



RWS INFORMATIE

Bronnen van PFAS voor het Nederlandse oppervlaktewater

Onderzoek uitgevoerd in opdracht van IenW DGWB voor de Werkgroep Aanpak Opkomende Stoffen

Datum 14 juli 2020

Status DEFINITIEF

Colofon

Uitgegeven door	Water, Verkeer en Leefomgeving (WVL) Veiligheid en Water Waterkwaliteit en Natuurbeheer
Auteur	dr. A.C.H. Jans, drs. R.P.M. Berbee
Informatie	Helpdesk Water
Telefoon	088-7977102 (werkdagen van 9.00-12.00 uur)
Contact	https://www.helpdeskwater.nl/stel-vraag/
Datum	14 juli 2020
Status	DEFINITIEF

Samenvatting

PFAS is een groep van antropogene chemische stoffen, die zeer slecht afbreekbaar, mobiel in water, bio-accumulerend en in sommige gevallen toxisch zijn. Er zijn veel zorgen over deze stoffen en over de verspreiding richting het milieu is nog veel onbekend. Dit onderzoek richt zich op mogelijke (diffuse) bronnen en routes van PFAS richting het Nederlandse oppervlaktewater. Inzicht in de bronnen kan worden gebruikt om de verspreiding van PFAS richting het milieu te beïnvloeden.

Dit onderzoek is uitgevoerd door steekproefsgewijs het afvalwater van geselecteerde bedrijven uit verschillende branches te analyseren op PFAS. Ook zijn indicatieve jaarvrachten berekend.

Uit de metingen blijkt dat in een aantal branches PFAS in het effluent is aangetroffen. Deze bedrijven zijn weergegeven in de onderstaande tabel. Voor bedrijven in de papierindustrie, rwzi's en awzi's, stortplaatsen voor bagger en grond en verwerkers van bouw-, sloop- en bedrijfsafval is het relevant om nader te onderzoeken of er structureel PFAS vrijkomt, hoe dat komt en hoe het mogelijk te beperken is.

Branche	Bron / route voor oppervlaktewater?	Opmerking
Afvalbranche		
Verwerkers van bouw-, sloop- en bedrijfsafval	Ja	
Afvalwaterverwerking		
Rwzi's	Ja	Verhoogde vrachten ^a
Awzi's	Ja	Verhoogde vrachten ^a
Concentraat van omgekeerde osmose	Mogelijk	
Blusschuim		
Schuimvormend middel	Ja	
Grondverwerking, -verzet en -stort		
Stortplaatsen	Ja	Verhoogde vrachten ^a
Industriële toepassingen		
Kunstvezelproductie	Mogelijk	
Papierindustrie	Ja	Verhoogde vrachten ^a
Schoonmaak- en onderhoudsmiddelen		
Productie van wasmiddelen en oppervlakte-actieve stoffen	Mogelijk	De NVZ geeft aan dat er bij hun leden geen PFAS wordt toegevoegd aan was- en reinigingsmiddelen.
Textiel		
Productie van waterafstotend textiel	Mogelijk	
Overig		
Tankcleaning	Mogelijk	Afhankelijk van de hoeveelheid PFAS in het behandelde afvalwater.

^a Berekende vrachten zijn indicatief door het beperkte aantal metingen.

De aanbevelingen voor opvolging van dit rapport zijn divers, maar zijn in hoofdlijnen als volgt:

- Voor sommige sectoren wordt aanbevolen om de oorzaken van PFAS-emissies nader te onderzoeken. Dit geldt bijvoorbeeld voor de papierindustrie.
- In een aantal gevallen wordt aanbevolen om te beoordelen of aanvullende zuivering nodig is. Dit geldt bijvoorbeeld voor stortplaatsen van bagger en grond.
- Voor een aantal branches is op basis van dit onderzoek nog niet te zeggen of ze een relevante bron of route van PFAS richting het oppervlaktewater zijn. Aanvullend bronnenonderzoek kan dan meer duidelijkheid geven.

Summary

PFAS is a group of man-made chemicals that are mobile in water, not readily biodegradable, bio-accumulating and have, in some cases, toxic effects. For these reasons, PFAS is a source of concern. A lot is unknown about the sources of PFAS and their spreading into the environment. This research focusses on the possible (diffuse) emissions and routes of PFAS into Dutch surface waters. Insight into these emissions can be used to limit the spreading of PFAS into the environment.

This research was performed by the analysis of PFAS in single wastewater samples of selected companies in several industries. In addition, indicative annual emissions were calculated.

The results show that PFAS was found in the wastewater of a number of industries, which are shown in the table below. For the pulp and paper industry, sewage treatment plants, industrial wastewater treatment plants, landfills and construction and demolition waste management further research might elucidate whether PFAS is released on a structural basis, how this is caused and how this can be limited.

Type of industry	Source for surface water?	Comment
Waste industry		
Construction and demolition waste management	Yes	
Wastewater treatment		
Sewage treatment plants	Yes	Elevated emissions ^a
Industrial wastewater treatment plants	Yes	Elevated emissions ^a
Reverse osmosis concentrate	Possibly	
Firefighting foam		
AFFF (aqueous film forming foam)	Yes	
Earthworks and landfills		
Landfills	Yes	Elevated emissions ^a
Industrial uses		
Production of synthetic fibers	Possibly	
Pulp and paper industry	Yes	Elevated emissions ^a
Cleaning agents and maintenance products		
Production of detergents and surfactants	Possibly	The NVZ (the Dutch association for detergents, maintenance products and disinfectants) states that their members do not add PFAS to cleaning agents.
Textile		
Production of water repellent textiles	Possibly	
Miscellaneous		
Tank cleaning	Possibly	Dependent on the PFAS load in the wastewater that was treated.

^a Calculated emissions are indicative only due to a limited number of measurements.

The recommendations for follow-up research are diverse, but can be summarized as follows:

- For some industries it is recommended to investigate the causes of the PFAS emission. This is for example the case for the pulp and paper industry.
- In some cases, it is recommended to look at additional treatment of PFAS, for example for the wastewater of landfills.
- This research does not provide a clear conclusion whether PFAS emissions are relevant for all industries. In these pending cases, additional research into the sources of PFAS is necessary to obtain more insight.

Inhoud

	Samenvatting	3
	Summary	5
1	Inleiding	8
1.1	Stofeigenschappen van PFAS	8
1.2	Probleemstoffen	8
2	Doel en opzet van het onderzoek	9
2.1	Doel van het onderzoek	9
2.2	Opzet en uitvoering van het onderzoek	9
2.3	Analyse en stoffenpakket	9
2.4	Relatie tot andere bronnenonderzoeken	10
3	Resultaten literatuuronderzoek	11
3.1	Routes richting het milieu	11
3.2	Branches	11
3.3	Onderzochte branches en toepassingen	13
4	Resultaten & discussie	16
4.1	Afvalbranche	16
4.2	Afvalwaterverwerking	17
4.3	Blusschuim	19
4.4	Grondverwerking, -verzet en -stort	20
4.5	Industriële toepassingen	20
4.6	Schoonmaak- en onderhoudsmiddelen	23
4.7	Textiel	24
4.8	Voedselgerelateerde producten	24
4.9	Overig	25
4.10	AOF-analyses	26
5	Conclusies	27
5.1	Branches	27
5.2	Typen PFAS en AOF-analyse	29
6	Aanbevelingen	30
7	Lijst van afkortingen	31
	Bibliografie	33
	Bijlage 1. Analyse en stoffenpakketten	37
	Bijlage 2. Vrachtberekeningen	41
	Bijlage 3. Resultaten AOF-analyses	47

1 Inleiding

1.1 Stofeigenschappen van PFAS

Per- en polyfluoralkylstoffen, afgekort tot PFAS, zijn een groep van antropogene, chemische stoffen met bijzondere eigenschappen. Hun gefluoreerde koolstofstaart is zowel water- als vetafstotend. Door de sterke koolstof-fluorbindingen zijn PFAS-moleculen erg stabiel, waardoor ze bestand zijn tegen bijvoorbeeld zuren en hitte [1]. Sinds de jaren 40 van de vorige eeuw worden deze gunstige eigenschappen gebruikt om onder andere textiel waterafstotend te maken, pannen een anti-aanbaklaag te geven en branden goed te kunnen blussen.

Er bestaan veel verschillende PFAS-verbindingen. Door de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OECD) zijn meer dan 4700 PFAS-verbindingen geregistreerd [2] en mogelijk groeit dit aantal. Grofweg zijn deze stoffen te verdelen in (I) polymeren en (II) niet-polymeren. Onder polymeren vallen fluorpolymeren (bijvoorbeeld polytetrafluorethyleen, ook wel Teflon™), perfluorpolyethers en polymeren met gefluoreerde zijketens. Deze stoffen lossen niet op in water. Ze zijn te groot om in cellen te worden opgenomen en hebben daardoor geen biologische effecten [3]. Via slijtage en afbraak van de polymeren kunnen er echter niet-polymeren vrijkomen. Dit kan ook gebeuren doordat niet-polymeren als hulpstof worden gebruikt om (fluor)polymeren te maken [4].

De niet-polymeren zijn vaak oppervlakte-actieve stoffen die wel goed oplosbaar zijn in water en ook in cellen kunnen worden opgenomen [4].

1.2 Probleemstoffen

Wereldwijd leven er veel zorgen over PFAS, met name om de niet-polymeren. Deze moleculen zijn erg stabiel en dat maakt ze zeer slecht afbreekbaar. Ook zijn PFAS bioaccumulerend. Daarnaast zijn de stoffen erg mobiel en worden ze over de gehele wereld aangetroffen in water, bodem en biota. Voor veel van de PFAS-verbindingen zijn er aanwijzingen dat ze giftig zijn en een aantal PFAS zijn aangemerkt als (potentieel) Zeer Zorgwekkende Stof¹ ((p)ZZS).

Ook in Nederland staat PFAS volop in de aandacht. Door het proces GenX bij het bedrijf Chemours en incidenten met de stoffen PFOS en PFOA is er in toenemende mate maatschappelijke en beleidsmatige aandacht voor de stofgroep. Inmiddels wordt een aantal van de fluorhoudende stoffen in praktisch alle oppervlaktewateren gevonden en eind 2019 zorgde PFAS voor problemen omtrent PFAS-houdende grond en baggerspecie. Om deze redenen zet Nederland in op een restrictie voor alle stoffen uit de PFAS-groep op Europees niveau [5].

Hoewel er veel zorgen bestaan over PFAS in het milieu, is er over de bronnen van PFAS nog veel onduidelijk. Vanzelfsprekend kunnen deze fluorhoudende stoffen vrijkomen bij producenten van PFAS, maar er is slechts beperkt inzicht waar en waarvoor ze toegepast worden en dus kunnen vrijkomen in het milieu en oppervlaktewater. Inzicht in deze bronnen en routes van PFAS is van essentieel belang om de verspreiding van PFAS richting het milieu te kunnen beperken.

¹ ZZS: PFBS, HFPO-DA ("GenX"), PFHxS, PFOA, PFOS, PFOSA, N-MeFOSAA, EtFOSAA, PFNA, PFDA, PFUnA, PFDoA, PFTDA, PFTeDA.
pZZS: PFHpA.

2 Doel en opzet van het onderzoek

Dit onderzoek is uitgevoerd door Rijkswaterstaat WVL (Water, Verkeer en Leefomgeving) in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Directoraat-generaal Water en Bodem (IenW/DGWB), in het kader van de werkgroep Aanpak Opkomende Stoffen. Er is samengewerkt met het laboratorium van RWS/CIV (Centrale Informatievoorziening), de RWS regionale organisatieonderdelen en Waterschap Vechtstromen. Bedrijven hebben constructief meegewerkt aan dit onderzoek.

2.1 Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in mogelijke (diffuse) bronnen en routes van PFAS voor het oppervlaktewater in Nederland. Dit is onderzocht door afvalwater van geselecteerde bedrijven te analyseren op PFAS. Dit rapport gaat niet in op risico's en normoverschrijdingen van PFAS.

2.2 Opzet en uitvoering van het onderzoek

Met een literatuuronderzoek is in kaart gebracht welke branches mogelijk PFAS gebruiken. Bij een aantal bedrijven uit deze relevante branches zijn afvalwatermonsters genomen. Deze bedrijven zijn geselecteerd op basis van *expert judgement* van RWS/WVL en handhavers enerzijds, en de mogelijkheid tot het uitvoeren van een bemonstering anderzijds. Onder deze bedrijven bevinden zich zowel directe als indirecte lozers. Waar mogelijk zijn er verzamelmonsters genomen over 24 uur, in de andere gevallen is een steekmonster genomen. Er is getracht om representatieve monsters te kiezen, maar het betreft hier steekproeven op basis waarvan een beeld gevormd wordt van lozingen met PFAS.

Naast afvalwatermonsters zijn enkele andere monsters in dit onderzoek meegenomen vanwege hun maatschappelijke relevantie, waaronder bijvoorbeeld anti-aanbakpannen. In het oorspronkelijke plan van aanpak is daarnaast voorgesteld om een aantal (consumenten)producten te laten analyseren op PFAS. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan textielsprays en reinigingsmiddelen. Het is gebleken dat laboratoria grote problemen hebben bij het analyseren van dergelijke geconcentreerde monsters en deze daarom niet aannemen. Om deze reden is er geen analyse gedaan van (consumenten)producten die mogelijk PFAS bevatten.

2.3 Analyse en stoffenpakket

De afvalwatermonsters in dit onderzoek zijn met een doelstofanalyse geanalyseerd op een aantal PFAS-verbindingen. Deze analyses zijn uitgevoerd door Wageningen Food and Safety Research (WFSR) volgens de gevalideerde methode SOP-A-1114. Het gebruikte stoffenpakket² en de bijbehorende rapportagegrenzen (rg) zijn weergegeven in Bijlage 1.

In dit onderzoek zijn ook enkele droge-stofmonsters genomen. Deze zijn geanalyseerd door Eurofins Omegam. Ook voor deze analyses zijn het stoffenpakket en de kwantificatielimieten te vinden in Bijlage 1.

² De PFAS-verbindingen 6:2 FTS en EtFOSAA zijn geen onderdeel van het hier toegepaste stoffenpakket. Omdat deze stoffen wel in verhoogde concentraties worden gevonden in Nederlandse waterbodems [55], is gevraagd of WFSR methodes voor deze PFAS-componenten kon ontwikkelen. De methodes konden echter niet op tijd ontwikkeld worden.

Het nadeel van een doelstofanalyse is dat er slechts inzicht ontstaat in een heel beperkt aantal van de duizenden PFAS-verbindingen die bekend zijn. Er wordt echter aangenomen dat PFAS-componenten nooit alleen komen, maar altijd als mengsel van verschillende verbindingen. De stoffen PFOS, PFOA en PFHxS kunnen worden gezien als indicatoren van de aanwezigheid van een grote verscheidenheid aan PFAS-verbindingen [6]. Op deze manier geeft een doelstofanalyse dus toch inzicht in de mate van vervuiling door PFAS. Om een beeld te krijgen van de fluorhoudende stoffen buiten de doelstofanalyse zijn een aantal monsters ook geanalyseerd op adsorbeerbaar organisch gebonden fluor (AOF) door het Technologiecentrum Water (TZW). Een AOF-analyse is een totaalfluormethode, die de hoeveelheid fluor in organische verbindingen, waaronder PFAS, analyseert.

2.4 Relatie tot andere bronnenonderzoeken

Omdat de stofgroep PFAS bijzonder in de belangstelling staat, worden er alleen al in Nederland verschillende onderzoeken uitgevoerd naar de bronnen van deze stoffen. Ieder van deze onderzoeken heeft een ander doel en een verschillende invalshoek.

Middels een gezamenlijke klankbordgroep van het ministerie van IenW is gezorgd dat een aantal onderzoeken nauw op elkaar aansluiten. Naast dit onderzoek zijn bij de klankbordgroep de volgende onderzoeken naar PFAS in Nederland betrokken:

1. In opdracht van IenW/DGMI (Directoraat-generaal Milieu en Internationaal) voert Arcadis een onderzoek uit naar PFAS in producten en afvalstromen in Nederland [7].
2. KWR Water Research Institute werkt aan de ontwikkeling van suspect- en non-target screening-methoden om PFAS op kwetsbare locaties in Nederland in kaart te brengen [8].
3. De Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) doet onderzoek naar blootstelling aan PFAS via voedselcontactmaterialen.
4. In opdracht van IenW/DGWB (Directoraat-Generaal Water en Bodem) onderzoekt het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) PFAS in de bodem.
5. Vanuit IenW/DGWB wordt een onderzoek uitgevoerd naar PFAS in bouwstoffen.
6. In opdracht van IenW is door Deltares en het RIVM een onderzoek uitgevoerd naar de uitloging van PFAS en bagger onder veldomstandigheden.
7. In opdracht van de STOWA (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer) wordt een onderzoek opgezet naar PFAS in influent, effluent en zuiveringslib van rioolwaterzuiveringsinstallaties.

