


# Aanwezigheid van PFAS in Nederland

## Deelrapport B - Onderzoek van PFAS op potentiële risicolocaties



# Colofon

Opdrachtgevers: Gemeente Dordrecht en Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat  
Opgesteld door: Expertisecentrum PFAS  
Auteurs: Tessa Pancras, Elisabeth van Bentum, Hans Slenders  
Vrijgegeven: Martijn van Houten paraaf:   
Kenmerk: DDT219-1/18-008.228  
Versie: Definitief - 1 juni 2018



## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>3</b>
1.1	<i>Aanleiding</i> .....	3
1.2	<i>Naar een handelingskader voor PFAS</i> .....	4
1.3	<i>Doel van dit document</i> .....	5
1.4	<i>Dit document</i> .....	5
<b>2</b>	<b>Uitgangspunten en werkwijze</b> .....	<b>7</b>
2.1	<i>Inleiding</i> .....	7
2.2	<i>Risicolocaties</i> .....	7
2.3	<i>Selectie locaties</i> .....	9
2.4	<i>Uitvoering onderzoeken</i> .....	12
2.4.1	Bemonsteringen	12
2.4.2	Analyses	13
<b>3</b>	<b>Meetresultaten</b> .....	<b>16</b>
3.1	<i>Overzicht resultaten/statistiek resultaten reguliere PFAS analyses</i> .....	16
3.2	<i>Toetsingswaarden PFOS en PFOA</i> .....	25
3.3	<i>Resultaten toetsing PFOS en PFOA</i> .....	25
3.4	<i>Risicogrenswaarden overige PFAS</i> .....	26
3.5	<i>Resultaten vergelijking overige PFAS RPF</i> .....	28
<b>4</b>	<b>Interpretatie meetgegevens</b> .....	<b>30</b>
4.1	<i>Interpretatie meetresultaten op de verschillende locaties</i> .....	30
4.2	<i>PFOS en PFOA in vergelijking met andere PFAS</i> .....	38
4.3	<i>Meetresultaten aanwezigheid precursors</i> .....	39
4.4	<i>Interpretatie aanwezigheid precursors</i> .....	41
4.5	<i>Verificatie meetdata</i> .....	41
<b>5</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>44</b>
<b>Bijlage A</b>	<b>Deelnemers projectgroep en klankbordgroep</b> .....	<b>47</b>
<b>Bijlage B</b>	<b>PFAS bemonsteringsprotocol</b> .....	<b>50</b>



# 1 Inleiding

Het voorliggende document betreft het verslag van het deelonderzoek met betrekking tot de aanwezigheid van PFAS in Nederland, in grond en grondwater.

Dit document is onderdeel van het uitgewerkte handelingskader voor PFAS in Nederland. Dit handelingskader is het resultaat van een 2-jarige studie waarin technische, toxicologische en juridische vragen nader zijn uitgewerkt. De antwoorden op deze vragen hebben geleid tot een handelingsperspectief. Overheden en het bedrijfsleven kunnen in deze documenten de antwoorden vinden voor het omgaan met PFAS in grond, grondwater, oppervlaktewater en baggerspecie. In hoofdstuk 2 is nader ingegaan op de achtergrond van het project.

## 1.1 Aanleiding

Sinds de 60er jaren zijn veel nieuwe stoffen ontwikkeld en toegepast in uiteenlopende industriële en huishoudelijke producten. Een voorbeeld is de stofgroep van de Poly- en perFluor Alkyl Stoffen (PFAS). Deze stoffen werden onder meer gebruikt vanwege de unieke oppervlakte-actieve eigenschappen die deze stoffen hebben. Hierdoor zijn ze zowel water- als olieafstotend en zijn ze goed bestand tegen bijvoorbeeld hitte of zuren.

In de basis bestaan deze stoffen uit een keten van koolstof (C) en fluor (F) atomen, met een specifieke stofgroep eraan toegevoegd. Chemici waren in staat om veel verschillende variaties te maken en zo ontstond een stofgroep met meer dan 6.000 verschillende verbindingen. De toepassing van deze verbindingen in industriële of huishoudelijke producten is zeer breed. Ze zijn toegepast als vlekkenbescherming in tapijten, voor het waterafstotend maken van textiel, voor metaalbewerkingsprocessen, voor de productie van anti-aanbak materiaal, of als hulpstof in bepaalde soorten brandblusschuim.

Sinds 2000 komen de stoffen uit de PFAS-stofgroep steeds meer onder de aandacht omdat wetenschappelijk onderzoek aantoont dat deze stoffen persistent, bioaccumulatief en toxisch zijn. Daarnaast tonen metingen aan dat deze stoffen op grote schaal in ons milieu aanwezig zijn.

De meest bekende stoffen zijn PFOS (perfluorooctaansulfonzuur) en PFOA (perfluorooctaanzuur). PFOS werd tot voor kort toegepast in bijvoorbeeld brandblusschuim. Deze stof zorgt voor een waterige film tussen vloeistoffen en brandblusschuim en is bestand tegen zeer hoge temperaturen. Hierdoor werd dit type brandblusschuim voorgeschreven bij luchthavens, brandstofdepots, boorplatformen en andere installaties met grote hoeveelheden vloeibare brandstoffen. PFOA was een hulpstof bij de productie van teflon en is toegepast in tal van andere producten omdat het bijdraagt aan een goede olie- en waterwerende werking. Meer recent zijn ook de vervangers van PFOA - zoals GenX, Adona en EEA - in het nieuws.

Het gebruik van PFOS en PFOA is - zoveel als mogelijk - middels wetgeving verboden in Nederland. Ondanks de uitfasering zijn deze stoffen nog wel aanwezig in ons milieu, en andere PFAS worden nog steeds toegepast. De laatste jaren groeit het bewustzijn dat deze stoffen mogelijk negatieve effecten op onze gezondheid hebben.

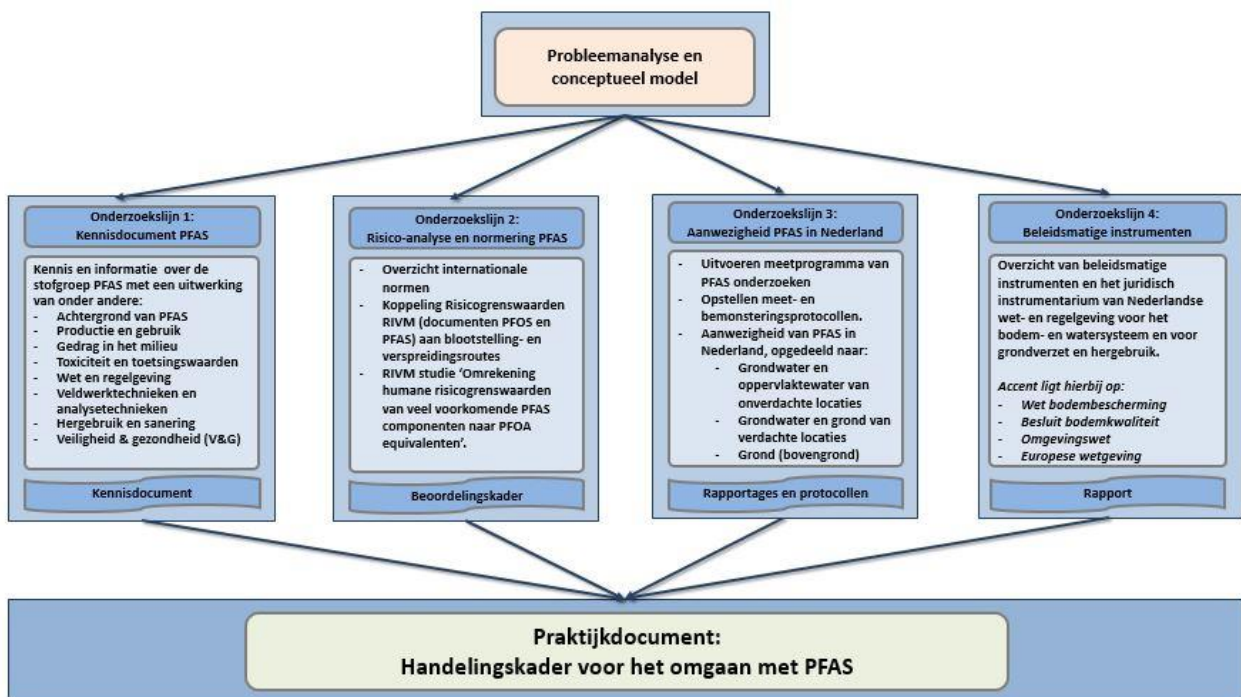


Een internationale groep van meer dan 200 wetenschappers heeft opgeroepen tot het verminderen van het gebruik van PFAS en het ontwikkelen van niet-gefluoreerde alternatieven (Helsingør statement, 2014; Madrid statement, 2015). Het feit dat deze stoffen nog heel lang in ons milieu aanwezig zijn, dat het grootste deel van de stoffen niet gemeten wordt en dat wetenschappelijk onderzoek wijst op de mogelijke effecten van de vele andere PFAS stoffen, voedt de behoefte aan gestructureerde en toegankelijke informatie over deze stofgroep.

## 1.2 Naar een handelingskader voor PFAS

Bovenstaande vragen en onzekerheden onderschreven de behoefte aan meer duidelijkheid over deze stofgroep en adviezen over de wijze van handelen. Het Expertisecentrum PFAS heeft samen met een brede klankbordgroep (zie bijlage A) invulling gegeven aan deze behoefte. Dit is gedaan in opdracht van de gemeente Dordrecht en met medefinanciering van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Om te komen tot het handelingskader is een onderzoeksprogramma uitgewerkt dat heeft bestaan uit de volgende onderzoekslijnen:



De resultaten van iedere onderzoekslijn is separaat gerapporteerd. Voorliggend rapport omvat de rapportage van onderzoekslijn 3. De resultaten van deze onderzoekslijn zijn verwerkt in drie deelrapporten (A, B en C). In paragraaf 1.4. is de opbouw nader toegelicht.



## 1.3 Doel van dit document

De doelstelling van dit onderzoek is vast te stellen of en in welke mate PFAS voorkomen in de Nederlandse bodem- en watersystemen. Daarbij speelt een aantal aspecten:

- Komen PFAS diffuus voor of worden deze alleen aangetroffen bij bronlocaties?
- In welke compartimenten (grond, grondwater en oppervlaktewater) worden PFAS aangetroffen?

In de verschillende delen van dit rapport wordt hier nader op ingegaan.

## 1.4 Dit document

De rapportage over de aanwezigheid van PFAS in Nederland bestaat uit 3 delen:

Deel A: Deze deelrapportage beschrijft de resultaten van grondwater- en oppervlaktewatermetingen, met name van onverdachte locaties in Nederland. Deze rapportage is tot stand gekomen met meetdata van PFAS verkregen uit regionale en landelijke meetnetten. Veelal betrof dit grondwater- of oppervlaktewatermeetnetten.

Deel B: Dit deelrapport beschrijft de resultaten van het door het Expertisecentrum PFAS zelf uitgevoerde meetprogramma naar de aanwezigheid van PFAS in grond en grondwater. In dit meetprogramma zijn 29 potentiële risicolocaties onderzocht. Deze locaties zijn aangedragen door de deelnemers in de klankbordgroep. Van iedere onderzoekslocatie is een separaat meetrapport opgesteld, dat is verstuurd naar de opdrachtgever van het desbetreffende project. Deelrapportage B betreft een geanonimiseerde samenvatting van deze 29 onderzoeken.

Deel C: Deze rapportage richt zich op het voorkomen van PFOS en PFOA in de bovengrond (tot circa 0,5 m minus maaiveld). Deze uitwerking is opgesteld toen duidelijk werd dat de impact van PFOS en PFOA in Nederland geleidelijk verschoof van de kwaliteit van het grondwater naar effecten voor het grondverzet. Het werd duidelijk dat PFAS naar verwachting bovenal invloed heeft op de uitvoering van grondverzet.

Onderhavig document betreft deelrapportage B.



## **DEEL B: ONDERZOEK NAAR PFAS OP POTENTIËLE RISICOLOCATIES**



## 2 Uitgangspunten en werkwijze

### 2.1 Inleiding

Deel B beschrijft de resultaten van het door het Expertisecentrum PFAS zelf uitgevoerde meetprogramma naar de aanwezigheid van PFAS in grond en grondwater. In dit meetprogramma zijn 27 potentieel verdachte locaties onderzocht. Deze locaties zijn aangedragen door de deelnemers in de klankbordgroep. Van iedere onderzoekslocatie is een separaat meetrapport opgesteld, dat is verstuurd naar de opdrachtgever van het desbetreffende project. De voorliggende deelrapportage betreft een samenvatting van deze onderzoeken.

Voorafgaande aan de uitvoering van de onderzoeken is een overzicht opgesteld van risicolocaties (zie tabel 1). Op basis van dit overzicht zijn mogelijke risicolocaties geselecteerd die beschikbaar zijn gesteld door de leden van de klankbordgroep. De locaties bevinden zich verspreid door Nederland in diverse provincies.

### 2.2 Risicolocaties

Het risico dat een activiteit vormt voor het bodem en watersysteem is afhankelijk van de hoeveelheid PFAS die wordt gebruikt in combinatie met de kans dat (een deel van) deze hoeveelheid het bodemsysteem bereikt. Deze kans heeft dus betrekking op bodembeschermende voorzieningen of de condities waaronder PFAS worden gebruikt. Bij een brandcalamiteit bijvoorbeeld zijn geen voorzieningen aanwezig en kunnen grote hoeveelheden brandblusschuim met hoge concentraties PFAS de bodem indringen. Het meest verdacht voor PFAS zijn de locaties waar PFAS worden geproduceerd en brandweeroefenplaatsen (met beperkte of ontbrekende bodembeschermende voorzieningen en/of opvangbassins) waar met grote regelmaat brandblusschuim is toegepast. Maar PFAS zijn ook gebruikt in de galvanische industrie, papier- en textielindustrie, grafische industrie en zijn vermoedelijk ook aanwezig bij de eindontvangers van afvalproducten zoals stortplaatsen en afvalwaterzuiveringsinstallaties. Een prioritering voor de selectie van locaties voor onderzoek is daarom opgesteld aan de hand van factoren zoals de gebruikte hoeveelheden producten en de kans op emissie.

In tabel 1 (zie ook kennisdocument) is een overzicht gegeven van mogelijke risicolocaties.





**Tabel 1 Overzicht risicolocaties**

Type locatie	Subcategorie	Activiteit	Risico op bodemverontreiniging
PFAS producerende industrie	Producenten	Productie PFOS/PFOA, telomeren.	Groot
Verwerkende industrie	Productie Teflon en andere gefluoreerde polymeren	PFOA/GenX gebruikt tijdens productie.	Groot
	Verwerking Teflon en andere gefluoreerde polymeren	PFOA/GenX mogelijk aanwezig in halffabricaat.	Groot
	Galvanische industrie	Mist surpressant (vernevelen, chroombaden), vooral in chroom verwerkende industrie (maar ook andere metalen).	Groot
	Textiel industrie	Behandelen textiel, leer, waterafstotend maken, vernevelen: bijvoorbeeld tapijten, meubelstoffering, outdoor kleding, schoenen.	Beperkt
	Halfgeleider industrie	Gebruik van PFAS in printplaatproductie (verdachte producten/chemicaliën: fotozuur, antireflectie coating, fotolak en ontwikkelvloeistof).	Beperkt
	Foto industrie	In de foto industrie werden ook producten als oplosmiddel, pigmenten, ontwikkelvloeistof gebruikt.	Beperkt
	Papier- en verpakkingindustrie	PFAS werd/wordt toegevoegd aan de samenstelling van het papier om het water en vetafstotend te maken (zoals ook bij levensmiddelen verpakkingen, bakpapier etc.).	Beperkt
	Lak- en Verfindustrie	Productie van lak en verf met gebruik van PFAS	Beperkt
	Hydraulische vloeistoffen	Sinds 1970 is PFAS als toevoeging gebruikt aan specifieke hydraulische vloeistoffen. Voornaamste gebruik bij motoren van vliegtuigen (bouw en onderhoud) of generatoren (van bijvoorbeeld windmolens).	Beperkt
	Fabricage van cosmetica en reinigingsmiddelen	Voornamelijk gebruikt om de oppervlaktespanning te verlagen of de levensduur van voornamelijk cosmetische producten te verlengen.	Beperkt
Inzet brandblusschuim (AFFF)	Brand blussen	Calamiteiten / incidentbestrijding.	Groot
	Brandweer oefenplaatsen	Regelmatig, langdurig gebruik PFOS houdend schuim.	Groot
	Brandpreventie voorzieningen (industrie) met schuimblusinstallaties	Tijdens calamiteiten en/of testen. Chemische industrie, op- en overslaglocaties, auto-industrie, kunststofindustrie, afval- en schrootverwerkingsbedrijven, chemicaliëngroothandel.	Kans is klein, effect is beperkt als opvang van blusstof plaatsvindt  Als opvang ontbreekt, dan is kans/effect groot
	Militaire oefenplaatsen en vliegvelden	Tijdens calamiteiten en/of testen.	Groot
	Vliegvelden (burgerluchtvaart)	Tijdens calamiteiten en/of testen.	Groot
Stortplaatsen		Afbraak materiaal in stort (bv. behandeld textiel, papier), uitloging uit stort.	Beperkt
Waterzuiveringsinstallaties		Waterzuivering (installaties op industriële sites).	Beperkt
Landbouw / tuinbouw		Vermoeden dat PFAS is gebruikt als toevoeging aan bestrijdingsmiddelen.	Nog niet vastgesteld



## 2.3 Selectie locaties

De onderzoeken zijn uitgevoerd op in totaal 27 (deel)locaties. Daarnaast zijn gegevens van 2 andere locaties aangeleverd door de leden van de klankbordgroep (bijlage A), wat het totaal aantal geëvalueerde locaties in dit rapport op 29 uit doet komen.

De locaties zijn gerangschikt op basis van het type locatie en niet gebaseerd op 'geografische' locatie. Op een aantal 'geografische' locaties zijn meerdere deellocaties aanwezig, die om verschillende redenen verdacht zijn. Deze onderzoeken zijn in deze rapportage in (deel)locaties onderverdeeld gebaseerd op het type locatie. Zo is er bijvoorbeeld op een vliegveld een brandweeroefenlocatie onderzocht, en een locatie waar een brand is geblust. De peilbuizen van de brandweeroefenlocatie worden in dit geval gerapporteerd bij het locatie type *brandweeroefenlocaties* terwijl de peilbuizen bij de crashlocatie worden gerapporteerd bij het type *brandblusincident*.

De locaties zijn geselecteerd in overleg met de leden van de klankbordgroepen en aangeleverd door een selectie van de klankbordgroep (RijksVastgoedBedrijf, RUD Drenthe, DCMR, Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid, de gemeentes Dordrecht, Katwijk en Amsterdam). De selectie van locaties was afhankelijk van de set locaties die door verschillende opdrachtgevers beschikbaar zijn gesteld. Hierdoor zijn niet alle typen locaties die verdacht zijn op de aanwezigheid van PFAS onderzocht. Er is bijvoorbeeld geen onderzoek uitgevoerd bij de textielindustrie of bij de papierindustrie. Van de locaties zijn 3 locaties niet gekoppeld aan een verdachte activiteit, maar betreft het stedelijke grondwatermeetnetten. De gegevens van deze onderzoeken zijn deels ook meegenomen in Deelrapport A.

