Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

T 030 274 91 11
F 030 274 29 71
info@rivm.nl

Analyse bijdrage drinkwater en voedsel aan blootstelling EFSA-4 PFAS in Nederland en advies drinkwaterrichtwaarde

Aanvrager	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Projectnr. RIVM	M/270071
Datum rapportage	03-05-2021
Auteur(s)	Monique van der Aa, Julia Hartmann, Jan Dirk te Biesebeek
Status	Definitief

Samenvatting
De Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA; European Food Safety Authority) heeft een gezondheidskundige grenswaarde, een zogenoemde Tolereerbare Wekelijkse Inname (TWI), gepubliceerd voor vier perfluoralkyl-stoffen (PFAS), namelijk perfluoroctaansulfonzuur (PFOS), perfluoroctaanzuur (PFOA), perfluornonaanzuur (PFNA) en Perfluorhexaansulfonzuur (PFHxS). Deze bedraagt 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week. In dit advies doet het RIVM een voorstel voor een drinkwaterrichtwaarde voor deze 4 PFAS (de EFSA-4). Met de standaard berekeningsmethode uitgaande van een lichaamsgewicht van 70 kg, een consumptie van 2 liter water per dag en een bijdrage van drinkwater aan de opvulling van de gezondheidskundige grenswaarde van 20%, resulteert dit in een drinkwaterrichtwaarde van 4,4 ng/L PFOA-equivalenten (PEQ). Hierbij wordt gebruik gemaakt van de zogenoemde relatieve potentie factoren (RPF's) voor PFAS. Deze aanpak is gebaseerd op kennis over de relatieve toxiciteit van verschillende PFAS ten opzichte van PFOA. Hierdoor kan rekening gehouden worden met de aanname dat ook andere PFAS dan de EFSA-4 bijdragen aan de toxiciteit en met de verwachting dat de mate van giftigheid verschilt tussen PFAS.

Naast een voorstel voor een drinkwaterrichtwaarde voor de EFSA-4 geeft dit advies een indicatieve duiding van de totale blootstelling aan de EFSA-4 vanuit drinkwater en voedsel in Nederland. Op basis van recente gegevens, levert PFOA de grootste bijdrage in drinkwater, gevolgd door PFOS. PFNA en PHFxS worden in drinkwater nauwelijks aangetroffen boven de rapportagegrenzen en leveren naar verwachting dan ook een kleine bijdrage.

De mate waarin drinkwater bijdraagt (procent) aan de totale inname van de EFSA-4 via voedsel en drinkwater is sterk afhankelijk van het type innamewater gebruikt voor de productie van drinkwater. Ook de omgang met metingen onder de detectielimiet (LOD) of kwantificatielimiet (LOQ) heeft invloed. Drinkwater geproduceerd uit

grondwater levert, als de concentratie van niet-aangetoonde[1] PFAS op 0 ng/L wordt gesteld, een geschatte bijdrage van 3% aan de EFSA TWI uitgaande van een mediane, tot 4%, bij een hoge EFSA-4 sominname via voedsel en drinkwater. Voor drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater is de bijdrage respectievelijk 30 tot 37% van de EFSA TWI. Dit laatste is een grotere bijdrage aan de opvulling van de EFSA TWI dan de op de WHO richtlijnen gebaseerde 20%.

Dit advies laat zien dat de totale wekelijkse sominname van de EFSA-4 via voedsel én drinkwater in Nederland hoger ligt dan de door EFSA afgeleide grenswaarde. De bijdrage vanuit voedsel, hoewel indicatief, is groter dan vanuit drinkwater. Een overschrijding van de EFSA TWI is onwenselijk. Bij een overschrijding kunnen nadelige effecten van PFAS niet uitgesloten worden, waarbij effecten op het immuunsysteem als eerste worden verwacht. De in deze notitie berekende wekelijkse sominname van de EFSA-4 moet als indicatief worden beschouwd, omdat deze mede gebaseerd is op gemeten concentraties in voedsel uit 2009. Voor een betere schatting van de actuele inname zijn up-to-date metingen van PFAS in voedselproducten nodig. Voor een volledig beeld van de blootstelling van mensen aan PFAS is het ook nodig om de blootstelling vanuit andere blootstellingsbronnen, zoals consumentenproducten en lucht, mee te nemen. Een overzicht van de blootstellingsbronnen is behulpzaam bij het uitwerken van een effectief handelingsperspectief om de totale blootstelling aan PFAS proportioneel en doelmatig terug te dringen.

[1] Niet aangetoond = < LOQ, behalve voor twee van de tien drinkwaterbedrijven waarbij niet aangetoond = < LOD, zie paragraaf 4.2.

Inhoud

1. Inleiding 4
1.1 Aanleiding en doel van dit advies 4
1.2 Relatie met andere adviezen 4
1.3 Huidige drinkwaterrichtwaarden voor PFAS in Nederland 5
2. Vertaling EFSA-opinie naar drinkwaterrichtwaarde 6
2.1 Korte achtergrond van de gezondheidskundige grenswaarde voor de EFSA-4 6
2.2 Toepassing EFSA gezondheidskundige grenswaarde op andere PFAS 6
2.3 Afleiding drinkwaterrichtwaarde 8
3. Meetgegevens voor de innameberekeningen 9
3.1 Meetgegevens drinkwater 9
3.2 Meetgegevens voedselconsumptie 10
4. Methode innameberekeningen 11
4.1 Omgang met LOD en LOQ 11
4.2 Koppeling tussen consumptie- en concentratiegegevens 11
4.3 Gebruikt model voor berekening van de inname 12
5. Resultaten innameberekeningen 13
5.1 Inname EFSA-4 via voedsel en drinkwater 13
5.2 Aandeel drinkwater aan totale EFSA-4 inname 15
6. Discussie 17
6.1 Gebruikte gegevens Voedsel Consumptie Peiling 17
6.2 Bijdrage drinkwater 17
6.3 Invloed detectielimiet (LOD) en kwantificatielimiet (LOQ) 18
6.4 Vertaling naar andere PFAS 18
6.5 Risicoduiding 18
7. Conclusies 21
8. Aanbevelingen 22
9. Dankwoord 23
Literatuur 23
Bijlage 1. Afkortingen PFAS en Relatieve Potentie Factoren (RIVM, 2021) 25
Bijlage 2. Bijdrage van voedselbronnen aan de wekelijkse inname van de EFSA-4 per persoon in Nederland 26
Bijlage 3. Bijdrage individuele PFAS aan de sominname van de EFSA-4 via drinkwater 27

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en doel van dit advies

In september 2020 heeft de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA; European Food Safety Authority) een opinie gepubliceerd over de risico's van perfluoralkyl-stoffen (PFAS) in voedsel (EFSA, 2020). In deze opinie presenteert EFSA een gezondheidskundige grenswaarde, een zogenoemde Tolereerbare Wekelijkse Inname (TWI), voor de som van vier PFAS, namelijk PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS[2], in dit advies verder aangeduid als 'EFSA-4'. Na evaluatie heeft het RIVM besloten om deze gezondheidskundige grenswaarde te gebruiken als basis voor gezondheidskundige beoordelingen van PFAS (RIVM, 2020a,b).

Gezondheidskundige grenswaarden worden in diverse stoffen- en beleidskaders gebruikt als basis voor risicogrenzen en normen (RIVM, 2020b). Dat geldt ook voor drinkwater. In Nederland is een drinkwaterrichtwaarde beleidsmatig vastgesteld voor één van de EFSA-4, namelijk PFOA. Deze drinkwaterrichtwaarde is gebaseerd op een gezondheidskundige grenswaarde die op basis van de huidige EFSA-opinie wordt herzien.

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft het RIVM opdracht gegeven om uit te werken hoe de nieuwe gezondheidskundige grenswaarde van EFSA kan worden vertaald naar een drinkwaterrichtwaarde voor PFAS. Dit gebeurt in een aantal opeenvolgende adviezen.

In dit advies doet het RIVM een voorstel voor een drinkwaterrichtwaarde voor de EFSA-4. Aanvullend geeft het RIVM op basis van recente meetgegevens van de EFSA-4 in Nederlands drinkwater, een indicatieve duiding van de totale blootstelling vanuit drinkwater en voedsel aan de EFSA-4 specifiek voor Nederland. De inname-berekeningen hebben als doel:

- de inname van de EFSA-4 via drinkwater te vergelijken met de inname via voedsel; en
- het bepalen van de individuele bijdrage van PFOA, PFNA, PFOS en PFHxS aan de totale inname van de EFSA-4 via drinkwater.

1.2 Relatie met andere adviezen

In een paralleltraject werkt het RIVM aan een advies over de vertaling van de EFSA-opinie naar waterkwaliteitsnormen voor oppervlaktewater. Daarnaast werkt KWR (Watercycle Research Institute) aan een Impact Assessment waar de consequenties van de door het RIVM voorgestelde drinkwaterrichtwaarde in beeld worden gebracht. Tevens zal KWR handelingsperspectieven formuleren om de concentraties PFAS in (bronnen van) drinkwater te verlagen (Kools et al., 2021).
Het RIVM zal in een vervolgadvies ingaan op de uitwerking van de normering PFAS zoals voorgesteld in de nieuwe Europese

[2] zie Bijlage 1 voor de volledige namen en formules

Drinkwaterrichtlijn die eind 2020 is gepubliceerd. Lidstaten moeten de bepalingen van deze richtlijn uiterlijk eind 2022 in het nationale recht implementeren.