3 Resultaten literatuuronderzoek

Sinds het begin van deze eeuw is er door verschillende wetenschappelijke instanties en instituten onderzoek gedaan naar het gebruik en de aanwezigheid van PFAS in huishoudelijke en industriële producten en processen en het terechtkomen in het (waterig) milieu. Het gebruik van PFAS-verbindingen is wijdverspreid door hun unieke eigenschappen.

3.1 Routes richting het milieu

PFAS-verbindingen kunnen op een aantal manieren vrijkomen [9]:

- 1) uit producten en processen waarin PFAS wordt toegepast;
- 2) uit producten en processen met fluoropolymeren die PFAS bevatten als hulpstof of onzuiverheden;
- 3) door slijtage en het afbreken van polymeren die (gedeeltelijk) gefluoreerd zijn.

De stoffen kunnen in het milieu terechtkomen via afvalwater van productielocaties en downstreamgebruikers, via direct gebruik in het milieu en via uitwas uit producten. Ook kunnen PFAS-verbindingen vrijkomen in het milieu ná gebruik van PFAS-houdende producten, bijvoorbeeld via rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) en/of bij de afvalverwerking [9].

3.2 Branches

Op basis van de bestaande kennis zijn er een aantal categorieën aangewezen waarbij mogelijk PFAS vrijkomt richting het oppervlaktewater. In dit overzicht zijn productie van PFAS en fluoropolymeren niet meegenomen, maar juist de branches waar het gebruik en/of vrijkomen van PFAS nog niet goed in kaart gebracht is. Rapportages naar het vrijkomen van PFAS op een Nederlandse productielocatie van fluoropolymeren in Dordrecht zijn openbaar beschikbaar [10]. Andere PFAS-productielocaties zijn in het buitenland gesitueerd [11].

3.2.1 Afvalbranche

Bij afvalverwerkers komt een zeer gevarieerd mengsel aan afval binnen. Dit afval bevat mogelijk PFAS-houdende producten, die vrij kunnen komen bij de afvalverwerking. De afvalbranche is daarmee zelf geen bron van PFAS in de zin dat hier PFAS gebruikt of gemaakt worden, maar de stoffen kunnen hier mogelijk wel vrijkomen richting het milieu.

3.2.2 Afvalwaterverwerking

Rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) en biologische industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties (awzi's) verwerken rioolwater en industrieel afvalwater dat mogelijk PFAS bevat. Over de verwijdering van PFAS in waterzuiveringsinstallaties is nog veel onbekend. Volgens gegevens uit de Watson-database wordt PFAS zowel in het influent als in het effluent van rwzi's gevonden [12]. PFAS uit de afvalwaterstromen kunnen via deze routes in het oppervlaktewater terechtkomen. Net als voor de afvalverwerkers geldt dat deze waterzuiveringen geen bron zijn, in de zin dat ze zelf PFAS gebruiken. PFAS in het effluent wordt waarschijnlijk veroorzaakt door lozingen op de riolering.

3.2.3 Blusschuim

Blusschuim is een bekende significante bron van PFAS in het milieu [13] [14] [15] [16]. In het verleden bevatte blusschuim vaak PFOS; tegenwoordig is dit veelal

vervangen door de stof 6:2 fluortelomeersulfonaat (6:2 FTS) [1]. Het gros van het blusschuim wordt gebruikt voor blusoefeningen. Voor deze trainingsdoeleinden dient tegenwoordig fluorvrij schuim gebruikt te worden [17]. Brandweer Nederland onderzoekt of ook de schuimen voor calamiteiten fluorvrij gemaakt kunnen worden [18].

3.2.4 *Grondverwerking, -verzet en -stort*

Bij het verwerken, verzetten en storten van grond die vervuild is met PFAS, kan ook PFAS vrijkomen. Deze stoffen kunnen mogelijk uiteindelijk via het ingezamelde percolerend regenwater in het oppervlaktewater terecht komen.

3.2.5 *Industriële toepassingen*

Er zijn verschillende industriële toepassingen van PFAS bekend. Zo wordt in de betonindustrie PFAS genoemd als mogelijk bestanddeel van bekistingsolie [19]. Deze olie kan vervolgens via het spoelwater in het afvalwater terecht komen. Daarnaast kan PFAS volgens de website van Chemours gebruikt worden in middelen om steen en beton vlekbestendig en water- en vetafstotend te maken [20].

In de kunstvezelproductie wordt PFAS mogelijk gebruikt in het extrusieproces, waarbij de kunststof door een matrijs wordt geperst [21]. Afhankelijk van de toepassing kunnen ook de kunstvezels zelf met PFAS behandeld worden.

In de metaalindustrie wordt PFAS om veiligheidsredenen gebruikt bij het proces *metal plating* (verchromen, anodiseren en beitsen). PFAS verlaagt de oppervlaktenspanning van het water, waardoor de mist met bijvoorbeeld chroom(VI) niet vrijkomt in de lucht [9] [13] [14] [22].

In de papierindustrie kan PFAS worden gebruikt in voedselcontactmaterialen (zie ook sectie 3.2.8), zoals pizzadozen en wegwerpbordjes, of speciale papierproducten, zoals *glossy* papier [22] [23] [24]. De fluorhoudende stoffen kunnen vrijkomen bij de productie van deze papieren artikelen, maar ook bij de oud-papierverwerking.

PFAS-polymeren kunnen ook worden toegepast in elektronica, bijvoorbeeld ten behoeve van isolatie, brandvertraging en soldering [9] [25]. Tot slot worden kleine hoeveelheden PFAS gebruikt in de fotografische industrie, fotolithografie en bij het maken van halfgeleiders [26].

3.2.6 *Schoonmaak- en onderhoudsmiddelen*

PFAS-verbindingen kunnen gebruikt worden in schoonmaak- en onderhoudsmiddelen voor zowel huishoudelijk als industrieel gebruik [27] [28] [29]. Ook op de website van Chemours wordt aangegeven dat PFAS wordt gebruikt in professionele schoonmaakmiddelen, *polishes* en waxen [30]. Zo kunnen perfluorverbindingen bijvoorbeeld gebruikt worden in *polishes* voor auto's en vloeren [29].

De Nederlandse Vereniging van Zeepfabrikanten (NVZ) zegt hier desgevraagd over dat aan was- en reinigingsmiddelen geen gefluoreerde alkylverbindingen worden toegevoegd. Zij verklaren dat indien er toch PFAS-componenten gevonden worden, dit waarschijnlijk komt door vervuiling van de gebruikte grondstoffen [31].

De NVZ geeft aan dat aan onderhoudsmiddelen, zoals impregneringsmiddelen en vloerwaxen geen PFAS-verbindingen met lange koolstofketens (C8 of langer) worden toegevoegd. Polymeren met korte gefluoreerde zijketens worden soms in zeer lage concentraties in deze onderhoudsmiddelen toegepast. Deze stoffen kunnen mogelijk afbreken tot PFHxS en PFHxA, maar het is onbekend in welke mate dit gebeurt. Exacte

hoeveelheden zijn niet bekend en leveranciers van deze producten zijn terughoudend in de informatievoorziening hierover [31].

3.2.7 *Textiel*

Textiel kan PFAS-verbindingen bevatten die het materiaal water- en vuilafstotend maken [27] [28] [29] [32]. Bekende voorbeelden zijn de sprays en wasmiddelen die gebruikt kunnen worden voor schoenen en kleding. Er zijn ook aanwijzingen dat PFAS-verbindingen worden gebruikt bij stomerijen [22]. Ook speciale waterdichte kleding van de meeste merken bevat PFAS-polymeren [28] [33] [34].

In tapijten kan PFAS worden gebruikt om het materiaal vuilafstotend te maken, zowel bij de productie als bij de reiniging [24] [25] [28] [35]. Dat betekent dat de stoffen ook vrij kunnen komen bij tapijtfabrieken en -verwerkers.

Tot slot wordt PFAS toegepast in auto-interieurs om de bekleding vuilafstotend te maken [35]. Het is te verwachten dat deze stoffen vrij kunnen komen bij bijvoorbeeld autosloperijen.

3.2.8 *Voedselgerelateerde producten*

Veel anti-aanbakpannen bevatten een laag van fluorpolymeren die wordt gemaakt met behulp van PFAS-hulpstoffen, die mogelijk vrij kunnen komen tijdens het gebruik [36] [37] [38]. Een risico richting het water kan ontstaan bij het afwassen van deze pannen. Ook siliconen bakvormen zijn genoemd als mogelijke bron van PFAS, maar de hoeveelheden zijn tot nu toe te klein om te meten [27]. Vetvrij papier voor voedselverpakkingsdoeleinden en bakpapier wordt gemaakt door het papier te behandelen met PFAS-polymeren [27] [28] [36] [39] [40] [41] [42] [43]. De productie van dit vetvrije papier vindt niet in Nederland plaats, maar het papier kan hier wel gebruikt worden om bijvoorbeeld *fast food* in te verpakken. De toegepaste PFAS-verbindingen zouden vrij kunnen komen bij de oud-papierverwerking en/of afvalverwerking.

3.3 **Onderzochte branches en toepassingen**

In Tabel 1 is een overzicht opgenomen van het aantal genomen monsters per branche in dit onderzoek.

Tabel 1. Overzicht van het aantal genomen monsters per branche.

^a: S staat voor steekmonster, V24H staat voor een verzamelmonster over 24 uur.

^b: D staat voor directe lozing, I staat voor indirecte lozing

^c: niet meegenomen in dit onderzoek wegens logistieke beperkingen.

^d: niet relevant geschat voor oppervlaktewater.

Branche	Aantal monsters	Type monster^{a,b}	Opmerking
Afvalbranche			
Afvalverwerkers	4	Afvalwater, S, D	2 afvalverwerkers van bouw-, sloop- en bedrijfsaval en grof huishoudelijk afval; 2 stromen van een afvalverbrandingsinstallatie voor huishoudelijk en restafval.
AVI-bodemas	4	Bodemas	Geen afvalwater, maar vastestofmonsters van de as van afvalverbrandingsinstallaties.

Branche	Aantal monsters	Type monster^{a,b}	Opmerking
Afvalwaterverwerking			
Rwzi's	4	Afvalwater, S/V24H	
Awzi's	3	Afvalwater, S/V24H, D+I	
Concentraat van omgekeerde osmose (OO)	1	Afvalwater, S, D	
Afvalwaterverwerkers	0	-	Naar het transport en de verwerking van PFAS-houdend afvalwater heeft de ILT in 2018 onderzoek gedaan [44].
Blusschuim			
Schuimvormend middel	1	Onverdund product	
Trainingslocaties	0 ^c	-	
Grondverwerking, -verzet en -stort			
Stortplaatsen	2	Afvalwater, V24H, D	Effluent uit de awzi
Bodemsanering	1	Afvalwater, S, D	
Groot-grondverzet	1	Afvalwater, S, D	
Industriële toepassingen			
Betonindustrie	6	Afvalwater, S, D	
Kunstvezelproductie	2	Afvalwater, S/V24H, I	
Metaalindustrie	7	Afvalwater, S/V24H, D	
Papierindustrie	4	Afvalwater, S/V24H, D+I	
Fotografische industrie	0 ^d	-	
Overig	2	Afvalwater, S, D+I	Kabelproducent, bandenproducent
Schoonmaak- en onderhoudsmiddelen			
Productie van wasmiddelen en oppervlakte-actieve stoffen	1	Afvalwater, S, I	
Productie van schoonmaakmiddelen	1	Afvalwater, V7D, I	
Carwash	1	Afvalwater, S, I	
Run-off van snelwegen	3	Run-off water	

Branche	Aantal monsters	Type monster^{a,b}	Opmerking
Textiel			
Waterafstotende kleding	0	-	Greenpeace heeft een onderzoek uitgevoerd naar PFAS in waterafstotende kleding [33].
Productie van waterafstotend textiel	1	Afvalwater, V48H, I	
Stomerijen	1	Afvalwater, S, I	
Tapijtindustrie	0 ^c	-	
Leerlooierijen	0 ^c	-	
Auto-interieurs	0 ^d	-	
Voedselgerelateerde toepassingen			
Anti-aanbakpannen	6	Extractie-water	
Siliconen bakvormen	0 ^d	-	
Bakpapier	0 ^d	-	
<i>Fast-food</i> verpakkingen	0 ^d	-	
Overig			
Actief-koolproducent	1	Afvalwater, S, D	
Tankcleaning	1	Afvalwater, V24H, I	
Regenwater	2	Regenwater	'blanco' meting

4 Resultaten & discussie

Hieronder volgt een overzicht van PFAS-analyseresultaten in afvalwater per onderzochte branche. De concentraties van de onderzochte stoffen zijn in ng/L weergegeven in tabellen. Om het geheel overzichtelijk te maken, is een kleurencodering gehanteerd, gebaseerd op de concentratie per stof:

kleurencodering: 0,1-10 ng/L 10-100 ng/L 100-1000 ng/L >1000 ng/L

De rapportagegrenzen van de geanalyseerde stoffen zijn gegeven in Bijlage 1. Bij monsters waarvoor andere rapportagegrenzen gelden dan in de bijlage, is dit aangegeven in de resultatentabel. Voor de analyses is gekozen voor een laboratorium met een zo laag mogelijke rapportagegrens.

Voor de meeste PFAS-verbindingen zijn geen oppervlaktewater- of lozingsnormen beschikbaar. Alleen PFOS, PFOA en HFPO-DA ("GenX") zijn oppervlaktewaternormen gesteld; deze zijn 0,65 ng/L, 48 ng/L en 118 ng/L, respectievelijk [45] [46] [47]. PFAS-concentraties in oppervlaktewater variëren in Nederland tussen verschillende locaties en per PFAS-component tussen 0 en enkele nanogrammen per liter, met een enkele uitschieter naar boven [48].

Voor de meeste bemonsterde bedrijven zijn ook indicatieve jaarvrachten berekend per gemeten PFAS-verbinding. Deze berekeningen zijn opgenomen in Bijlage 2. Er wordt in deze berekeningen van uitgegaan dat de PFAS-concentraties in het monster representatief zijn voor de lozingen over het gehele jaar. Dit hoeft niet het geval te zijn. Benadrukt moet worden dat deze berekende vrachten slechts indicatief zijn en mogelijk een overschatting. Deze waarden zijn dan ook alleen berekend voor vergelijkingsdoeleinden.

4.1 Afvalbranche

Bij vier afvalverwerkers is het afvalwater geanalyseerd op PFAS (Tabel 2). Afvalverwerkers 1 en 2 zijn verwerkers van bouw-, sloop- en bedrijfsafval en grof huishoudelijk afval. Afvalverwerkers 3 en 4 zijn de afvalstromen van de zure en basische nabehandeling van een afvalverbrandingsinstallatie (AVI) voor huishoudelijk en restafval. Deze stromen worden uiteindelijk direct geloosd.

Tabel 2. Analyseresultaten van effluenten van afvalverwerkers (ng/L). "<rg" geeft aan dat de waarde onder de rapportagegrens ligt.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUNA	PFDoA	PFTDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Bf_PFHxS	PFHpS	PFOS	Bf_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DONA
afvalverwerker 1	<rg	<rg	27,0	14,0	38,0	2,20	3,30	<rg	<rg	<rg	<rg	36,0	11,0	3,80	1,20	18,0	4,80	<rg	<rg	<rg
afvalverwerker 2	<rg	120	57,0	11,0	17,0	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	42,0	1,70	<rg	<rg	19,0	3,60	<rg	<rg	<rg
afvalverwerker 3	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	1,10	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
afvalverwerker 4	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg

Bij beide verwerkers van bouw-, sloop- en bedrijfsafval is PFAS aangetroffen in het effluent in concentraties van enkele tientallen nanogrammen per liter voor verschillende PFAS-componenten, met een enkele uitschieter van 120 ng/L voor PFPA bij afvalverwerker 2. Er werden met name PFAS-verbindingen met kortere koolstofketens gevonden (C4, C5, C6, C7 en C8). Omdat de debieten van deze twee bedrijven afhankelijk zijn van de hoeveelheid hemelwater, is een vrachtberekening hier niet mogelijk.

Bij de afvalverbrandingsinstallatie (afvalverwerker 3 en 4) is op een kleine hoeveelheid PFBS (1,10 ng/L) na geen PFAS aangetroffen.