**Tabel 2** Overzicht typen onderzochte locaties

Type locatie	Subcategorie	Aantal onderzochte (deel)locaties	Opmerking	Hoeveelheid peilbuizen
Verwerkende industrie	Productie Teflon en andere gefluoreerde polymeren	1	Luchtdepositie rond een PTFE productie fabriek	6
Metaalverwerkende industrie	Galvanische industrie	4		34
Inzet Brandblusschuim (AFFF) (1970-2011/heden)	Brandblussen (bij grote calamiteiten)	3		12
	Brandweeroefenplaatsen	6	Militaire brandweeroefenplaatsen, oefenplaatsen bij burgerluchtvaart en stedelijke oefenplaatsen	44
Stortplaatsen		6	Hierbij zijn ook gegevens meegenomen van aangeleverde onderzoeken (uitgevoerd door andere bureaus)	44
Waterzuiveringsinstallaties		1	Baggerspeciedepot nabij waterzuiveringsinstallatie	1
Diverse industrie (niet gerelateerd aan brandblusschuim)		5	Onder andere: - Autosloper - Vaten spoelen - Elektronica bedrijf - Chemisch bedrijf (2x)	12
Grondwatermeetnetten/stedelijk gebied		3	In drie steden zijn bestaande peilbuizen bemonsterd	29
Totaal		29		182



De onderzochte locaties zijn PFAS verdacht om verschillende redenen. Hieronder wordt kort toegelicht waarom bepaalde locaties verdacht kunnen zijn op de aanwezigheid van PFAS.

#### Brandweeroefenlocaties en locaties waar blusschuim gebruikt is

In AFFF (Aqueous Film Forming Foam) brandblusschuimen voor klasse B branden kunnen PFAS aanwezig zijn. Klasse B branden zijn branden van brandbare vloeistoffen zoals olie en benzine en brandbare stoffen die vloeibaar kunnen worden zoals vetten. PFAS worden specifiek in schuim voor vloeistofbranden toegepast omdat ze een afsluitende film veroorzaken. In brandblusschuim werd tot 2011 voornamelijk PFOS gebruikt, sinds 27 juni 2011 is het gebruik van PFOS-houdend brandblusschuim niet meer toegestaan. PFOA is korte tijd gebruikt als vervanger, maar meestal worden fluortelomeren gebruikt als vervanger (welke af kunnen breken tot PFOA en analoge verbindingen). PFAS concentraties in schuim liggen in de ordegrootte van vijf procent (vóór verdunning met water). Op dit moment worden nog steeds kortere PFAS en PFAS-telomeren toegepast in veel brandblusschuimen.

#### Metaalindustrie

Bij het verchromproces kan PFOS zijn gebruikt als mistonderdrukker om het vrijkomen van giftige Chroom VI dampen tegen te gaan. De hoeveelheden PFOS die hiervoor nodig zijn, zijn beperkt, en het systeem van chrombaden waarin PFOS wordt gebruikt is doorgaans gesloten. Het risico op het ontstaan van bodemverontreiniging is daarom minder groot.

#### Luchtdepositie/verwerkende industrie

Bij de PFAS verwerkende industrie, zoals bij de teflon productie, worden grote hoeveelheden PFAS toegepast. Uit een onderzoek van het Expertisecentrum blijkt dat het waarschijnlijk is dat er rondom de fabriek van Dupont/Chemours luchtdepositie van PFOA naar grond en grondwater heeft plaatsgevonden. Door de grote hoeveelheden en de vaak vergunde lozing in water en emissie naar de lucht is de kans op het aantreffen van PFAS in het milieu significant.

#### Stedelijk gebied

Stedelijk gebied staat synoniem met menselijke activiteit. Omdat in veel producten en industrieën PFAS worden toegepast en dus gebruikt, is in samenhang met de menselijke activiteit ook het aantreffen van een lage diffuse achtergrond belasting mogelijk. Daarnaast kan natuurlijk sprake zijn van puntbronnen in de vorm van bijvoorbeeld textiel- of metaalindustrie, of het blussen van branden.

#### Afval- en/of rioolwaterzuivering

Afval- en/of rioolwaterzuiveringsinstallaties (AWZI/RWZI) zijn doorgaans niet uitgerust voor het zuiveren van de afvalwaterstroom op PFAS. In veel gevallen komen bedrijfsrioleringen en calamiteiten op het openbare riool terecht. Metingen langs de Rijn vanaf Basel tot de Noordzee laten dan ook soms pieken PFOS zien ter plaatse van grote waterzuiveringsinstallaties of ter plaatse van bedrijfslozingen. De laatste jaren nemen deze pieken sterk af als gevolg van het uitbannen van PFOS. Soms komen andere PFAS of nieuwe verontreinigingen daar voor in de plaats. Bijvoorbeeld in rioolwaterzuiveringsinstallaties in Nederland (o.a. Bath, Aarle-Rixtel, Eindhoven) en het benedenstroomse oppervlaktewater zijn stoffen aangetroffen die vrijkomen bij het GenX-productieproces.

#### Stortlocaties

Aangezien er in vele huishoudelijke producten PFAS houdende stoffen zijn verwerkt (o.a. in anti-aanbak lagen, Gore-Tex jassen, textiel met vuil afstotende coating) kan het voorkomen dat bij stortlocaties PFAS vrijkomen in het grondwater. Daarnaast kan ook afval van PFAS productielocaties zijn gestort.



### Onderzochte locaties

In verband met de vertrouwelijkheid van een aantal locaties zijn alle onderzoekslocaties in dit rapport geanonimiseerd weergegeven. Om in het rapport onderscheid te kunnen maken tussen de verschillende (typen) locaties hebben alle locaties een locatiecode gekregen (Tabel 3). In onderstaande tabel is een korte omschrijving gegeven van de PFAS-gerelateerde activiteiten die zijn uitgevoerd op de individuele locaties.

**Tabel 3 Beschrijving locaties**

Locatie	Aantal bemonsterde peilbuizen	Opmerking/korte omschrijving
<b>Brandweeroefenlocatie</b>		
O1	6	Twee dicht bij elkaar gelegen brandweeroefenlocaties. Eén locatie is in gebruik geweest tot ongeveer 1985, de huidige locatie is in gebruik sinds ongeveer 1985.
O2	13	Voormalig brandweeroefenterrein (in gebruik van jaren 70 tot ongeveer 2010). Locatie is gesaneerd, maar niet op PFAS.
O3	4	Oefenveld bij in gebruik zijnde oefenlocatie (sinds de jaren 90 in gebruik).
O4	9	Peilbuizen op een voormalige brandweeroefenlocatie (in gebruik tot ongeveer 2000) en diepe peilbuizen enkele honderden meters van de oefenlocatie.
O5	2	Oefenveld van een voormalige brandweeroefenlocatie, in gebruik geweest tot ongeveer 2002.
O6	10	Onderzoek rond een voormalig brandweeroefenlocatie, locatie was in gebruik tot ongeveer 2000. 9 van de peilbuizen hebben diepe filters (> 14 m -mv), en liggen verder (meer dan 25 meter) van de oefenlocatie.
<b>Brandbluscalamiteit</b>		
B1	7	Locatie van een grote calamiteit (voor 2011), waarbij geblust is met AFFF-schuim. Locatie is gesaneerd na de brand (niet gesaneerd op PFAS).
B2	4	Locatie van grote calamiteit (voor 2011) waar geblust is met in totaal 30.000 liter water met 1.800 liter AFFF-schuim. De grond is gesaneerd na de brand (niet op PFAS).
B3	1	Locatie van een kleine calamiteit (voor 2011). Er is geblust met 150 liter AFFF Light water.
<b>Industrie</b>		
I1	3	Chemisch bedrijf
I2	3	Elektronisch bedrijf
I3	1	Sloperij
I4	2	Vatenspoeler
I5	3	Chemisch bedrijf
<b>Luchtdepositie</b>		
L1	6	Luchtdepositie rond fabriek in Dordrecht. Snijdende peilbuizen.
<b>Metaal</b>		
M1	10	Voormalig metaalbedrijf, gesaneerd (niet op PFAS)
M2	4	2 dichtbij elkaar gelegen verchroombedrijven
M3	10	Voormalig metaalbedrijf, gesaneerd (niet op PFAS)
M4	10	Voormalig metaalbedrijf, gesaneerd (niet op PFAS)
<b>AWZI/RWZI</b>		
W1	1	Peilbuis bij baggerspeciedepot bij waterzuiveringsinstallatie
<b>Stedelijk</b>		
S1	7	Bestaande peilbuizen van bekende onderzoeken
S2	9	Bestaande peilbuizen van bekende onderzoeken, waarbij indien mogelijk de peilbuizen zonder bekende verontreinigingen zijn bemonsterd bij locaties waar voor zover bekend geen PFAS verdachte activiteiten hebben plaatsgevonden.
S3	13	Stedelijk monitoringsnetwerk diepe peilbuizen (> 10 m -mv)



Locatie	Aantal bemonsterde peilbuizen	Opmerking/korte omschrijving
<b>Stort</b>		
S01	4	Diverse stortlocaties in en rond Dordrecht. De stortlocaties rondom Dordrecht zijn ook verdacht vanwege het mogelijk storten van PFAS houdend afval.
S02	9	
S04	8	
S03	3	
S05	11	
S06	9	
<b>Totaal aantal peilbuizen</b>	<b>182</b>	

## 2.4 Uitvoering onderzoeken

Bij de onderzochte locaties is over het algemeen gewerkt met een standaard bemonsteringsopzet, bestaande uit:

- Bemonstering van een aantal bestaande peilbuizen per locatie.
- Analyse standaard pakket PFAS (16 - 24 PFAS verbindingen inclusief PFOS en PFOA) en eventueel een analyse op de zogenoemde TOP analyse (zie paragraaf 2.3.2).

Indien er geen bestaande peilbuizen aanwezig waren zijn nieuwe peilbuizen geplaatst. In verband met de oppervlakte actieve eigenschappen is een aantal peilbuizen snijdend geplaatst met het grondwater. Bij de bemonstering van het grondwater zijn in het veld standaard de pH, EC en troebelheid gemeten. Alle bemonsteringen zijn uitgevoerd door erkende veldwerkers, waarbij zoveel mogelijk conform de BRL SIKB 2000 is gewerkt.

Ter controle zijn bij elk onderzoek blanco's van het bemonsteringsmateriaal genomen (kraanwater bemonsterd via de bemonsteringsslangen) en geanalyseerd indien de resultaten van de analyses daar aanleiding toe geven.

De uitgevoerde onderzoeken zijn separaat aan de verschillende opdrachtgevers gerapporteerd. In onderhavig rapport vindt een evaluatie van alle (geanonimiseerde) onderzoeksdata plaats.

### 2.4.1 Bemonsteringen

Tijdens de bemonsteringen van grond- en grondwater voor PFAS-analyses zijn specifieke voorschriften gehanteerd om contaminatie tegen te gaan. De toetsingswaarden zijn ordegrotten lager dan gebruikelijk (ng/l in plaats van µg/l) en PFAS zijn aanwezig in zeer veel materialen, waaronder materialen die normaliter tijdens de bemonstering van grond en grondwater gebruikt worden. Om verontreiniging van buitenaf te voorkomen, is gewerkt met PFAS-vrij materieel, materiaal en kleding. Ook is er gelet op het gebruik van wasverzachter, cosmetica (o.a. zonnebrandcrème en handcrème). Tijdens alle onderzoeken is gewerkt met het bemonsteringsprotocol PFAS, waarin staat aangegeven welke spullen wel en niet gebruikt kunnen worden en waar voorzichtig mee om gegaan moet worden (Bijlage B).



Omdat veel PFAS hechten aan glas zijn de watermonsters zijn opgeslagen in HDPE flessen/potten. Daarnaast zijn de monsters niet gefiltreerd in het veld (aangezien de glasvezel op het filter mogelijk PFAS kan absorberen).

### 2.4.2 Analyses

De grondwatermonsters zijn geanalyseerd op een reguliere PFAS analyse (HPLC-MS-MS) en een selectie van de monsters is geanalyseerd op de TOP analyse.

#### Reguliere PFAS analyse

De analyses zijn uitgevoerd door verschillende commerciële laboratoria door middel van de HPLC-MS-MS methode. Met deze methode worden de meest relevante, individuele PFAS verbindingen bepaald. De detectielimiet verschilt per lab, maar was voor de meeste onderzoeken 0,001 µg/l (1 ng/l). Matrixstoringen of troebel grondwater kunnen resulteren in verhoogde detectiegrenzen.

#### TOP analyse

De TOP methode is een analyse waarbij eerst het standaardpakket PFAS wordt geanalyseerd. Vervolgens wordt het monster geoxideerd met hydroxylradicalen en opnieuw geanalyseerd op de suite aan PFAS. De oxidatiestap zet de precursors in het monster om in standaard PFAS verbindingen (voornamelijk perfluorcarboxylzuren). Met dit proces wordt een totale hoeveelheid PFAS bepaald, dus de perfluorverbindingen die er van oorsprong in zitten, vermeerderd met de precursors die door natuurlijke processen in het milieu (o.a. biologische afbraak) omgezet kunnen worden in de standaard PFAS verbindingen (eindproducten die niet verder biologisch afbreken).

#### Uitgevoerde analyses

De analyses zijn zoveel mogelijk bij hetzelfde laboratorium (AL-West/Agrolab) uitgevoerd. Echter, aan het begin van de onderzoeksperiode is met een ander lab gewerkt, er is van laboratorium gewisseld vanwege de betere detectielimieten en het uitgebreidere analysepakket bij AL-West. De TOP analyses zijn uitgevoerd door een ander laboratorium (Alcontrol/ALS) dan de reguliere analyses. Het TOP-protocol was ten tijde van het onderzoek nog maar bij één laboratorium operationeel. Er zijn in totaal 27 monsters geanalyseerd op de TOP analyse (15% van de peilbuizen). Ook zijn de resultaten van een aantal stortlocaties meegenomen in deze rapportage. De bemonstering en analyse van deze monsters zijn uitgevoerd door derden, waardoor de laboratoria en het analysepakket iets kunnen verschillen. In



Tabel 4 is weergegeven hoe vaak bepaalde PFAS verbindingen per locatie zijn geanalyseerd. In de tabel zijn tevens de afkortingen van de verschillende stoffen weergegeven.

PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnA, PFDoA, PFBS, PFHxS, PFOS, PFOSA zijn in alle grondwatermonsters geanalyseerd (in totaal 182 maal). PFHpS en 6:2 FTS zijn 169 maal geanalyseerd, PFDS is 163 keer geanalyseerd, PFPeS 150 keer en PFTDA, PFTeDA, HPFHpA, 3,7-DMPFOA, H2PFDA, H4PFUna en 8:2 FTS zijn 145 maal geanalyseerd. HFPO-DA (de som van FRD-902 en FRD-903 (de stoffen die kunnen vrijkomen bij het productieproces van GenX)) is in 6 monsters geanalyseerd, tijdens het onderzoek naar luchtdepositie van PFOA rondom de Drechtsteden.



**Tabel 4 Toelichting van de afkortingen en aantal keer dat een stof geanalyseerd is**

Stofnaam	Afkorting	Ketenlengte	Aantal keer geanalyseerd	Percentage
<b>Perfluorcarbonsuren</b>				
Perfluorbutaanzuur	PFBA	4	182	100%
Perfluorpentaanzuur	PFPeA	5	182	100%
Perfluorhexaanzuur	PFHxA	6	182	100%
Perfluorheptaanzuur	PFHpA	7	182	100%
Perfluoroctaanzuur	PFOA	8	182	100%
Perfluornonaanzuur	PFNA	9	182	100%
Perfluordecaanzuur	PFDA	10	182	100%
Perfluorundecaanzuur	PFUnA	11	182	100%
Perfluordodecaanzuur	PFDoA	12	182	100%
Perfluortridecaanzuur	PFTDA	13	145	80%
Perfluortetradecaanzuur	PFTeDA	14	145	80%
<b>Perfluorsulfonzuren</b>				
Perfluorbutaansulfonzuur	PFBS	4	182	100%
Perfluorpentaansulfonzuur	PFPeS	5	150	82%
Perfluorhexaansulfonzuur	PFHxS	6	182	100%
Perfluorheptaansulfonzuur	PFHpS	7	169	93%
Perfluoroctaansulfonzuur	PFOS	8	182	100%
Perfluordecaansulfonzuur	PFDS	10	163	90%
<b>Precursors</b>				
7H-Dodecaanfluorheptaanzuur	HPFHpA	7	145	80%
3,7-Dimethylperfluoroctaanzuur	3,7-DMPFOA	8 (10)	145	80%
2H,2H-Perfluordecaanzuur	H2PFDA	10	145	80%
2H,2H,3H,3H-Perfluorundecaanzuur	H4PFUnA	11	145	80%
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctaansulfonzuur	6:2 FTS/H4PFOS	8	169	93%
1H,1H,2H,2H-Perfluordecaansulfonzuur	8:2 FTS	10	145	80%
Perfluoroctaansulfonamide	PFOSA	8	182	100%
<b>Overige</b>				
GenX (FRD 902 + FRD 903)	GenX / HFPO-DA		6	3%
Total oxidizable precursors	TOP(A)		27	15%



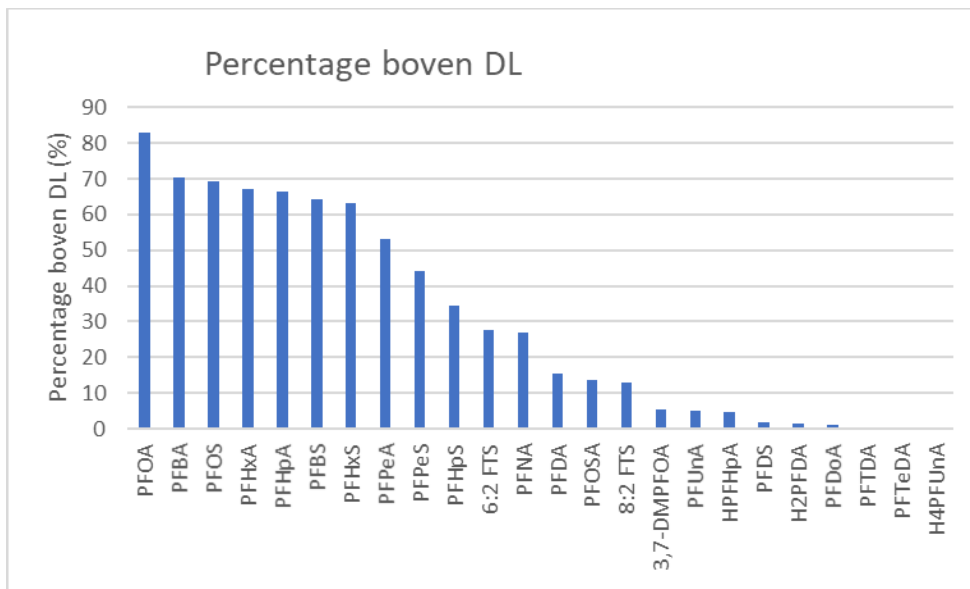
## 3 Meetresultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het totale meetprogramma weergegeven. Hierbij worden eerst de algemene resultaten besproken. Vervolgens wordt dieper ingegaan op de PFAS die het meest voorkomen, daarna wordt ingezoomd op de verschillende type locaties.

