wijten aan de 'inname via huisstof'.

De berekening met S-Risk werd niet herhaald voor 2024, maar de conclusie is duidelijk. Rekening houdend met de gemeten PFOS-concentratie in vloerstof in 2024 (1,20 µg/kg, minstens 10 keer lager dan in 2022) zal de RI zeker lager zijn dan de waarde uit 2022 (0,73) waardoor besloten kon worden dat er geen humaan risico is.

In 2022 was EtPFOSAA ook een veel voorkomende verbinding in het vloerstof (gemiddeld 6 µg/m<sup>3</sup>). Deze verbinding is niet opgenomen in S-Risk. Er werd een berekening gemaakt waarbij de concentratie PFOS en EtPFOSAA in het vloerstof gesommeerd werd, om toch een inschatting te kunnen maken van de bijdrage van EtPFOSAA. Er kon besloten worden dat er geen humaan risico is (RI = 0,733, vergelijkbaar met de RI van 0,73 voor PFOS alleen). In de huidige situatie (2024) waar de EtPFOSAA-concentratie veel lager is (0,15 µg/kg) kan er dan ook besloten worden dat er geen humaan risico is.

## 7. BESLUIT

In 2022 werd een studie uitgevoerd om na te gaan of de woningen op site De Naeyer vervuild zijn met PFAS, en of die PFAS-verontreiniging in verband kan gebracht worden met de historische bodemverontreiniging van de site. Er werd een uitgebreid onderzoek opgestart, met twee veldwerkcampagnes waarbij monsters genomen werden van het schoenstof, vloerstof en depositiestof op hogere oppervlakken in een heel aantal woningen op de site, en aangevuld met bemonsteringen van de omgevingslucht en deposities buiten. De monsters werden geanalyseerd op PFAS met screenings- en target analysemethoden. De meetresultaten werden geïnterpreteerd, en zijn gerapporteerd in Peters et al., 2023 (OVAM Rapport D/2023/5024/14).

Er werd vastgesteld dat in de verschillende matrices (omgevingslucht (actief bemonsterd en depositie) en huisstof (schoenstof, vloerstof en depositie)) een mix van PFAS aanwezig was, waarvan de chemische stoffen EtPFOSAA en PFOS de belangrijkste zijn. Er kon een link tussen de historische bodemverontreiniging en de PFAS die in de woningen wordt aangetroffen aangetoond worden. Er werd een beoordeling gemaakt van het blootstellingsrisico. De PFAS-concentraties waren echter voldoende laag om te besluiten dat er geen humaan risico ten gevolge van blootstelling aan PFAS voor de bewoners van De Naeyer is.

Tijdens de studie van 2022-2023 werd al gestart met de sanering (ontgraving van de bovenste 70 cm van de bodem). Om na te gaan of deze saneringstechniek het te verwachten positief effect heeft op de concentratie aan PFAS in vloerstof en andere matrices werd een herhalingsmeetcampagne opgestart in 2024 (deze studie).

De belangrijkste conclusies zijn:

- **In de binnenomgeving (vloerstof) en buitenomgeving (omgevingslucht en depositie) worden PFAS gemeten.** PFAS zijn persistente chemicaliën die nauwelijks afbreken. Het aantreffen van PFAS in verschillende milieucompartimenten (lucht, water, bodem, huisstof) is eerder regel dan uitzondering. Het is belangrijk om de concentratie van PFAS te meten en te beoordelen om een inschatting te kunnen maken van de effectiviteit van de sanering en blootstellingsrisico's.
- De PFAS-concentraties zijn sterk gereduceerd in 2024 tegenover 2022 in alle matrices. De **EFSA-PFAS concentraties zijn, afhankelijk van de matrix, 60 tot 90% gereduceerd in 2024 t.ov. 2002.**
- **Drie PFAS-verbindingen die gerelateerd konden worden aan de historische bodemverontreiniging (PFOA, PFOS en EtPFOSAA) zijn sterk gereduceerd in concentratie in de verschillende matrices.** Procentueel uitgedrukt liggen de concentraties in 2024 minstens 85% lager dan in 2022, met uitzondering van PFOA in vloerstof (+5% in 2024 t.o.v. 2022, toe te schrijven aan de maximale meetwaarde uit 2024) en PFOS in depositie (-63%: relatief beperkt in vergelijking met andere percentages, te verklaren door één meetwaarde op locatie B).
- De EFSA-PFAS concentratie in de omgevingslucht op site De Naeyer lag in 2022 (0,069 ng/m<sup>3</sup>) en in 2024 (0,006 ng/m<sup>3</sup>) **ruim onder de gezondheidkundige toetsingswaarde** (0,44 ng/m<sup>3</sup>).
- Rekening houdend met de gemeten PFOS-concentratie in vloerstof in 2024 (1,20 µg/kg, minstens een grootteorde lager dan in 2022) zal de RI zeker lager zijn dan de waarde uit 2022 (RI = 0,73) waardoor besloten kon worden dat er geen humaan risico is (RI < 1).