Naast het effluent van een aantal afvalverwerkers, zijn ook vier monsters AVI-bodemas geanalyseerd (Tabel 3). Dit is het restproduct dat overblijft na verbranding en dit kan vervolgens bijvoorbeeld worden toegepast onder snelwegen als ophoog- of funderingsmateriaal. AVI-bodemas 1 betreft AVI-slakken die indertijd zijn gebruikt bij de aanleg van de N33 bij Appingedam; dit is een oud monster. De overige monsters zijn in het najaar van 2019 genomen bij drie actieve Nederlandse afvalverbrandingsinstallaties.

Tabel 3. Analyseresultaten AVI-bodemassen (µg/kg). "<rg" geeft aan dat de waarde onder de rapportagegrens ligt.

monster	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUdA	PFDoA	PFTfDA	PFTeDA	PFHxDA	PFODA	HPFHpA	8:2 FTUCA	H-PFUdA
AVI-bodemas 1	<rg	<rg	0,100	<rg	1,10	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
AVI-bodemas 2	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
AVI-bodemas 3	<rg	<rg	<rg	<rg	0,200	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
AVI-bodemas 4	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg

	L-PFBS	L-PFPeS	L-PFHxS	L-PFHpS	PFOS	L-PFDS	NC1-PFCA asFA	MeFBGAA	EFOSA	EFOSAA	4:2 FTS	6:2 FTS	8:2 FTS	10:2 FTS	HFPO-DA	ADONA	SCI-PF3ONS	8:2 diPAP
AVI-bodemas 1	<rg	<rg	<rg	<rg	1,80	<rg	<rg	<rg	<rg	1,20	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	0,100
AVI-bodemas 2	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
AVI-bodemas 3	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	0,600	0,300	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
AVI-bodemas 4	0,700	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	4,90	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg

Uit de meetresultaten blijkt dat de geanalyseerde bodemassen weinig tot geen PFAS bevatten. In AVI-bodemas 2 is geen PFAS aangetroffen; in de andere monsters zijn een aantal PFAS-componenten aangetroffen in gehalten tussen 0,100 en 4,90 µg/kg. De landelijke achtergrondwaarden zoals gepubliceerd in de aanpassing van het tijdelijk handelingskader PFAS zijn 0,8 µg/kg voor PFOA, 0,9 µg/kg voor PFOS en 0,8 µg/kg voor overige PFAS-verbindingen [49]. De gemeten gehalten liggen rond deze waarden, met uitzondering van het gehalte 6:2 FTS (4,90 µg/kg) in AVI-bodemas 4. Dit laatste is opmerkelijk, omdat 6:2 FTS de actieve component in blusschuim is.

Een mogelijke verklaring voor de lage concentraties PFAS in het effluent van de afvalverbrandingsinstallatie en de monsters bodemas is dat in deze installaties verbranding plaatsvindt. Om PFAS-verbindingen volledig te ontleden tot de gassen waterstoffluoride (HF) en koolstofdioxide (CO₂) is verhitting boven 1000 °C nodig [1]. In de oven van afvalverwerker 3 en 4 is de oventemperatuur 1000 – 1100 °C en zullen PFAS-verbindingen dus ontleden [50]. Bij lagere temperaturen dan 1000 °C kan PFAS gedeeltelijk worden afgebroken of omgezet in andere gefluoreerde stoffen [51] [52]. Ook bij de verplichte minimale oventemperatuur van 850 °C kan dus al gedeeltelijke afbraak of omzetting plaatsvinden. Het is onduidelijk in hoeverre PFAS-verbindingen in dit proces bij lagere temperatuur volledig af worden gebroken of vervallen tot gefluoreerde stoffen die met een doelstofanalyse niet meetbaar zijn. Een analyse van het totaal organisch fluor zou hier meer inzicht in verschaffen.

4.2 Afvalwaterverwerking

Voor de branche afvalwaterverwerking zijn effluënten van vier rwzi's, drie awzi's en een installatie voor omgekeerde osmose (OO) bemonsterd (Tabel 4).

Tabel 4. Analyseresultaten van effluenten van rwzi's, awzi's en een OO-installatie (ng/L). "<rg" geeft aan dat de waarde onder de rapportagegrens ligt.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFTfDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOs	PFDS	HFPO-DA	DONA
rwzi 1	<rg	32,0	49,0	9,30	18,0	1,10	1,60	<rg	<rg	<rg	<rg	46,0	14,0	1,00	<rg	20,0	8,80	<rg	3,10	<rg
rwzi 2	<rg	<rg	11,0	4,10	8,90	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	18,0	<rg	<rg	<rg	1,70	1,20	<rg	1,00	<rg
rwzi 3	<rg	130	300	14,0	21,0	1,20	1,40	<rg	<rg	<rg	<rg	21,0	2,00	<rg	<rg	5,10	2,90	<rg	<rg	<rg
rwzi 4	<rg	<rg	72,0	14,0	14,0	2,10	5,70	<rg	<rg	<rg	<rg	2,50	<rg	<rg	<rg	2,20	1,20	<rg	<rg	<rg
awzi 1	<rg	<rg	42,0	25,0	25,0	46,0	9,70	<rg	<rg	<rg	<rg	4,70	1,50	<rg	<rg	55,0	21,0	<rg	<rg	<rg
awzi 2	<rg	96,0	300	84,0	220	2,40	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	750	390	110	94,0	720	640	<rg	5,80	<rg
awzi 3	<rg	<rg	3,50	1,20	23,0	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	7,30	3,10	<rg	<rg	1,40	1,10	<rg	<rg	<rg
afvalstroom OO	100	150	140	59,0	50,0	6,6	2,7	<rg	<rg	<rg	<rg	47,0	13,0	3,90	1,10	16,0	7,70	<rg	38,0	<rg

De bemonsterde rwzi's zijn geselecteerd op basis van het type afvalwater dat behandeld wordt en daarnaast de mogelijkheid tot bemonsteren. Rwzi 1 behandelt industrieel en huishoudelijk afvalwater in het westelijk deel van Noord-Brabant, rwzi 2 behandelt afvalwater in Overijssel, onder meer van de tapijtverwerkende industrie, rwzi 3 behandelt afvalwater in Overijssel en rwzi 4 behandelt afvalwater in Overijssel, onder meer van de productie van veiligheidskleding.

Bij alle bemonsterde rwzi's is PFAS in het effluent aangetroffen. De concentraties PFAS variëren van enkele tot enkele tientallen nanogrammen per liter. Uitschieters zijn de waarden voor PFPA en PFHxA in rwzi 3 (130 en 300 ng/L, respectievelijk).

Bij alle bemonsterde rwzi's werden verschillende PFAS-componenten aangetroffen. Met name de stoffen met korte koolstofketens werden aangetroffen, bijvoorbeeld PFPA (C5), PFHxA (C6) en PFBS (C4). Deze stoffen werden gevonden in enkele tientallen tot honderden ng/L. PFAS-verbindingen met een iets langere keten zoals PFHpA (C7) en PFOA en PFOS (C8) werden in lagere concentraties van enkele nanogrammen per liter aangetroffen. PFAS-componenten met een langere keten (vanaf C9) waren niet of slechts in heel lage concentraties aanwezig.

Omdat de jaardebieten van rwzi's vrij hoog zijn, leidt dit ook tot hoge indicatieve jaarvrachten (Tabel 25, bijlage 2). De berekeningen laten zien dat verschillende PFAS-verbindingen hierdoor op jaarbasis vrij kunnen komen in gehalten van honderden grammen tot meer dan een kilogram. Er moet hier benadrukt worden dat er wordt uitgegaan van *indicatieve* jaarvrachten, die zijn gebaseerd op een enkel monster dat mogelijk niet representatief is.

Ook voor de biologische industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties (awzi's) is een selectie voor bemonstering gemaakt op basis van het type afvalwater en de mogelijkheid tot bemonsteren. Awzi 1 behandelt afvalwater van circa vijftig bedrijven, waaronder kantoren, een trainingscentrum van de brandweer, verschillende chemische bedrijven en een kunstvezelproducent. De invloed van het trainingscentrum van de brandweer is vermoedelijk van beperkte invloed op de resultaten van deze analyse, omdat blusschuim voor oefeningen geen PFAS zou moeten bevatten (zie sectie 3.2.3). Mocht er toch PFAS-houdend schuim gebruikt worden, dan bevat het waarschijnlijk met name de PFAS-component 6:2 FTS (zie sectie 4.3) en deze stof zit niet in het analysepakket (zie sectie 2.3). Op awzi 2 wordt het afvalwater van verschillende bedrijven, waaronder chemicaliënproducenten en levensmiddelenbedrijven, centraal gezuiverd. Awzi 3 behandelt het afvalwater van een bedrijventerrein waarop zich onder andere een aantal bedrijven uit de kunststofsector bevinden.

Net als bij de rwzi's zijn ook in de effluenten van awzi's verschillende PFAS-componenten aangetroffen, maar er is een grote spreiding in PFAS-concentraties in het effluent tussen de verschillende awzi's. De effluenten van awzi 1 en 2 bevatten beide PFAS-concentraties van enkele tientallen tot honderden nanogrammen per liter, terwijl het afvalwater van awzi 3 op één PFAS-component na minder dan 10 ng/L

bevat. Dit verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het verschil in het type bedrijven dat het afvalwater loost op de verschillende zuiveringsinstallaties.

Opvallend is dat awzi 2 het verboden PFOS in hoge concentraties loost: 720 ng/L en 640 ng/L voor PFOS en Br_PFOS, respectievelijk. Dit is opmerkelijk, want gebruik van PFOS is al vele jaren verboden. PFAS-verbindingen met ketens langer dan 10 koolstofatomen werden niet gevonden.

De combinatie van hoge PFAS-concentraties in het effluent en hoge jaardebieten leidt tot indicatieve jaarvrachten van de awzi's van enkele tientallen tot honderden grammen PFAS per jaar (Tabel 25, bijlage 2). De hoogste vrachten zijn berekend voor awzi 2 en komen neer op meer dan een kilo per jaar voor drie van de geanalyseerde PFAS-verbindingen (PFBS, PFOS en Br_PFOS).

De geconcentreerde afvalwaterstroom (de brijn) van de zuivering met omgekeerde osmose bevat hoge concentraties PFAS: de stoffen PFBA, PFPA en PFHxA werden aangetroffen in concentraties van meer dan 100 ng/L. Dit leidt voor deze PFAS-verbindingen tot indicatieve jaarvrachten van meer dan 100 g/jaar. Ook de stoffen PFHpA, PFOA, PFBS en HFPO-DA waren in concentraties van enkele tientallen nanogrammen per liter aanwezig.

Bij omgekeerde osmose wordt gezuiverd afvalwater opgewerkt tot gedemineraliseerd water door het door een membraan te persen. Zouten en microverontreinigingen blijven achter in de geconcentreerde stroom, die uiteindelijk als afvalwater vrijkomt. Als er in het aangevoerde water PFAS aanwezig is, is het niet verwonderlijk dat het geconcentreerde spuiwater uit de omgekeerde osmose verhoogde concentraties van PFAS voorkomen.

Voor rwzi's en awzi's moet worden benadrukt dat, hoewel zij een bron van PFAS richting het oppervlaktewater zijn, deze lozers niet de bron zelf zijn. Er wordt in de zuiveringsinstallaties geen PFAS gebruikt. PFAS in het effluent is afkomstig uit afvalwater of hemelwater van andere bronnen, dat gezuiverd wordt bij de zuiveringsinstallatie.

4.3

Blusschuim

Voor dit onderzoek is één monster van onverdund schuimvormend middel door het RWS-laboratorium geanalyseerd op PFAS (Tabel 5). Dit schuimvormend middel wordt over het algemeen verdund met schoon bluswater in een mengverhouding van 3% om branden te blussen.

Tabel 5. Analyseresultaten van onverdund schuimvormend middel (ng/L). De gegeven waarden zijn een slechts een indicatie: omdat het blusschuim sterk verdund moest worden om te meten, kunnen de waardes afwijken. De concentraties van de stoffen met "nb" waren te laag om te meten.

monster	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUFA	PFDoA	PFTDA	PFTeDA	8:2 FTUCA	L-PFBS	L-PFPeS	L-PFHxS	Br-PFHxS
SVM 1	11.609	5.058	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	618	nb	nb	nb	nb
	L-PFHpS	L-PFOS	Br-PFOS	L-PFNS	L-PFDS	FOSA	N-MeFOSAA	N-EtFOSAA	4:2 FTS	6:2 FTS	8:2 FTS	HFPO-DA	DONA	9Cl-PF3ONS	11Cl-PF3OUs	
SVM 1	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	77.858.874	nb	nb	nb	nb	nb	nb	

Het is duidelijk dat in dit schuim met name de stof 6:2 FTS is toegepast (77.900.000 ng/L, 77,9 mg/L). Het is bekend dat deze stof veel gebruikt wordt in blusschuimen als vervanger van het verboden PFOS. Rekening houdend met een verdunningsfactor van 33, kan de stof 6:2 FTS in vrijkomend bluswater in theorie in

een concentratie van 2,4 mg/L voorkomen. Naast 6:2 FTS zijn ook lagere concentraties PFBA (11.609 ng/L), PFPA (5.058 ng/L) en L_PFBs (618 ng/L) aanwezig. Deze stoffen kunnen dus in het milieu terecht komen bij blusactiviteiten.

4.4 Grondverwerking, -verzet en -stort

Voor onderzoek naar de grondbranche zijn vier monsters van effluenten genomen en geanalyseerd (Tabel 6). Op de onderzochte stortplaatsen³ worden in beide gevallen verontreinigde grond en bagger en (bouw)afvalstoffen gestort. Daarnaast is een afvalwatermonster van een bodemsanering van een NS-rangeerterrein genomen en is het afvalwater van een bedrijf in het groot grondverzet bemonsterd en geanalyseerd.

Tabel 6. Analyseresultaten van effluenten van stortplaatsen en grondverwerkers (ng/L). "<rg" geeft aan dat de waarde onder de rapportagegrens ligt.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Bf_PFHxS	PFHpS	PFOS	Bf_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DONA	
stortplaats 1	1800	1600	2200	780	1400	49,0	12,0	<rg	<rg	<rg	<rg	16000	540	160	51,0	190	150	<rg	180	<rg
stortplaats 2	550	390	450	190	720	13,0	2,50	<rg	<rg	<rg	<rg	730	160	58,0	9,80	110	61,0	<rg	65,0	<rg
bodemsanering 1	<rg	<rg	3,10	<rg	1,60	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	8,60	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
groot grondverzet 1	<rg	<rg	2,50	<rg	1,40	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	4,30	<rg	<rg	<rg	1,80	<rg	<rg	<rg	<rg

Het valt op dat de effluenten van beide stortplaatsen hoge concentraties PFAS bevatten. Meerdere PFAS-verbindingen zijn in beide effluenten in honderden nanogrammen per liter aanwezig, oplopend tot 16.000 ng/L PFBS bij stortplaats 1.

Op beide stortplaatsen komt een gevarieerd mengsel van PFAS-componenten vrij, met zowel korte koolstofketens als langere. PFAS met koolstofketens langer dan C10 werden niet aangetroffen in het afvalwater. In beide gevallen zijn zowel perfluoralkylcarbonzuren als perfluoralkylsulfonzuren aanwezig.

De vrachtberekeningen voor de stortplaatsen zijn opgenomen in Tabel 27 in bijlage 2. Door de relatief hoge PFAS-concentraties in de effluenten liggen de indicatieve jaarvrachten voor verschillende PFAS-verbindingen tussen de 100 en 350 g/jaar, met als uitschieter een indicatieve vracht van 1,2 kg PFBS op jaarbasis voor stortplaats 1.

Bij het effluent van de bodemsanering komt niet veel PFAS vrij. De hoogste gevonden waarde is 8,60 ng/L PFBS. Het vrijkomen van gefluoreerde stoffen bij bodemsaneringen is afhankelijk van de hoeveelheid PFAS in de bodem en kan per locatie verschillen.

Ook het effluent van het bedrijf in groot grondverzet bevatte nauwelijks PFAS: in dit geval is de hoogste gemeten concentratie 4,30 ng/L PFBS.

4.5 Industriële toepassingen

4.5.1 Betonindustrie

Voor een inschatting van het vrijkomen van PFAS in de betonindustrie zijn bij zes bedrijven afvalwatermonsters genomen en geanalyseerd, in verband met de mogelijke toepassing van PFAS in bekistingsolie (Tabel 7). In alle gevallen werd er zeer weinig tot geen PFAS aangetroffen. De hoogste gemeten concentratie is met 3,40 ng/L PFOA relatief laag en ook werden er slechts drie verschillende PFAS-verbindingen aangetroffen: PFOA, PFBS en PFOS. Ook de berekende indicatieve

³ In Nederland zijn er slechts enkele stortplaatsen die PFAS-houdende grond en bagger mogen accepteren. De verhoogde PFAS-concentraties worden niet vanzelfsprekend veroorzaakt door recent gestorte PFAS-houdende grond. PFAS uit gestorte grond en bagger moet door de gehele stortlaag heen sijpelen voordat het in het drainagewater terecht komt en dit kost tijd. PFAS in het drainagewater kan mogelijk wel verklaard worden door eerder gestort slib afkomstig van rzwi's en grondreiniging.

jaarvrachten zijn hierdoor erg laag: de hoogste berekende waarde is 90,6 mg PFOA per jaar.