### 3.1 Overzicht resultaten/statistiek resultaten reguliere PFAS analyses

#### Algemeen

In totaal zijn 182 peilbuizen bemonsterd. In Tabel 5 wordt weergegeven hoe vaak alle PFAS verbindingen geanalyseerd zijn, hoe vaak ze zijn aangetroffen, wat de gemiddelde en maximale concentraties zijn en waar de hoogste concentratie is aangetroffen van de desbetreffende verbinding. In 8 peilbuizen zijn geen PFAS boven de detectielimiet aangetroffen. Dit betreft 5 diepe peilbuizen (>18 m -mv) en 3 stedelijke peilbuizen. De detectielimieten in 3 van deze peilbuizen zijn wel iets hoger (<0,005 µg/l) dan standaard (<0,001 µg/l). In Figuur 1 is het percentage van het aantal metingen weergegeven waar PFAS in waarden boven de detectielimiet zijn aangetroffen. In 96% van de peilbuizen zijn 1 of meerdere PFAS aangetroffen, gemiddeld zijn er per peilbuis circa 7 PFAS aangetroffen boven de detectielimiet. Het vaakst worden aangetroffen: PFOA (in 83 % van de geanalyseerde monsters), PFBA (70 %), PFOS (69 %), PFHxA (67 %), PFHpA (66 %), PFBS (64 %), PFHxS (63 %), PFPeA (53 %), PFPeS (44 %), PFHpS (34 %). 6:2 FTS, PFNA, PFDA, PFOSA en 8:2 FTS zijn aangetroffen in minder dan 30 % van de monsters. 3,7-DMPFOA, PFUnA, HPFHpA, PFDS, H2PFDA en PFDoA zijn aangetroffen in minder dan 10 % van de monsters. Alleen PFTDA, PFTeDA en H4PFUnA zijn nergens aangetroffen boven de detectiegrens.



**Figuur 1** Percentage van de peilbuizen waarin de stof boven de detectielimiet is aangetroffen (exclusief TOP analyses)



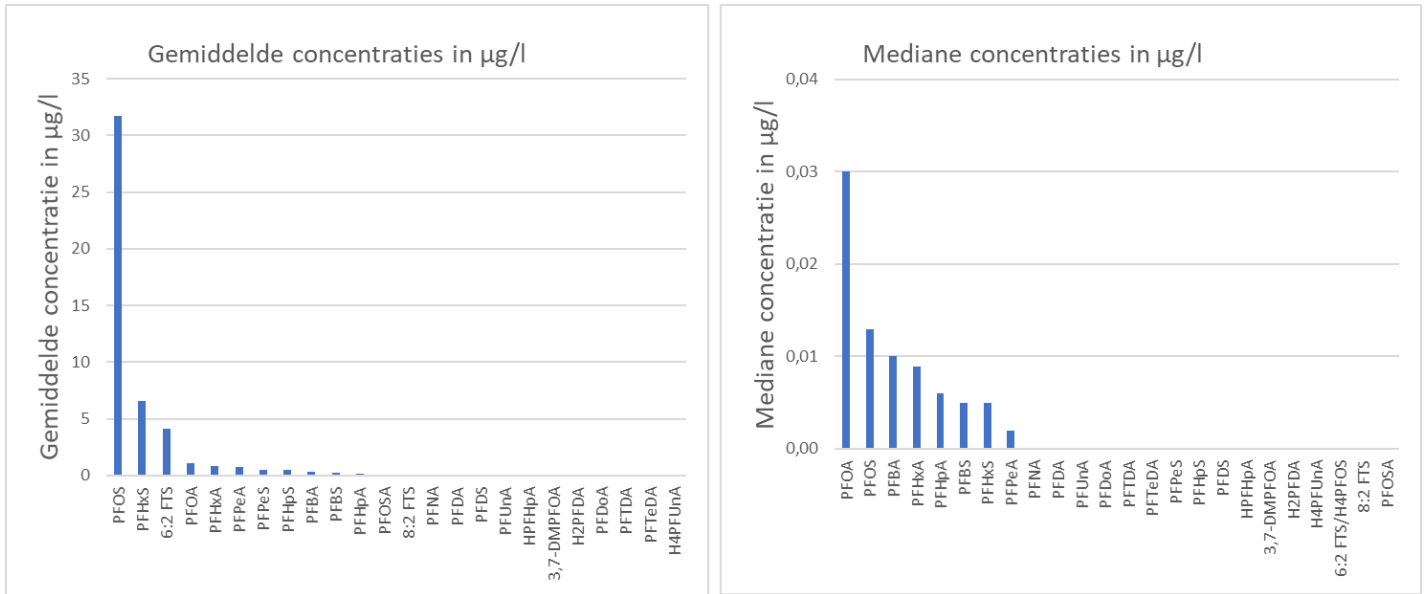
Tabel 5 Samenvatting analyse grondwaterdata (exclusief TOP analyses).

PFAS	Aantal analyses	Aantal > DL	% > DL	Gemiddelde concentratie* (µg/l)	Mediane concentratie (µg/l)	Max. concentratie (µg/l)	Locatie	maximaal aange- toonde concentratie
PFBA	182	128	70	0,28	0,01	11	Stort	SO6
PFPeA	182	97	53	0,71	0,00	58	Oefenlocatie	O1
PFHxA	182	122	67	0,86	0,01	32	Oefenlocatie	O1
PFHpA	182	121	66	0,13	0,01	6,40	Oefenlocatie	O1
PFOA	182	151	83	1,10	0,03	20	Stort	SO2
PFNA	182	49	27	0,02	0,00	0,55	Oefenlocatie	O1
PFDA	182	28	15	0,01	0,00	0,33	Oefenlocatie	O2
PFUnA	182	9	5	0,00	0,00	0,10	Oefenlocatie	O2
PFDoA	182	2	1	0,00	0,00	0,00	Oefenlocatie	O2
PFTDA	145	0	0	0	0	0	nvt	nvt
PFTeDA	145	0	0	0	0	0	nvt	nvt
PFBS	182	117	64	0,22	0,01	9,50	Oefenlocatie	O3
PFPeS	150	66	44	0,48	0,00	27	Oefenlocatie	O5
PFHxS	182	115	63	6,56	0,01	560	Oefenlocatie	O5
PFHpS	169	58	34	0,46	0,00	32	Oefenlocatie	O5
PFOS	182	126	69	31,71	0,01	2.800	Oefenlocatie	O5
PFDS	163	3	2	0,00	0,00	0,25	Oefenlocatie	O2
HPFHpA	145	7	5	0,00	0,00	0,04	Stort	SO4
3,7- DMPFOA	145	8	6	0,00	0,00	0,02	Oefenlocatie	O3
H2PFDA	145	2	1	0,00	0,00	0,01	Metaal	M1
4PFUnA	145	0	0	0,00	0,00	0	nvt	nvt
6:2 FTS	169	47	28	4,13	0,00	410	Oefenlocatie	O1
8:2 FTS	145	19	13	0,04	0,00	1,80	Oefenlocatie	O1
PFOSA	182	25	14	0,04	0,00	3,80	Industrie	I4

\* gehalten < DL zijn meegenomen als 0

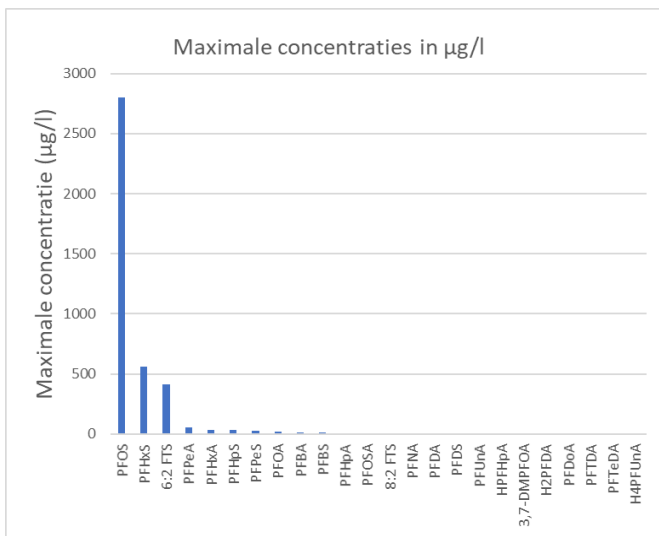
### Gemeten concentraties

De gemiddelde concentraties per locatie zijn weergegeven in Figuur 2 en Tabel 5. Deze gemiddelden zijn inclusief de gehalten kleiner dan de detectielimiet, waarbij gehalten kleiner dan de detectielimiet op 0 zijn gezet. PFOS wordt duidelijk met de hoogste gemiddeld concentratie aangetroffen (31,7 µg/l). Ook de gemiddelde concentraties van PFHxS (6,6 µg/l), 6:2FTS (4,1 µg/l) en PFOA (1,1 µg/l) zijn hoog.



**Figuur 2 Gemiddelde en mediane concentratie gemeten voor de verschillende PFAS**

De maximaal aangetroffen concentraties zijn weergegeven in Figuur 3 en in Tabel 5. De hoogst aangetroffen concentratie PFOS is 2.800 µg/l. Ook andere PFAS zijn in verhoogde concentraties aangetroffen (o.a. PFHxS (560 µg/l), 6:2 FTS (410 µg/l), PFPeA (58 µg/l), PFHxA (32 µg/l), PFHpS (32 µg/l), PFPeS (27 µg/l), PFOA (20 µg/l) en PFBA (11 µg/l)).



**Figuur 3 Maximale concentraties**



### Gemeten concentraties per locatie type

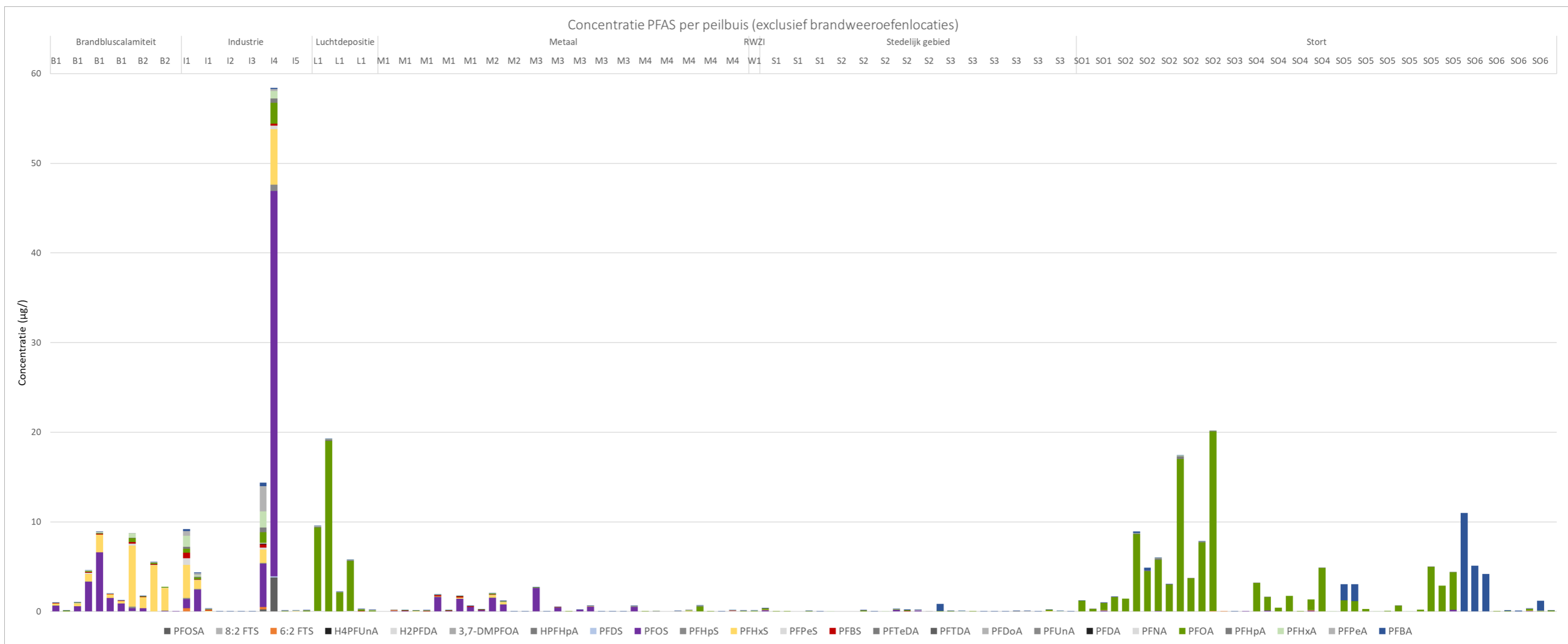
In Figuur 4 en Figuur 5 zijn de gemeten concentraties van de verschillende PFAS per peilbuis ( $\mu\text{g/l}$ ) gestapeld weergegeven. In verband met het grote verschil in concentraties bij de verschillende type locaties zijn in Figuur 4 de brandweeroefenlocaties weggelaten en zijn deze apart weergegeven in Figuur 5. In Figuur 7 en Figuur 8 zijn de gemiddelde PFAS concentraties per type verdachte locatie weergegeven. Uit de figuren (let op het verschil in schaal van de y-as) blijkt duidelijk dat de hoogste concentraties zijn gemeten op de locaties gerelateerd aan brandblusschuim.

De meest voorkomende verbindingen zijn PFOS, PFOA, PFHxS en op sommige locaties 6:2 FTS. Een nadere evaluatie hiervan wordt gegeven in Hoofdstuk 4 Interpretatie meetgegevens.

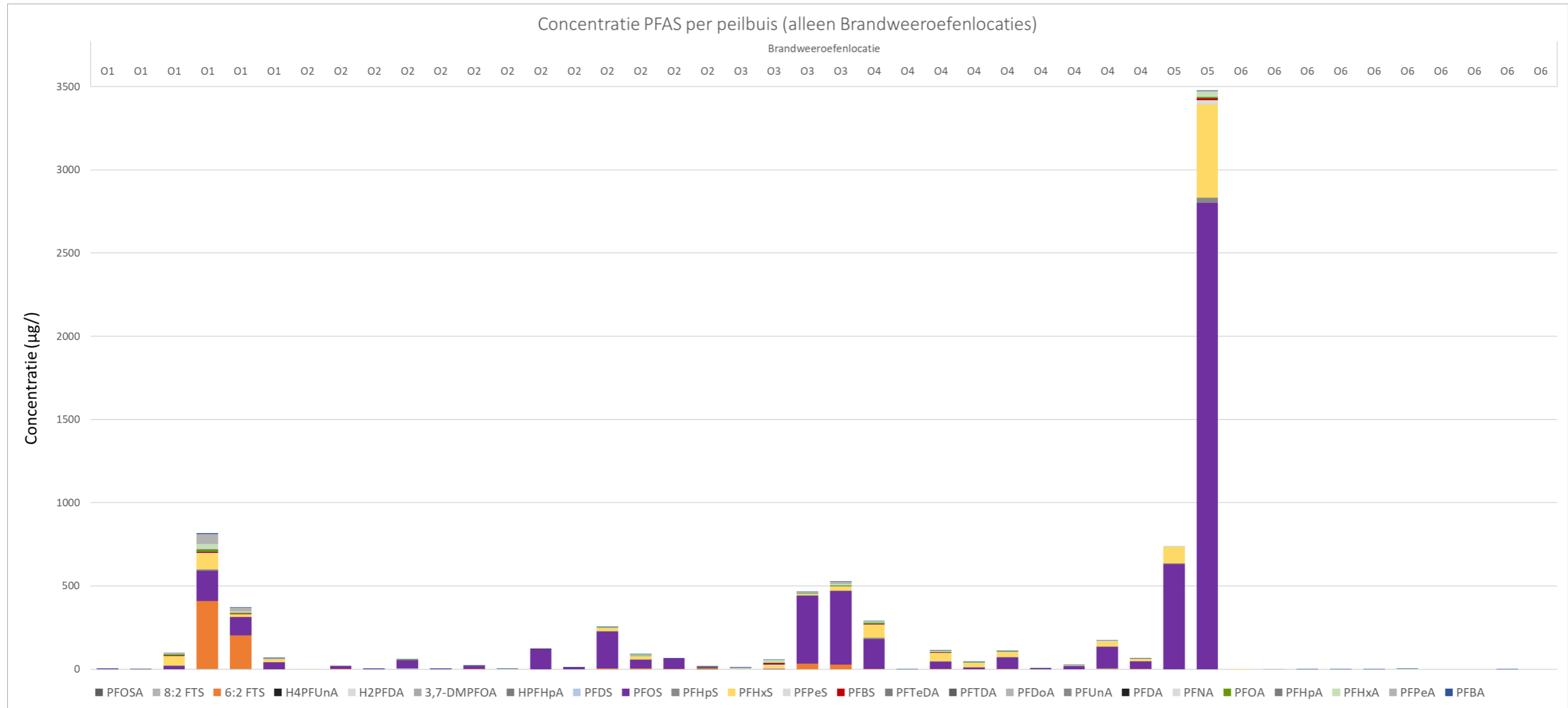
In Tabel 6 is de relatieve bijdrage van PFOS en PFOA aan het totale gehalte PFAS per type locatie weergegeven. Hieruit blijkt dat de verdeling van de verschillende typen PFAS varieert per type locatie. In Hoofdstuk 4 wordt hier nader op ingegaan. Uit het overzicht blijkt ook duidelijk dat op de meeste locaties significante hoeveelheden andere PFAS voorkomen. De bijdrage van andere PFAS loopt op tot 59%.