Aangezien de vastgestelde reducties in PFAS-concentraties in alle matrices grotendeels te wijten zijn aan reducties van PFAS die in de historische bodemverontreiniging in hoge concentraties voorkwamen, kan besloten worden dat de reducties een rechtstreeks gevolg zijn van de uitgevoerde bodemsanering op site De Naeyer. Er is geen humaan blootstellingsrisico voor bewoners van De Naeyer.



## LITERATUURLIJST

Abesim 2021. SITEONDERZOEK PFAS-onderzoek papierfabriek De Naeyer, Willebroek (Zone F) Tussentijdse rapportage veldwerk/analyse fase 1, Projectnummer Abesim BV: E21/4859.

Colles, A., Bierkens, J., Jacobs, G., Govarts, E., Van Holderbeke, M., Touchant, K., Cops, J., Willems, H., Franken, C., Den Hond, E., Groffen, T., Lasters, R. & Bervoets, L. (2022) Per- en poly-fluoralkylstoffen in en rond de woning. Verantwoordelijke uitgever Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving, versienovember 2022, studie in opdracht van Departement Omgeving en OVAM.

Peters, J., Berghmans, P., Jacobs, G., et al. 2023. Meetcampagne voor stofmetingen in woningen in Willebroek. OVAM Rapport D/2023/5024/14.

Li, Z., Ishaq, Z., He, C. et al., 2024. Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in floor dust from different indoor environments in Australia: Levels, variation, and human exposure risks. Chemosphere 366, 143372.

## BIJLAGE A

PFAS verbindingen die gemeten worden met de target analyse.

Component/Compound	Afkorting	CAS nummer	U (k=2)	Opmerking
perfluor-n-butaanzuur perfluoro-n-butanoic acid	PFBA	375-22-4	<50%	
perfluor-n-pentaanzuur perfluoro-n-pentanoic acid	PFPeA	2706-90-3	<50%	
perfluor-n-hexaanzuur perfluoro-n-hexanoic acid	PFHxA	307-24-4	<50%	
perfluor-n-heptaanzuur perfluoro-n-heptanoic acid	PFHpA	375-85-9	<50%	
perfluor-n-octaanzuur (lineair) perfluoro-n-octanoic acid (linear)	L-PFOA	335-67-1	<50%	
Perfluor-n-octaanzuur (totaal) perfluoro-n-octanoic acid (total)	T-PFOA	-	-	
perfluor-n-nonaanzuur perfluoro-n-nonanoic acid	PFNA	375-95-1	<50%	
perfluor-n-decaanzuur perfluoro-n-decanoic acid	PFDA	335-76-2	<50%	
perfluor-n-undecaanzuur perfluoro-n-undecanoic acid	PFUnDA	2058-94-8	<50%	
perfluor-n-dodecaanzuur perfluoro-n-dodecanoic acid	PFDoDA	307-55-1	<50%	
perfluor-n-tridecaanzuur perfluoro-n-tridecanoic acid	PFTrDA	72629-94-8	<50%	
perfluor-n-tetradecaanzuur perfluoro-n-tetradecanoic acid	PFTeDA	376-06-7	<50%	
perfluor-n-hexadecaanzuur perfluoro-n-hexadecanoic acid	PFHxDA	67905-19-5	<50%	
perfluor-n-octadecaanzuur perfluoro-n-octadecanoic acid	PFODA	16517-11-6	>50%	indicatief
perfluor-n-butaansulfonzuur perfluoro-n-butanesulfonic acid	PFBS	375-73-5	<50%	
perfluor-n-pentaansulfonzuur perfluoro-n-pentanesulfonic acid	PFPeS	2706-91-4	<50%	
perfluor-n-hexaansulfonzuur (lineair) perfluoro-n-hexanesulfonic acid (linear)	L-PFHxS	355-46-4	<50%	
perfluorhexaansulfonzuur (totaal) perfluorohexanesulfonic acid (total)	T-PFHxS	-	-	
perfluor-n-heptaansulfonzuur perfluoro-n-heptanesulfonic acid	PFHpS	375-92-8	<50%	
perfluor-n-octaansulfonzuur (lineair) perfluoro-n-octanesulfonic acid (linear)	L-PFOS	1763-23-1	<50%	
perfluor-octaansulfonzuur (totaal) perfluorooctanesulfonic acid (total)	T-PFOS	-	-	
perfluor-n-nonaansulfonzuur perfluoro-n-nonanesulfonic acid	PFNS	68259-12-1	<50%	
perfluor-n-decaansulfonzuur perfluoro-n-decanesulfonic acid	PFDS	335-77-3	<50%	