Tabel 7. Analyseresultaten van effluenten van bedrijven in de betonindustrie (ng/L). "<rg" geeft aan dat de waarde onder de rapportagegrens ligt.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFTtDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DOMA
beton 1	<rg	<rg	<rg	<rg	1,10	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
beton 2	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	1,10	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
beton 3	<rg	<rg	<5,00	<rg	3,40	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	1,00	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
beton 4	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
beton 5	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
beton 6	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	1,80	<rg	<rg	<rg	1,10	<rg	<rg	<rg	<rg

Deze resultaten wekken de suggestie dat de betonindustrie geen grote PFAS-emissiebron is voor PFAS in het oppervlaktewater. Deze conclusie kan op basis van deze informatie echter niet met zekerheid getrokken worden, omdat niet bekend is of bij de bemonsterde bedrijven PFAS-houdende bekistingsolie gebruikt is. Bekistingsolie zelf is met de reguliere analysemethoden voor water niet analyseerbaar.

4.5.2 Kunstvezelproductie

Van twee kunstvezelproducenten werd het afvalwater geanalyseerd op PFAS (Tabel 8). Kunstvezels van deze bedrijven worden onder andere gebruikt voor beschermende kleding en kunstgras. In het afvalwater van beide bedrijven werd PFAS aangetroffen. Bij het eerste bedrijf ('kunstvezel 1') zijn de concentraties relatief laag, met als hoogste waarde 20 ng/L voor PFOA. Dit bedrijf heeft aangegeven dat er in het verleden PFAS gebruikt werd, maar tegenwoordig niet meer. PFAS in het effluent zou veroorzaakt worden door verontreinigingen uit het verleden. De berekende indicatieve jaarvrachten zijn vrij laag: de hoogste waarde is 18,7 g PFOA per jaar (Tabel 31, bijlage 2).

Tabel 8. Analyseresultaten van effluenten van kunstvezelproducenten (ng/L). "<rg" geeft aan dat de waarde onder de rapportagegrens ligt.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFTtDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DOMA
kunstvezel 1	<rg	<rg	3,70	1,30	20,0	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	1,70	4,00	<rg	<rg	1,60	1,20	<rg	<4,00	<rg
kunstvezel 2	<rg	<rg	64,0	12,0	13,0	1,40	5,40	<rg	<rg	<rg	<rg	2,20	1,10	1,00	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg

De PFAS-concentraties bij het tweede bedrijf ('kunstvezel 2') zijn iets hoger. Met name de concentratie van PFHxA (64 ng/L) valt op; voor de andere aanwezige PFAS-componenten zijn de concentraties lager dan 20 ng/L. Omdat het debiet van dit bedrijf onbekend is, kunnen er geen indicatieve jaarvrachten berekend worden.

4.5.3 Metaalindustrie

Zeven bedrijven in de metaalindustrie zijn onderzocht (Tabel 9). In de effluenten van deze bedrijven werd vrijwel geen PFAS aangetroffen: de concentraties zijn lager dan 10 ng/L, op één uitzondering na. Bij dit bedrijf, 'metaal 6', werd alleen de stof PFOS (lineair en vertakt) aangetroffen in het effluent. Dit bedrijf maakt basismaterialen voor conservenblikken, waarbij chroom gebruikt kan worden. Gebruik van PFOS is in de metaalindustrie toegestaan voor *hard chromium plating* met inachtneming van randvoorwaarden.

Door de lage PFAS-concentraties zijn de berekende indicatieve jaarvrachten voor de metaalindustrie ook laag (Tabel 33, bijlage 2). De hoogste berekende waarde bedraagt 6,8 g PFBS per jaar.

Tabel 9. Analyseresultaten van effluënten van bedrijven in de metaalindustrie (ng/L). "<rg" geeft aan dat de waarde onder de rapportagegrens ligt.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUNA	PFDoA	PFTtDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DONA
metaal 1	<rg	<rg	<rg	<rg	1,30	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	2,10	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
metaal 2	<rg	<rg	2,10	<rg	1,00	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	3,40	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
metaal 3	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	2,60	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
metaal 4	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	7,10	2,90	<rg	<rg	<rg
metaal 5	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
metaal 6	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	37,0	17,0	<rg	<rg	<rg
metaal 7	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg

4.5.4

Papierindustrie

Het gezuiverde afvalwater van vier bedrijven in de papierindustrie is bemonsterd en geanalyseerd (Tabel 10). De onderzochte bedrijven verwerken oud papier en produceren nieuw papier en karton. Het valt op dat drie van de vier bedrijven ('papier 1', 'papier 2' en 'papier 4') redelijk hoge PFAS-concentraties in het effluent hebben, variërend van enkele nanogrammen per liter tot bijna 400 ng/L voor verschillende PFAS-componenten. Hoewel de perfluoralkylcarbonsuren in hogere concentraties aanwezig zijn dan de perfluoralkylsulfonzuren, is het opvallend dat het effluent van 'papier 2' 110 ng/L van het verboden PFOS en 63,0 ng/L vertakt PFOS bevat.

Tabel 10. Analyseresultaten van effluënten van bedrijven in de papierindustrie (ng/L). "<rg" geeft aan dat de waarde onder de rapportagegrens ligt.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUNA	PFDoA	PFTtDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DONA
papier 1	<rg	380	230	36,0	100	6,00	<5,00	<rg	<rg	<rg	<rg	58,0	4,90	<rg	<rg	8,60	9,00	<rg	<rg	<rg
papier 2	<rg	190	94,0	35,0	92,0	71,0	19,0	<2,00	<rg	<rg	<rg	18,0	2,40	<rg	1,30	110	63,0	<rg	4,70	<rg
papier 3	<rg	<rg	2,60	<rg	2,40	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	5,60	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
papier 4	<rg	<rg	97,0	53,0	130	11,0	1,80	<rg	<rg	<rg	<rg	39,0	3,90	<rg	<rg	19,0	23,0	<rg	<rg	<rg

Doordat de bedrijven 'papier 1' en 'papier 2' berekende jaardebieten hebben van meer dan 3 miljoen m³/jaar, zijn ook de berekende indicatieve jaarvrachten voor deze bedrijven hoog (Tabel 35, bijlage 2). Zo komt 'papier 1' uit op 1,3 kg PFPA per jaar en ook voor de andere stoffen zijn er bij beide bedrijven vrachten berekend van honderden grammen per jaar.

In tegenstelling tot de andere bedrijven, loost 'papier 3' nauwelijks PFAS. Het verschil zou kunnen worden veroorzaakt doordat dit bedrijf geen gerecycled papier gebruikt. Dit doet vermoeden dat PFAS met name vrijkomt bij de oud-papierverwerking.

4.5.5

Industrieel overig

Naast de bovengenoemde industriële toepassingen van PFAS zijn twee andere bedrijven onderzocht. Het gaat hier om een kabelproducent, die is meegenomen omdat PFAS kan worden gebruikt bij de isolatie van draden en kabels. Het tweede bedrijf is een luchtbandenproducent. Van beide bedrijven is het afvalwater bemonsterd en geanalyseerd (Tabel 11).

Tabel 11. Analyseresultaten van effluënten van overige industriële toepassingen (ng/L). "<rg" geeft aan dat de waarde onder de rapportagegrens ligt.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUNA	PFDoA	PFTtDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DONA
kabelproducent 1	<rg	<rg	<rg	<rg	1,30	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
bandenproducent 1	<rg	<rg	14,0	6,00	15,0	1,90	1,00	<rg	<rg	<rg	<rg	6,00	6,90	2,20	<rg	7,30	3,20	<rg	<rg	<rg

Bij de kabelproducent werd op 1,30 ng/L PFOA na geen PFAS aangetroffen in het effluent. Dit lijkt op basis van dit steekmonster geen relevante bron van PFAS te zijn. De gevonden PFAS-concentraties bij de bandenproducent zijn iets hoger, maar allen onder de 20 ng/L. Dit zijn relatief lage concentraties. De berekende indicatieve jaarvrachten zijn allen lager dan 1 g/jaar (Tabel 37, bijlage 2).

4.6 Schoonmaak- en onderhoudsmiddelen

Om de branche van schoonmaak- en onderhoudsmiddelen te onderzoeken, zijn een producent van wasmiddelen en oppervlakte-actieve stoffen en een producent van schoonmaakmiddelen bemonsterd (Tabel 12). Het effluent van de producent van wasmiddelen en oppervlakte-actieve stoffen ('schoonmaak 1') bevat relatief hoge concentraties van verschillende PFAS-componenten.⁴ Er werden met name perfluoralkylcarbonzuren gevonden, in concentraties tussen 22 en 250 ng/L. De concentraties van perfluorsulfonzuren waren vrij laag en varieerden tussen 2 en 12 ng/L. Doordat het debiet van dit bedrijf onbekend is, kunnen geen vrachtberekeningen worden gedaan.

Tabel 12. Analyseresultaten van effluënten van producenten van was- en schoonmaakmiddelen (ng/L). "<rg" geeft aan dat de waarde onder de rapportagegrens ligt. "nb" staat voor niet beschikbaar, omdat het monster niet geanalyseerd kon worden.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFTriDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DONA
schoonmaak 1	190	250	160	210	79,0	74,0	22,0	<rg	<rg	<rg	<rg	7,10	5,80	2,30	<rg	12,0	5,30	<rg	<rg	<rg
schoonmaak 2	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb

Het effluent van de schoonmaakmiddelenproducent ('schoonmaak 2') bevatte een zodanige hoeveelheid zeep, dat analyse door het laboratorium niet mogelijk was. Daarom zijn van dit monster geen analyseresultaten beschikbaar.

Voor de onderhoudsmiddelen is gefocust op de *polishes* die kunnen worden gebruikt voor auto's. Het afvalwater van een carwash is geanalyseerd en daarnaast zijn er drie monsters van afstromend wegwater van snelwegen genomen (Tabel 13). Door beschikbaarheid van de monsters uit een ander project (CEDR) zijn de wegwatermonsters gebruikt die zijn genomen in Zweden en Duitsland.

Tabel 13. Analyseresultaten van een carwash-effluent en monsters afstromend wegwater (ng/L). "<rg" geeft aan dat de waarde onder de rapportagegrens ligt. De rapportagegrenzen van 'wegwater 3' zijn hoger dan gebruikelijk door een te klein volume van het monster.

lozer / monster	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFTriDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DONA
carwash 1	<rg	<rg	7,40	3,70	20,0	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	4,80	1,60	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
wegwater 1	<rg	<rg	<rg	1,80	2,20	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
wegwater 2	<rg	<rg	<rg	<rg	2,30	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
wegwater 3	<130	<130	<10,0	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<130	<130	<130	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00

Het blijkt dat het effluent van de carwash heel kleine hoeveelheden PFAS bevat. De hoogst gemeten concentratie is voor PFOA en bedraagt 20,0 ng/L. Het jaardebiet van dit bedrijf is onbekend, waardoor er geen vrachtberekeningen zijn gedaan. Deze resultaten suggereren dat de *polish* voor auto's geen groot risico is voor PFAS richting het oppervlaktewater. Een kanttekening hierbij is dat deze conclusie is gebaseerd op slechts één steekmonster; de aanname is echter dat carwashes vergelijkbare producten gebruiken. De drie monsters van afstromend wegwater bevatten allen nauwelijks tot geen PFAS.

⁴ Leden van de Nederlandse Vereniging van Zeepfabrikanten geven aan dat in hun producten geen PFAS wordt gebruikt. Bij dit bedrijf (geen NVZ-lid) is het wel aangetroffen.

4.7 Textiel

Voor de textielbranche zijn in dit onderzoek de effluenten van twee bedrijven geanalyseerd (Tabel 14). 'Textiel 1' is een fabrikant van waterafstotend textiel en bij dit bedrijf is PFAS aangetroffen in het effluent. Met name de stof PFHxA lijkt gebruikt te worden, en was met 270 ng/L aanwezig in het afvalwater. Ook de stoffen PFPA, PFHpA en PFOA werden in enkele tientallen nanogrammen per liter gevonden. De concentraties PFOS en Br_PFOS zijn zeer laag. Vrachtberekeningen zijn niet uitgevoerd, omdat het jaardebiet van dit bedrijf onbekend is.

Tabel 14. Analyseresultaten van effluenten van bedrijven in de textielbranche (ng/L). "<rg" geeft aan dat de waarde onder de rapportagegrens ligt.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUNA	PFDoA	PFTiDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DOMA
textiel 1	<rg	64,0	270	22,0	32,0	6,00	7,10	<rg	<rg	<rg	1,00	<rg	<rg	<rg	2,90	1,20	<rg	<rg	<rg	<rg
stomerij 1	<rg	<rg	6,10	2,70	7,90	2,10	2,50	1,10	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	9,10	2,00	<rg	7,60	<rg	<rg

Het effluent van 'stomerij 1' bevat lage concentraties PFAS: de waarden zijn voor alle gevonden PFAS-componenten lager dan 10 ng/L. Een mogelijkheid is dat de stomerij geen PFAS-houdende producten gebruikt, maar dat er wel een kleine hoeveelheid PFAS vrijkomt bij de reiniging van PFAS-houdend textiel.

4.8 Voedselgerelateerde producten

PFAS uit anti-aanbakpannen vormt mogelijk een risico richting het water, omdat de stoffen via de afwas en rioolwater uiteindelijk in het oppervlaktewater terecht kunnen komen. Om dit te onderzoeken, zijn er met drie verschillende pannen extractie-experimenten uitgevoerd om de uitwas van PFAS uit de pannen te bepalen. Dit werd gedaan met een nieuwe pan die nog nooit gebruikt was ('pan 1'), een pan die enkele maanden in gebruik was ('pan 2') en een oude pan met krassen ('pan 3').

Voor de extractie werden de pannen gevuld met schoon water (ULC/MS-CC/SFC, merk: Biosolve) op kamertemperatuur. Dit water werd vervolgens op vol vermogen verwarmd tot 100 °C. Daarna werd het water in de pan gedurende 20 minuten gekookt zonder te roeren. De pan werd daarbij afgedekt met een roestvrijstalen deksel (Figuur 1). Vervolgens werd het water afgekoeld in de pan, waarna de monsterflessen werden gevuld met een roestvrijstalen lepel. Voor iedere pan werd de extractie twee keer uitgevoerd. De analyseresultaten zijn weergegeven in Tabel 15.



Figuur 1. Standaaropstelling van de extractie van anti-aanbakpannen met kokend water.

Tabel 15. Analyseresultaten van extracties van anti-aanbakpannen (ng/L). "<rg" geeft aan dat de waarde onder de rapportagegrens ligt.

monster	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUNA	PFDoA	PFTiDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DNPA
pan 1, extr. 1	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
pan 1, extr. 2	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
pan 2, extr. 1	<rg	<rg	<rg	<rg	1,10	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	1,10	<rg	<rg	<rg	<rg
pan 2, extr. 2	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
pan 3, extr. 1	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
pan 3, extr. 2	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg

Slechts in één van de monsters werd PFAS aangetroffen, in de zeer lage concentraties van 1,10 ng/L PFOA en 1,10 ng/L PFOS. Uit deze simpele extractie-experimenten kan worden geconcludeerd dat in deze experimenten uitwas van PFAS uit de pannen door kokend water niet heeft plaatsgevonden.

PFAS kan mogelijk wel vrijkomen uit anti-aanbakpannen op een andere wijze, bijvoorbeeld via het verhitten van olie in een pan. Deze alternatieve routes zijn hier niet onderzocht.

4.9

Overig

In de categorie overig zijn vier monsters geanalyseerd (Tabel 16). Bij producenten van actief kool wordt geen PFAS gebruikt, maar PFAS kan mogelijk wel vrijkomen bij de reactivatie van gebruikt actief kool. Het effluent van 'actief-koolproducent 1' bevat drie verschillende PFAS-verbindingen, namelijk PFPA, PFHxA en PFBS. Met name de waarden van de korte PFAS-componenten PFBA en PFBS (41,0 en 21,0 ng/L respectievelijk) zijn licht verhoogd, maar over het algemeen bevat het effluent weinig PFAS. Uit de berekende indicatieve jaarvrachten blijkt dat deze stoffen allemaal met een vracht van minder dan 1 g/jaar worden geloosd (Tabel 45, bijlage 2).