**Tabel 6 Relatieve bijdrage PFOS en PFOA**

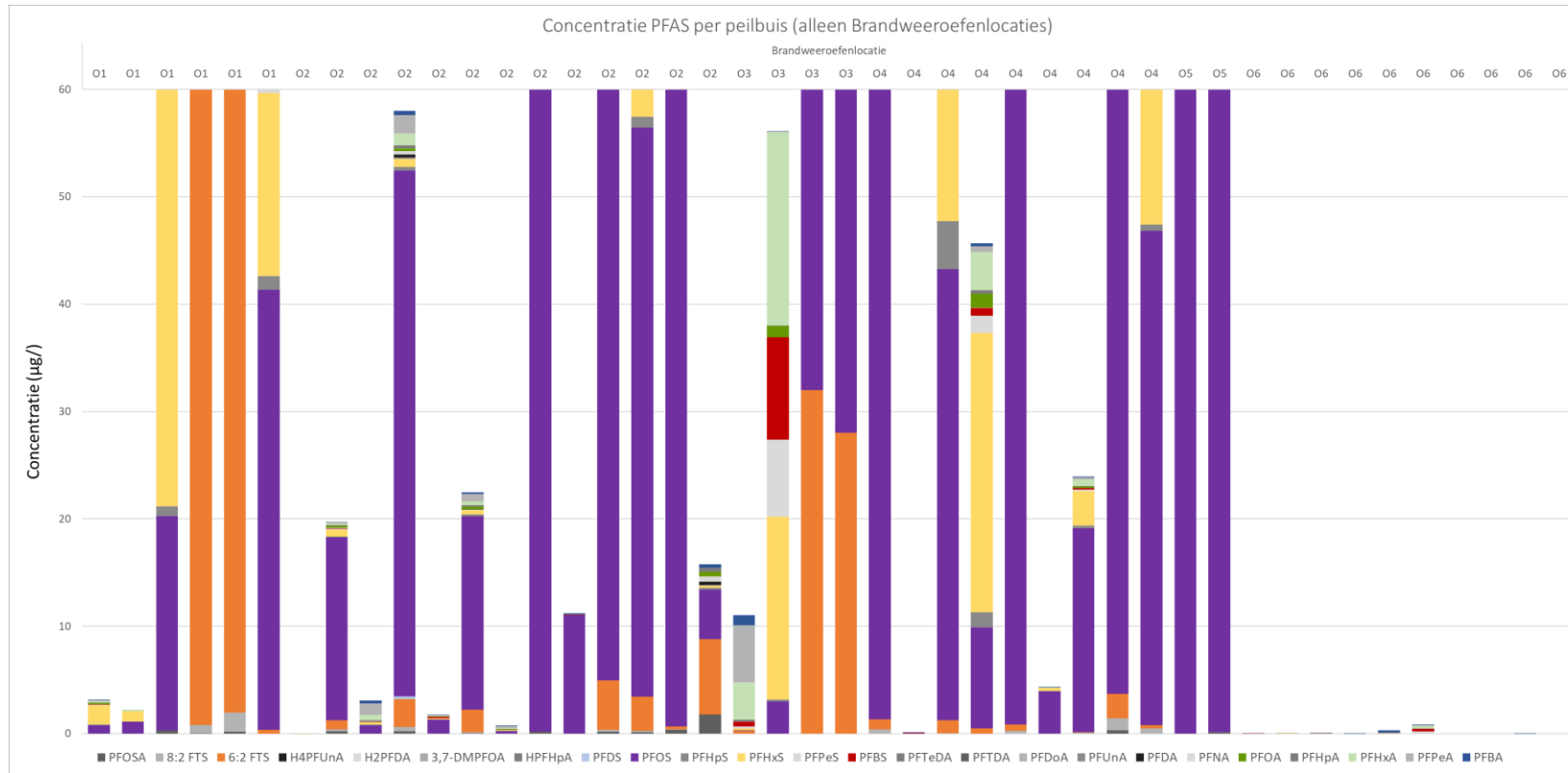
	PFOA (%)	PFOS (%)	% Overige PFAS
Oefenlocatie	1	70	29
Blusincident	3	38	59
Industrie	5	59	36
Luchtdepositie	97	0	3
Metaal	8	70	22
AWZI/RWZI	40	5	55
Stedelijk	23	18	59
Stort	78	1	21
<b>Alle locaties</b>	<b>2</b>	<b>68</b>	<b>30</b>



**Figuur 4** Gemeten concentraties per peilbuis (µg/l) exclusief brandweeroefenlocaties

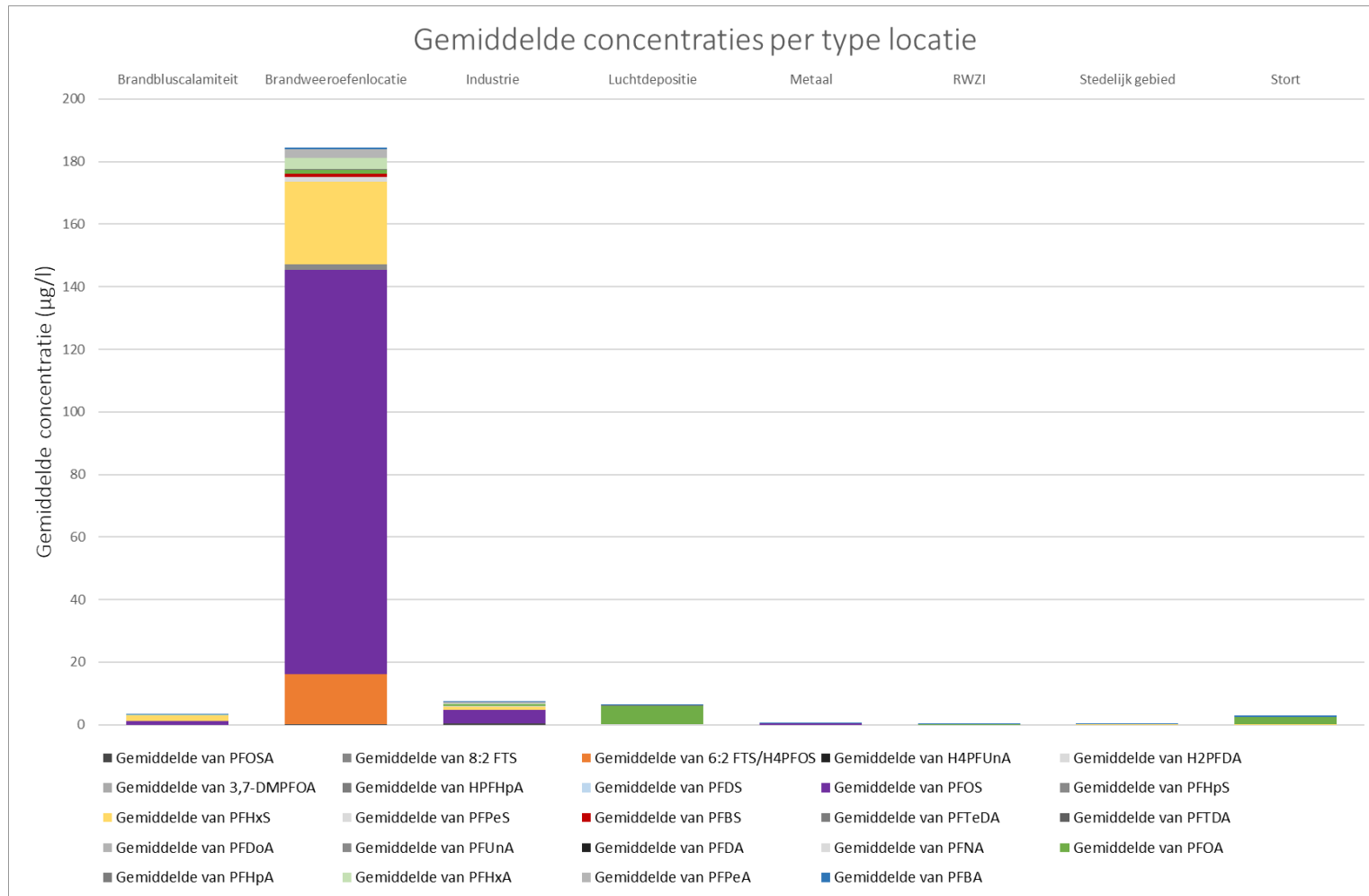


Figuur 5 Gemeten concentraties per peilbuis (µg/l) bij de brandweeroefenlocaties



**Figuur 6** Gemeten concentraties per peilbuis (µg/l) bij de brandweeroefenlocaties, ingezoomd (let op, de concentraties vallen voor veel punten buiten de y-as)

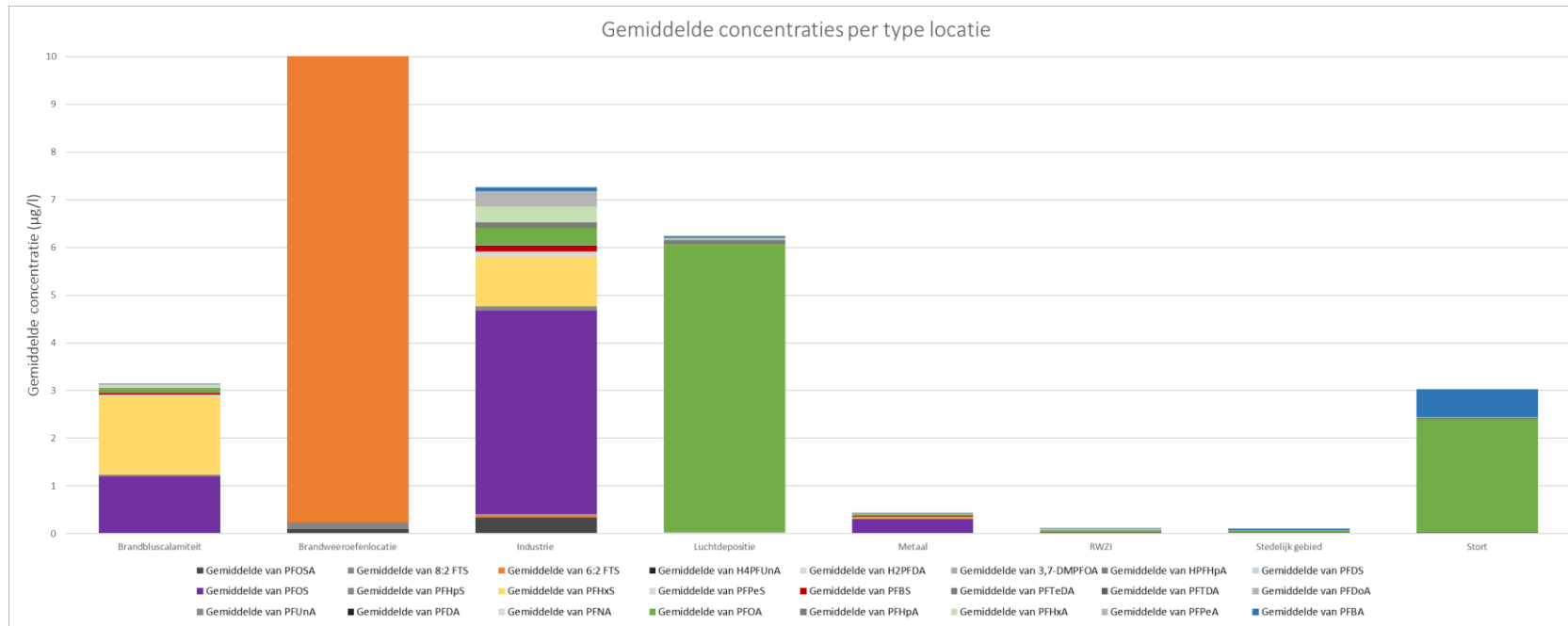
# Aanwezigheid PFAS in Nederland Deelrapport B Verdachte locaties



**Figuur 7 Gemiddelde concentraties per type locatie**



## Aanwezigheid PFAS in Nederland Deelrapport B Verdachte locaties



**Figuur 8 Gemiddelde concentraties per type locatie ingezoomd (let op, de concentraties vallen voor de brandweeroefenlocaties buiten de y-as)**

## 3.2 Toetsingswaarden PFOS en PFOA

Om de meetresultaten te kunnen evalueren is een toetsingskader opgesteld. Dit toetsingskader is opgesteld aan de hand van de toetsingswaarden afgeleid in de rapporten van het RIVM voor PFOS en PFOA (Lijzen et al., 2017; Wintersen et al., 2016).

**Tabel 7 Toegepaste toetsingswaarden voor PFOS en PFOA (afkomstig uit: Wintersen et al., 2016, Lijzen et al., 2017)**

Toetsingswaarde	Omschrijving	PFOS	PFOA
Bovengrens grondwater	Afgeleid op het niveau van de interventiewaarde voor grondwater	4,7 µg/l	0,39 µg/l

### Ontwikkelingen in risicogrenswaarden

Voor zowel PFOS als PFOA zijn humane risico's de blootstellingsroute die de lage toetsingswaarden bepalen. Voor PFOS zijn de toetsingswaarden in 2010/2011 afgeleid, voor PFOA in 2016/2017.

Tussen 2010/2011 en 2016/2017 is op basis van voortschrijdend inzicht de TDI (toelaatbare dagelijkse inname) voor PFOA sterk gedaald (van 1500 ng/kg lichaamsgewicht/dag naar 12,5 ng/kg lg/dag) (zie ook kennisdocument). De toetsingswaarden voor PFOA zijn bepaald op basis van deze 'nieuwe' TDI.

De toetsingswaarden voor PFOS zijn echter bepaald op basis van een oude TDI voor deze verbinding (150 ng/kg lg/dag). De verwachting is dat een nieuwe TDI voor PFOS aanzienlijk lager zal zijn (RIVM, 2018, nog niet gepubliceerd). De verwachting is dat door een lagere TDI, de drinkwatertoetsingswaarde en de risicogrenswaarde op interventiewaardeniveau voor PFOS in dezelfde orde grootte als voor PFOA komen te liggen (of mogelijk zelfs lager).

## 3.3 Resultaten toetsing PFOS en PFOA

### PFOS

- In 126 van de 182 bemonsterde peilbuizen is PFOS boven de detectielimiet aangetoond, dat is in ongeveer 70% van de metingen.
- De gemiddelde concentratie van PFOS is 31,7 µg/l.
- De mediaan voor PFOS ligt bij een concentratie van 0,01 µg/l.
- De hoogste PFOS concentratie (2.800 µg/l) is aangetroffen op een brandweeroefenlocatie.
- In 26 peilbuizen (14% van de peilbuizen) wordt de bovengrens voor PFOS in grondwater (4,7 µg/l) overschreden. Deze overschrijdingen zijn voornamelijk gemeten bij brandweer oefenlocaties (23 keer), verder is PFOS aangetroffen in concentraties boven de bovengrens bij een bluslocatie en in 2 peilbuizen bij een industriële locatie.
- Indien wordt gecorrigeerd voor een lagere TDI (zelfde orde grootte als de TDI van PFOA), komt de gemeten concentratie PFOS in 49 van de peilbuizen boven de aangepaste bovengrens.



## PFOA

- Het aantal overschrijdingen van de detectielimiet (in 151 van de 182 peilbuizen, 83%) ligt voor PFOA hoger dan voor PFOS.
- De bovengrens is 0,39 µg/l en wordt overschreden in 48 peilbuizen (26%). De hoogste concentratie die in het grondwater is aangetoond is 20 µg/l bij een stortlocatie.
- De gemiddelde concentratie PFOA is 1,1 µg/l, voor de waarden boven de detectielimiet.
- De mediane concentratie van PFOA is 0,03 µg/l.

## 3.4 Risicogrenswaarden overige PFAS

Van de andere PFAS (analoge verbindingen van PFOS en PFOA) zijn nog geen risicogrenzen afgeleid, terwijl deze stoffen in veel gevallen wel aanwezig zijn in het milieu.

Voor een deel van de PFAS is door het RIVM een methode ontwikkeld om de relatieve toxiciteit van de stoffen ten opzichte van een index component te bepalen. Hierbij is gekozen voor PFOA als index component, omdat van PFOA de meeste gegevens bekend zijn. Deze methode is echter alleen bruikbaar voor directe effecten op de mens, oftewel voor de vergelijking van de TDI-waarden. Voor het volledig doorberekenen van de risicogrenswaarden van deze PFAS ontbreken de gegevens over bijvoorbeeld gewasopname etc. Daarom kunnen alleen die humaan toxicologische grenswaarden worden beschouwd die een relatie hebben met de directe inname van water of grond. Voor ecologische risico's of het berekenen van uitloging en gewasopname is deze methode niet geschikt. Maar om toch enig houvast te hebben over de relatieve bijdrage van de overige PFAS is dus een relative potency factor (RPF) afgeleid op basis van gegevens over de semi-chronische toxiciteitseffecten op de lever in mannelijke ratten. Voor alle geëvalueerde PFAS zijn hierover gegevens bekend, en het is bovendien vastgesteld als het meest significante effect van PFAS in dierproeven. Dit resulteert in de RPF's in tabel 8. Voor een aantal PFAS waren geen of niet voldoende toxicologische gegevens beschikbaar om een dergelijke evaluatie te doen. Voor deze PFAS kan een aanname gedaan worden dat de RPF ligt tussen de RPF's van de omringende PFAS (bijvoorbeeld voor PFPeA kan een aanname gedaan worden dat relatieve toxiciteit ten opzichte van PFOA tussen 0,06 en 0,01 ligt).



**Tabel 8 Door het RIVM afgeleide relative potency factoren (RPF), inclusief aannames voor de tussenliggende PFAS (schuingedrukt)**

Verbinding	Aantal koolstofatomen	RPF
Perfluorcarboxylzuren		
PFBA	4	0,06
<i>PFPeA</i>	5	<i>0,01-0,06</i>
PFHxA	6	0,01
<i>PFHpA</i>	7	<i>0,01 -1</i>
PFOA	8	1
PFNA	9	10
<i>PFDA</i>	<i>10</i>	<i>4-10</i>
PFUnDA	11	4
PFDoA	12	3
<i>PFTDA</i>	<i>13</i>	<i>0,3-3</i>
PFTeA	14	0,3
PFHxDA	16	0,02
PFODA	18	0,02
Perfluorsulfonzuren		
PFBS	4	0,001
<i>PFPeS</i>	5	<i>0,001-0,6</i>
PFHxS	6	0,6
<i>PFHpS</i>	7	<i>0,6-2</i>
PFOS	8	2
<i>PFDS</i>	<i>10</i>	<i>~2</i>

Met behulp van bovenstaande RPF's kan een concentratie PFAS omgerekend naar PFOA equivalenten om de humane risico's te bepalen. Bijvoorbeeld indien een monster 1 µg/l PFOS, 1 µg/l PFHxS en 1 µg/l PFHxA bevat, is het aantal PFOA equivalenten  $2+0,6+0,06 = 2,66$  µg/l PFOA. De gehanteerde methode staat het toe dat de afzonderlijke PFAS bijdragen mogen worden opgeteld.



De berekende uitkomsten zijn vooral bedoeld om de relatieve humane toxiciteit te bepalen van een mengsel van PFAS, of van een separaat aangetroffen PFAS waarvan geen risicogrenswaarden zijn bepaald.

Nadrukkelijk wordt opgemerkt dat de RPF's alleen toepasbaar zijn voor vergelijkingen op basis van humane inname (zoals bijvoorbeeld voor drinkwater), niet voor ecologische eindpunten.

De RPF's kunnen daarom worden gebruikt om een indicatie te verkrijgen van de toxiciteit van de verschillende verbindingen ten opzichte van PFOA. Zoals eerder aangegeven is de verwachting dat de TDI van PFOS in de orde grootte van die van PFOA hoort te liggen. Op basis van de RPF bepaald in dierproeven kan verwacht worden dat deze zelfs iets lager dan die van PFOA zou komen te liggen (factor 2). Echter in deze evaluatie van de RPFs is alleen gekeken naar effecten op de lever en is niet een volledig onderbouwde TDI afgeleid. Hierdoor kunnen hier (momenteel) geen harde conclusies aan verbonden worden.