1.3 Huidige drinkwaterrichtwaarden voor PFAS in Nederland

Er zijn momenteel in Nederland voor twee PFAS beleidsmatige drinkwaterrichtwaarden vastgesteld: PFOA en de GenX-stoffen. Voor PFOA geldt een indicatieve drinkwaterrichtwaarde van 87,5 ng/L. Deze is gebaseerd op de gezondheidskundige grenswaarde van het RIVM uit 2016 (Zeilmaker & Janssen, 2016). Voor de GenX-stoffen geldt een indicatieve drinkwaterrichtwaarde van 150 ng/L (Janssen, 2016).

2. Vertaling EFSA-opinie naar drinkwaterrichtwaarde

2.1 Korte achtergrond van de gezondheidskundige grenswaarde voor de EFSA-4

Voor de som van 4 PFAS heeft EFSA een Tolereerbare Wekelijkse Inname (TWI) afgeleid van 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week op basis van een kritische inname van 0,63 ng/kg lichaamsgewicht per dag (EFSA, 2020). EFSA's uitgangspunt (*point of departure*, PoD) is een bloedserumspiegel voor de som van de EFSA-4 van 17,5 ng per mL in bloedserum van kinderen die blootgesteld zijn via borstvoeding gedurende 1 jaar. Boven deze concentratie in bloedserum worden (nadelige) effecten verwacht op de immuniteit van de kinderen. Deze concentratie in het bloedserum is vertaald naar de hoeveelheid die volwassen vrouwen langdurig dagelijks via voedsel mogen binnenkrijgen, zonder dat het bloedserum van borstgevoede kinderen de kritische waarde voor immuuneffecten bereikt. Die vertaling is gedaan met behulp van gegevens die de opname en verdeling van PFAS in het lichaam van moeder en kind beschrijven. Hiermee is de overdracht berekend van PFAS vanuit voedsel naar het bloedserum van de moeder en van daaruit via de moedermelk naar het lichaam en bloedserum van het kind.

2.2 Toepassing EFSA gezondheidskundige grenswaarde op andere PFAS

2.2.1 In het milieu zitten meer PFAS dan alleen de EFSA-4

EFSA heeft gekozen voor een gezondheidskundige grenswaarde voor de som van PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS. Deze PFAS zijn als som beoordeeld omdat EFSA ervan uitgaat dat deze vier PFAS hetzelfde kritische effect veroorzaken en omdat dit de voornaamste PFAS zijn die in bloed van mensen zijn aangetroffen. De EFSA-4 zijn niet per definitie ook de meest relevante PFAS voor andere blootstellingsroutes, milieucompartimenten en beleidskaders. Met de huidige analysemethoden worden in bodem, grondwater, drinkwater, oppervlaktewater, vis en ander voedsel zo'n 10 tot 20 verschillende PFAS aangetoond (Gebbink et al., 2017; Wintersen et al., 2020; Zafeiraki et al., 2019). Ook die andere PFAS dragen in meerdere of mindere mate bij aan de toxiciteit van het totale mengsel. Daarom is er in de praktijk behoefte aan mogelijkheden om een bredere groep PFAS te beoordelen dan enkel de EFSA-4. Andersom kunnen in bepaalde situaties juist individuele risicogrenzen of normen nodig zijn, bijvoorbeeld als de EFSA-4 niet allemaal voorkomen of gemeten zijn.

2.2.2 Relatieve potentie ten opzichte van PFOA

Het RIVM heeft een methode ontwikkeld om de door EFSA afgeleide TWI voor de EFSA-4 te vertalen in gezondheidskundige risicogrenzen voor de EFSA-4 en ook voor andere PFAS (RIVM, 2021). De door het RIVM ontwikkelde aanpak is vergelijkbaar met de werkwijze voor dioxines en maakt gebruik van kennis over de relatieve toxiciteit van verschillende PFAS ten opzichte van PFOA. Deze zogenoemde Relatieve Potentie Factoren (RPFs) zijn beschikbaar voor 23 PFAS (Bil et al., 2021; Zeilmaker et al., 2018), zie ook Bijlage 1. Door de concentratie van

iedere individuele PFAS in een monster te vermenigvuldigen met de RPF, worden per PFAS equivalente hoeveelheden PFOA (PEQ) berekend. De som van de PEQ (∑PEQ) kan worden vergeleken met een gezondheidsnorm of risicogrens, eveneens uitgedrukt op basis van PFOA, zie de voorbeeldberekeningen in RIVM (2021). Deze keuze is gemaakt omdat de effecten in de onderliggende kritische studie hoofdzakelijk met PFOA zijn geassocieerd en niet met de andere drie EFSA-PFAS. Concreet betekent dit dat we de EFSA-TWI geldig verklaren voor de situatie dat mensen enkel en alleen aan PFOA zouden worden blootgesteld. Als er (daarnaast) een of meer andere PFAS aanwezig zijn, wordt de totale toxiciteit van het mengsel groter. Hoeveel groter hangt af van de concentratie en de RPF van de betreffende PFAS. In het voorbeeld hieronder wordt de werking van de RPF-methode uitgelegd.

Er zijn twee drinkwatermonsters A en B waarin PFAS aanwezig zijn.

Monster A bevat de EFSA-4 in gelijke concentraties van 1 ng/L. De RPF's variëren van 0,6 tot 10: de stoffen zijn dus 1,7 keer minder potent tot 10 keer potenter dan PFOA. De som van de PEQ (∑PEQ) is 13,6. Deze som kan worden vergeleken met een risicogrens zoals een drinkwaterrichtwaarde, eveneens uitgedrukt op basis van PEQ.

Het tweede monster B bevat 5 andere PFAS in gelijke concentraties van 1 ng/L. Met RPF's van 0,001 tot 0,06 zijn deze PFAS juist 1000 tot 16,7 keer minder potent dan PFOA. De som van de PEQ (∑PEQ) is 0,171. Deze vijf PFAS leveren een minder groot risico dan monster A, ondanks dat de totale PFAS-concentratie iets hoger is.

Tabel 1 Voorbeeldberekeningen van de som PFAS equivalente hoeveelheden PFOA (∑PEQ) voor een drinkwatermonster met de EFSA-4 en een drinkwatermonster met 4 andere PFAS

Drinkwatermonster	**PFAS[1]**	**concentratie [ng/L]**	**RPF[1]**	**PFOA Equivalenten (PEQ) [ng/L]**
A. EFSA-4	PFOA	1	1	1
	PFOS	1	2	2
	PFNA	1	10	10
	PFHxS	1	0,6	0,6
		∑ = 4		∑PEQ = 13,6
B. Andere PFAS	PFBS	1	0,001	0,001
	PFBA	1	0,05	0,05
	PFPeA	1	0,05	0,05
	PFHxA	1	0,01	0,01
	HFPO-DA (~GenX)	1	0,06	0,06
		∑ = 5		∑PEQ = 0,171

[1] perfluoralkylPerfluoralkyl-stoffen (afkortingen zie Bijlage 1)
[2] Relatieve potentie factoren (RPF), zie Bijlage 1

2.3 Afleiding drinkwaterrichtwaarde

Er is geen EU-guidance document voor het afleiden van drinkwaterrichtwaarden. De methode die NL hanteert voor het afleiden van (indicatieve) drinkwaterrichtwaarden staat beschreven in De Poorter et al. (2015) en Van der Aa et al. (2017). Hierbij is aangesloten bij internationale methoden (zoals van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO)) en een eerder Europees besluit ten aanzien van de doorrekening van carcinogeniteit van stoffen. Bij voldoende gegevens wordt een gedegen drinkwaterrichtwaarde afgeleid, bij beperkte gegevens wordt een indicatieve waarde bepaald. Het uitgangspunt voor het afleiden van een drinkwaterrichtwaarde voor niet-genotoxisch carcinogene stoffen zoals PFAS is een gezondheidskundige grenswaarde in de vorm van een TDI (Tolereerbare Dagelijkse Inname). Op basis van de TDI wordt vervolgens berekend welke concentratie maximaal in drinkwater mag zitten zonder dat nadelige effecten op de gezondheid van mensen verwacht worden.