Tabel 16. Analyseresultaten van overige monsters (ng/L). "<rg" geeft aan dat de waarde onder de rapportagegrens ligt.

monster	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUNA	PFDoA	PFTiDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DNPA
actief-koolproducent 1	<rg	41,0	3,80	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	21,0	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
tankreiniging 1 aw	950	<100	550	360	63,0	<4,00	4,20	<10,0	<rg	<rg	<rg	3,60	2,60	<rg	4,60	510	410	<rg	18,0	<rg
regenmonster 1	<rg	<rg	4,20	1,60	6,60	<rg	1,10	<rg	<rg	<rg	<rg	1,60	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
regenmonster 2	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg

In het afvalwatermonster dat genomen is bij een tankreinigingsbedrijf zijn hoge PFAS-concentraties gevonden. Met name de concentratie PFBA is met 950 ng/L hoog, maar ook PFHxA, PFHpA en PFOS werden gevonden in concentraties tussen de 360 en 550 ng/L. Omdat het jaardebiet van dit bedrijf niet bekend is, is de indicatieve jaarvracht niet berekend.

Naast een monster van het afvalwater, is bij dit bedrijf ook een monster van het zuiverings-slib gevriesdroogd en geanalyseerd op PFAS (Tabel 17). In deze resultaten valt met name de hoge waarde van 900 µg/kg voor 6:2 FTS op. Omdat 6:2 FTS niet in het stoffenpakket voor afvalwateranalyses zit, is niet duidelijk of deze stof ook in het afvalwatermonster aanwezig was.

De ILT heeft uitgebreid onderzoek gedaan naar PFAS-verontreiniging door vervoer van PFAS-verontreinigde stromen en daarop volgende tankreiniging [44] [53]. De hoeveelheid PFAS in het effluent is afhankelijk van de vervoerde vracht en varieert daarmee waarschijnlijk sterk. Deze steekproef laat echter wel zien dat PFAS-vervuiling bij tankreinigers een punt van aandacht is.

Tabel 17. Analyseresultaten van zuiverings-slib van de zuivering bij tankreiniging ($\mu\text{g}/\text{kg}$). "nd" geeft aan dat de waarde onder de rapportagegrens ligt.

monster	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFTtDA	PFTeDA	PFHxDA	PFODA	HPFHxA	8:2 FTUCA	H-PFUDA		
tankreiniging 1 slib	0,700	0,300	2,40	2,30	1,20	0,100	0,400	0,800	0,400	0,300	0,200	0,100	0,100	1,80	0,600	<rg		
monster	L-PFBS	L-PFPeS	L-PFHxS	L-PFHpS	PFOS	L-PFDS	NC1-PFC4aaPA	MeFBSAA	EFOSA	EFOSAA	4:2 FTS	6:2 FTS	8:2 FTS	10:2 FTS	HFPO-DA	ADONA	SCI-PF3ONS	8:2 diPAP
tankreiniging 1 slib	0,100	<rg	<rg	0,100	30,0	<rg	<rg	0,300	<rg	1,30	<rg	900	4,70	2,80	<rg	<rg	<rg	0,100

Tot slot zijn twee monsters regenwater geanalyseerd die in Lelystad en Krommenie zijn genomen (Tabel 16). Het eerste monster ('regen 1') bevat enkele nanogrammen van een aantal PFAS-verbindingen; in het tweede monster werd geen PFAS aangetroffen. Op deze locaties is PFAS in regenwater niet relevant. Regenwater kan wel een bron van PFAS zijn in de atmosferische pluim van een puntbron [54].

4.10 AOF-analyses

21 van de afvalwatermonsters zijn ook geanalyseerd op adsorbeerbaar organisch gebonden fluor (AOF) (Bijlage 3). Met deze methode wordt de aanwezigheid van fluorbevattende moleculen, waaronder PFAS, aangetoond. Slechts drie van de geanalyseerde monsters bevatten meer dan de rapportagegrens van $5 \mu\text{g}/\text{L}$ aan adsorbeerbare organische fluorverbindingen. Dit betreft de monsters van awzi 2 ($5,0 \mu\text{g}/\text{L}$), stortplaats 1 ($9,4 \mu\text{g}/\text{L}$) en het afvalwater van tankcleaning 1 ($21 \mu\text{g}/\text{L}$) (Tabel 18). Deze waarden zijn vergeleken met de totale fluorconcentraties in de doelstofanalyses (Tabel 18, berekeningen in Bijlage 3). Voor awzi 2 en stortplaats 2 zijn de gevonden fluorconcentraties in de doelstofanalyse en de AOF-meting in dezelfde orde van grootte. Dit wijst erop dat de doelstofanalyse een goed beeld geeft van de totale hoeveelheid PFAS in deze monsters. Dit is niet het geval voor het afvalwatermonster van tankcleaning 1: de fluorconcentratie in de doelstofanalyse is $1,99 \mu\text{g}/\text{L}$, terwijl de AOF-concentratie $21 \mu\text{g}/\text{L}$ is. Dit betekent dat er naast de gemeten PFAS-verbindingen ook andere fluorhoudende stoffen in het monster aanwezig zijn. De meting van het zuiverings-slib bij deze lozer (Tabel 17) liet zien dat de stof 6:2 FTS in een hoge concentratie aanwezig was. De AOF-analyse wijst uit dat 6:2 FTS mogelijk ook in het afvalwater aanwezig is. Deze stof zat niet in het stoffenpakket van de doelstofanalyse.

Tabel 18. Vergelijking van fluorconcentraties in de doelstofanalyse en AOF-analyse.

Lozer	Totale fluorconcentratie in doelstofanalyse ($\mu\text{g}/\text{L}$) ^a	AOF ($\mu\text{g}/\text{L}$)
Awzi 2	2,22	5,0
Stortplaats 1	15,1	9,4
Tankcleaning 1 aw	1,99	21

^a teruggerekend naar totaal elementair fluor in de verschillende PFAS-verbindingen

Uit de resultaten van de AOF-analyses kan voornamelijk worden geconcludeerd dat het beeld van hoge PFAS-concentraties in een doelstofanalyse wordt bevestigd door de AOF-analyse. Andersom geldt dat in monsters die weinig van de geanalyseerde PFAS-verbindingen bevatten, ook minder dan $5 \mu\text{g}/\text{L}$ organisch gebonden fluor gevonden wordt.

5 Conclusies

5.1 Branches

In dit onderzoek is met steekproeven in het afvalwater uit verschillende branches onderzocht of er mogelijk PFAS in het effluent aanwezig kan zijn. De resultaten kunnen gebruikt worden om een eerste inzicht te vormen over bronnen en routes van PFAS richting het oppervlaktewater. Op basis van dit onderzoek kan nader onderzoek naar de bronnen en routes van PFAS worden ingesteld.

In Tabel 19 is een overzicht weergegeven van de branches waar bemonsteringen hebben plaatsgevonden. Deze tabel toont ook of deze metingen wijzen op een mogelijke bron of route van PFAS richting het oppervlaktewater. Als dit duidelijk het geval is, is dit aangegeven met een oranje kleur. Een gele kleur geeft aan dat een branche mogelijk een bron of route van PFAS naar oppervlaktewater is.

Tabel 19. Overzicht van bemonsterde bedrijven per branche en hun relevantie voor PFAS richting het oppervlaktewater.

Branche	Aantal monsters	Bron / route voor oppervlaktewater?	Opmerking
Afvalbranche			
Verwerkers van bouw-, sloop- en bedrijfsafval	2	Ja	
Afvalverbrandingsinstallaties	2	Niet duidelijk	
AVI-bodemassas	4	Niet duidelijk	
Afvalwaterverwerking			
Rwzi's	4	Ja	Verhoogde vrachten ^a
Awzi's	3	Ja	Verhoogde vrachten ^a
Concentraat van omgekeerde osmose (OO)	1	Mogelijk	
Blusschuim			
Schuimvormend middel	1	Ja	
Grondverwerking, -verzet en -stort			
Stortplaatsen	2	Ja	Verhoogde vrachten ^a
Bodemsanering	1	Niet duidelijk	
Groot-grondverzet	1	Niet duidelijk	
Industriële toepassingen			
Betonindustrie	6	Lijkt niet relevant	
Kunstvezelproductie	2	Mogelijk	
Metaalindustrie	7	Lijkt niet relevant	
Papierindustrie	4	Ja	Verhoogde vrachten ^a
Kabelproducent	1	Lijkt niet relevant	
Bandenproducent	1	Niet duidelijk	

Branche	Aantal monsters	Bron / route voor oppervlaktewater?	Opmerking
Schoonmaak- en onderhoudsmiddelen			
Productie van wasmiddelen en oppervlakte-actieve stoffen	1	Mogelijk	De NVZ geeft aan dat er bij hun leden geen PFAS wordt toegevoegd aan was- en reinigingsmiddelen [31].
Productie van schoonmaakmiddelen	1	Niet duidelijk	Monster kon niet geanalyseerd worden.
Carwash	1	Lijkt niet relevant	
Run-off van snelwegen	3	Lijkt niet relevant	
Textiel			
Productie van waterafstotend textiel	1	Mogelijk	
Stomerijen	1	Lijkt niet relevant	
Voedselgerelateerde toepassingen			
Anti-aanbakpannen	6	Lijkt niet relevant	Voor een beter beeld van vrijkomen PFAS uit anti-aanbakpannen tijdens bakken is meer onderzoek nodig; dit is een aandachtspunt voor de NVWA.
Overig			
Actief-koolproducent	1	Niet duidelijk	
Tankcleaning	1	Mogelijk	PFAS-vervuiling hangt af van de hoeveelheid PFAS in het behandelde afvalwater
Regenwater	2	Lijkt niet relevant	

^a Vrachten zijn indicatief door het beperkte aantal metingen.

De tabel laat zien dat PFAS in het afvalwater is gevonden bij de branches die weergegeven zijn in oranje. Dit zijn verwerkers van bouw-, sloop- en bedrijfsafval, rwzi's en awzi's, schuimvormend middel in blusschuim, stortplaatsen en de papierindustrie. Voor al deze branches geldt dat de resultaten overeenstemmen met de verwachting op basis van het literatuuronderzoek. Voor de stortplaatsen kan op basis van het huidige onderzoek niet gezegd worden of de gemeten PFAS uit historische of nieuwe stortlagen komt. Het vrijkomen van PFAS bij de papierindustrie heeft mogelijk te maken met speciale papierproducten en/of voedselcontactmaterialen. Naar deze laatste categorie wordt verder onderzoek gedaan door de NVWA.

Om de bijdrage van deze bedrijven aan PFAS in het oppervlaktewater beter te kunnen kwantificeren, is nader onderzoek met meer bemonsteringen nodig. Soms zal daar een analyse in deelstromen voor nodig zijn, bijvoorbeeld bij de awzi's en de papierindustrie.

De branches die in de tabel weergegeven zijn in geel, zijn mogelijk een bron of route voor PFAS richting het oppervlaktewater. Dit kan echter nog niet met zekerheid geconcludeerd worden op basis van de steekproeven in dit onderzoek. Hiervoor is meer onderzoek noodzakelijk. Dit geldt voor een zuivering met omgekeerde osmose, kunstvezelproductie, een producent van wasmiddelen en oppervlakte-actieve stoffen, de productie van waterafstotend textiel en tankcleaning.

Er zijn een aantal branches waarbij in de hier onderzochte monsters geen of nauwelijks PFAS is aangetroffen. Deze bedrijven hebben in Tabel 19 geen kleur gekregen. Dit is het geval voor een afvalverbrandingsinstallatie, betonindustrie, metaalindustrie, een kabelproducent, een bandenproducent, een carwash, run-off van snelwegen, een stomerij, extractiewater van anti-aanbakpannen en regenwater. Omdat het hier gaat om een verkennend onderzoek, kan voor deze branches op basis van deze resultaten geen duidelijke conclusie worden getrokken of de branche relevant is voor PFAS, maar andere sectoren verdienen meer prioriteit.

Bij bovenstaande conclusies moet worden benadrukt dat veel van de metingen gebaseerd zijn op steekmonsters die mogelijk niet representatief zijn. Deze conclusies vormen een indicatie waarop vervolgonderzoek kan worden ingesteld.

5.2 Typen PFAS en AOF-analyse

Voor alle monsters geldt dat met name PFAS-verbindingen met een korte tot middellange ketenlengte werden gevonden (C4 – C8). PFAS-componenten met een lange koolstofketen, zoals PFDoA, PFTTrDA en PFTeDA, werden in geen van de afvalwatermonsters aangetroffen. Dit heeft twee mogelijke oorzaken. De eerste mogelijkheid is dat deze stoffen minder gebruikt worden dan de korte PFAS-verbindingen. Een andere, aannemelijke optie is dat dit resultaat veroorzaakt wordt door het feit dat PFAS-verbindingen met een lange ketenlengte een stuk minder goed oplossen in water dan de stoffen met korte ketens. Dit betekent ook dat dit onderzoek slechts een beperkt beeld schetst van blootstelling van minder goed-oplosbare PFAS-verbindingen richting het milieu. Deze stoffen kunnen zich wel via zuiveringslib of voedselketens in het milieu verspreiden.

Uit de analyseresultaten blijkt dat zowel de perfluoralkylcarbonzuren als de perfluoralkylsulfonzuren gebruikt worden. De keuze voor een type PFAS zal samenhangen met de toepassing. Blusschuim bevat met name de stof 6:2 FTS. In hoeverre deze stof in andere branches wordt gebruikt, is in dit onderzoek niet duidelijk geworden.

Naast gerichte analyse op specifieke PFAS-verbindingen is er ook een bepaling gedaan van het totaal organisch fluor (AOF-analyse). Afvalwaterstromen met hogere concentraties PFAS lieten ook een verhoogde AOF-waarde zien. In de meeste afvalwatermonsters lagen de concentraties onder de vrij hoge rapportagegrens van 5 µg/L. De toepassing van deze methode heeft dus niet in alle situaties meerwaarde.

6 Aanbevelingen

Dit onderzoek richt zich op bronnen en routes van PFAS richting het oppervlaktewater. Op basis van de conclusies doen wij de volgende aanbevelingen om deze bronnen en routes te beperken:

1. De papierindustrie lijkt een belangrijke emissiebron voor PFAS in het oppervlaktewater. Hier moet worden onderzocht waarvoor PFAS wordt gebruikt en hoe lozing in het oppervlaktewater verminderd kan worden. Aanbevolen wordt om in overleg te treden met de Vereniging van de Nederlandse Papierindustrie.
2. Bij stortplaatsen is niet veel meer te doen aan de bronnenkant. Het is wel van belang om mogelijkheden te verkennen om de PFAS-concentraties in het effluent te verlagen.
3. Effluenten van rwzi's blijken veel PFAS te bevatten. In opdracht van de STOWA wordt er momenteel een onderzoek opgezet naar PFAS in influent, effluent en zuiveringsslib van rwzi's. Hier is niet direct aanvullend actie nodig.
4. In de onderzoeken die Arcadis in opdracht van DGMI en de NVWA momenteel uitvoeren wordt aangeraden om aandacht te schenken aan de volgende producten:
 - Wasmiddelen
 - Schoonmaakmiddelen
 - Textielsprays
 - Voedselcontactmaterialen en vetafstotend papier
 Ook voor de emissies via rwzi's is dit onderzoek naar achterliggende oorzaken van belang.
5. Voor een aantal branches is het op basis van dit onderzoek nog niet mogelijk om in te schatten of ze een bron vormen van PFAS richting het oppervlaktewater. Wij bevelen daarom aan om extra metingen uit te voeren bij:
 - Blustrainingscentra
 - Coatingsbedrijven, die een tefloncoating aanbrengen
 - Kunstgrasvelden, in verband met de mogelijke toepassing van PFAS bij de productie ervan (kunstvezelproductie).
6. Afvalverbrandingsinstallaties lijken op basis van de resultaten niet veel PFAS in het effluent te bevatten. Omdat PFAS-verbindingen bij verbranding deels kunnen afbreken tot niet-meetbare stoffen, bevelen we hier aan om het totaal aan organisch fluor (bijvoorbeeld met een AOF-analyse) te meten in het effluent van dit soort bedrijven.
7. Uit het rapport 'Advies voorlopig HVN PFAS voor waterbodems' bleek dat de PFAS-verbindingen 6:2 FTS en EtFOSAA in verhoogde concentraties worden gevonden in Nederlandse waterbodems [55]. In dit onderzoek is de voorkeur gegeven aan een laboratorium dat lage concentraties PFAS kan meten, boven een lab dat veel PFAS-verbindingen kan meten. Bij het gekozen lab zaten de stoffen 6:2 FTS en EtFOSAA niet in het stoffenpakket. Het is aan te raden om 6:2 FTS en EtFOSAA bij een volgend onderzoek wel mee te nemen, zodat inzicht kan worden gekregen in de bronnen van deze stoffen.