perfluor-n-undecaansulfonzuur perfluoro-n-undecanesulfonic acid	PFUnDS	749786-16-1	<50%	
perfluor-n-dodecaansulfonzuur perfluoro-n-dodecanesulfonic acid	PFDoDS	79780-39-5	<50%	
perfluor-n-tridecaansulfonzuur perfluoro-n-tridecanesulfonic acid	PFTrDS	791563-89-8	<50%	
4:2 fluortelomeersulfonzuur 4:2 fluorotelomer sulfonic acid	4:2 FTS	757124-72-4	>50%	indicatief
8:2 fluortelomeersulfonzuur 8:2 fluorotelomer sulfonic acid	8:2 FTS	39108-34-4	>50%	indicatief
10:2 fluortelomeersulfonzuur 10:2 fluorotelomer sulfonic acid	10:2 FTS	120226-60-0	>50%	indicatief
perfluor-n-butaansulfonamide perfluoro-n-butanesulfonamide	PFBSA	30334-69-1	<50%	
N-methylperfluor-n-butaansulfonamide N-methylperfluoro-n-butanesulfonamide	MePFBSA	68298-12-4	<50%	
2-N-methylperfluor-n-butaansulfonamide azijnzuur 2-(N-methylperfluoro-n-butanesulfonamido)acetic acid	MePFBSAA	159381-10-9	<50%	
perfluor-n-hexaansulfonamide perfluoro-n-hexanesulfonamide	PFHxSA	41997-13-1	<50%	
perfluor-n-octaansulfonamide (lineair) perfluoro-n-octanesulfonamide (linear)	L-PFOSA	754-91-6	<50%	
perfluor-octaansulfonamide (totaal) perfluoro-octanesulfonamide (total)	T-PFOSA	-		
N-methylperfluor-n-octaansulfonamide (lineair) N-methylperfluor-n-octanesulfonamide (linear)	L-MePFOSA	31506-32-8	<50%	
N-methylperfluoro-octaansulfonamide (totaal) N-methylperfluoro-octanesulfonamide (total)	T-MePFOSA	-		
N-ethylperfluor-n-octaansulfonamide (lineair) N-ethylperfluoro-n-octanesulfonamide (linear)	L-EtPFOSA	4151-50-2	<50%	
N-ethylperfluoro-octaansulfonamide (totaal) N-ethylperfluoro-octanesulfonamide (total)	T-EtPFOSA	-	-	
2-(N-methylperfluor-n-octaansulfonamido)azijnzuur (lineair) 2-(N-methylperfluoro-n-octanesulfonamido)acetic acid (linear)	L-MePFOsAA	2355-31-9	<50%	
2-(N-methylperfluoro-octaansulfonamido)azijnzuur (totaal) 2-(N-methylperfluoro-octanesulfonamido)acetic acid (total)	T-MePFOsAA	-	-	
2-(N-ethylperfluor-n-octaansulfonamido)azijnzuur (lineair) 2-(N-ethylperfluoro-n-octanesulfonamido)acetic acid (linear)	L-EtPFOsAA	2991-50-6	<50%	
2-(N-ethylperfluor-n-octaansulfonamido)azijnzuur (totaal) 2-(N-ethylperfluoro-n-octanesulfonamido)acetic acid (total)	T-PFOsAA	-	-	
perfluor-n-decaansulfonamide perfluoro-n-decanesulfonamide	PFDSA	Not available	>50%	indicatief
6:2 fluortelomeerfosfaat diester 6:2 fluorotelomerphosphate diester	6:2 diPAP	57677-95-9	<50%	