In Nederland wordt hierbij uitgegaan van een consumptie van 2 liter drinkwater per dag door een persoon met een lichaamsgewicht van 70 kg. Deze waarden voor waterconsumptie en lichaamsgewicht worden ook gebruikt in REACH en de Kaderrichtlijn Water. De WHO gebruikt ook 2 liter als standaard voor waterconsumptie, maar houdt een standaard lichaamsgewicht van 60 kg aan (WHO, 2017). De bijdrage van drinkwater aan de opvulling van de TDI wordt als default op 20% gesteld (WHO, 2017). Er wordt daarbij rekening gehouden met de mogelijkheid dat mensen een stof ook via andere routes kunnen binnenkrijgen (zoals voedsel). Deze 20% bijdrage ofwel allocatie-factor wordt gezien als een redelijk niveau van blootstelling via drinkwater. In sommige omstandigheden, wanneer er duidelijk bewijs is dat drinkwater de belangrijkste en mogelijk enige blootstellingsroute is, kan, conform de WHO richtlijnen (WHO, 2017), de bijdrage vanuit drinkwater maximaal op 80% worden gesteld. Ook het tegenovergestelde is het geval: bij eenduidig bewijs dat een andere blootstellingsroute (zoals voedsel) de belangrijkste en mogelijk enige blootstellingsroute is, kan de allocatie-factor voor drinkwater verlaagd worden tot 1%. Dit is voor de EFSA-4 niet het geval. De standaardmethodiek voor het afleiden van een drinkwaterrichtwaarde is dus ook van toepassing op de EFSA-4. Op basis van de EFSA- TWI van 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week, bedraagt de TDI 0,63 ng/kg lichaamsgewicht per dag. Wanneer we uitgaan van deze TDI, een lichaamsgewicht van 70 kg en een consumptie van 2 liter water per dag, wordt de drinkwaterrichtwaarde voor de EFSA-4 als volgt:

Drinkwaterrichtwaarde EFSA-4 =
$0{,}63_{\text{ (ng/kg lichaamsgewicht/dag)}} * 70_{\text{ (kg)}} * 0{,}2 / 2 \text{ L} = 4{,}4 \text{ ng/L} = 4{,}4 \text{ ng/L PEQ}$

Zoals beschreven in paragraaf 2.2.2 geldt deze waarde voor de som van de PFAS waarvoor een RPF is afgeleid in een monster, uitgedrukt als PFOA-equivalenten (∑PEQ). Toetsing vindt plaats door de concentraties van de individuele PFAS uit te drukken als PFOA-equivalenten (PEQ) en de som van de PEQ te vergelijken met de drinkwaterrichtwaarde in PEQ/L (RIVM, 2021). Dit zal in beeld worden gebracht door KWR (zie hoofdstuk 1).

3. Meetgegevens voor de innameberekeningen

De EFSA-opinie presenteert de blootstelling aan de EFSA-4 van de Europese bevolking voor specifieke subpopulaties per land op basis van Europese meetgegevens (EFSA, 2020). Dit advies brengt de blootstelling in beeld specifiek voor Nederland aan de hand van nationale meetgegevens. Hiervoor zijn recente meetgegevens van de EFSA-4 in Nederlands drinkwater gebruikt en meetgegevens van de EFSA-4 in voedsel zoals gerapporteerd in Noorlander et al. (2011).

Om de Nederlandse inname van de EFSA-4 te berekenen zijn de gemeten concentraties van de EFSA-4 in voedsel en drinkwater gecombineerd met de consumptie van voedsel en drinkwater. Hiervoor zijn de consumptiegegevens gebruikt van de meest recente voedselconsumptiepeiling (VCP), een peiling gehouden onder 1 t/m 79 jarigen woonachtig in Nederland (van Rossum et al., 2020). In deze peiling hebben 4313 personen op twee dagen aangegeven wat en hoeveel zij hebben geconsumeerd en gedronken. Deze peiling geeft een representatief beeld van de Nederlandse consumptie van voedsel en drinkwater.

3.1 Meetgegevens drinkwater

De EFSA-4 concentraties zoals gebruikt voor de innameberekeningen zijn gebaseerd op 574 monsters van Nederlands drinkwater geanalyseerd tussen 2015 tot 2021. De gegevens zijn aangeleverd door alle 10 Nederlandse drinkwaterbedrijven en dekken daarmee het drinkwater van geheel Nederland. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drinkwater geproduceerd uit grondwater en oppervlaktewater (zie Tabel 2). Het totaal van 574 monsters is opgebouwd uit 225 drinkwatermonsters geproduceerd met grondwater en 349 drinkwatermonsters geproduceerd met oppervlaktewater. PFOS en PFOA zijn geanalyseerd in alle 574 monsters, terwijl 566 monsters zijn geanalyseerd op de aanwezigheid van PFHxS en PFNA.

Tabel 2 Indeling drinkwater geproduceerd uit grondwater en drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater

Brontype van het drinkwater (op basis van REWAB[1])	**Indeling**
Freatisch grondwater	Grondwater
Semi-spanningswater	Grondwater
Kwetsbaar semi-spanningswater	Grondwater
Geïnfiltreerd oppervlaktewater	Oppervlaktewater
Oppervlaktewater direct of via spaarbekken	Oppervlaktewater
Oevergrondwater	Oppervlaktewater

[1] REWAB-database (Registratie opgaven van Drinkwaterbedrijven)

3.1.1 Analyses van gekwantificeerde concentraties

Analyse van de gekwantificeerde concentraties (gemeten boven de kwantificatielimiet (LOQ); zie paragraaf 3.1.2) laat zien dat de PFOA-concentraties in drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater een factor 1,4 hoger liggen dan in drinkwater geproduceerd uit grondwater, en PFOS-concentraties een factor 1,1 hoger (zie Tabel 3). Voor PFHxS geldt het

tegenovergestelde, de gemeten PFHxS concentraties in drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater liggen namelijk een factor 2 lager dan in drinkwater geproduceerd uit grondwater. Daarnaast is PFNA in 9 oppervlakte watermonsters maar in geen enkel grondwatermonster boven de LOQ aangetoond.

Tabel 3 Gemiddelde gekwantificeerde concentraties (dus >LOQ) van de EFSA-4 in drinkwater geproduceerd uit grondwater of oppervlaktewater

EFSA-4	Gemiddelde concentratie (in ng/liter) in drinkwater geproduceerd uit:	
	Oppervlaktewater	Grondwater
PFHxS	1,1	2,1
PFOS	4	3,6
PFOA	6,9	5,1
PFNA	0,6	-

LOQ: kwantificatielimiet

3.1.2 Bepalingsgrens EFSA-4 in drinkwater

De concentratie die nog betrouwbaar kan worden gekwantificeerd is de kwantificatielimiet (LOQ: *limit of quantification*). De detectielimiet (LOD: *limit of detection*) is lager; dit is de concentratie waarboven een stof kan worden gedetecteerd, maar niet betrouwbaar gekwantificeerd. De LOD en de LOQ van de aangeleverde meetgegevens variëren van 0,1 tot 8 ng/L (LOD) en van 0,5 tot 50 ng/L (LOQ), zie Tabel 4. De maximale LOQs liggen ruim boven de drinkwaterrichtwaarde van 4,4 ng/L (PEQ).

Tabel 4 Minimale en maximale gerapporteerde detectie- (LOD) en kwantificatielimieten (LOQ) (ng/L)

EFSA-4	LOD_{min}	LOD_{max}	LOQ_{min}	LOQ_{max}
PFOA	0,1	6	0,5	10
PFOS	0,25	3	0,5	10
PFNA	0,1	3	0,5	10
PFHxS	0,1	8	0,5	50

3.2 Meetgegevens voedselconsumptie

Voor de berekening van de inname van de EFSA-4 via voedsel zijn de gerapporteerde concentraties van de EFSA-4 uit Noorlander et al (2011) gebruikt. Noorlander et al. (2011) rapporteert concentraties in verschillende voedselgroepen, gemeten als onderdeel van een zogenoemde 'Total diet study' (TDS). In een TDS worden representatieve monsters van voedselproducten behorend tot een voedselgroep, eventueel na bereiding voor consumptie, gemengd tot een samengesteld monster per voedselgroep (zogenaamde TDS-monster). De keuze voor de voedselproducten en de hoeveelheid ervan aanwezig in het samengestelde monster worden bepaald door voedselconsumptiegegevens afkomstig van een VCP; in het geval van Noorlander et al. (2011) was dit de VCP-3 van 1997/98 (Kistemaker et al 1998). In Noorlander et al. (2011) zijn de volgende voedselgroepen gemeten: vette vis, magere vis, graanproducten, eieren, bakkersproducten, groente, fruit, kaas, melk, boter, plantaardige oliën/vetten, rundvlees, varkensvlees en kip. Per voedselgroep zijn de EFSA-4 concentraties van 1 TDS monster gerapporteerd in Noorlander et al. (2011).

4. Methode innameberekeningen

4.1 Omgang met LOD en LOQ

Omdat niet duidelijk is wat de werkelijke concentratie is van metingen gerapporteerd als <LOD of <LOQ, is de inname van de EFSA-4 via voedsel en drinkwater berekend volgens drie scenario's waarbij alle concentraties die gerapporteerd zijn als <LOD of <LOQ vervangen zijn door de waarde:

- 0: 'lower bound' (LB);
- ½*LOD of ½*LOQ: 'medium bound' (MB);
- 1*LOD of 1*LOQ: 'upper bound' (UB).