7 Lijst van afkortingen

10:2 FTS	2-(perfluordecyl)ethaan-1-sulfonzuur
11Cl_PF3OUdS	11-chlooreicosafluor-3-oxa-undecaan-1-sulfonzuur
4:2 FTS	2-(perfluorbutyl)ethaan-1-sulfonzuur
6:2 FTS	2-(perfluorhexyl)ethaan-1-sulfonzuur
8:2 diPAP	8:2 polyfluoroalkyl phosphate diester
8:2 FTS	2-(perfluorooctyl)ethaan-1-sulfonzuur
8:2 FTUCA	cis-hexadecafluor-2-deceenzuur
9Cl-PF3ONS	2-[(6-chloor-1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6-dodecafluorhexyl)oxyl]-1,1,2,2-tetrafluorethaansulfonzuur
ADONA	Ammonium 4,8-dioxa-3H-perfluornonaanzuur
AOF	Adsorbeerbaar Organisch gebonden Fluor
AVI	afvalverbrandingsinstallatie
aw	afvalwater
awzi	afvalwaterzuiveringsinstallatie
Br_PFHxS	perfluorhexaansulfonzuur (vertakt)
Br_PFOS	perfluoroctaansulfonzuur (vertakt)
CIV	Centrale Informatievoorziening, landelijk organisatieonderdeel van Rijkswaterstaat
D	Directe lozing
DGMI	Directoraat-generaal Milieu en Internationaal
DGWB	Directoraat-generaal Water en Bodem
DONA	4,8-dioxa-3H-perfluornonaanzuur
EtFOSA	N-ethyl perfluoroctaansulfonamide
EtFOSAA	perfluoroctaansulfonamide(N-ethyl)azijnzuur
HFPO-DA	2,3,3,3-tetra-fluor-2-(heptafluorpropoxy)propionzuur ("GenX")
HPFHpa	7H-dodecaanfluorheptaanzuur
H-PFUdA	2H,2H,3H,3H-perfluorundecaanzuur
I	Indirecte lozing
IenW	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
ILT	Inspectie Leefomgeving en Transport
L_PFBS	perfluorbutaansulfonzuur (lineair)
L_PFDS	perfluordecaansulfonzuur (lineair)
L_PFHpS	perfluorheptaansulfonzuur (lineair)
L_PFHxS	perfluorhexaansulfonzuur (lineair)
L_PFOS	perfluoroctaansulfonzuur (lineair)
L_PFPeS	perfluorpentaansulfonzuur (lineair)
MeFBSAA	perfluorbutaansulfonamide(N-methyl)acetaat
nb	niet beschikbaar; analyseresultaat is niet beschikbaar
NC1yPFC4asfA	N-methylperfluorbutaansulfonamide
ng/L	nanogram per liter
N-MeFOSAA	N-methylperfluoroctaansulfonamidoazijnzuur
NVWA	Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit
NVZ	Nederlandse Vereniging van Zeepfabrikanten
OECD	Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling
OO	Omgekeerde Osmose
PFAS	per- en polyfluoroalkylstoffen
PFBA	perfluorbutaanzuur
PFBS	perfluorbutaansulfonzuur
PFCA	<i>perfluoroalkyl carboxylic acid</i> ; perfluoroalkylcarbonzuur
PFDA	perfluordecaanzuur

PFD _o A	perfluordodecaanzuur
PFDS	perfluordecaansulfonzuur
PFHpA	perfluorheptaanzuur
PFHpS	perfluorheptaansulfonzuur
PFHxA	perfluorhexaanzuur
PFHxDA	perfluorhexadecaanzuur
PFNA	perfluornonaanzuur
PFOA	perfluorooctaanzuur
PFODA	perfluorooctadecaanzuur
PFOS	perfluorooctaansulfonzuur
PFOSA	perfluorooctaansulfonamide
PFPA	perfluorpentaanzuur
PFSA	<i>perfluoroalkyl sulfonic acid</i> ; perfluoralkylsulfonzuur
PFTeDA	perfluortetradecaanzuur
PFT _r DA	perfluortridecaanzuur
PFUnA	perfluorundecaanzuur
pZZS	potentieel Zeer Zorgwekkende Stof
rg	rapportagegrens
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RWS	Rijkswaterstaat
rwzi	rioolwaterzuiveringsinstallatie
S	Steekmonster
STOWA	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
SVM	Schuimvormend Middel
TZW	Technologiecentrum Water
V24H	Verzamelmonster over 24 uur
V48H	Verzamelmonster over 48 uur
V7D	Verzamelmonster over een week
WFSR	Wageningen Food and Safety Research
WVL	Water, Verkeer en Leefomgeving, landelijk organisatieonderdeel van Rijkswaterstaat

Bibliografie

- [1] Expertisecentrum PFAS, „Poly- en PerFluor Alkyl Stoffen (PFAS) - Kennisdocument over stofeigenschappen, gebruik, toxicologie, onderzoek en sanering van PFAS in grond en grondwater,” 20 juni 2018.
- [2] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), „Toward a new comprehensive global database of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs): summary report on updating the OECD 2007 list of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs),” 2018.
- [3] B. J. Henry, J. P. Carlin, J. A. Hammerschmidt, R. C. Buck, L. W. Buxton, H. Fiedler, J. Seed en O. Hernandez, „A Critical Review of the Application of Polymer of Low Concern and Regulatory Criteria to Fluoropolymers,” *Integr. Environ. Assess. Manag.*, vol. 14, pp. 316-334, 2018.
- [4] R. C. Buck, J. Franklin, U. Berger, J. M. Conder, I. T. Cousins, P. de Voogt, A. A. Jensen, K. Kannan, S. A. Mabury en S. P. van Leeuwen, „Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances in the Environment: Terminology, Classification, and Origins,” *Integr. Environ. Assess. Manag.*, vol. 7, pp. 513-541, 2011.
- [5] „Nederland kartrekker Europees PFAS-verbod,” Rijksoverheid, 19 december 2019. [Online]. Available: <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2019/12/19/nederland-kartrekker-europees-pfas-verbod>. [Geopend 15 mei 2020].
- [6] A. Kumar, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), „The Aquatic Toxicology of PFAS: What Has Been Learned from the Development of Water Quality Guidelines in Australia?,” in *SETAC North America Focused Topic Meeting - Environmental Risk Assessment of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS)*, Durham, North Carolina, VS, 12-15 augustus 2019.
- [7] T. Pancras, Arcadis, „PFAS in products and waste streams in the Netherlands - Interim Report Phase I,” 17 december 2019.
- [8] „Vormt PFAS een bedreiging voor de Nederlandse watercyclus?,” KWR Water Research Institute, [Online]. Available: <https://www.kwrwater.nl/projecten/vormt-pfas-een-bedreiging-voor-de-nederlandse-watercyclus/>. [Geopend 01 05 2020].
- [9] Organisation for Economic Cooperation and Development / United Nations Environment Programme, „Synthesis paper on per- and polyfluorinated chemicals (PFCs),” Parijs, 2013.
- [10] Rijkswaterstaat West Nederland Zuid (WNZ), „Resultaten meetprogramma - FRD en PFOA stoffen rondom Chemours te Dordrecht,” 13 juni 2017.
- [11] OVAM, „Onderzoek naar aanwezigheid van PFAS in grondwater, bodem en waterbodem ter hoogte van risicoactiviteiten in Vlaanderen,” 26 juni 2018.
- [12] „Watson-database,” Emissieregistratie, [Online]. Available: <http://emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/wsn/default.aspx>. [Geopend 26 mei 2020].
- [13] RIVM, „Estimation of emissions and exposures to PFOS used in industry - A PFOS use inventory in metal plating and fire fighting,” 2009.
- [14] Royal HaskoningDHV, „Inventory on the use of PFOS in the Netherlands,” 9 juli 2013.

- [15] R. H. Anderson, G. C. Long, R. C. Porter en J. K. Anderson, „Occurrence of select perfluoroalkyl substances at U.S. Air Force aqueous film-forming foam release sites other than fire-training areas: Field-validation of critical fate and transport properties,” *Chemosphere*, vol. 150, pp. 678-685, 2016.
- [16] X. Dauchy, V. Boiteux, C. Bach, C. Rosin en J.-F. Munoz, „Per- and polyfluoroalkyl substances in firefighting foam concentrates and water samples collected near sites impacted by the use of these foams,” *Chemosphere*, vol. 183, pp. 53-61, 2017.
- [17] Brandweer Nederland, „Handelingsperspectief schuimvormend middel,” 12 september 2018.
- [18] „Brandweer zet in op minder gebruik fluorhoudend blusschuim,” Brandweer Nederland, 2 september 2019. [Online]. Available: <https://www.brandweer.nl/brandweernederland/nieuws/2019/minder-fluorhoudend-blusschuim>. [Geopend 6 juli 2020].
- [19] Persoonlijke mededeling door M. Schouwstra, Ministerie I&W, 28 mei 2019.
- [20] „Capstone™ Repellents for Stone, Tile, and Concrete Applications,” Chemours, [Online]. Available: <https://www.chemours.com/en/brands-and-products/capstone/applications/stone-tile-concrete-repellent>. [Geopend 14 mei 2020].
- [21] O. Kulikov, „Novel Processing Aids for Extrusion of Polyethylene,” *Journal of Vinyl & Additive Technology*, vol. 11, pp. 127-131, 2005.
- [22] M. Clara, C. Scheffknecht, S. Scharf, S. Weiss en O. Gans, „Emissions of perfluorinated alkylated substances (PFAS) from point sources - identification of relevant branches,” *Water Science & Technology*, p. 59, 2008.
- [23] RPA in association with BRE Environment, „Perfluorooctane Sulphonate - Risk Reduction Strategy and Analysis of Advantages and Drawbacks,” augustus 2004.
- [24] RIKZ / Universiteit van Amsterdam, „Perfluoroalkylated substances - Aquatic environmental assessment,” 1 juli 2002.
- [25] COWI / Norwegian Environment Agency, „Investigation of Sources to PFBAS in the Environment,” 15 mei 2017.
- [26] S. M. Schrap, J. A. M. C. M. Pijnenburg, R. B. Geerdink - RIZA/RIKZ, „Geperfluoreerde verbindingen in Nederlands oppervlaktewater,” Lelystad, december 2004.
- [27] Nordic Council of Ministers, „Analysis of per- and polyfluorinated substances in articles,” 2015.
- [28] M. Kotthoff, J. Müller, H. Jüring, M. Schlummer en D. Fiedler, „Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in consumer products,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 22, p. 14546, 2015.
- [29] P. Favreau, C. Poncioni-Rothlisberger, B. J. Place, H. Bouchex-Bellomie, A. Weber, J. Tresp, J. A. Field en M. Kohler, „Multianalyte profiling of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in liquid commercial products,” *Chemosphere*, vol. 171, pp. 491-501, 2017.
- [30] „Capstone™ Fluorosurfactants and Coating Additives Applications,” Chemours, [Online]. Available: <https://www.chemours.com/en/brands-and-products/capstone/applications/fluorosurfactant-applications>. [Geopend 14 mei 2020].
- [31] Telefonische toelichting door C. Yu, Manager Scientific & Regulatory Affairs bij NVZ - Schoon | Hygiënisch | Duurzaam, 8 april 2020.

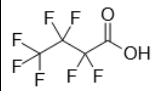
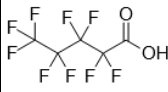



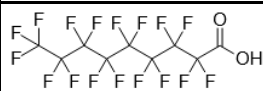





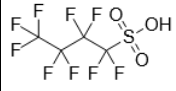

- [32] Outdoor Industry Association, „Durable Water and Soil Repellent Chemistry in the Textile Industry – A Research Report,” november 2012.
- [33] Greenpeace, „Chemistry for any weather - Greenpeace tests outdoor clothes for perfluorinated toxins,” 2012.
- [34] C. Gremmel en T. P. K. Tobias Frömel, „Systematic determination of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in outdoor jackets,” *Chemosphere*, vol. 160, p. 173, 2016.
- [35] J. Bečanová, L. Melymuk, Š. Vojta, K. Komprdová en J. Klánová, „Screening for perfluoroalkyl acids in consumer products, building materials and wastes,” *Chemosphere*, vol. 164, pp. 322-329, 2016.
- [36] RIVM, „Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in food contact material,” 2018.
- [37] E. Sinclair, S. K. Kim, H. B. Akinleye en K. Kannan, „Quantitation of Gas-Phase Perfluoroalkyl Surfactants and Fluorotelomer Alcohols Released from Nonstick Cookware and Microwave Popcorn Bags,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 41, pp. 1180-1185, 2007.
- [38] M. Schlummer, C. Sölch, T. Meisel, M. Still, L. Gruber en G. Wolz, „Emission of perfluoroalkyl carboxylic acids (PFCA) from heated surfaces made of polytetrafluoroethylene (PTFE) applied in food contact materials and consumer products,” *Chemosphere*, vol. 129, pp. 46-53, 2015.
- [39] R. Renner, „It’s in the microwave popcorn, not the Teflon pan,” *Environmental Science & Technology*, p. 4, 2006.
- [40] X. Trier, K. Granby en J. H. Christensen, „Polyfluorinated surfactants (PFS) in paper and board coatings for food packaging,” *Environ Sci Pollut Res*, vol. 18, p. 1108, 2011.
- [41] G. Yuan, H. Peng, C. Huang en J. Hu, „Ubiquitous Occurrence of Fluorotelomer Alcohols in Eco-Friendly Paper-Made Food-Contact Materials and Their Implication for Human Exposure,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 50, pp. 642-950, 2016.
- [42] Food Packaging Forum, „Dossier – Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs),” juli 2016.
- [43] L. A. Schaidler, S. A. Balan, A. Blum, D. Q. Andrews, M. J. Strynar, M. E. Dickinson, D. M. Lunderberg, J. R. Lang en G. F. Peaslee, „Fluorinated Compounds in U.S. Fast Food Packaging,” *Environmental Science & Technology Letters*, vol. 4, p. 105, 2017.
- [44] Inspectie Leefomgeving en Transport, „Afvallstromen van Chemours,” 2018.
- [45] Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, „Perfluorooctaansulfonzuur, stofgegevens,” [Online]. Available: <https://rvszoekstelsysteem.rivm.nl/stof/detail/1083>. [Geopend 27 mei 2020].
- [46] Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, „Perfluorooctaanzuur, stofgegevens,” [Online]. Available: <https://rvszoekstelsysteem.rivm.nl/stof/detail/1488>. [Geopend 27 mei 2020].
- [47] Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, „2,3,3,3-Tetrafluor-2-(Heptafluorpropoxy)Propaanzuur, stofgegevens,” [Online]. Available: <https://rvszoekstelsysteem.rivm.nl/stof/detail/5226>. [Geopend 27 mei 2020].
- [48] Meetgegevens uit het programma Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL) van Rijkswaterstaat.
- [49] Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, *Kamerbrief over aanpassing tijdelijk handelingskader PFAS*, 29 november 2019.




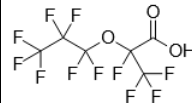
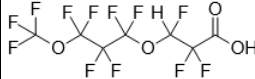
- [50] Telefonische mededeling door het afvalverwerkingsbedrijf, 30 oktober 2019.
- [51] Kenniscentrum InfoMil, „Afvalverbrandingsinstallaties, meetverplichting,” [Online]. Available: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/luchtwater/stookinstallaties/sitemap/meetverplichtingen/>. [Geopend 12 mei 2020].
- [52] K. Aleksandrov, H.-J. Gehrmann, M. Hauser, H. Mätzing, D. Pigeon, D. Stapf en M. Wexler, „Waste incineration of Polytetrafluoroethylene (PTFE) to evaluate potential formation of per- and Poly-Fluorinated Alkyl Substances (PFAS) in flue gas,” *Chemosphere*, vol. 226, pp. 898-906, 2019.
- [53] Inspectie Leefomgeving en Transport, „Vervolgonderzoek afvalstromen Chemours,” 26 augustus 2019.
- [54] M. J. de Kort, C. J. de Jong, J. E. E. Ng-A-Tham, J. K. Verhoeven, P. E. Boon en A. J. Verschoor, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, „Verspreiding van GenX-stoffen in het milieu,” 2019.
- [55] L. Osté (Deltares), I. van Tol (RWS), R. Berbee (RWS) en W. Altena (Deltares), „Advies voorlopig herverontreinigingsniveau (HVN) PFAS voor waterbodems,” 2019.