### 3.5 Resultaten vergelijking overige PFAS RPF

De gemiddelde waarden, mediane concentraties en hoogste waarden van de overige PFAS verbindingen zijn met behulp van de RPFs omgerekend naar PFOA equivalenten. Bij de PFAS waar geen of niet voldoende toxicologische gegevens beschikbaar waren om een RPF is ervoor gekozen om de hoogste RPF factor van de omliggende PFAS te gebruiken (bijvoorbeeld voor PFPeA kan een aanname gedaan worden dat relatieve toxiciteit ten opzichte van PFOA tussen 0,06 en 0,01 ligt, in dit geval is 0,06 gebruikt).

Vervolgens zijn de PFOA equivalenten getoetst aan de risicogrenswaarde voor PFOA in grondwater (0,39 µg/l). Deze waarde is gebaseerd op inname door de mens en het gebruik van de RPFs is dan gerechtvaardigd. In de onderstaande tabel zijn de waarden waar het PFOA equivalent > 0.39 is rood gemaakt.



**Tabel 9 Gemiddelde waarde, mediaan en hoogste waarden van de overige PFAS verbindingen omgerekend naar PFOA equivalenten. Waarden met PFOA equivalent > 0,39 zijn rood gekleurd. De dik gedrukte waarden zijn de RPFs die gebruikt zijn in de omrekening**

Verbinding	Aantal koolstofatomen	RPF	Gemiddelde gemeten waarde (µg/l)	Gemiddelde waarde in PFOA equivalenten (µg/l)	Gemeten mediaan (µg/l)	Mediaan in PFOA equivalenten (µg/l)	Hoogst gemeten waarde (µg/l)	Hoogste waarde in PFOA equivalenten (µg/l)
Perfluorcarboxylzuren								
PFBA	4	0,06	0,28	0,02	0,01	0,001	11	0,66
PFPeA	5	<b>0,01-0,06</b>	0,71	0,04	0,002	0,0001	58	3,5
PFHxA	6	0,01	0,86	0,01	0,01	0,0001	32	0,32
PFHpA	7	0,01 - <b>1</b>	0,13	0,13	0,01	0,01	6,4	6,4
PFOA	8	1	1,1	<b>1,1</b>	0,03	0,03	20	20
PFNA	9	10	0,02	0,17	< dl	< dl	0,55	5,5
PFDA	10	4-10	0,01	0,07	< dl	< dl	0,33	3,3
PFUnDA	11	4	0,0	0,01	< dl	< dl	0,10	0,40
PFDoA	12	3	0,0	0,0	< dl	< dl	0,0	0,01
Perfluorsulfonzuren								
PFBS	4	0,001	0,22	0,0	0,01	0,00001	9,5	0,01
PFPeS	5	<b>0,001-0,6</b>	0,48	0,29	< dl	< dl	27	16
PFHxS	6	0,6	6,6	<b>3,9</b>	0,01	0,00	560	340
PFHpS	7	0,6- <b>2</b>	0,46	<b>0,93</b>	< dl	< dl	32	64
PFOS	8	2	32	<b>63</b>	0,01	0,03	2.800	5.600
PFDS	2		0,0	0,0	< dl	< dl	0,25	0,50

Uit de omrekening naar PFOA equivalenten blijkt dat:

- De hoogste (omgerekende) concentraties voor PFBA, PFPeA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFPeS, PFHxS, PFHpS, PFOS en PFDS in ieder geval op de betreffende locaties hoger zijn dan de bovengrens voor PFOA.
- De gemiddelde omgerekende concentraties voor PFOA, PFHxS, PFHPS en PFOS hoger zijn dan de bovengrens voor PFOA.

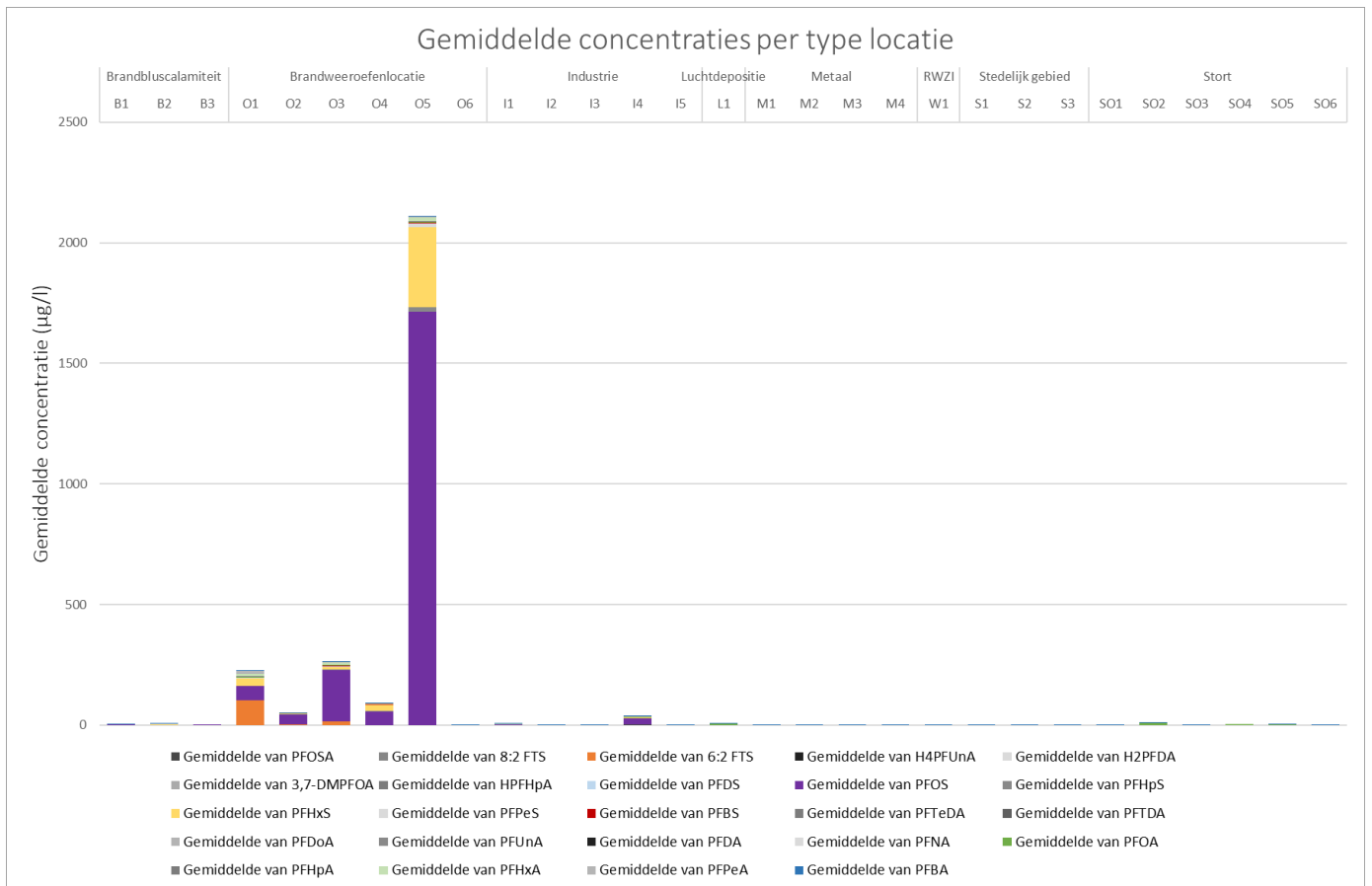


## 4 Interpretatie meetgegevens

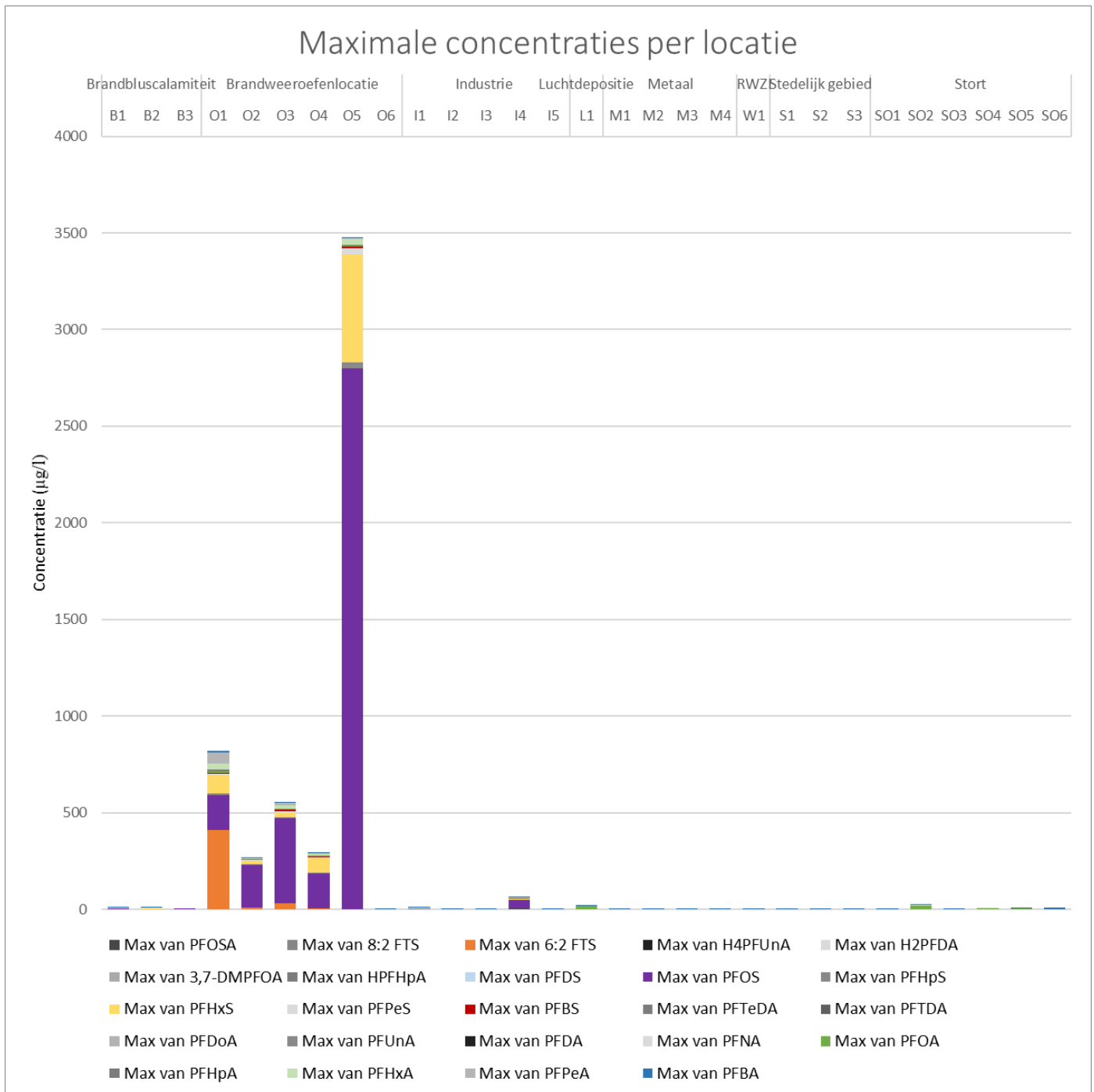
### 4.1 Interpretatie meetresultaten op de verschillende locaties

In Figuur 9 en 10 zijn respectievelijk de gemiddelde en maximale concentraties per locatie weergegeven, gesorteerd per type locatie.

PFOS wordt met de hoogste gemiddelde concentratie aangetroffen (32 µg/l). Zoals te zien is in Figuur 9 wordt deze hoge gemiddelde concentratie voornamelijk veroorzaakt door de hoge concentraties PFOS op een aantal oefenlocaties (zie Figuur 4). Ook de hoogte van de gemiddelde concentraties van PFHxS (6,6 µg/l) en 6:2 FTS (4,1 µg/l) worden voornamelijk bepaald door de onderzochte brandweeroefenlocaties. Het hoge gemiddelde van PFOA (1,1 µg/l) wordt voornamelijk veroorzaakt door hoge concentraties bij de stortlocaties waar mogelijk PFOA houdend afval is gestort. De mediaan ligt voor deze stoffen daarom ook een stuk (meerdere orde groottes) lager.