Het LB scenario zal naar verwachting een onderschatting van de werkelijke concentratie PFAS geven, en daardoor een onderschatting van de werkelijke inname van de EFSA-4. Een stof kan immers wel aanwezig zijn, maar in lagere concentraties dan de LOD/LOQ. Het UB scenario zal naar verwachting een overschatting van de concentraties geven. Als derde scenario, het MB scenario, is er met de helft van de LOD/LOQ gerekend, in de praktijk een veel gebruikt scenario, en gebruikt om een completer beeld te krijgen van de invloed van niet gekwantificeerde metingen op de inname.

Voor twee van de tien drinkwaterbedrijven is er in de MB en UB scenario's met de LOD gerekend in plaats van de LOQ. Deze twee drinkwaterbedrijven hebben namelijk enkele concentraties gerapporteerd tussen de LOD en LOQ. Deze gerapporteerde concentraties zijn meegenomen in de innameberekeningen, omdat we aannemen dat deze concentraties dichter bij de werkelijke concentratie liggen dan de aanname van 0 (LB), ½ LOD (MB) of LOD (UB). Het ging hier om PFOS rapportages (n=3).

4.2 Koppeling tussen consumptie- en concentratiegegevens

Alle voedselproducten gecodeerd in de VCP zijn ingedeeld volgens de TDS voedselgroepindeling. De concentraties van bakkersproducten, plantaardige oliën/vetten en kazen gerapporteerd in Noorlander et al. (2011) zijn vervolgens rechtstreeks gekoppeld aan de consumpties van deze producten in de VCP. De consumpties van de voedselproducten behorend bij de andere voedselgroepen zijn gekoppeld via het Nederlands conversiemodel 'Conversie Primair Agrarische Producten, CPAP (van Dooren et al., 1995). In het conversiemodel zijn alle voedselproducten die zijn gecodeerd in de VCP omgezet naar hun ingrediënten, inclusief gewichtshoeveelheden. Dit geeft de mogelijkheid

Box 1. "Aardappelpuree vers bereid met halfvolle melk en margarine"

Een consumptie van 100 gram "Aardappelpuree vers bereid met halfvolle melk en margarine" wordt in CPAP omgezet naar 71,2 gram aardappelen, 17,93 gram halfvolle melk en 3,4 gram plantaardig vet. De gemeten concentraties van de EFSA-4 in de TDS-voedselgroepen groente, melk en plantaardige oliën/vetten zijn respectievelijk toegekend aan de consumptiehoeveelheden van deze ingrediënten voor de berekening van de inname van de EFSA-4.

om bijvoorbeeld concentraties gemeten in tomaat te vertalen naar gehalten in producten die tomaat als ingrediënt bevatten, zoals bijvoorbeeld pizza en tomatenketchup. Deze voedselproducten hoeven dan niet apart gemeten te worden. Zie Box 1 voor een voorbeeld hoe dit model is gebruikt voor het toekennen van de concentraties van de EFSA-4 op basis van de TDS-monsters aan geconsumeerde voedselproducten.

De concentraties van drinkwater zijn gekoppeld aan de consumptie van kraanwater. De consumptie van drinkwater als ingrediënt in allerlei producten, zoals thee, koffie, frisdranken, aanmaaklimonade, bier en soepen, is meegenomen via CPAP.

4.3 Gebruikt model voor berekening van de inname

De inname van de EFSA-4 is berekend met het Observed Individual Mean (OIM) model zoals geïmplementeerd in het rekenplatform Monte Carlo Risk Assessment (MCRA) software versie 9.1. Met dit model zijn de dagelijkse consumpties per persoon vermenigvuldigd met de gemiddelde concentraties voor elke EFSA-4 per voedselgroep en drinkwater en vervolgens gesommeerd tot een individuele inname per dag. Deze innamen zijn vervolgens gesommeerd tot een individuele sominname van de EFSA-4 per individu met behulp van relatieve potentie factoren (RPF's: 1 voor PFOA, 10 voor PFNA, 2 voor PFOS en 0,6 voor PFHxS). Omdat de sominname van de EFSA-4 over een langere periode van belang is, is de sominname per persoon gemiddeld over de twee peildagen van de VCP. Deze inname is vervolgens gedeeld door het lichaamsgewicht (lg) van de betreffende persoon om zo de sominname per kg lichaamsgewicht te verkrijgen. Het resultaat is een verdeling van individuele gemiddelde dagelijkse sominnamen van de EFSA-4. De inname is vervolgens gekwantificeerd als de gemiddelde, mediane (50e percentiel; P50) en hoge (95ste percentiel; P95) sominname van de EFSA-4. De P50 en P95 zijn vermenigvuldigd met 7 om de sominname per dag uit te drukken in de sominname per week voor vergelijking met de EFSA-TWI (zie paragraaf 3.4). Naast de sominname is ook de bijdrage van drinkwater en voedselgroepen aan de sominname berekend.

Deze innameberekeningen zijn uitgevoerd voor de totale populatie van de VCP (1-79 jaar) en voor drie scenario's betreffende de concentraties lager dan de LOD of de LOQ (zie paragraaf 3.1) en voor twee scenario's betreffende het type waterwinning (zie paragraaf 3.3.1).

5. Resultaten innameberekeningen

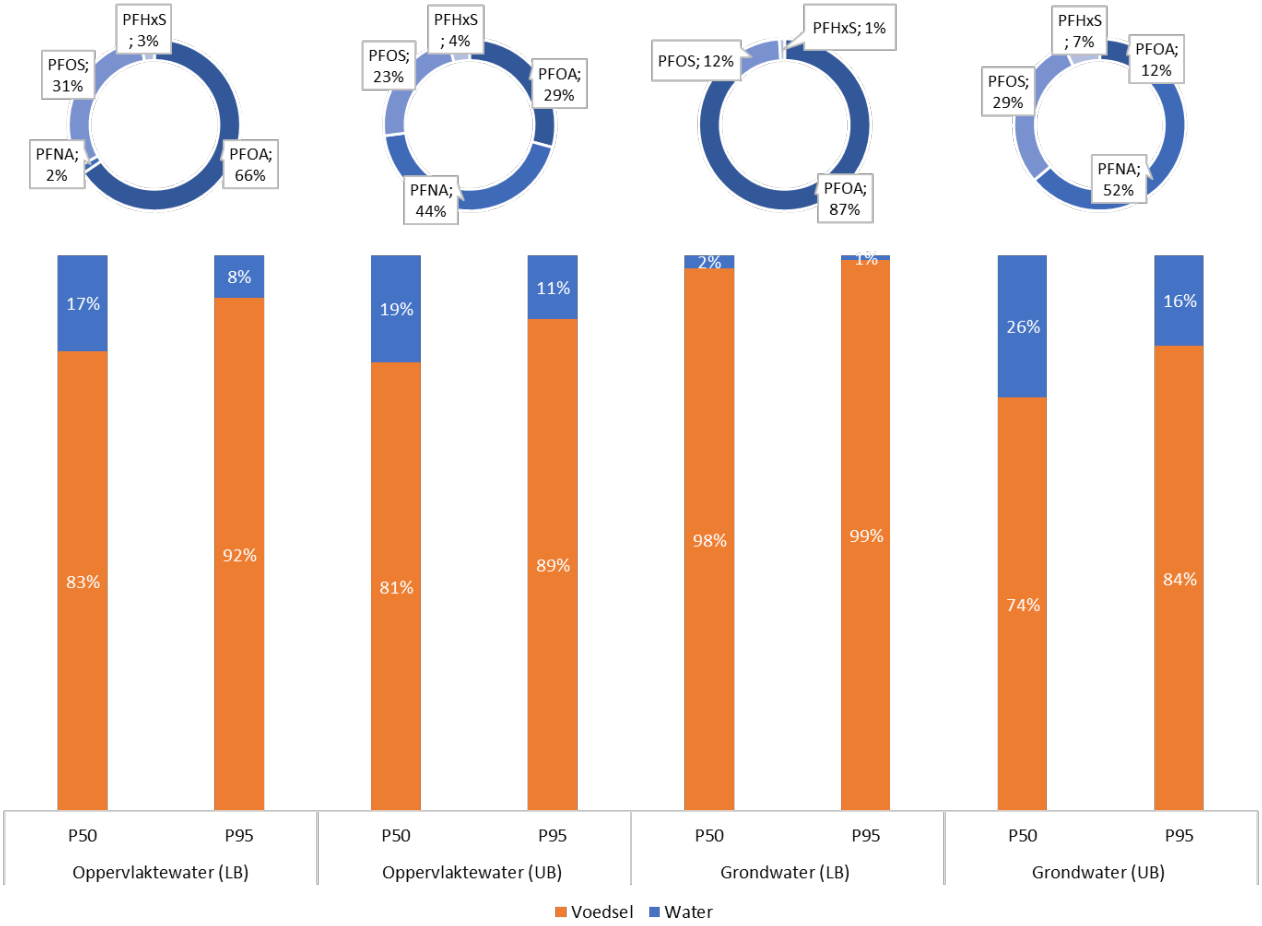
De resultaten van alle scenario's zijn opgenomen in Bijlagen 2 en 3. In de tekst hieronder gaan we nader in op het LB (minimum) en UB (maximum) scenario. Hoewel het LB scenario naar verwachting een onderschatting van de werkelijke concentratie PFAS in drinkwater geeft, zien we dit scenario bij de huidige grote verschillen in LOQs toch als de best mogelijke schatting. In het MB en UB scenario spelen overschattingen namelijk een grote rol. Dit wordt met name veroorzaakt door het zeer potente PFNA dat nauwelijks wordt aangetroffen, maar waarvan de bijdrage dan relatief groot wordt. Dit is geheel toe te schrijven aan het toekennen van (½) LOQ aan niet gekwantificeerde PFNA metingen in combinatie met een RPF van 10.