Bijlage 1. Analyse en stoffenpakketten



De afvalwatermonsters zijn geanalyseerd door Wageningen Food and Safety Research volgens de gevalideerde methode SOP-A-1114. Het stoffenpakket is gegeven in Tabel 20. De droge-stofmonsters zijn geanalyseerd door Eurofins Omegam op de stoffen in Tabel 21.





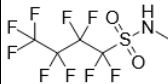
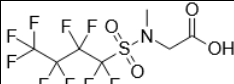


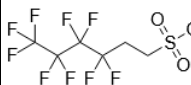



Tabel 20. PFAS-stoffenpakket voor afvalwater

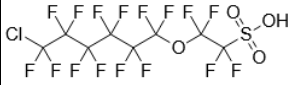
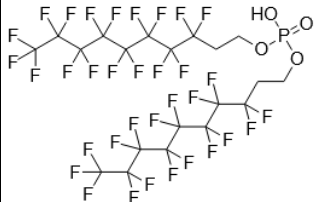
PFAS-component	Volledige naam	Type	CAS-nummer	rg (ng/L)	Chemische structuur
PFBA	Perfluorbutaanzuur	C4, PFAA	375-22-4	25	
PFPA	Perfluorpentaanzuur	C5, PFAA	2706-90-3	25	
PFHxA	Perfluorhexaanzuur	C6, PFAA	307-24-4	2	
PFHpA	Perfluorheptaanzuur	C7, PFAA	375-85-9	1	
PFOA	Perfluoroctaanzuur	C8, PFAA	335-67-1	1	
PFNA	Perfluornonaanzuur	C9, PFAA	375-95-1	1	
PFDA	Perfluordecaanzuur	C10, PFAA	335-76-2	1	
PFUnA	Perfluorundecaanzuur	C11, PFAA	2058-94-8	1	
PFDoA	Perfluordodecaanzuur	C12, PFAA	307-55-1	25	
PFTTrDA	Perfluortridecaanzuur	C13, PFAA	72629-94-8	25	
PFTeDA	Perfluortetradecaanzuur	C14, PFAA	376-06-7	25	
PFBS	Perfluorbutaan-sulfonzuur	C4, PFSA	375-73-5	1	
L_PFHxS	Perfluorhexaan-sulfonzuur (lineair)	C6, PFSA	355-46-4	1	

PFAS-component	Volledige naam	Type	CAS-nummer	rg (ng/L)	Chemische structuur
Br_PFHxS	Perfluorhexaan-sulfonzuur (vertakt)	C6, PFSA	-	1	
PFHpS	Perfluorheptaan-sulfonzuur	C7, PFSA	375-92-8	1	
L_PFOS	Perfluoroctaan-sulfonzuur (lineair)	C8, PFSA	1763-23-1	1	
Br_PFOS	Perfluoroctaan-sulfonzuur (vertakt)	C8, PFSA	-	1	
PFDS	Perfluordecaan-sulfonzuur	C10, PFSA	335-77-3	1	
HFPO-DA	2,3,3,3-tetra-fluor-2-(heptafluorpropoxy)-propionzuur ("GenX")		13252-13-6	1	
DONA	4,8-dioxa-3H-perfluornonaanzuur		919005-14-4	1	

Tabel 21. Stoffenpakket voor droge-stofmonsters.

PFAS-component	Volledige naam	Type	CAS-nummer	rg (µg/kg)	Chemische structuur
PFBA	Perfluorbutaan- zuur	C4, PFCA	375-22-4	0,100	Zie Tabel 20
PFPA	Perfluorpentaan- zuur	C5, PFCA	2706-90-3	0,100	Zie Tabel 20
PFHxA	Perfluorhexaan- zuur	C6, PFCA	307-24-4	0,100	Zie Tabel 20
PFHpA	Perfluorheptaan- zuur	C7, PFCA	375-85-9	0,100	Zie Tabel 20
PFOA	Perfluoroctaan- zuur	C8, PFCA	335-67-1	0,100	Zie Tabel 20
PFNA	Perfluornonaan- zuur	C9, PFCA	375-95-1	0,100	Zie Tabel 20
PFDA	Perfluordecaan- zuur	C10, PFCA	335-76-2	0,100	Zie Tabel 20
PFUnA	Perfluorundecaan- zuur	C11, PFCA	2058-94-8	0,100	Zie Tabel 20
PFDoA	Perfluordodecaan- zuur	C12, PFCA	307-55-1	0,100	Zie Tabel 20
PFTTrDA	Perfluortridecaan- zuur	C13, PFCA	72629-94-8	0,100	Zie Tabel 20
PFTeDA	Perfluortetradecaan- zuur	C14, PFCA	376-06-7	0,100	Zie Tabel 20
PFHxDA	Perfluorhexadecaan- zuur	C16, PFCA	67905-19-5	0,100	
PFODA	Perfluoroctadecaan- zuur	C18, PFCA	16517-11-6	0,100	

PFAS-component	Volledige naam	Type	CAS-nummer	rg (µg/kg)	Chemische structuur
HPFHpA	7H-dodecaanfluor-heptaanzuur	C7, PFCA	1546-95-8	0,400	
8:2 FTUCA	cis-hexadecafluor-2-deceenzuur	C8+2, PFCA	70887-84-2	0,400	
H-PFUdA	2H,2H,3H,3H-perfluorundecaanzuur	C8+3, PFCA	34598-33-9	0,400	
L_PFBs	Perfluorbutaan-sulfonzuur (lineair)	C4, PFSA	375-73-5	0,100	Zie Tabel 20
L_PFPeS	Perfluorpentaa-sulfonzuur (lineair)	C5, PFSA	2706-91-4	0,100	
L_PFHxS	Perfluorhexaa-sulfonzuur (lineair)	C6, PFSA	355-46-4	0,100	Zie Tabel 20
L_PFHpS	Perfluorheptaa-sulfonzuur (lineair)	C7, PFSA	375-92-8	0,100	Zie Tabel 20
PFOS	Perfluorocaa-sulfonzuur	C8, PFSA	1763-23-1	0,100	Zie Tabel 20
L_PFDS	Perfluordecaan-sulfonzuur	C10, PFSA	335-77-3	0,100	Zie Tabel 20
NC1yPFC4asfA	N-methylperfluorbutaan-sulfonamide	C4	68298-12-4	0,400	
MeFBSAA	Perfluorbutaansulfonyl-amide(N-methyl)-azijnzuur	C4	159381-10-9	0,100	
EtFOSA	N-ethylperfluorocaa-sulfonamide	C8	4151-50-2	0,100	
EtFOSAA	Perfluorocaa-sulfonyl-amide(N-ethyl)-azijnzuur	C8	2991-50-6	0,100	
4:2 FTS	2-(perfluorbutyl)-ethaan-1-sulfonzuur	C4+2	757124-72-4	0,100	
6:2 FTS	2-(perfluorhexyl)-ethaan-1-sulfonzuur	C6+2	27619-97-2	0,100	
8:2 FTS	2-(perfluorocetyl)-ethaan-1-sulfonzuur	C8+2	39108-34-4	0,100	
10:2 FTS	2-(perfluordecyl)-ethaan-1-sulfonzuur	C10+2	120226-60-0	0,100	

PFAS-component	Volledige naam	Type	CAS-nummer	rg (µg/kg)	Chemische structuur
HFPO-DA	2,3,3,3-tetra-fluor-2-(heptafluorpropoxy)-propionzuur ("GenX")		13252-13-6	0,100	Zie Tabel 20
ADONA (ammonium-zout van DONA)	Ammonium 4,8-dioxa-3H-perfluomonanoaat		958445-44-8	0,100	Zie Tabel 20
9Cl-PF3ONS	2-[(6-chloor-1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6-dodecafluorhexyl)oxy]-1,1,2,2-tetrafluor-ethaansulfonzuur		756426-58-1	0,100	
8:2 diPAP	8:2 polyfluoralkyl-fosfaatdiëster	2x C8+2	678-41-1	0,100	

Bijlage 2. Vrachtberekeningen

Toelichting bij de berekeningen

Hieronder worden de indicatieve jaarvrachten berekend van de bemonsterde bedrijven. Er wordt in deze berekeningen van uitgegaan dat de PFAS-concentraties in het monster representatief zijn voor de lozingen over het gehele jaar. Dit hoeft niet het geval te zijn. Daarom kunnen we slechts spreken over *indicatieve* jaarvrachten.

Om deze indicatieve jaarvrachten te berekenen op basis van uurdebieten, is ervanuit gegaan dat bedrijven volcontinu in bedrijf zijn en gemiddeld 8.000 uur per jaar lozen. Voor bedrijven waarvan een dagdebiet beschikbaar is, is uitgegaan van 333 lozingsdagen per jaar; dit komt overeen 8.000 lozingsuren per jaar ($8.000 / 24 = 333$). Omdat dagdebieten door het jaar heen sterk kunnen variëren, is de berekende vracht mogelijk hoger dan in de werkelijkheid. Dat kan ook het geval zijn wanneer een bedrijf slechts vijf van de zeven werkdagen actief is. Bij bedrijven waarvoor een jaardebiet van 2018 of 2019 beschikbaar was, is dit gebruikt.

Voor bedrijven waarvan het debiet afhankelijk is van de hoeveelheid hemelwater, zijn geen vrachtberekeningen uitgevoerd. Dit geldt ook voor de bedrijven waarvan het debiet onbekend is.

De indicatieve jaarvrachten zijn berekend door het jaardebiet (indien beschikbaar) te vermenigvuldigen met de PFAS-concentraties uit het monster. De indicatieve vrachten zijn weergegeven in grammen per jaar. Om het geheel overzichtelijk te maken, is een kleurencodering gehanteerd, gebaseerd op de indicatieve jaarvracht:

kleurencodering:	0-1 g/jaar	1-10 g/jaar	10-100 g/jaar	>100 g/jaar
------------------	------------	-------------	---------------	-------------

Een grijze kleur geeft aan dat de indicatieve jaarvracht niet berekend kon worden door een onbekend debiet. Dit betekent niet dat de indicatieve jaarvracht 0 is.

Afvalbranche

Tabel 22. Berekening jaardebieten afvalverwerkers.

Lozer	Opgegeven debiet	(Berekend) jaardebiet
Afvalverwerker 1	hemelwaterafhankelijk	onbekend
Afvalverwerker 2	hemelwaterafhankelijk	onbekend
Afvalverwerker 3	gemiddeld 19 m ³ /uur	152.000 m ³ /jaar
Afvalverwerker 4	gemiddeld 15 m ³ /uur	120.000 m ³ /jaar

Tabel 23. Indicatieve jaarvrachten in de afvalbranche (g/jaar). "<rg" geeft aan dat de PFAS-concentratie in het monster onder de rapportagegrens ligt. "nb" houdt in dat de jaarvracht niet berekend kon worden door een onbekend debiet.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUdA	PFDoA	PFTfDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOs	Br_PFOs	PFDS	HFPO-DA	DONA
afvalverwerker 1	<rg	<rg	nb	nb	nb	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	nb	nb	nb	nb	nb	nb	<rg	<rg	<rg	<rg
afvalverwerker 2	<rg	nb	nb	nb	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	nb	nb	<rg	<rg	nb	nb	<rg	<rg	<rg	<rg
afvalverwerker 3	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	0,167	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
afvalverwerker 4	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg

Afvalwaterverwerking

Voor de rwzi's zijn gegevens van de afgelopen jaren beschikbaar en is een gemiddeld jaardebiet over 2014 – 2018 gebruikt.

Tabel 24. Berekening jaardebieten van afvalwaterverwerkers.

Lozer	Opgegeven debiet	(Berekend) jaardebiet
Rwzi 1	37.741.314 m ³ /jaar	37.741.314 m ³ /jaar
Rwzi 2	2.430.285 m ³ /jaar	2.430.285 m ³ /jaar
Rwzi 3	14.156.733 m ³ /jaar	14.156.733 m ³ /jaar
Rwzi 4	4.015.219 m ³ /jaar	4.015.219 m ³ /jaar
Awzi 1	1.866 m ³ /dag (op de dag van bemonsteren)	621.378 m ³ /jaar
Awzi 2	gemiddeld 200 m ³ /uur ⁵	1.600.000 m ³ /jaar
Awzi 3	3.341.724 m ³ /jaar (2018) ⁶	3.341.724 m ³ /jaar
Afvalstroom OO	gemiddeld 200 m ³ /uur ⁵	1.600.000 m ³ /jaar

Tabel 25. Indicatieve jaarvrachten in de afvalwaterbranche (g/jaar). "<rg" geeft aan dat de PFAS-concentratie in het monster onder de rapportagegrens ligt.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUNA	PFDoA	PFTtDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DONA
rwzi 1	<rg	1208	1849	351	679	41,5	60,4	<rg	<rg	<rg	<rg	1736	528	37,7	<rg	755	332	<rg	117	<rg
rwzi 2	<rg	<rg	26,7	9,96	21,6	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	43,7	<rg	<rg	<rg	4,13	2,92	<rg	2,43	<rg
rwzi 3	<rg	1840	4247	198	297	17,0	19,8	<rg	<rg	<rg	<rg	297	28,3	<rg	<rg	72,2	41,1	<rg	<rg	<rg
rwzi 4	<rg	<rg	289	56,2	56,2	8,43	22,9	<rg	<rg	<rg	<rg	10,0	<rg	<rg	<rg	8,83	4,82	<rg	<rg	<rg
awzi 1	<rg	<rg	26,1	15,5	15,5	28,6	6,03	<rg	<rg	<rg	<rg	2,92	0,932	<rg	<rg	34,2	13,0	<rg	<rg	<rg
awzi 2	<rg	154	480	134	352	3,84	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	1200	624	176	150	1152	1024	<rg	9,28	<rg
awzi 3	<rg	<rg	11,7	4,01	76,9	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	24,4	10,4	<rg	<rg	4,68	3,68	<rg	<rg	<rg
afvalstroom OO	160	240	224	94,4	80,0	10,6	4,32	<rg	<rg	<rg	<rg	75,2	20,8	6,24	1,76	25,6	12,3	<rg	60,8	<rg

Blusschuim

Omdat voor blusschuim alleen het pure schuimvormende middel is gemeten en niet het verdunde blusschuim dat gebruikt wordt om te blussen, zijn er hiervoor geen vrachtberekeningen gedaan.

Grondverwerking, -verzet en -stort

Tabel 26. Berekening jaardebieten van stortplaatsen en grondverwerkers.

Lozer	Opgegeven debiet	(Berekend) jaardebiet
Stortplaats 1	gemiddeld 221 m ³ /dag	73.593 m ³ /jaar
Stortplaats 2	459.000 m ³ /jaar (2019)	459.000 m ³ /jaar
Bodemsanering 1	hemelwaterafhankelijk	onbekend
Groot grondverzet 1	hemelwaterafhankelijk	onbekend

Tabel 27. Indicatieve jaarvrachten van stortplaatsen en grondverwerkers (g/jaar). "<rg" geeft aan dat de PFAS-concentratie in het monster onder de rapportagegrens ligt. "nb" betekent dat de jaarvracht niet berekend kon worden door een onbekend debiet.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUNA	PFDoA	PFTtDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DONA
stortplaats 1	132	118	162	57,4	103	3,61	0,883	<rg	<rg	<rg	<rg	1177	39,7	11,8	3,75	14,0	11,0	<rg	13,2	<rg
stortplaats 2	252	179	207	87,2	330	5,97	1,15	<rg	<rg	<rg	<rg	335	73,4	26,6	4,50	50,5	28,0	<rg	29,8	<rg
bodemsanering 1	<rg	<rg	nb	<rg	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
groot grondverzet	<rg	<rg	nb	<rg	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	nb	<rg	<rg	<rg	nb	<rg	<rg	<rg	<rg

⁵ Debiet gebaseerd op historische data uit de Prioritaire Stoffen Tool.

⁶ Dit bedrijf loost zowel direct als indirect; het opgegeven debiet is de combinatie van deze twee stromen.

Industriële toepassingen

Betonindustrie

Tabel 28. Berekening jaardebieten van bedrijven in de betonindustrie.