**Figuur 9 Gemiddelde concentraties per locatie. Concentraties in ug/l**

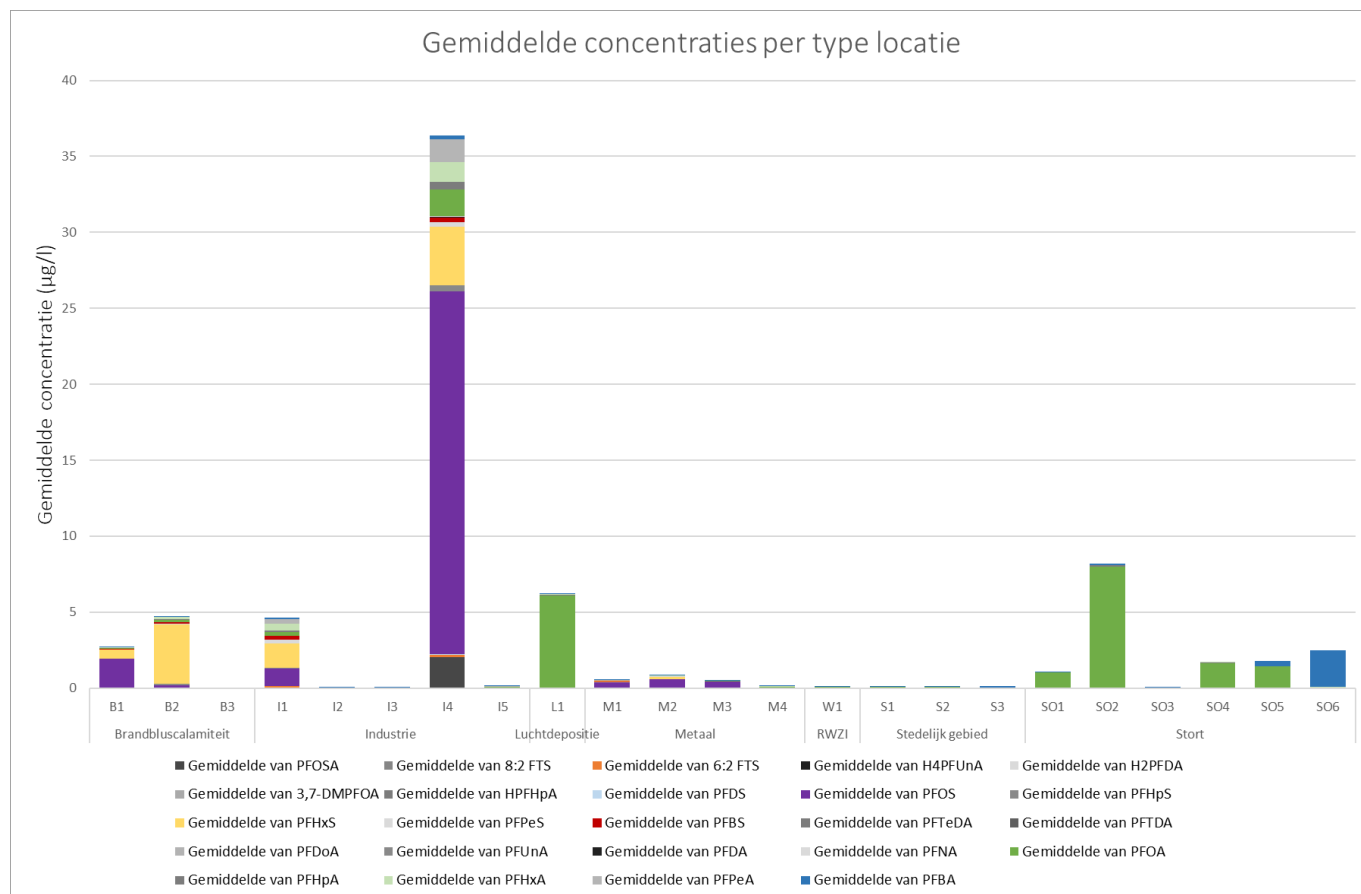


**Figuur 10 Maximale concentraties per locatie**

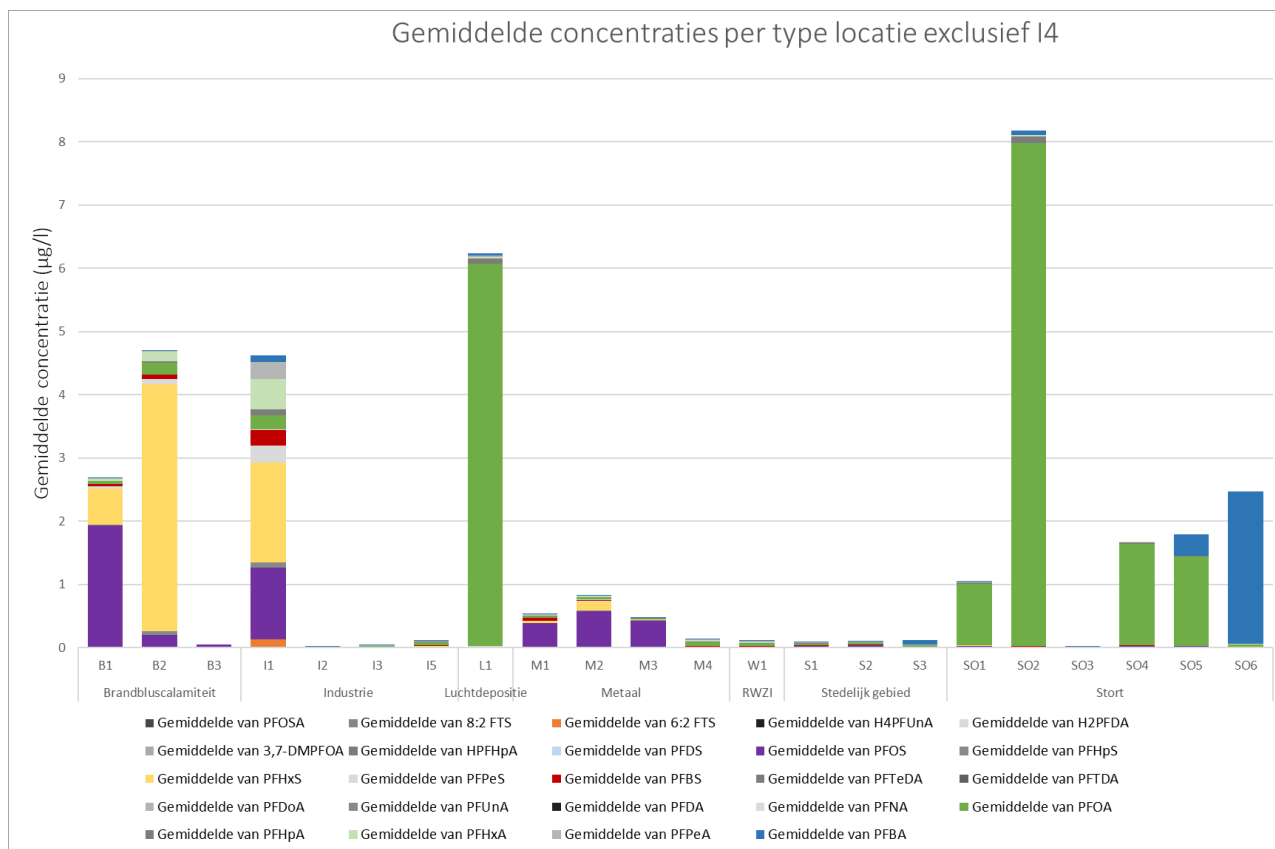




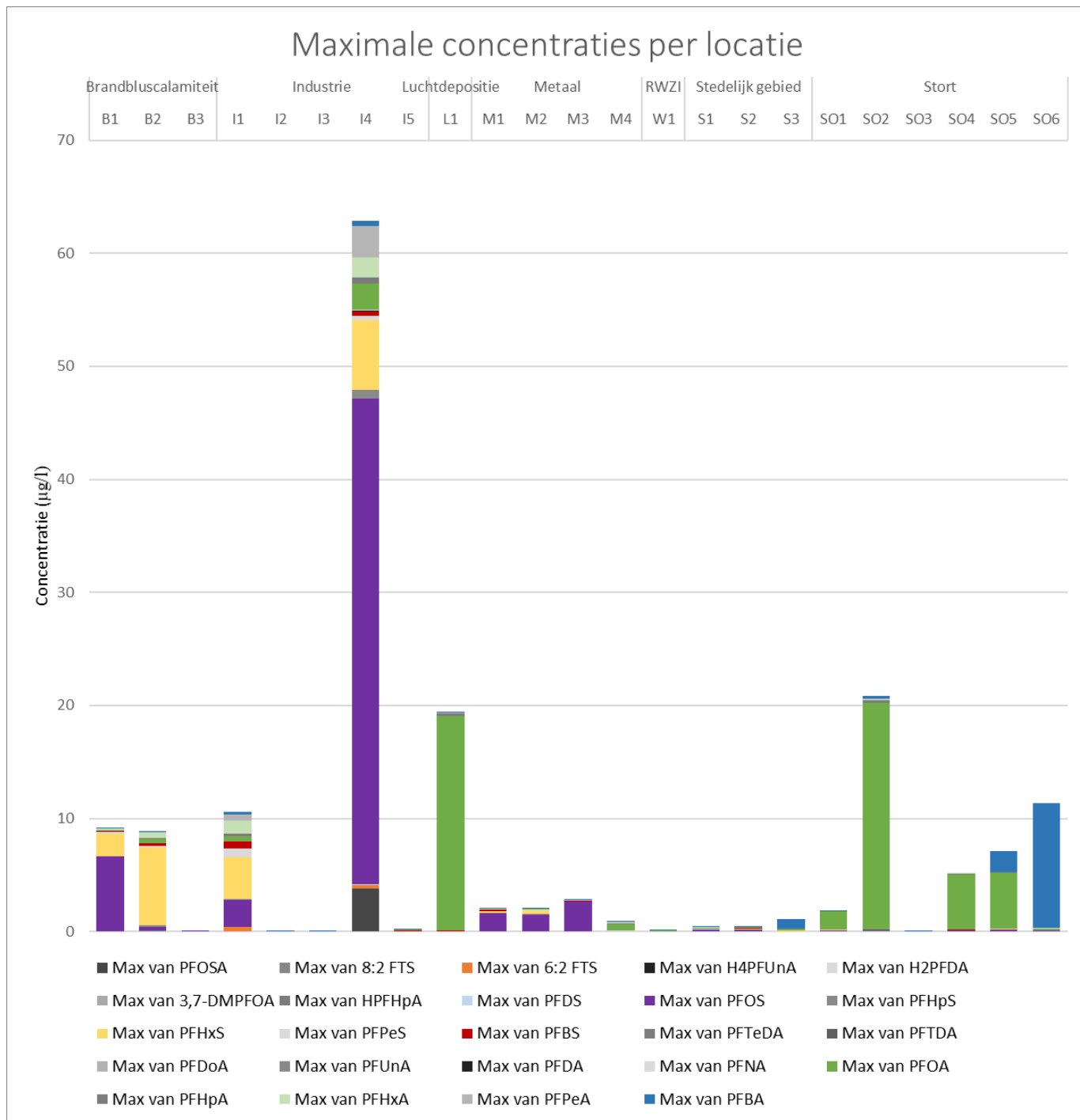
De gemeten concentraties bij de brandweeroefenlocaties zijn dermate hoog dat de concentraties op de overige locaties in het niet vallen. Om een beter beeld te krijgen van de stoffen die voorkomen op de overige locaties zijn de gemiddelde (figuur 11 en 12) en maximale (figuur 13) waarden geplot zonder de brandweeroefenlocaties. Vanwege de hoogte van de concentraties bij locatie I4 en het vermoeden dat dit aan brandblusschuim is gelinkt (vanwege het PFAS profiel), zijn in figuur 12 de gemiddelde waarden geplot zonder locatie I4.



**Figuur 11 Gemiddelde concentraties per locatie, niet zijnde brandweeroefenlocaties**



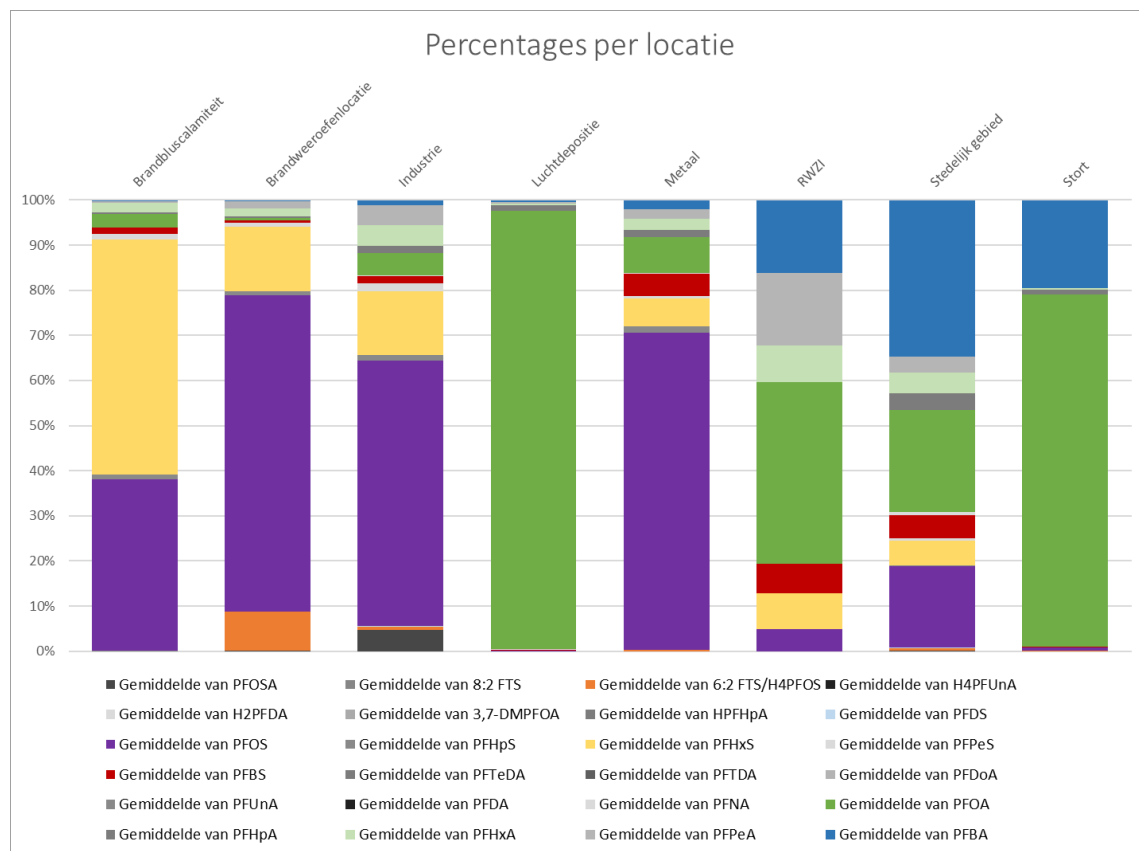
**Figuur 12 Gemiddelde concentraties per locatie, niet zijnde brandweeroefenlocaties exclusief locatie I4 (vanwege inzoomen)**



Figuur 13 Maximale concentraties per locatie, niet zijnde brandweeroefenlocaties



De verhoudingen tussen de verschillende PFAS of de 'fingerprint' verschilt per type verdachte locatie. In Figuur 14 is dit duidelijk te zien. Om deze verschillen te verklaren wordt in de onderstaande tekst de verschillen in aangetroffen PFAS concentraties bij de verschillende typen locaties besproken.



**Figuur 14 PFAS 'Fingerprint' van de verschillende type locaties**

### Brandweeroefenlocaties

Verreweg de hoogste concentraties PFAS zijn aangetroffen op de brandweeroefenlocaties (zie Figuur 9 en Figuur 10). Dit is een logisch gevolg van het gebruik van brandblusschuim, waarbij historisch gezien pas relatief recent aandacht is gegeven aan bodembeschermende voorzieningen. Tot voor kort kwamen de restanten van het schuim in veel gevallen direct in het milieu terecht.

In Tabel 5 is te zien dat van 16 PFAS de hoogste concentraties zijn aangetroffen op een oefenlocatie. Op alle brandweeroefenlocaties worden vooral PFOS en PFHxS aangetroffen in hoge concentraties, maar op de nieuwere locaties wordt bijvoorbeeld ook 6:2 FTS gevonden.

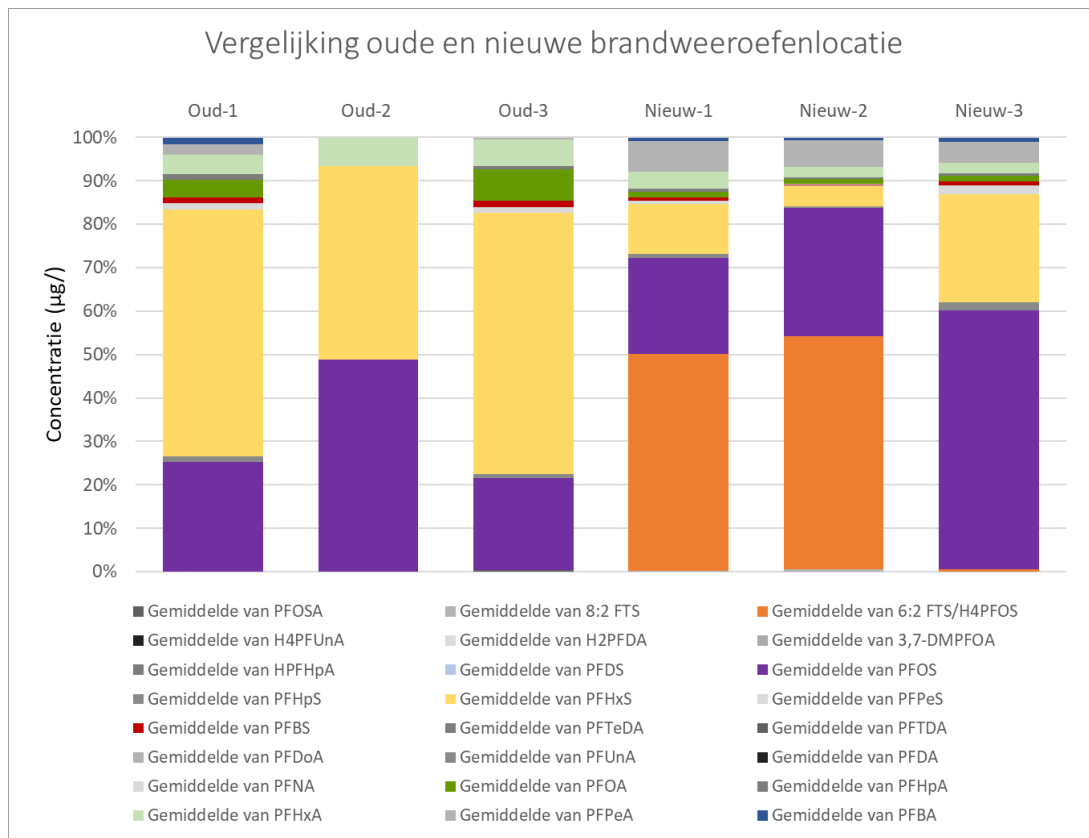
Opvallend is het verschil tussen de verdeling van de verschillende PFAS van locatie O1 en de overige brandweeroefenlocaties. Op locatie O1 is waarschijnlijk meer gebruik gemaakt van nieuwere brandblusmiddelen gebaseerd op fluortelomeren zoals 6:2 FTS. Op de andere locaties komt PFOS relatief het meeste voor. Daarnaast worden ook PFHxS en PFOA gemeten.



De gemeten verhoudingen komen overeen met het beeld van de aanwezigheid van PFAS op locaties waar PFOS houdend AFFF is toegepast.

Ook binnen één geografische locatie kan de PFAS fingerprint al behoorlijk verschillen. Op locatie O1 zijn zowel een oude (van voor circa 1990) als een nieuwe brandweeroefenlocatie onderzocht (van na circa 1990) (zie Figuur 15). Op de oude locatie is voornamelijk PFHxS en PFOS aangetroffen, terwijl op de nieuwe locatie 6:2 FTS de PFAS is met de hoogste concentratie (in twee van de drie peilbuizen). Sinds 2011 is het gebruik van PFOS-houdend schuim uitgefaseerd. Dit zou erop kunnen wijzen dat er overgeschakeld is naar PFOS vrij schuim, en dat dit schuim als vervanger 6:2 FTS bevat.

Bij locatie O6 zijn de concentraties veel lager dan bij de overige oefenlocatie, dit komt waarschijnlijk omdat op deze locatie diepe peilbuizen zijn bemonsterd die bovendien verder van de oefenlocatie af liggen.



**Figuur 15** Verschillen tussen oude en nieuwe brandweeroefenlocatie op 1 terrein



### Brandblusincidenten

In het onderzoek zijn ook locaties onderzocht van brandblusincidenten, ofwel locaties waar eenmalig schuim is toegepast zonder bodembeschermende voorzieningen. Op deze locaties zijn de aangetroffen concentraties PFAS veel lager dan bij de brandweeroefenlocaties (zie Figuur 7). Het lijkt er op dat de eenmalige toepassing minder milieugevolgen heeft dan bij oefenlocaties waar herhaaldelijk en over langere tijd PFAS-houdend blusschuim gebruikt wordt. Wat ook kan meespelen is dat een deel van de onderzochte locaties in het verleden is gesaneerd. De saneringen waren niet gericht op PFAS, maar op (brand)stoffen die bij de incidenten zijn vrijgekomen. Omdat de PFAS zich in eerste instantie bovenin het bodemprofiel bevinden, zal al een belangrijk deel van de PFAS belasting verwijderd zijn tijdens de sanering. Het type PFAS dat in de hoogste concentraties worden aangetroffen is vergelijkbaar met de brandweeroefenlocaties, namelijk PFOS en PFHxS (Figuur 14).

### Industrie

Bij de industriële locaties verschilt de fingerprint tussen de verschillende industriële locaties (Figuur 4). De hoogste concentraties zijn aangetroffen bij een bedrijf dat vaten schoonmaakt. De hoogste PFAS concentraties zijn hier PFOS (max 43 µg/l), PFHxS (max 6,2 µg/l) en PFOA (max 2,3 µg/l). Kijkende naar de fingerprint is dit waarschijnlijk gerelateerd aan brandblusschuim. Bij de overige industriële locaties zijn de concentraties PFAS-totaal minder dan 10 µg/l.

### Metaalindustrie

In het grondwater rond bedrijven uit de metaalindustrie zijn relatief lage concentraties PFAS aangetroffen (gemiddelde concentratie van PFAS-totaal < 3 µg/l). Er wordt voornamelijk PFOS aangetroffen (maximaal aangetroffen concentratie is 2,6 µg/l) maar ook PFHxS (max 0,29 µg/l), PFBS (max 0,15 µg/l) en PFOA (max 0,52 µg/l). Drie van de onderzochte locaties (M1, M2 en M4) zijn terreinen van voormalige metaalbedrijven. Op deze terreinen is gesaneerd, in verband ernstige verontreinigen met onder andere VOCl en zware metalen, of waren nog lopende in-situ saneringen in bedrijf. Bij deze locaties zijn bestaande monitoringspeilbuizen bemonsterd. Bij één locatie (M3) zijn peilbuizen geplaatst bij 2 nabijgelegen en nog in werking zijnde verchrombedrijven.

### Luchtdepositie/Teflon productie industrie

Bij het onderzoek naar luchtdepositie van PFOA wordt de PFAS fingerprint duidelijk gedomineerd door PFOA. De hoogst aangetroffen concentratie PFOA is 19 µg/l. Daarnaast worden ook aangetroffen: PFHpA (max 0,18 µg/l), PFBA (max 0,05 µg/l), PFBS (max 0,04 µg/l), PFHxA (max 0,04 µg/l) en PFNA (max 0,04 µg/l). De overige PFAS zijn alleen in concentraties <0,04 µg/l aangetroffen. Vermoedelijk zijn deze PFAS als onzuiverheden bij het productieproces van PFOA uitgestoten. Daarnaast is in dit geval GenX aangetroffen (max 0,66 µg/l). In 2012 is door het bedrijf overgeschakeld van PFOA op het GenX proces voor de productie van teflon.

### Stedelijk gebied

In totaal zijn 29 peilbuizen binnen drie steden bemonsterd. In 26 van de 29 peilbuizen zijn één of meerdere PFAS boven de detectiegrens aangetroffen. In 25 peilbuizen is PFOA aangetroffen, met als hoogste concentratie 0,12 µg/l. De hoogst aangetroffen concentratie voor PFOS is 0,19 µg/l, voor PFBA 0,8 µg/l.



Het lijkt erop dat er in het grondwater binnen het stedelijk gebied een diffuse verontreiniging met PFAS aanwezig is (voornamelijk met PFOS, PFOA en PFBA). De oorsprong van deze diffuse verontreiniging is onduidelijk, maar kan veroorzaakt zijn door lokale PFAS verwerkende industrie, het gebruik van blusschuim bij branden binnen de stad of door het gebruik van PFAS-houdende producten.

#### Afvalwaterzuivering

In het monster bij de afvalwaterzuivering is vooral PFBA en PFOA aangetroffen, in lage concentraties (soms PFAS < 0,2 µg/l). De fingerprint is vergelijkbaar met de fingerprint die in stedelijk gebied is gevonden. Het is derhalve mogelijk dat de componenten die bij de waterzuiveringsinstallatie zijn aangetroffen veroorzaakt zijn door de 'achtergrondwaarde' van het stedelijk gebied.

#### Stortlocaties

Bij de stort locaties is voornamelijk PFOA aangetroffen, alle onderzochte stort locaties liggen in en rond de Drechtsteden. Waarschijnlijk wordt de relatief hoge PFOA concentratie veroorzaakt door de luchtdepositie met PFOA rond de Drechtsteden of door PFOA houdend afval van DuPont/Chemours in de stort.