5.1 Inname EFSA-4 via voedsel en drinkwater

Figuur 1 toont de bijdrage vanuit voedsel en drinkwater aan de wekelijkse inname van de EFSA-4 per persoon in Nederland, waarbij voor zowel het LB als het UB scenario onderscheid wordt gemaakt tussen een mediane (P50) en een hoge (P95) EFSA-4 sominname via voedsel en drinkwater. Voor drinkwater tonen de cirkeldiagrammen de relatieve bijdrage van elk van de EFSA-4. Figuur 1 laat zien dat in het LB scenario drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater 8 tot 17% bijdraagt aan de totale wekelijkse inname van de EFSA-4 voor respectievelijk een hoge (P95) en een mediane (P50) EFSA-4 sominname via voedsel en drinkwater. Drinkwater geproduceerd uit grondwater draagt slechts 1 tot 2% bij. In alle scenario's is de relatieve bijdrage vanuit voedsel hoger dan de relatieve bijdrage uit drinkwater. In bijlage 2 is voor de mediane EFSA-4 sominname via voedsel en drinkwater (P50) te zien dat in het LB scenario de totale wekelijkse inname van de EFSA-4 per persoon via voedsel en drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater en grondwater met respectievelijk 7,8 en 6,3 ng/kg lg/week ca 1,5 tot 2x hoger ligt dan de door EFSA afgeleide TWI van 4,4 ng/kg lg/week. Uitgaande van een hoge EFSA-4 sominname (P95), ligt de inname van de EFSA-4 per persoon via voedsel en drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater en grondwater in het LB scenario met respectievelijk 21 en 20 ng/kg lg/week ca 4,5 tot 5x hoger dan de door EFSA afgeleide TWI van 4,4 ng/kg lg/week.

Figuur 1 laat ook zien dat in het UB scenario drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater en grondwater respectievelijk 19% en 26% (P50) en 11% en 16% (P95) bijdragen aan de totale wekelijkse inname. In dit UB scenario (zie bijlage 2), ligt de totale wekelijkse inname van de EFSA-4 per persoon via voedsel en drinkwater geproduceerd uit grondwater en oppervlaktewater met respectievelijk 20 en 18 ng/kg lg/week circa 4 tot 5x hoger dan de door EFSA afgeleide TWI van 4,4 ng/kg lg/week. Uitgaande van een hoge sominname (P95), ligt de inname van de EFSA-4 via voedsel en drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater en grondwater in het UB scenario met respectievelijk 43 en 45 ng/kg lg/week ca 10x hoger dan de door EFSA afgeleide TWI van 4,4 ng/kg lg/week. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat dit een

worst-case scenario betreft waarbij de concentratie van alle niet-aangetoonde[3] PFAS wordt gelijk gesteld aan de LOD of LOQ.



Figuur 1 Bijdrage vanuit voedsel en drinkwater aan de wekelijkse inname van de EFSA-4 per persoon in Nederland. De getoonde resultaten zijn berekend met het 50e percentiel en het 95e percentiel van de verdeling van de gemiddelde wekelijkse inname per persoon en uitgaande van zowel het LB (<LOQ=0) als het UB scenario (<LOQ* = LOQ) voor de concentraties in drinkwater en voedsel. De cirkeldiagrammen geven de relatieve bijdrage in drinkwater weer voor elk van de EFSA-4.*

* uitgezonderd twee drinkwaterbedrijven waar met de LOD is gerekend in plaats van de LOQ, zie paragraaf 4.2.

De gepresenteerde relatieve bijdrage van drinkwater ten opzichte van voedsel moet als indicatief worden beschouwd, omdat de bijdrage vanuit voedsel, hoewel belangrijker dan vanuit drinkwater, gebaseerd is op EFSA-4 concentraties uit 2009 (zie discussie). Dit geldt ook voor de bijdrage van de verschillende voedselbronnen zoals te zien in Bijlage 2. Daarom wordt hier verder niet op in gegaan.

[3] Niet aangetoond = < LOQ, behalve voor twee van de tien drinkwaterbedrijven waarbij niet aangetoond = < LOD, zie paragraaf 4.2.

5.2 Aandeel drinkwater aan totale EFSA-4 inname

Tabel 5 en de cirkeldiagrammen in Figuur 1 zoomen in op de bijdrage van individuele PFAS (inclusief RPF's) aan de inname van de EFSA-4 via drinkwaterconsumptie. De LB resultaten laten zien dat PFOA de grootste bijdrage levert, gevolgd door PFOS, waarvan de concentraties twee keer meetellen vanwege een RPF van twee. PFNA en PHFxS worden nauwelijks aangetroffen in drinkwater en leveren dan ook een kleine tot verwaarloosbare bijdrage in dit scenario.

Tabel 5 laat de inname van de EFSA-4 via drinkwater per type waterwinning zien gebaseerd op een mediane (P50) en een hoge (P95) inname van de EFSA-4 via voedsel en drinkwater. Uitgaande van 20% als bijdrage van drinkwater aan de opvulling van de EFSA-TWI, is de maximale inname via drinkwater 0,88 ng/kg lg/week. De inname, uitgedrukt in PEQ, in het LB scenario voor drinkwater uit grondwater ligt hier beneden (0,14 tot 0,17 ng PEQ/kg lg/week). Echter voor drinkwater afkomstig uit oppervlaktewater ligt de inname een factor 1.5 hoger (1,38 tot 1,64 ng PEQ/kg lg/week). Deze bedraagt daarmee niet 20%, maar 30% van de EFSA-TWI uitgaande van een mediane inname van de EFSA-4 via voedsel en drinkwater, tot 37% bij een hoge inname. Afhankelijk van het individuele consumptiepatroon gecombineerd met de concentratie PFAS in het drinkwater kan de inname per persoon per locatie in Nederland verschillen.

Tabel 5 Bijdrage individuele PFAS (inclusief relatieve potentie factoren (RPF's)) aan de sominname van de EFSA-4 via drinkwater consumptie, per type waterwinning uitgedrukt als ng/kg lichaamsgewicht/week, voor de gehele populatie (1 t/m 79 jaar). In groen de scenario's waarbij de sominname van de EFSA-4 via drinkwater minder dan 20% is van de TWI, in rood de scenario's waarbij inname via drinkwater meer dan 20% is van de TWI.

Scenario[1]	**EFSA-4**	**Inname per type waterwinning (ng (PEQ)/kg lg/week)**			
		Oppervlaktewater		*Grondwater*	
		P50	*P95*	*P50*	*P95*
LB	PFOA	0,90	1,07	0,12	0,15
	PFNA	0,02	0,02	0	0
	PFOS	0,42	0,50	0,02	0,02
	PFHxS	0,03	0,04	0	0
	som	*1,38*	*1,64*	*0,14*	*0,17*
UB	PFOA	1,02	1,43	0,59	0,86
	PFNA	1,52	2,14	2,67	3,84
	PFOS	0,80	1,13	1,50	2,16
	PFHxS	0,14	0,19	0,35	0,50
	som	*3,48*	*4,90*	*5,11*	*7,36*

[1] Lower bound (LB): concentraties < LOQ =0, Upper bound (UB): concentraties < LOQ = 1*LOQ (uitgezonderd twee van tien drinkwaterbedrijven waar met de LOD is gerekend in plaats van de LOQ, zie paragraaf 4.2)

Tabel 5 en de cirkeldiagrammen in Figuur 1 laten ook zien dat in het UB scenario de bijdrage van PFNA het belangrijkste wordt, terwijl dit nauwelijks wordt aangetroffen in drinkwater. Zoals eerder aangegeven

wordt dit veroorzaakt door het toekennen van (½) LOQ aan niet gekwantificeerde PFNA metingen, in combinatie met een RPF van 10. In het UB scenario wordt de inname van drinkwater afkomstig uit oppervlaktewater en grondwater dan ook hoger; deze bedraagt dan respectievelijk 78% en 116% van de EFSA-TWI bij een mediane sominname van de EFSA-4 via voedsel en drinkwater. Bij een hoge sominname van de EFSA-4 via voedsel en drinkwater is dit respectievelijk 111% en 167%.