Lozer	Opgegeven debiet	(Berekend) jaardebiet
Beton 1	5 m ³ /dag (op de dag van bemonsteren)	1.665 m ³ /jaar
Beton 2	30 m ³ /dag (op de dag van bemonsteren)	9.990 m ³ /jaar
Beton 3	80 m ³ /dag (op de dag van bemonsteren)	26.640 m ³ /jaar
Beton 4	50 m ³ /dag (op de dag van bemonsteren)	16.650 m ³ /jaar
Beton 5	hemelwaterafhankelijk	onbekend
Beton 6	50 m ³ /dag (op de dag van bemonsteren)	16.650 m ³ /jaar

Tabel 29. Indicatieve jaarvrachten van bedrijven in de betonindustrie (g/jaar). "<rg" geeft aan dat de PFAS-concentratie in het monster onder de rapportagegrens ligt.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUdA	PFDoA	PFTtDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOs	PFDS	HFPO-DA	DOHA
beton 1	<rg	<rg	<rg	<rg	0,00128	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
beton 2	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	0,0110	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
beton 3	<rg	<rg	<rg	<rg	0,0906	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	0,0266	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
beton 4	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
beton 5	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
beton 6	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	0,0300	<rg	<rg	<rg	0,0183	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg

Kunstvezelproductie

Tabel 30. Berekening jaardebieten van kunstvezelproducenten.

Lozer	Opgegeven debiet	(Berekend) jaardebiet
Kunstvezel 1	932.800 m ³ /jaar (2018)	932.800 m ³ /jaar
Kunstvezel 2	onbekend	onbekend

Tabel 31. Indicatieve jaarvrachten van kunstvezelproducenten (g/jaar). "<rg" geeft aan dat de PFAS-concentratie in het monster onder de rapportagegrens ligt. "nb" betekent dat de jaarvracht niet berekend kon worden door een onbekend debiet.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUdA	PFDoA	PFTtDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOs	PFDS	HFPO-DA	DOHA
kunstvezel	<rg	<rg	3,45	1,21	18,7	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	1,59	3,73	<rg	<rg	1,49	1,12	<rg	<rg	<rg
kunstvezel	<rg	<rg	nb	nb	nb	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	nb	nb	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg

Metaalindustrie

Tabel 32. Berekening jaardebieten van bedrijven in de metaalindustrie.

Lozer	Opgegeven debiet	(Berekend) jaardebiet
Metaal 1	48 m ³ /dag (op de dag van bemonsteren)	15.984 m ³ /jaar
Metaal 2	gemiddeld 250 m ³ /uur	2.000.000 m ³ /jaar
Metaal 3	48 m ³ /uur	384.000 m ³ /jaar
Metaal 4	174 m ³ /dag	57.942 m ³ /jaar
Metaal 5	190 m ³ /dag	63.270 m ³ /jaar
Metaal 6	185 m ³ /dag	61.605 m ³ /jaar
Metaal 7	248 m ³ /dag	82.584 m ³ /jaar

Tabel 33. Indicatieve jaarvrachten van bedrijven in de metaalindustrie (g/jaar). "<rg" geeft aan dat de PFAS-concentratie in het monster onder de rapportagegrens ligt.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFTriDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOs	PFDS	HFPO-DA	DNVA
metaal 1	<rg	<rg	<rg	<rg	0,0208	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	0,0336	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
metaal 2	<rg	<rg	4,20	<rg	2,00	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	6,80	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
metaal 3	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	1,00	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
metaal 4	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	0,411	0,168	<rg	<rg	<rg
metaal 5	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
metaal 6	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	2,28	1,05	<rg	<rg	<rg
metaal 7	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg

Papierindustrie

Tabel 34. Berekening jaardebieten van bedrijven in de papierindustrie.

Lozer	Opgegeven debiet	(Berekend) jaardebiet
Papier 1	9.976 m ³ /dag (op de dag van bemonsteren)	3.322.008 m ³ /jaar
Papier 2	15.174 m ³ /dag (op de dag van bemonsteren)	5.052.942 m ³ /jaar
Papier 3	9.005 m ³ /dag	2.998.665 m ³ /jaar
Papier 4	309.797 m ³ /jaar (2018) ⁷	309.797 m ³ /jaar

Tabel 35. Indicatieve jaarvrachten van bedrijven in de papierindustrie (g/jaar). "<rg" geeft aan dat de PFAS-concentratie in het monster onder de rapportagegrens ligt.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFTriDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOs	PFDS	HFPO-DA	DNVA
papier 1	<rg	1262	764	120	332	19,9	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	193	16,3	<rg	<rg	28,5	29,9	<rg	<rg	<rg
papier 2	<rg	960	475	177	465	359	96,0	<rg	<rg	<rg	<rg	91,0	12,1	<rg	6,57	556	318	<rg	23,7	<rg
papier 3	<rg	<rg	7,80	<rg	7,20	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	16,8	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
papier 4	<rg	<rg	30,1	16,4	40,3	3,41	0,558	<rg	<rg	<rg	<rg	12,1	1,21	<rg	<rg	5,89	7,13	<rg	<rg	<rg

Industrieel overig

Tabel 36. Berekening jaardebieten van overige industriële bedrijven.

Lozer	Opgegeven debiet	(Berekend) jaardebiet
Kabelproducent 1	12.945 m ³ /jaar (2018)	12.945 m ³ /jaar
Bandenproducent 1	50 m ³ /dag (op de dag van bemonsteren)	16.650 m ³ /jaar

Tabel 37. Indicatieve jaarvrachten van overige industriële toepassingen (g/jaar). "<rg" geeft aan dat de PFAS-concentratie in het monster onder de rapportagegrens ligt.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFTriDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOs	PFDS	HFPO-DA	DNVA
kabelproducent 1	<rg	<rg	<rg	<rg	0,0168	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
bandenproducent 1	<rg	<rg	0,233	0,100	0,250	0,0316	0,0167	<rg	<rg	<rg	<rg	0,100	0,115	0,0366	<rg	0,122	0,0533	<rg	<rg	<rg

Schoonmaak- en onderhoudsmiddelen

Tabel 38. Berekening jaardebieten van producenten van was- en schoonmaakmiddelen.

Lozer	Opgegeven debiet	(Berekend) jaardebiet
Schoonmaak 1	onbekend	onbekend
Schoonmaak 2	onbekend	onbekend

⁷ Dit bedrijf loost zowel direct als indirect; het opgegeven debiet is de combinatie van deze twee stromen.

Tabel 39. Indicatieve jaarvrachten van producenten van was- en schoonmaakmiddelen (g/jaar). "<rg" geeft aan dat de PFAS-concentratie in het monster onder de rapportagegrens ligt. "nb" betekent dat de jaarvracht niet berekend kon worden door een onbekend debiet.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFTtDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DONA
schoonmaak 1	nb	nb	nb	nb	nb	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	nb	nb	nb	<rg	nb	nb	<rg	<rg	<rg	<rg
schoonmaak 2	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb

Tabel 40. Berekening jaardebieten van een carwash en afstromend wegwater.

Lozer	Opgegeven debiet	(Berekend) jaardebiet
Carwash 1	onbekend	onbekend
Wegwater 1	n.v.t.	onbekend
Wegwater 2	n.v.t.	onbekend
Wegwater 3	n.v.t.	onbekend

Tabel 41. Indicatieve jaarvrachten van een carwash en afstromend wegwater (g/jaar). "<rg" geeft aan dat de PFAS-concentratie in het monster onder de rapportagegrens ligt. "nb" betekent dat de jaarvracht niet berekend kon worden door een onbekend debiet.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFTtDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DONA
carwash 1	<rg	<rg	nb	nb	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	nb	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
wegwater 1	<rg	<rg	<rg	nb	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
wegwater 2	<rg	<rg	<rg	<rg	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
wegwater 3	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg

Textiel

Tabel 42. Berekening jaardebieten van bedrijven in de textielbranche.

Lozer	Opgegeven debiet	(Berekend) jaardebiet
Textiel 1	onbekend	onbekend
Stomerij 1	onbekend	onbekend

Tabel 43. Indicatieve jaarvrachten van bedrijven in de textielbranche (g/jaar). "<rg" geeft aan dat de PFAS-concentratie in het monster onder de rapportagegrens ligt. "nb" betekent dat de jaarvracht niet berekend kon worden door een onbekend debiet.

lozer	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFTtDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DONA
textiel 1	<rg	nb	nb	nb	nb	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	nb	<rg	<rg	<rg	nb	nb	<rg	<rg	<rg	<rg
stomerij 1	<rg	<rg	nb	nb	nb	nb	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	nb	nb	<rg	nb	<rg	<rg

Voedselgerelateerde producten

Voor de voedselgerelateerde producten zijn alleen extractie-experimenten met anti-aanbakpannen uitgevoerd. Daarom zijn hier geen vrachtberekeningen voor uitgevoerd.

Overig

Tabel 44. Berekening jaardebieten van overige lozingen.

Lozer	Opgegeven debiet	(Berekend) jaardebiet
Actief-koolproducent 1	gemiddeld 14 m ³ /dag	4.662 m ³ /jaar
Tankreiniging 1 aw	onbekend	onbekend
Regenmonster 1	n.v.t.	onbekend
Regenmonster 2	n.v.t.	onbekend

Tabel 45. Indicatieve jaarvrachten van overige monsters (g/jaar). "<rg" geeft aan dat de PFAS-concentratie in het monster onder de rapportagegrens ligt. "nb" betekent dat de jaarvracht niet berekend kon worden door een onbekend debiet.

monster	PFBA	PFPA	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFTtDA	PFTeDA	PFBS	PFHxS	Br_PFHxS	PFHpS	PFOS	Br_PFOS	PFDS	HFPO-DA	DONA	
actief-koolproducent 1	<rg	0,191	0,0177	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	0,0979	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg
tankcleaning 1 aw	nb	<rg	nb	nb	nb	<rg	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	nb	nb	<rg	nb	nb	nb	<rg	nb	<rg	<rg
regenmonster 1	nb	<rg	nb	nb	nb	<rg	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	nb	<rg	<rg	<rg	<rg
regenmonster 2	nb	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	<rg	nb	<rg	<rg	<rg	<rg

Bijlage 3. Resultaten AOF-analyses

TZW heeft 21 van de afvalwatermonsters geanalyseerd op AOF. De rapportagegrens voor deze analyses is 5 µg/L (5000 ng/L). De resultaten van de metingen zijn weergegeven in Tabel 46.

Tabel 46. Resultaten van de AOF-analyses (µg/L). “< rg” geeft aan dat de waarde onder de rapportagegrens van 5 µg/L ligt.

lozer	AOF (µg/L)
rwzi 1	< rg
rwzi 2	< rg
rwzi 3	< rg
rwzi 4	< rg
awzi 1	< rg
awzi 2	5,0
awzi 3	< rg
afvalstroom OO	< rg
stortplaats 1	9,4
stortplaats 2	< rg
kunstvezel 1	< rg
kunstvezel 2	< rg
metaal 6	< rg
papier 2	< rg
papier 3	< rg
papier 4	< rg
schoonmaak 1	< rg
schoonmaak 2	< rg
textiel 1	< rg
actief-koolproducent 1	< rg
tankcleaning 1 aw	21

Een vergelijking tussen de resultaten van de doelstofanalyse en de AOF-meting kan gemaakt worden door het fluoraandeel per PFAS-component in de doelstofanalyse te berekenen met de formule

$$C_F = \frac{n \cdot M_F}{M_{PFAS}} \cdot C_{PFAS}$$

waarin C_F de concentratie fluor is, n het aantal fluoratomen in het PFAS-molecuul, M_F de atoommassa van fluor (19,00 u), M_{PFAS} het molecuulgewicht van de betreffende PFAS-component en C_{PFAS} de concentratie van de betreffende PFAS-component. Voor de PFAS-componenten in de doelstofanalyse zijn deze gegevens weergegeven in Tabel 47.

Ter illustratie: PFBA ($C_4HF_7O_2$) heeft 7 fluoratomen en $n \cdot M_F$ is daarmee gelijk aan $7 \cdot 19,00 = 133,0$. Het molecuulgewicht van PFBA is 214,0 g/mol. Voor een monster met 25,0 ng/L PFBS is C_F dan gelijk aan $(133,0 / 214,0) \cdot 25,0 = 15,5$ ng/L. Door deze berekening voor iedere gemeten PFAS-component uit te voeren en de uitkomsten op te tellen, wordt de totale fluorconcentratie van de gemeten componenten verkregen. Deze waarde kan worden vergeleken met het resultaat van de AOF-analyse.

Voor de drie monsters met een waarde boven de rapportagegrens in de AOF-analyse is de fluorconcentratie uit de doelstofanalyse berekend (Tabel 48, Tabel 49 en Tabel 50).

Tabel 47. Molecuulformules, molecuulmassa's en fluormassa's van de PFAS-componenten in de doelstofanalyse.

PFAS-component	Molecuulformule	M _{PFAS} (g/mol)	n · M _F (g/mol)
PFBA	C ₄ HF ₇ O ₂	214,0	133,0
PFPA	C ₅ HF ₉ O ₂	264,0	171,0
PFHxA	C ₆ HF ₁₁ O ₂	314,1	209,0
PFHpA	C ₇ HF ₁₃ O ₂	364,1	247,0
PFOA	C ₈ HF ₁₅ O ₂	414,1	285,0
PFNA	C ₉ HF ₁₇ O ₂	464,1	323,0
PFDA	C ₁₀ HF ₁₉ O ₂	514,1	361,0
PFUnA	C ₁₁ HF ₂₁ O ₂	564,1	399,0
PFDoA	C ₁₂ HF ₂₃ O ₂	614,1	437,0
PFTTrDA	C ₁₃ HF ₂₅ O ₂	664,1	475,0
PFTeDA	C ₁₄ HF ₂₇ O ₂	714,1	513,0
PFBS	C ₄ HF ₉ O ₃ S	300,1	171,0
PFHxS	C ₆ HF ₁₃ O ₃ S	400,1	247,0
Br_PFHxS	C ₆ HF ₁₃ O ₃ S	400,1	247,0
PFHpS	C ₇ HF ₁₅ O ₃ S	450,1	285,0
PFOS	C ₈ HF ₁₇ O ₃ S	500,1	323,0
Br_PFOS	C ₈ HF ₁₇ O ₃ S	500,1	323,0
PFDS	C ₁₀ HF ₂₁ O ₃ S	600,1	399,0
GenX	C ₆ HF ₁₁ O ₃	330,1	209,0
DONA	C ₇ H ₂ F ₁₂ O ₄	378,1	228,0

Tabel 48. Berekening fluorconcentraties voor a wzi 2.

PFAS-component	concentratie (ng/L)	C _F = (nM _F /M _{PFAS})*C _{PFAS} (ng/L)
PFBA	25,0	15,5
PFPA	96,0	62,2
PFHxA	300	200
PFHpA	84,0	57,0
PFOA	220	151
PFNA	2,40	1,67
PFDA	1,00	0,702
PFUnA	1,00	0,707
PFDoA	25,0	17,8
PFTTrDA	25,0	17,9
PFTeDA	25,0	18,0
PFBS	750	427
L_PFHxS	390	241
Br_PFHxS	110	67,9
PFHpS	94,0	59,5
L_PFOS	720	465
Br_PFOS	640	413
PFDS	1,00	0,665
HFPO-DA	5,80	3,67
DONA	1,00	0,603
Som C_F		2221
AOF		2,22 µg/L
		5,0 µg/L

Tabel 49. Berekening fluorconcentraties voor stortplaats 1.

PFAS- component	concentratie (ng/L)	$C_F = (nM_F/M_{PFCS}) * C_{PFCS}$ (ng/L)
PFBA	1800	1118
PFPA	1600	1036
PFHxA	2200	1464
PFHpA	780	529
PFOA	1400	964
PFNA	49,0	34,1
PFDA	12,0	8,43
PFUnA	1,00	0,707
PFDoA	25,0	17,8
PFTTrDA	25,0	17,9
PFTeDA	25,0	18,0
PFBS	16000	9116
PFHxS	540	333
Br_PFHxS	160	98,8
PFHpS	51,0	32,3
PFOS	190	123
Br_PFOS	150	96,9
PFDS	1,00	0,665
HFPO-DA	180	114
DONA	1,00	0,603
Som C_F		15123
AOF		15,1 $\mu\text{g/L}$

Tabel 50. Berekening fluorconcentraties voor tankcleaning 1 a.w.

PFAS- component	concentratie (ng/L)	$C_F = (nM_F/M_{PFCS}) * C_{PFCS}$ (ng/L)
PFBA	950	590
PFPA	100	64,8
PFHxA	550	366
PFHpA	360	244
PFOA	63,0	43,4
PFNA	4,00	2,78
PFDA	4,20	2,95
PFUnA	10,0	7,07
PFDoA	25,0	17,8
PFTTrDA	25,0	17,9
PFTeDA	25,0	18,0
PFBS	3,60	2,05
PFHxS	2,60	1,60
Br_PFHxS	1,00	0,617
PFHpS	4,60	2,91
PFOS	510	329
Br_PFOS	410	265
PFDS	1,00	0,665
GenX	18,0	11,4
DONA	1,00	0,603
Som C_F		1989
AOF		1,99 $\mu\text{g/L}$