## 4.2 PFOS en PFOA in vergelijking met andere PFAS

Vaak wordt bij bodemonderzoeken alleen naar PFOS en/of PFOA gekeken, terwijl uit het huidige onderzoek blijkt dat er naast PFOS en PFOA ook andere PFAS aanwezig kunnen zijn. Om te kijken of PFOS en/of PFOA goede indicatoren zijn voor de aanwezigheid van PFAS is een analyse gemaakt van de meetgegevens (Tabel 10). Over het algemeen worden op locaties waar een verontreiniging met PFAS aanwezig is ook PFOS en/of PFOA aangetroffen, er zijn echter 21 peilbuizen waar geen PFOS en geen PFOA boven de detectiegrens zijn aangetroffen. In 13 van deze 21 peilbuizen zijn wel andere PFAS aangetroffen (zie Tabel 10). Door enkel PFOS en PFOA te analyseren is het dus mogelijk dat er een verontreiniging met een van deze verbindingen gemist wordt. Dit kan gebeuren op verschillende typen verdachte locaties. Het is wel zo dat op deze locaties in de meeste gevallen sprake is van relatief lage concentraties PFAS (<1 µg/l). PFBA is daarop duidelijk een uitzondering, wat is aangetroffen in concentraties tot 11 µg/l, in afwezigheid van PFOS en PFOA. Voor PFAS verdachte locaties kan daarom het beste een PFAS pakket geanalyseerd worden met minimaal PFOS, PFOA, PFBA, PFBS, PFHxS, 6:2 FTS, PFPeS, PFHpA, PFHxA en PFPeA.

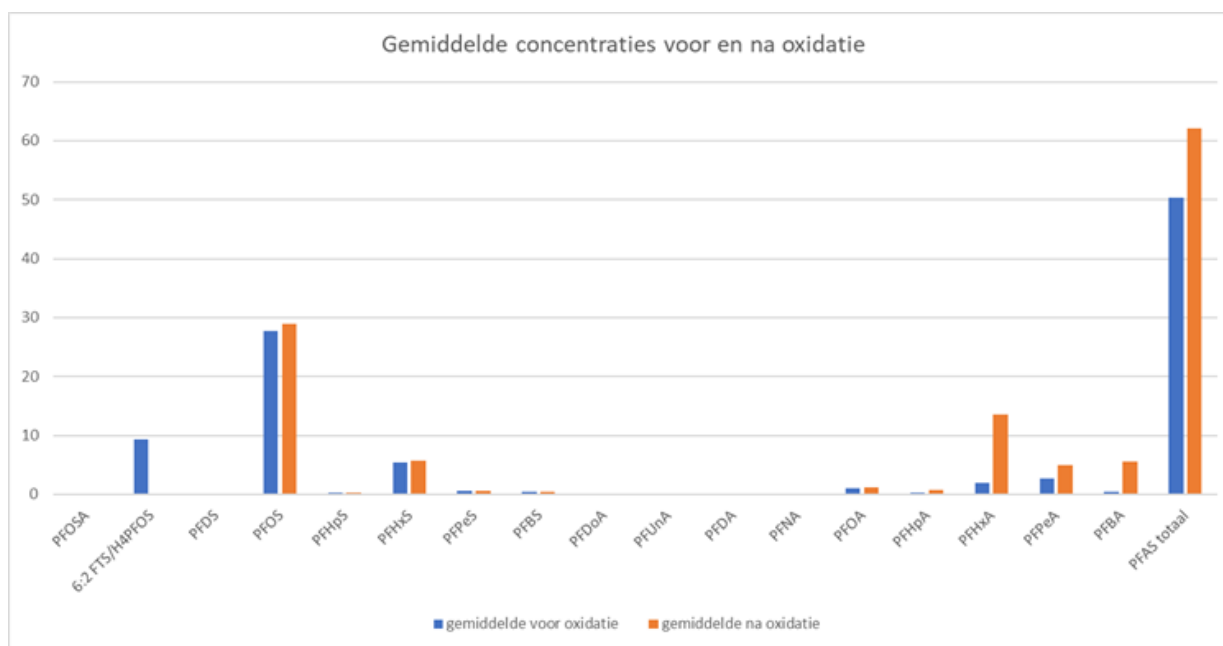
**Tabel 10 Voorkomen van overige PFAS wanneer PFOS en PFOA niet zijn gedetecteerd**

	6:2 FTS	PFHxS	PFPeS	PFBS	PFHpA	PFHxA	PFPeA	PFBA
Aantal wanneer PFOS en PFOA < DL	1	5	1	7	1	2	2	12
Gemiddelde (µg/l)	0,001	0,016	0,21	0,039	0,009	0,13	0,033	1,7
Max (µg/l)	0,001	0,040	0,21	0,24	0,009	0,26	0,054	11
Min (µg/l)	0,001	0,002	0,21	0,001	0,009	0,007	,011	0,002



### 4.3 Meetresultaten aanwezigheid precursors

PFAS precursors zijn PFAS verbindingen die door natuurlijke processen in het milieu omgezet worden in de persistente eindproducten PFOS, PFOA en de grotere en kleinere analoge verbindingen. Precursors kunnen worden gemeten door middel van de zogenaamde TOP-analyse. Bij de TOP-analyse wordt eerst het basispakket PFAS geanalyseerd, vervolgens wordt het monster geoxideerd met hydroxylradicalen en opnieuw geanalyseerd op het basispakket PFAS. Tijdens de oxidatiestap worden de precursors in het monster omgezet in de standaard PFAS-verbindingen (voornamelijk perfluorcarboxylzuren). Met dit proces wordt een totale hoeveelheid PFAS bepaald die door natuurlijke processen in het milieu (onder andere biologische afbraak) omgezet kunnen worden in de standaard PFAS-verbindingen, die in het milieu niet verder kunnen afbreken. In de onderstaande figuur zijn de gemiddelde resultaten van alle TOP-analyses weergegeven. Hierbij is de hoeveelheid gemiddeld reeds aanwezig PFAS weergegeven in het blauw, en de hoeveelheid gemeten na de oxidatiestap in oranje. De hoeveelheid die extra is gevormd na oxidatie is de hoeveelheid PFAS die extra kan ontstaan als gevolg van omzettingen van precursors in het milieu (biologisch, chemisch).



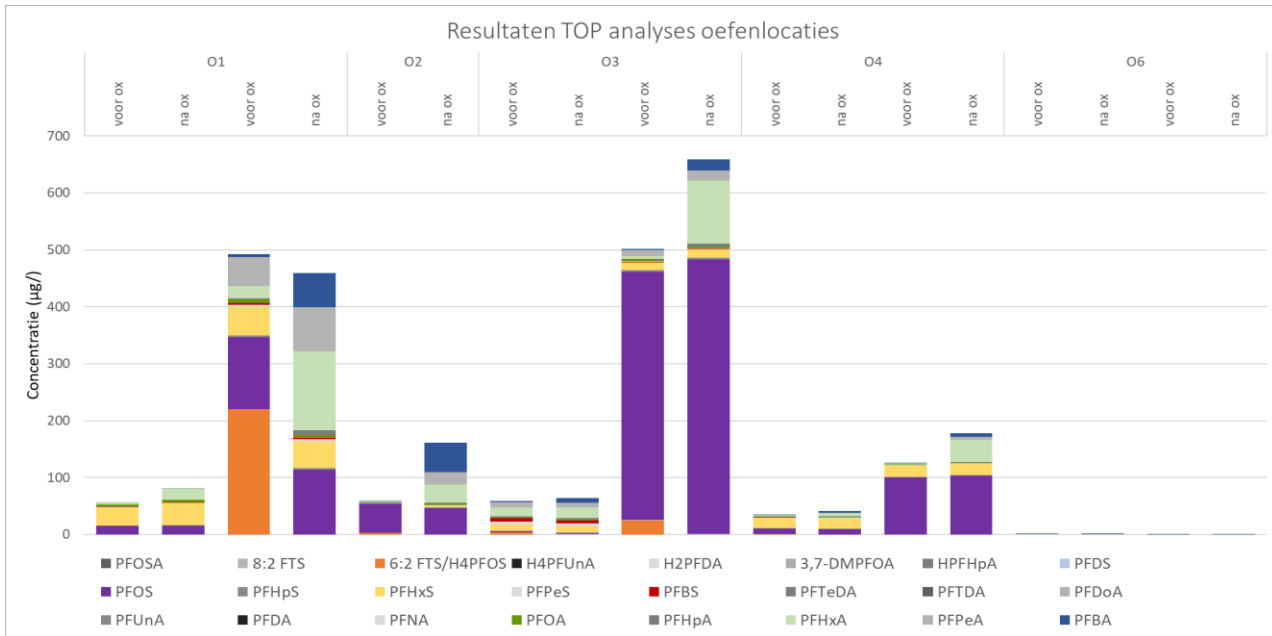
**Figuur 16 De gemiddelde concentraties (in µg/l) van de TOP analyses. De hoeveelheid reeds aanwezig PFAS is weergegeven in blauw, de hoeveelheid gemeten na de oxidatiestap in oranje**

De gemiddelde totale PFAS concentratie voor oxidatie was 50 µg/l, na oxidatie was het gemiddelde 62 µg/l. De totale hoeveelheid meetbare PFAS is door de TOP-analyse toegenomen met 24%. De grootste toename is te zien bij PFHxA, PFPeA en PFBa. De precursors van deze stoffen zijn veelal verbindingen zoals 6:2 FTS, of vergelijkbare stoffen met een iets andere kop (in plaats van de sulfonzuurgroep). Precursors van PFOS en PFOA zijn niet of nauwelijks gemeten, de concentraties PFOS en PFOA nemen minimaal toe. Bovenstaande gegevens met betrekking tot de TOP analyse betreffen grondwater. Het is bekend dat in grond vaak relatief meer precursors aanwezig zijn.

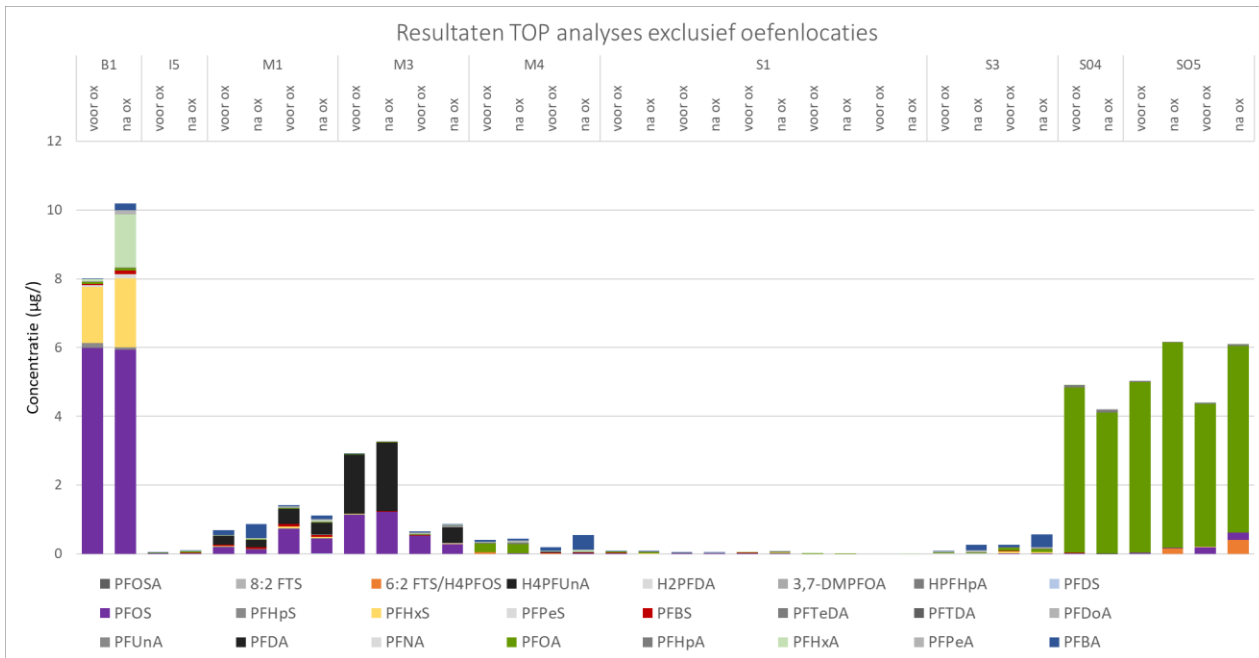




In Figuur 17 (oefenlocaties) en Figuur 18 (overige locaties) staan de TOP gegevens per peilbuis. Hierbij is de hoeveelheid reeds aanwezig PFAS gestapeld weergegeven bij het kopje voor ox, en de hoeveelheid gemeten na de oxidatiestap onder het kopje na ox. De oefenlocaties zijn in verband met de hoge concentraties in een aparte figuur weergegeven.



**Figuur 17 TOP resultaten voor en na oxidatie van de oefenlocaties**



**Figuur 18 Top analyses voor en na oxidatie, overige locaties**



## 4.4 Interpretatie aanwezigheid precursors

Indien er precursors in de monsters aanwezig zijn dan nemen de concentraties PFAS na oxidatie toe. Dat is niet bij alle monsters het geval, in een aantal monsters lijken de concentraties na oxidatie zelfs lager te zijn dan voor oxidatie. Hier is geen duidelijke oorzaak voor aan te wijzen en het verschil valt veelal binnen de foutmarge van de analyses van milieumonsters (10-20%). In de monsters waar de concentratie PFAS na oxidatie wel hoger is ontstaan vooral PFBA, PFPeA en PFHxA. Dit is vooral het geval op brandweeroefenterreinen en andere locaties gerelateerd aan brandblusschuim. De nieuwere schuimen (na uitfasering PFOS-houdende schuimen) bevatten voornamelijk precursors, waaronder veelal 6:2 FTS, maar dit kunnen ook andere precursors zijn. Tijdens de oxidatiestap van de TOP analyse breken deze precursors af naar hoofdzakelijk PFHxA, PFPeA en PFBA. Deze afbraakproducten worden in de wetenschappelijke literatuur ook waargenomen (zie kennisdocument).

## 4.5 Verificatie meetdata

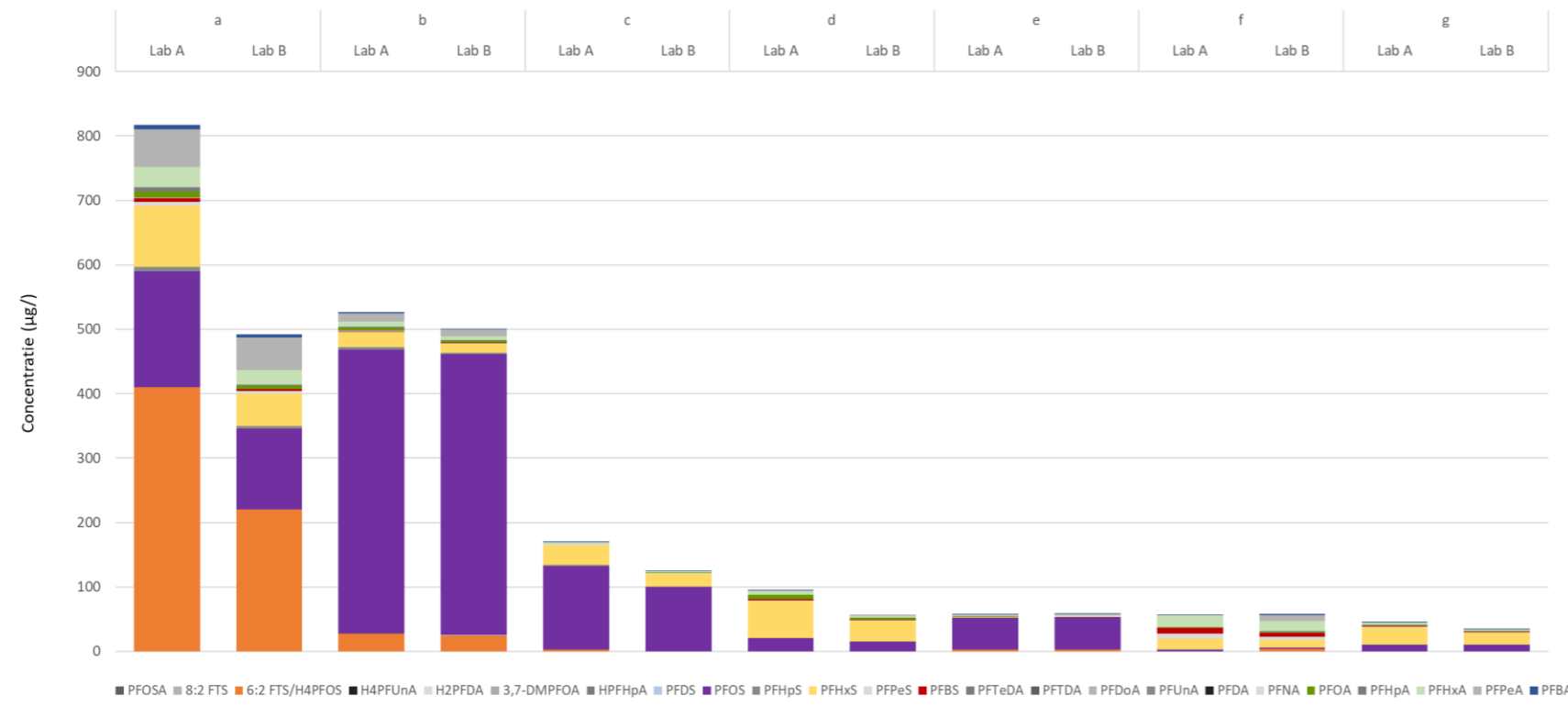
De meeste monsters waarop een TOP analyse is uitgevoerd zijn eerst door een ander laboratorium (over het algemeen Al-West) op het reguliere PFAS pakket geanalyseerd. Vóór de oxidatie stap is bij ALS ook een reguliere PFAS analyse uitgevoerd. Hierdoor is het mogelijk om van 18 monsters de resultaten van twee verschillende laboratoria te vergelijken. In de onderstaande figuren is deze vergelijking weergegeven (let op verschil in schaal van de 2 figuren). Uit de resultaten blijkt dat gemeten PFAS concentraties over het algemeen redelijk over een komen (concentraties in dezelfde orde van grootte).

Voor een aantal verbindingen zijn er grote verschillen te zien tussen de labs. Het gaat vooral om 6:2 FTS (monster a) en PFDA, welke door het ene lab een aantal keer is gedetecteerd, maar door het andere lab niet.