6. Discussie

6.1 Gebruikte gegevens Voedsel Consumptie Peiling

De berekende inname van de EFSA-4 via voedsel en drinkwater zoals gepresenteerd in dit rapport is representatiever voor de Nederlandse situatie dan berekend door EFSA (2020). De redenen hiervoor zijn:

- De inname berekend door EFSA zijn niet gebaseerd op de meest recente Nederlandse consumptiepeiling die in deze studie is gebruikt, namelijk de peiling van 2012-2016 (van Rossum et al 2020). EFSA heeft de peilingen uit de periode 2005-2006 (Ocke et al 2008) en periode 2007-2010 (van Rossum et al 2011) gebruikt. EFSA's inname is niet gecorrigeerd voor de verandering in het Nederlands consumptiepatroon die plaats heeft gevonden sinds 2005-2010. Een verandering van het eetpatroon levert een verandering van EFSA-4 inname op.
- De inname berekend door EFSA voor Nederland is gebaseerd op een Europese PFAS concentratiedataset waarin geen concentraties zitten voor Nederlandse voedselproducten en drinkwater. Deze studie maakt uitsluitend gebruik van Nederlandse PFAS concentraties.
- Voor de berekening van de inname is een groot deel van de gemeten producten gekoppeld aan de consumptie met het conversiemodel CPAP (van Dooren et al 1995). Hierdoor zijn de PFAS-concentraties op basis van reële gewichtsfracties toegekend aan consumpties, zie box 1 van Paragraaf 4.2 voor het voorbeeld "Aardappelpuree vers bereid met halfvolle melk en margarine". Deze studie koppelt de juiste concentraties aan de aardappelen, halfvolle melk en plantaardig vet met een respectievelijk percentage van 71,2%, 19,93% en 3,4%. EFSA koppelt concentraties-consumptie met een percentage van 100% aan aardappelen omdat aardappelen het hoofdbestanddeel zijn.
- De analysegrenzen van de Europese concentratiedataset zijn door EFSA in de opinie aangemerkt als onvoldoende gevoelig (ng/g of ng/ml). De Nederlandse drinkwater dataset en de TDS dataset kennen analysegrenzen die in het pg/g of pg/ml range liggen en zijn daarmee gevoeliger.

Desondanks moet de hier berekende inname van de EFSA-4 via voedsel als indicatief worden beschouwd. Deze studie maakt namelijk gebruik van concentraties gemeten in TDS-monsters uit 2009, en zijn dus inmiddels 12 jaar oud (Noorlander et al 2011). Bovendien zijn deze TDS-monsters samengesteld op basis van een Nederlands consumptiepatroon vastgesteld in 1997/1998 (Kistemaker et al 1998), inmiddels 24 jaar geleden. Voor een goede schatting van de hedendaagse inname via voedsel zijn up-to-date metingen van PFAS in voedselproducten nodig.

6.2 Bijdrage drinkwater

De EFSA-opinie presenteert de blootstelling aan de EFSA-4 vanuit voedsel en drinkwater op basis van Europese concentratiedata. Gebaseerd op gemiddelde Europese concentraties van de EFSA-4 in voedsel en water, gecombineerd met de consumptiepatronen per land en subpopulaties, maakt EFSA de indicatieve schatting dat drinkwater

circa 5% bijdraagt aan de dagelijkse blootstelling via voedsel in Nederland (EFSA, 2020). EFSA heeft één gemiddelde LB en één gemiddelde UB concentratie gebruikt voor de berekeningen van de inname via drinkwater (leiding- en flessenwater) op basis van Europese meetgegevens uit 2007 tot 2016. EFSA maakt hierbij geen onderscheid tussen type waterwinning. Op basis van de in dit advies gebruikte recente meetgegevens van de EFSA-4 in Nederlands drinkwater, alsmede Nederlandse meetgegevens in voedsel uit Noorlander et al (2011), wordt de relatieve bijdrage van drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater geschat op 8 tot 17% en van drinkwater uit grondwater gemiddeld op 1 tot 2% (LB scenario, hoge tot mediane EFSA-4 sominname via voedsel en drinkwater, bijlage 2). Bij een hoge EFSA-4 sominname via voedsel en drinkwater (P95, zie paragraaf 4.3) wordt de bijdrage van drinkwater ten opzichte van voedsel minder belangrijk. De relatieve bijdrage van drinkwater ten opzichte van voedsel moet echter als indicatief worden beschouwd, om hierboven genoemde redenen. Op basis van de in dit advies gebruikte recente meetgegevens in Nederlands drinkwater kan echter wel worden geconcludeerd dat drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater voor duidelijk meer dan de door EFSA geschatte 5% bijdraagt aan de dagelijkse blootstelling via voedsel.

6.3 Invloed detectielimiet (LOD) en kwantificatielimiet (LOQ)

Met de huidige grote verschillen in LOQs (Tabel 4) wordt het LB scenario, hoewel het naar verwachting een onderschatting zal geven, toch als de best mogelijke schatting gezien. In de MB en UB scenario's wordt de bijdrage van PFNA relatief groot, wat geheel is toe te schrijven aan het toekennen van (½) LOQ aan niet gekwantificeerde PFNA metingen in combinatie met een RPF van 10. De berekende inname in het LB en UB scenario verschilt daardoor aanzienlijk. Deze onzekerheid in de werkelijke sominname kan alleen worden verkleind door een analytische methode met een lagere LOD en LOQ.

6.4 Vertaling naar andere PFAS

De innameberekeningen in deze studie richten zich alleen op de EFSA-4. In drinkwater, oppervlaktewater en grondwater worden echter ook andere PFAS aangetroffen. Ook hiervoor kan een risicobeoordeling worden uitgevoerd volgens de methode die het RIVM hiervoor heeft ontwikkeld op basis van Relatieve Potentie Factoren (RPFs) (RIVM, 2021 en paragraaf 2.2). Deze PFAS zullen in meerdere of mindere mate bijdragen aan de toxiciteit van het totale mengsel, afhankelijk van de RPF. Het huidige advies gaat hier niet op in.

6.5 Risicoduiding

Deze studie laat zien dat de totale wekelijkse mediane sominname van de EFSA-4 via voedsel én drinkwater in Nederland hoger ligt dan de door EFSA afgeleide TWI van 4,4 ng/kg lg/week. Als de concentratie van niet-aangetoonde[4] PFAS op 0 ng/L wordt gesteld, ligt de mediane totale wekelijkse sominname van de EFSA-4 via voedsel en drinkwater uit

[4] Niet aangetoond = < LOQ, behalve voor twee van de tien drinkwaterbedrijven waarbij niet aangetoond = < LOD, zie paragraaf 4.2.

respectievelijk grondwater en oppervlaktewater een factor 1,5 tot 2 boven de EFSA TWI (zie P50 resultaten van het LB scenario in bijlage 2). In het UB scenario, waarbij de concentratie van niet-aangetoonde[2] PFAS gelijk wordt gesteld aan de LOQ[5], is dit een factor 4 tot 5 (zie P50 resultaten van het UB scenario in bijlage 2). Deze overschrijding van de EFSA TWI is onwenselijk. Bij een overschrijding kunnen nadelige effecten van PFAS niet uitgesloten worden. Hierbij worden effecten op het immuunsysteem als eerste verwacht. Het is dan ook van belang om de totale blootstelling aan PFAS via de verschillende blootstellingsroutes, zoals voedsel en drinkwater maar ook bijvoorbeeld lucht en consumentenproducten, terug te dringen. In deze paragraaf richten we ons op de duiding van de gepresenteerde innameberekeningen voor voedsel en drinkwater.

Uit dit advies blijkt dat de inname vanuit voedsel, hoewel onzeker, groter is dan vanuit drinkwater. De bijdrage van drinkwater aan de totale inname van de EFSA-4 is sterk afhankelijk van het type innamewater gebruikt voor de productie van drinkwater. Voor drinkwater geproduceerd uit grondwater, ligt de berekende gemiddelde inname van de EFSA-4 op 0,14 tot 0,17 ng PEQ/kg lg/week (P50 tot P95 van het LB scenario, drinkwatertype: grondwater van Tabel 5 en Bijlage 3). Dit is 3 tot 4% van de EFSA TWI. Voor drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater ligt de gemiddelde inname in Nederland in het LB scenario op 1,38 tot 1,64 ng (PEQ)/kg lg/week, afhankelijk van een mediane of hoge sominname van de EFSA-4 via voedsel en drinkwater (P50 tot P95 van het LB scenario, drinkwatertype: oppervlaktewater van Tabel 5 en Bijlage 3). Dit is 30 tot 37% van de EFSA TWI. Drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater levert op dit moment dus een grotere bijdrage aan de EFSA TWI dan de op de WHO richtlijnen gebaseerde 20%.

In hoeverre deze hogere bijdrage van drinkwater aan de opvulling van de EFSA TWI zal leiden tot overschrijdingen van de EFSA TWI op individueel niveau, is op basis van dit advies niet te zeggen. Deze studie presenteert de innamedistributies van de EFSA-4 via voedsel en drinkwater in Nederland. In sommige gebieden zal de blootstellingsbijdrage via drinkwater aan de EFSA-4 minder zijn, terwijl er ook gebieden in Nederland zullen zijn waar de inname hoger is. In welke mate de EFSA TWI wordt overschreden ligt dan aan de optelsom van alle blootstellingsroutes samen. Omdat de inname van de EFSA-4 via drinkwater in Nederland een blootstelling van maximaal 37% van de EFSA TWI (gebaseerd op een hoge drinkwaterconsumptie en het LB scenario) oplevert, in plaats van de maximaal gewenste 20%, is het van belang om het terugdringen van PFAS blootstelling uit drinkwater, naast andere blootstellingsroutes zoals voedsel, nader te onderzoeken.