6:2/8:2 fluortelomeerfosfaat diester 6:2/8:2 fluorotelomerphosphate diester	6:2/8:2 diPAP	943913-15-3	<50%	
8:2 fluortelomeerfosfaat diester 8:2 fluorotelomerphosphate diester	8:2 diPAP	678-41-1	<50%	
perfluor-2-propoxypropaanzuur perfluoro-2-propoxypropanoic acid	HFPO-DA	13252-13-6	<50%	
4,8-dioxa-3H-perfluornonaanzuur 4,8-dioxa-3H-perfluorononanoic acid	DONA	919005-14-4	<50%	
perfluor-4-ethylcyclohexaansulfonzuur perfluoro-4-ethylcyclohexane sulfonic acid	PFECHS	646-83-3	<50%	
9-chloorhexadecafluor-3-oxanonaan-1-sulfonzuur (F-53B Major) 9-chlorohexadecafluoro-3-oxanonane-1-sulfonic acid (F-53B Major)	9Cl-PF3ONS	756426-58-1	<50%	
11-chlooreicosafluor-3-oxaundecaan-1-sulfonzuur (F-53B Minor) 11-chloroeicosafluoro-3-oxaundecane-1-sulfonic acid (F-53B Minor)	11Cl-PF3OUnDS	763051-92-9	<50%	
2,2-bis(4-hydroxyfenyl)hexafluorpropan 2,2-bis(4-hydroxyfenyl)hexafluoropropane	BPAF	1478-61-1	>50%	indicatief

NA: niet geanalyseerd, een andere analysemethode moet hiervoor gebruikt worden

Indicatief: geen kwantitatief resultaat

U = measurement uncertainty 95% confidence

## BIJLAGE B

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, 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) .
- 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 (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 vervolgtraject 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)
- 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+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 (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 . 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  $0,4 \text{ ng/m}^3$  en een bovengrens van  $2,2 \text{ ng/m}^3$ . Er wordt niet met één vaste waarde gewerkt om rekening te kunnen houden met verschillen in allocatiefactor. De meest strenge toetsingswaarde is de ondergrenswaarde.

## BIJLAGE C

Overzicht van de gemiddelde concentratie aan PFAS-verbindingen in het vloerstof: resultaten van de studie uit 2022 en de herhalingsmetingen uit 2024 in woningen op site De Naeyer en referentiewoningen.

Groep	Acroniem	2022		2024	
		De Naeyer Concentratie <sup>a</sup> (µg/kg)	Referentie Concentratie (µg/kg)	De Naeyer Concentratie (µg/kg)	Referentie Concentratie (µg/kg)
PFCA	PFBA*	0,77	0,0 (<RG)	NA	NA
	PFPeA	0,63	0,0 (<RG)	0,22	0,11
	PFHxA	5,40	2,53	3,39	9,13
	PFHpA	1,93	0,26	0,92	0,32
	T-PFOA	2,75	0,33	2,92	1,43
	PFNA	3,15	0,0 (<RG)	1,42	1,24
	PFDA	1,77	0,18	4,05	1,24
	PFUnDA	1,18	0,0 (<RG)	1,13	0,80
	PFTTrDA*	0,28	0,0 (<RG)	NA	NA
	PFTeDA	0,60	0,07	2,05	0,76
	PFHxDA	0,12	NA	1,07	0,55
PFSA	PFBS*	0,12	0,0 (<RG)	NA	NA
	T-PFHxS	0,68	0,0 (<RG)	0,08	0,12
	PFHpS	0,13	0,0 (<RG)	0,0 (<RG)	0,0 (<RG)
	T-PFOS	27,01	4,7 <sup>(b)</sup>	1,20	1,44
FTS	6:2FTS*	0,66	0,0 (<RG)	NA	NA
	8:2FTS	0,56	0,08	0,56	0,0 (<RG)
	10:2FTS*	0,13	0,0 (<RG)	NA	NA
PFBSAA	MePFBSAA*	0,34	0,0 (<RG)	NA	NA
PFOSA	T-PFOSA	0,79	0,0 (<RG)	0,13	0,01
	T-MePFOSA	0,09	0,0 (<RG)	0,01	0,0 (<RG)
	T-EtPFOSA	0,15	0,0 (<RG)	0,01	0,0 (<RG)
PFOSAA	T-MePFOSAA	0,09	0,0 (<RG)	0,12	0,49
	T-EtPFOSAA	5,97	0,15	0,49	0,31
Excl. indicatieve metingen	<b>Som PFAS (ΣPFAS)</b>	<b>41</b>	<b>8</b>	<b>23</b>	<b>18</b>
	<b>Som EFSA-PFAS</b>	<b>15</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>4</b>

\* indicatief

<sup>a</sup> incl. lage intake

<sup>b</sup> meting van L-PFOS (T-PFOS niet beschikbaar)