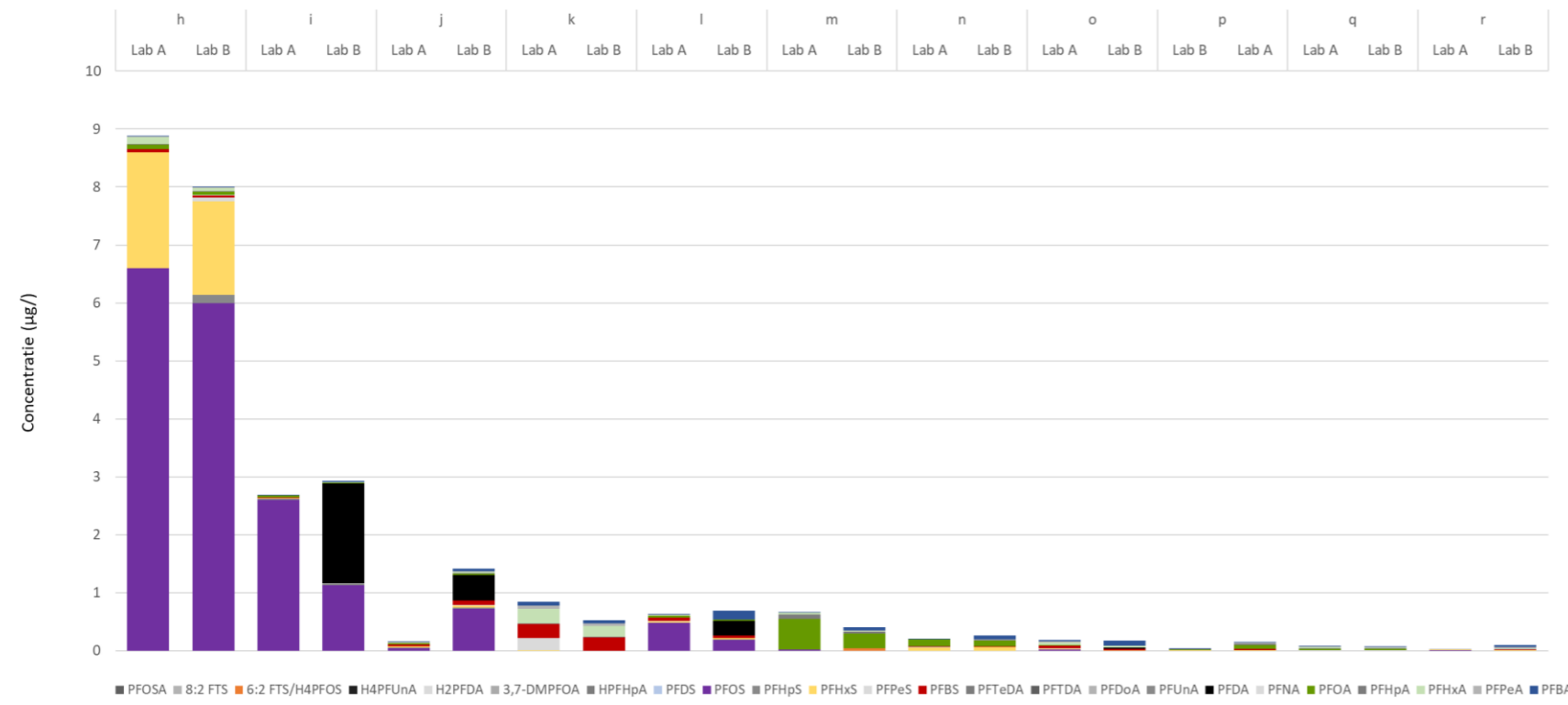
Hierbij moet worden opgemerkt dat er stratificatie binnen monsterpotjes op kan treden, en dat de monsters voor de TOP analyses vaak pas na meerdere weken werd ingezet omdat eerst op de resultaten van de reguliere analyses werd gewacht. Daarnaast zijn per analyse meerdere flessen bij de laboratoria aangeleverd, en zijn voor de analyses in de verschillende laboratoria niet dezelfde flessen gebruikt.



Vergelijking resultaten labs



Vergelijking resultaten labs



## 5 Conclusies

### Verschillen tussen type locaties

Verreweg de hoogste concentraties PFAS worden aangetroffen bij brandweeroefenlocaties. Het gaat daarbij zowel om oefenterreinen op (burgerluchtvaart en militaire) vliegvelden als oefenterreinen van de stedelijke brandweer.

De verhoudingen tussen de verschillende PFAS of de 'fingerprint' verschilt per type locaties:

Bij brandweeroefenlocaties en blusincidenten wordt vooral PFOS en PFHxS aangetroffen. Bij nieuwe oefenlocaties kan er ook 6:2 FTS in hoge concentraties aanwezig zijn. In nieuwere schuimen kunnen fluorverbindingen aanwezig zijn, die niet in het standaard PFAS pakket aanwezig zijn. Deze stoffen zijn waarschijnlijk wel aan te tonen met een TOP analyse. Bij onderzoek naar brandweeroefenlocaties of bij grote recentere blusincidenten is het daarom aan te raden om ook TOP analyses te laten uitvoeren.

Bij de industriële locaties is er verschil in fingerprint tussen de verschillende locaties. De hoogste concentraties zijn aangetroffen bij een bedrijf dat vaten schoonmaakt. De PFAS fingerprint wordt gedomineerd door PFOS en PFHxS.

In het grondwater rond bedrijven uit de metaalindustrie (voornamelijk bedrijven die verchromen) zijn lage concentraties PFAS aangetroffen, voornamelijk PFOS, maar ook PFHxS en PFBS.

Bij het onderzoek naar luchtdepositie van PFOA wordt de PFAS concentratie duidelijk gedomineerd door PFOA. De bijdrage van PFOA is in dit onderzoek 97%. De andere PFAS worden op die locatie in slechts lage gehalten aangetroffen.

In het monster bij de waterzuivering is vooral PFBA en PFOA aangetroffen, maar in lage concentraties. Dit signaal is vergelijkbaar met de fingerprint die in stedelijk gebied wordt gevonden. Het is mogelijk dat de gehalten die bij de waterzuiveringsinstallatie zijn aangetroffen veroorzaakt zijn door de 'achtergrondwaarde' van het stedelijk gebied.

Bij de stortlocaties is voornamelijk PFOA aangetroffen, alle stortlocaties liggen in en rond de Drechtsteden. Deze concentraties kunnen dus worden veroorzaakt door zowel luchtdepositie met PFOA of door PFOA houdend afval. Stortlocaties buiten de Drechtsteden zijn niet onderzocht, er kunnen dus geen conclusies getrokken worden over de aanwezigheid van PFAS rondom stortlocaties in het algemeen.

### Alle PFAS

- In 174 van de 182 peilbuizen zijn 1 of meerdere PFAS aangetroffen, gemiddeld zijn er per peilbuis circa 7 PFAS aangetroffen boven de detectielimiet. Het vaakst worden aangetroffen: PFOA (in 83 % van de geanalyseerde monsters), PFBA (70 %), PFOS (69 %), PFHxA (67 %), PFHpA (66 %), PFBS (64 %), PFHxS (63 %), PFPeA (53 %), PFPeS (44 %), PFHpS (34 %).
- PFOS wordt met de hoogste gemiddeld concentratie aangetroffen (32 µg/l). Ook de gemiddelde concentraties van PFHxS (6,6 µg/l), 6:2 FTS (4,1 µg/l) en PFOA (1,1 µg/l) zijn hoog.
- De hoogst aangetroffen concentratie is PFOS (2.800 µg/l). Verder zijn ook PFHxS (560 µg/l), 6:2 FTS (410 µg/l), PFPeA (58 µg/l), PFHxA (32 µg/l), PFHpS (32 µg/l), PFPeS (27 µg/l), PFOA (20 µg/l) en PFBA (11 µg/l) aangetroffen in verhoogde concentraties.
- Alleen van PFOS en PFOA zijn bovengrenzen bekend op het niveau van de interventiewaarde. In 14% van de peilbuizen wordt de bovengrens van PFOS overschreden en 26% van de peilbuizen wordt de bovengrens van PFOA overschreden.
- HFPO-DA (FRD-902+FRD903, GenX) is in grondwater aangetroffen met een maximale concentratie van 0,66 µg/l.



- Uit de omrekening naar PFOA equivalenten blijkt dat de hoogste PFAS concentraties voor PFBA, PFPeA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFPeS, PFHxS, PFHpS, PFOS en PFDS, in ieder geval op de betreffende locaties, humane risico's kunnen veroorzaken. Gemiddeld veroorzaken PFOA, en de C6-C8 perfluorosulfonzuren (PFHxS, PFHpS en PFOS) mogelijk humane risico's, waarbij opvalt dat PFOS met afstand de meest kritische parameter is, gevolgd door PFHxS.

## PFOS

- In 126 van de 182 bemonsterde peilbuizen is PFOS boven de detectielimiet aangetoond, dat is in ongeveer 70% van de metingen.
- De gemiddelde concentratie van PFOS is 32 µg/l. De mediaan is 0,01 µg/l.
- De hoogste PFOS concentratie (2.800 µg/l) is aangetroffen op een brandweeroefenlocatie.
- In 26 peilbuizen wordt de bovengrens voor PFOS in grondwater (4,7 µg/l, de toetsingswaarde op interventiewaardeniveau) overschreden. Deze overschrijdingen zijn voornamelijk gemeten bij brandweer oefenlocaties (23 keer), verder is PFOS aangetroffen in concentraties boven de bovengrens bij een bluslocatie (calamiteit) en in 2 peilbuizen bij een industriële locatie.
- Uit een ander deelonderzoek in het kader van het handelingskader komt naar voren dat de TDI voor PFOS mogelijk naar beneden moet worden bijgesteld. Indien wordt gecorrigeerd voor een lagere TDI (ordegrootte TDI van PFOA), komt de gemeten concentratie PFOS in 49 van de peilbuizen boven de aangepaste bovengrens.

## PFOA

- Het aantal overschrijdingen van de detectielimiet (in 151 van de 182 peilbuizen, 83%) ligt voor PFOA hoger dan voor PFOS.
- De bovengrens (toetsingswaarde op interventiewaardeniveau) is 0,39 µg/l en wordt overschreden in 48 peilbuizen. De hoogste concentratie die in het grondwater is aangetoond is 20 µg/l bij een stortlocatie.
- De gemiddelde concentratie PFOA is 1,1 µg/l, voor de waarden boven de detectielimiet.

Vaak wordt bij bodemonderzoeken alleen naar PFOS en PFOA gekeken, vandaar dat er gekeken is of een analyse op PFOS en PFOA kan dienen als indicator voor PFAS. In 13 van de 21 peilbuizen waar geen PFOS en geen PFOA boven de detectiegrens is aangetroffen zijn wel andere PFAS aangetroffen. Door enkel PFOS en PFOA te analyseren is het dus mogelijk dat er een verontreiniging met andere PFAS gemist wordt. Voor PFAS verdachte locaties wordt daarom aangeraden een breder PFAS pakket te analyseren (met minimaal PFOS, PFOA, PFBA, PFBS, PFHxS, 6:2 FTS, PFPeS, PFHpA, PFHxA en PFPeA). Dit zijn C4 tot C8 verbindingen.

## Aanwezigheid PFAS precursors

De totale hoeveelheid meetbare PFAS is door de TOP-analyse gemiddeld toegenomen met 24%. Niet op alle locaties was een toename te zien. Op de locaties waar wel een toename was te zien ontstaan er vooral PFBA, PFPeA en PFHxA. Er is in die monsters sprake van 'verborgen' massa aan PFAS. De grootste toename wordt geconstateerd op die locaties waar naar verwachting de meest recente blusschuimen zijn toegepast. Dit duidt op het gebruik van schuimen die precursors bevatten (fluorhoudende verbindingen, zoals bijvoorbeeld 6:2 FTS) die afbreken naar de persistente volledig gefluoreerde PFAS.



## Literatuurlijst

- Helsingør Statement. Scheringer M., X. Trier, I.T. Cousins, P. de Voogt, T. Fletcher, Z. Wang, et al. (2014). Helsingør Statement on poly- and perfluorinated alkyl substances (PFASs). *Chemosphere* 114:337–339.
- Lijzen, J., Wassenaar, P., Smit, E., Postuma, C., Brand, E., Swartjes, F., Verbruggen, E., Versteegh, A. (2017), Risicogrenzen PFOA voor grond en grondwater. Voorstellen voor generiek en gebiedsspecifiek beleid, RIVM Briefrapport 2017-0092, 21-4-2017.
- Madrid Statement. Blum, A., S.A. Balan, M. Scheringer, X. Trier, G. Goldenman, I.T. Cousins, M. Diamond, T. Fletcher, C. Higgins, A.E. Lindeman, G. Peaslee, P. de Voogt, Z. Wang, R. Weber (2015). The Madrid statement on poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs). *Environmental Health Perspectives*, Mei 2015, 123:5, A107-A111.
- Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden (2015). 394. Besluit van 15 oktober 2015 tot wijziging van het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009 en het Waterbesluit.
- Verbruggen, E.M.J., P.N.H. Wassenaar, C.E. Smit (2017). Water quality standards for PFOA. A proposal in accordance with the methodology of the Water Framework Directive. RIVM Letter report 2017-0044.
- Wintersen, A.M., J.P.A. Lijzen, R. van Herwijnen (2016). Milieukwaliteitswaarden voor PFOS: Uitwerking van generieke en gebiedsspecifieke waarden voor het gebied rond Schiphol. RIVM Briefrapport 2016-0001.



## Bijlage A Deelnemers projectgroep en klankbordgroep

Wij willen iedereen bedanken die heeft bijgedragen aan het opstellen van dit handelingskader en de onderliggende documenten. In het bijzonder danken wij:

### Opdrachtgevers

Gemeente Dordrecht

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

### Projectgroep

Gemeente Dordrecht: Rob Mank

RWS - WVW / Bodem+: Michiel Gadella

Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid: Frans van der Ham

Rijksvastgoedbedrijf: Rik Holleman

Expertisecentrum PFAS: Arne Alphenaar, Martijn van Houten, Hans Slenders

### Klankbordgroep

Deelnemers	Deelnemers
Gemeente Dordrecht	RWS - WVW / Bodem+
Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid	RIVM
DCMR	Rijksvastgoedbedrijf
Gemeente Amsterdam	Provincie Drenthe / RUD Drenthe
Gemeente Enschede	Provincie Groningen
Gemeente Haarlemmermeer	Provincie Noord-Holland
Gemeente Katwijk	Provincie Zuid-Holland
Gemeente Tilburg	Brandweer Nederland
Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied	Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij





## Geraadpleegde specialisten voor interviews en/of review van documenten

Naam	Naam
R.T.A. Hakkeling	A. Tuinenburg - Jansen
J.M. Gadella	W. Tromp
E.H.P. Brans	G. van der Feltz
A. Roeloffzen	H. Gerrits
A.H. Gaastra	L. Coonen
C. Denneman	M. Baneke
C. Overmars	R. Eijsink
M. Blondelle - Zuidema	S. Beerkens
R. Mank	M.C. Schouwstra

## Illustraties

Albert Kingma en Wikke Alphenaar

Bronnen gebruikt voor illustraties: Design by vectorpocket: Freepik - Buizen, Businessmen, Firemen / Design by Labitorium: Freepik - Construction signs / Design by Olga\_spb: Freepik - Warning signes / Design by Macrovector: Freepik - Technische bouwplaats, testopstelling / Freepik - Gears, People, Digging machine, Puzzlepieces, Trees.



## Expertisecentrum PFAS

Het Expertisecentrum PFAS is een initiatief van Arcadis, TTE Consultants en Witteveen+Bos. De samenwerking is in 2012 opgezet omdat deze bureaus signaleerden dat PFAS-stoffen zoals PFOA en PFOS meer aandacht verdienen vanwege het effect op het bodem- en watersysteem. Tot deze stofgroep behoren meer dan zesduizend individuele stoffen. Volgens wetenschappelijke inzichten zijn deze stoffen persistent, bioaccumulatief en toxisch en hebben ze schadelijke effecten op de mens.

Het Expertisecentrum PFAS is opgericht om kennis en informatie over deze stoffen te delen. Hierbij gaat het om technische kennis (hoe te onderzoeken, welke veldwerk en analyse methoden gebruiken, etc.), toxicologische kennis, beleidsmatige kennis en kennis over potentiële saneringstechnieken of andere oplossingen. Daarnaast ontwikkelt het Expertisecentrum PFAS samen met haar deelnemers nieuwe kennis en draagt ze bij aan het delen van deze kennis. Dat gebeurt via deze website, het organiseren van symposia of het rapporteren van projectresultaten



## Bijlage B PFAS bemonsteringsprotocol

**NB. De kennis op het gebied van PFAS is in ontwikkeling. Het kan niet worden uitgesloten dat wijzigingen in dit protocol op zullen treden.**

<b>Bemonsteringsprotocol PFAS (versie 1.2 02-10-2017)</b>			
<b>Bemonsteringsmateriaal</b>			
<b>Niet gebruiken:</b>	<b>Waarom:</b>	<b>Wel gebruiken:</b>	<b>Bron:</b>
Teflon, Viton (bemonsteringsmateriaal, inlages in doppen, tape, spray etc.)	PFAS gebruikt bij productie	HDPE, PP (polypropyleen) voor bemonsteringspotten / flessen. Geen teflon inlage in dop!	1, 3
Teflon, Viton (bijvoorbeeld bailers)	PFAS gebruikt bij productie	Siliconenslang of LDPE slang voor bemonstering (geen LDPE of siliconen gebruiken voor bemonsteringsmateriaal, PFAS dringen er in door)	2, 3
Glas	PFAS hecht zich aan glas	HDPE, PP voor bemonsteringspotten / flessen	2, 3
Potten / flessen	Enkele PFAS kunnen omgezet worden onder invloed van licht	Donkere bemonsteringspotten / flessen van HDPE of PP	3
Reinigingsvloeistoffen gebaseerd op PFAS (bijvoorbeeld Decon 90)	Kan PFAS bevatten	Reinigen met water	1, 2
<b>Algemeen</b>			
<b>Verboden/voorzichtig zijn met:</b>	<b>Waarom:</b>	<b>Alternatief:</b>	<b>Bron:</b>
Vervluchtiging tijdens bemonstering	Enkele PFAS zijn vluchtig	Vervluchtiging voorkomen (geen steekbus nodig)	3
Nieuwe kleding	Kleding is veelal waterafstotend gemaakt met PFAS houdende middelen (Schotchgard)	Kleding minimaal 6 x wassen, liever geen wasverzachter gebruiken.	1, 2
Kleding/schoenen met Gore-Tex, Tyvek	Kan PFAS bevatten	Vermijd bemonsteren in de regen Gebruik LDPE, PVC kleding waar mogelijk	1, 2
Fastfood verpakkingspapier	Kan PFAS bevatten	Broodtrommel of plastic zakjes	1, 2
Post its	Kan PFAS bevatten	Standaard papier	1, 2
Waterproof papier of ander materiaal	Kan PFAS bevatten	Standaard papier of ander materiaal	1, 2
Chemische of gel ice packs	Kan PFAS bevatten	IJs in plastic zakken (dubbel verpakken) of icepacks verpakken in plastic zakken (dubbel verpakken)	1, 2
Zonnebrandcrème, muggenspray, handcrème, cosmetica	Kan PFAS bevatten	Cosmetica op (volledige) natuurlijke basis Contact met monsternormaal voorkomen Handschoenen dragen	2, 3



## Bronnen

1. Interim Guideline on the Assessment and Management of PFAS, February 2016, Government of Western Australia, Department of Environment Regulation.
2. Appendix E - Prohibited items for sampling. Final Quality Project Plan - PFC Release Determination at Multiple BRAC Bases. July 2014.
3. Environmental fate and effects of poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS). Concawe report no. 8/16, June 2016.