Hierbij moeten de volgende onzekerheden in de schatting van de totale wekelijkse sominname van de EFSA-4 via voedsel en drinkwater in acht worden genomen:

[5] Voor twee van de tien drinkwaterbedrijven is met de LOD gerekend in plaats van de LOQ, zie paragraaf 4.2.

- In deze notitie is alleen gekeken naar de sominname van de EFSA-4. Als ook andere PFAS worden meegenomen, zal de overschrijding van de EFSA TWI toenemen. Hoeveel hangt af van de concentratie en de RPF van de betreffende PFAS. Dit vereist nader onderzoek, welke later dit jaar door het RIVM zal worden uitgevoerd.
- De innameberekeningen zijn gebaseerd op recente meetgegevens in Nederlands drinkwater, maar de gemeten concentraties in voedsel zijn uit 2009. De berekende schatting van de totale wekelijkse sominname van de EFSA-4 moet daarom als indicatief worden beschouwd. Voor een betere schatting van de actuele inname zijn up-to-date metingen van PFAS in voedselproducten nodig. Innameschatting van PFAS met behulp van nieuwe metingen in voedselproducten zal zicht geven op de *actuele* bijdrage van voedsel ten opzichte van andere bronnen en ook op de ontwikkelingen over de afgelopen 10 jaar, waarbij mogelijke af- of toename van specifieke PFAS in beeld worden gebracht. Voor een volledig beeld van de blootstelling van mensen aan PFAS is het ook nodig om de blootstelling vanuit andere blootstellingsbronnen, zoals drinkwater, consumentenproducten en lucht mee te nemen. Een overzicht van de blootstellingsbronnen is behulpzaam bij het uitwerken van een effectief handelingsperspectief.

7. Conclusies

Volgens de standaard berekeningsmethode waarbij wordt uitgegaan van een lichaamsgewicht van 70 kg, een consumptie van 2 liter water per dag en een bijdrage van drinkwater aan de opvulling van de TDI van 20%, resulteert de EFSA TWI in een drinkwaterrichtwaarde van 4,4 ng/L PFOA-equivalenten (PEQ).

Uitgaande van 20% als bijdrage van drinkwater aan de opvulling van de TDI van 4,4 ng/kg lg/week, is de maximale inname via drinkwater 0,88 ng/kg lg/week. De berekende inname voor drinkwater uit grondwater is lager dan deze waarde als de concentratie van niet-aangetoonde[6] PFAS op 0 ng/L wordt gesteld, bij zowel een mediane (P50) als een hoge (P95) EFSA-4 sominname via voedsel en drinkwater (LB scenario). Echter voor drinkwater afkomstig uit oppervlaktewater ligt de inname in dat geval een factor 1,5 hoger. Deze bedraagt daarmee niet 20%, maar 30% van de TWI bij een mediane tot maximaal 37% van de TWI bij een hoge EFSA-4 sominname via voedsel en drinkwater in het LB scenario. PFOA levert de grootste bijdrage, gevolgd door PFOS. PFNA en PHFxS worden in drinkwater nauwelijks aangetroffen boven de rapportagegrenzen en leveren dan ook een kleine bijdrage. Op basis van de huidige grote verschillen in LOQs wordt het LB scenario gezien als de best mogelijke schatting.

De hier berekende inname van de EFSA-4 via drinkwater is gebaseerd op recente gegevens over deze PFAS in Nederlands drinkwater en wordt dus beschouwd als de best mogelijke schatting voor de Nederlandse populatie op dit moment. Het betreft gemiddelde wekelijkse innames per persoon in Nederland. Afhankelijk van de kwaliteit van het innamewater kan de concentratie PFAS in drinkwater, en daarmee de inname per persoon, per locatie verschillen.

De totale wekelijkse sominname van de EFSA-4 via voedsel én drinkwater ligt in Nederland in alle scenario's hoger dan de door EFSA afgeleide TWI van 4,4 ng/kg lg/week. In deze rapportage is op basis van innameberekeningen geanalyseerd wat de verhouding is tussen de bijdrage uit voedsel en drinkwater aan de totale inname van de EFSA-4. Uit de analyses blijkt dat de inname vanuit voedsel groter is dan vanuit drinkwater. Dit is echter gebaseerd op gemeten concentraties in voedsel uit 2009. De berekende schatting van de totale wekelijkse sominname van de EFSA-4 moet daarom als indicatief worden beschouwd. Voor een betere schatting van de actuele inname zijn up-to-date metingen van PFAS in voedselproducten nodig. Innameschatting van PFAS met behulp van nieuwe metingen in voedselproducten zal zicht geven op de actuele bijdrage van voedsel ten opzichte van andere bronnen en ook op de ontwikkelingen over de afgelopen 10 jaar, waarbij mogelijke af- of toename van specifieke PFAS in beeld worden gebracht. Voor een volledig beeld van de blootstelling van mensen aan PFAS is het ook nodig om de blootstelling vanuit andere blootstellingsbronnen, zoals drinkwater, consumentenproducten en lucht mee te nemen. Een overzicht van de blootstellingsbronnen is behulpzaam bij het uitwerken van een effectief handelingsperspectief.

[6] Niet aangetoond = < LOQ, behalve voor twee van de tien drinkwaterbedrijven waarbij niet aangetoond = < LOD, zie paragraaf 4.2.

8. Aanbevelingen

Deze studie leidt tot een aantal aanbevelingen:

- Om te kunnen toetsen aan een drinkwaterrichtwaarde van 4,4 ng/L PEQ dienen de LOQs voor de EFSA-4 maar ook andere PFAS voldoende laag te zijn, in elk geval lager dan de drinkwaterrichtwaarde. Voor PFAS met een RPF > 1 geldt dit naar verhouding in sterkere mate. Dit is nu niet altijd het geval en daarom een aandachtspunt voor het vervolg.
- De in deze notitie berekende bijdrage vanuit voedsel is groter dan vanuit drinkwater, maar de schatting is gebaseerd op informatie over de PFAS concentraties in voedsel uit 2009. Voor een actuele schatting van de inname van de EFSA-4 via voedsel zijn actuele metingen in voedselproducten nodig. Omdat ook andere PFAS dan de EFSA-4 kunnen bijdragen aan de effecten veroorzaakt door PFAS, is het hierbij raadzaam om ook metingen voor andere PFAS dan de EFSA-4 uit te voeren. Een actualisatie van de innameschatting van PFAS via voedsel wordt aanbevolen om beter zicht te geven op de relatieve bijdrage uit voedsel en op de ontwikkelingen over de afgelopen 10 jaar, waarbij mogelijke af- of toename van specifieke PFAS in beeld worden gebracht. Voor een volledig beeld van de blootstelling van mensen aan PFAS is het ook nodig om de blootstelling vanuit andere blootstellingsbronnen, zoals drinkwater, consumentenproducten en lucht, mee te nemen. Een overzicht van de blootstellingsbronnen is behulpzaam bij het uitwerken van een effectief handelingsperspectief.
- Om de blootstelling aan PFAS zo effectief mogelijk te verlagen, moeten er met betrokken partijen waaronder drinkwaterbedrijven handelingsopties uitgewerkt worden, met mogelijk onderscheid in korte en lange termijn maatregelen. Ook de doelmatigheid en proportionaliteit zijn een aandachtspunt. Dit komt onder meer aan bod in Kools et al. (2021).

9. Dankwoord

De auteurs danken Polly Boon, Marco Zeilmaker, Theo Traas, Julia Verhoeven, Els Smit, Anton Rietveld en Joke Herremans van het RIVM voor hun waardevolle bijdragen aan dit rapport.

Literatuur

De Poorter, L.R.M., R. van Herwijnen, P.J.C.M. Janssen, C.E. Smit (2015) Handleiding voor de afleiding van indicatieve milieurisicogrenzen. RIVM Rapport 2015-0057.

EC. 2018. Technical guidance for deriving environmental qualilty standards. Guidance Document No. 27. Updated version 2018. Document endorsed by EU Water Directors at their meeting in Sofia on 11-12 June 2018. Brussel: Europese Commissie.

EFSA. 2020. Opinion on the risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. EFSA Journal 18 (9): 6223.

Janssen P. 2016. Derivation of a lifetime drinking-water guideline for 2,3,3,3-tetrafluoro-2-(heptafluoropropoxy)propanoic acid (FRD-902). Advies van 17 november 2016 aan Ministerie van IenM. Project nummer M/300007/16/PF.

Kistemaker, C.; Bouman, M.; Hulshof, K. F. A. M., 1998. The consumption of food products by the Dutch population: Food Consumption Survey 1997/1998; TNO-report V98.812, 1998, Zeist.

Kools S. A. E., Meekel N., de Baat M. L., de Waal L., Béen F. M., Hofman-Caris C. H. M. 2021 PFAS en Nederlands drinkwater; consequenties van aangescherpte normstelling en technische handelingsperspectieven, Rapport KWR 2021.040, KWR, Nieuwegein.

Noorlander CW, van Leeuwen SPJ, te Biesebeek JD, Mengelers MJB and Zeilmaker MJ, 2011. Levels of perfluorinated compounds in food and dietary intake of PFOS and PFOA in The Netherlands. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 59, 7496–7505

Ocké MC, van Rossum CTM, Fransen HP, Buurma EJM, de Boer EJ, Brants HAM, Niekerk EM, van der Laan JD, Drijvers JJMM, Ghameshlou Z (2008). Dutch National Food Consumption Survey - Young children 2005/2006. RIVM Report 350070001/2008. Bilthoven, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). Beschikbaar online: http://www.rivm.nl/.

RIVM. 2018. Memo advies voor beoordeling GenX in oppervlaktewater. Bijlage bij Kamerbrief over advieswaarde GenX in oppervlaktewater. IENW/BSK-2018/100600.

RIVM. 2020a. Conclusie RIVM gebruik EFSA-TWI PFAS. RIVM-notitie 15 december 2020. https://www.rivm.nl/documenten/notitie-conclusie-rivm-gebruik-efsa-twi-pfas.

RIVM. 2020b. Definitieve EFSA-opinie PFAS – wetenschappelijke overwegingen voor RIVM besluitvorming over EFSA-TWI. RIVM-notitie 15 december 2020. https://www.rivm.nl/documenten/notitie-status-van-efsa-opinie-en-rol-van-gezondheidskundige-grenswaarde-in.

RIVM 2021. Notitie implementatie van de EFSA som-TWI PFAS, maart 2021. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. https://www.rivm.nl/documenten/notitie-implementatie-van-efsa-som-twi-pfas

Van der Aa, N.G.F.M., R.C. van Leerdam, B.M. van de Ven, P.J.C.M. Janssen, C.E. Smit, J.F.M. Versteegh (2017) Evaluatie signaleringsparameter nieuwe stoffen drinkwaterbeleid. RIVM Rapport 2017-0091

Van Rossum CTM, Fransen HP, Verkaik-Kloosterman J, Buurma-Rethans EJM, Ocké MC (2011). Dutch National Food Consumption Survey 2007-2010. Diet of children and adults aged 7 to 69 years. RIVM Report 350050006/2011. Bilthoven, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). Beschikbaar online: www.rivm.nl.

van Rossum C.T.M, Buurma-Rethans JM, Dinnissen CS, Beukers MH, Brants HAM, Dekkers ALM, Ocké MC. The diet of the Dutch. Results of the Dutch National Food Consumption Survey 2012-2016. RIVM report 2020-0083. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven, doi: 10.21945/RIVM-2020-0083. Beschikbaar op www.rivm.nl.

van Dooren, M.M.H., Boeijen, I., van Klaveren, J.D., van Donkersgoed, G., 1995.
Conversie van consumeerbare voedingsmiddelen naar primaire agrarische produkten. RIKILT rapport 95.17. RIKILT-Instituut voor Voedselveiligheid, Wageningen UR, Wageningen. Available online: www.rikilt.wur.nl

Verbruggen EMJ, Wassenaar PNH, Smit CE. 2017. Water quality standards for PFOA : A proposal in accordance with the methodology of the Water Framework Directive. Bilthoven, Nederland: RIVM. Rapport nr. 2017-0044.

WHO (2017) Guidelines for Drinking-water Quality. FOURTH EDITION INCORPORATING THE FIRST ADDENDUM

Zeilmaker MJ, Janssen P. 2016. Afleiding richtwaarde voor PFOA in drinkwater voor levenslange blootstelling. Bilthoven, Nederland: RIVM.

Bijlage 1. Afkortingen PFAS en Relatieve Potentie Factoren (RIVM, 2021)

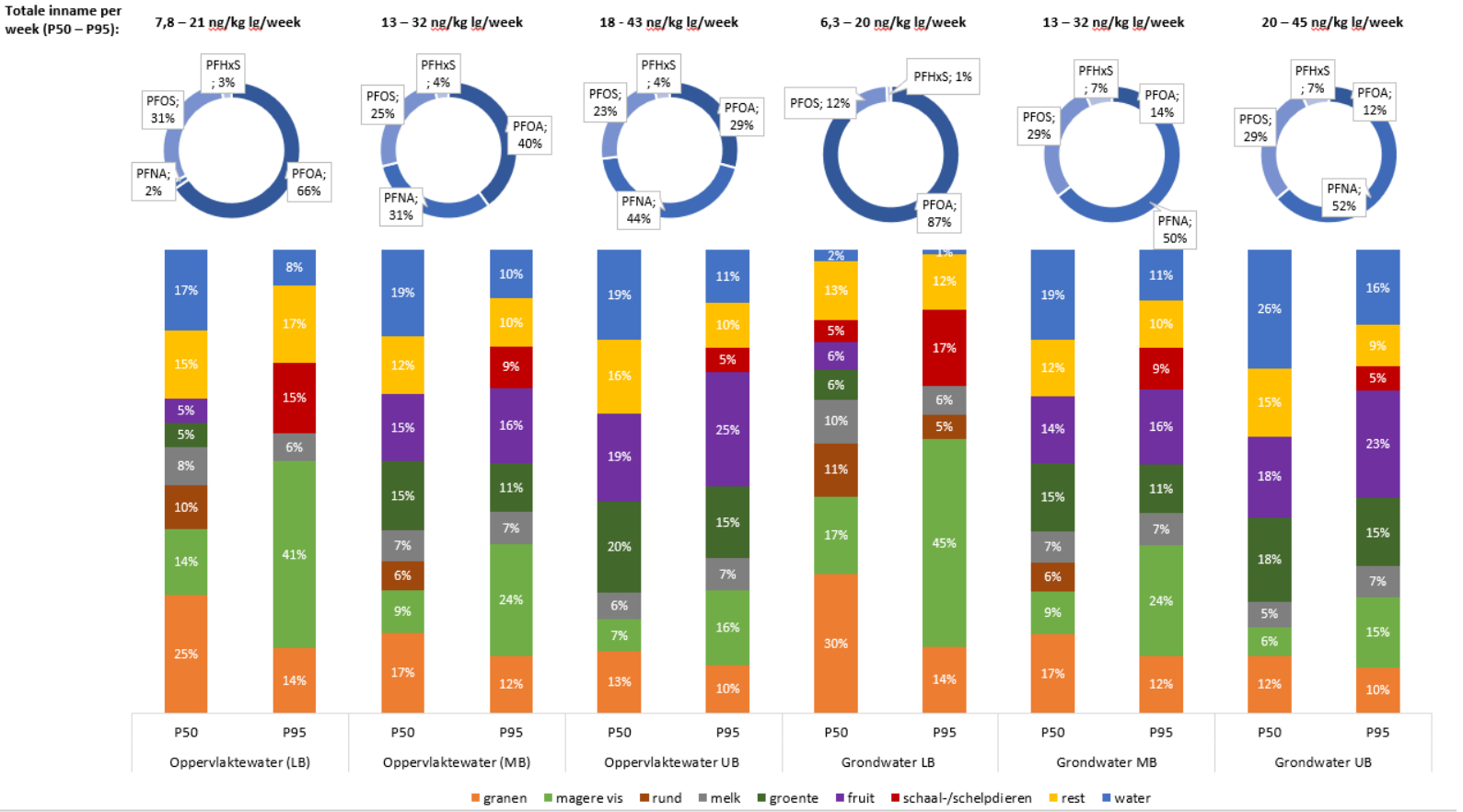
Onderstaande tabel bevat de beschikbare RPF's voor verschillende PFAS (Bil et al. 2021). Voor een aantal PFAS was onvoldoende toxicologische informatie beschikbaar om een RPF af te leiden. Voor deze PFAS is door Bil et al. (2021) een RPF-interval afgeleid op basis van read-across. Om de som PEQ berekeningen te vereenvoudigen wordt in onderstaande tabel de bovengrens van het interval gegeven. Deze maximale waarde is vanuit voorzorg gekozen, en dekt de onzekerheid in de RPF's voor de betreffende PFAS waarschijnlijk volledig af. Verder wordt aangenomen dat de RPF van een specifieke PFAS zowel toepasbaar is op de lineaire als de vertakte variant van die PFAS.

Tabel 6 Relatieve potentie factoren van 23 PFAS (EFSA-4 in blauw)

PFAS	**PFAS afkorting**	**CAS nummer van lineaire PFAS**	**RPF**
Sulfonzuren			
Perfluorbutaansulfonzuur	PFBS	375-73-5	0,001
Perfluorpentaansulfonzuur *	PFPeS	2706-91-4	0,6
Perfluorhexaansulfonzuur	PFHxS	355-46-4	0,6
Perfluorheptaansulfonzuur *	PFHpS	375-92-8	2
perfluoroctaansulfonzuur	PFOS	1763-23-1	2
Perfluordecaansulfonzuur	PFDS	335-77-3	2
Carbonzuren			
perfluorbutaanzuur	PFBA	375-22-4	0,05
Perfluorpentaanzuur *	PFPeA	2706-90-3	0,05
perfluorhexaanzuur	PFHxA	307-24-4	0,01
Perfluorheptaanzuur *	PFHpA	375-85-9	1
perfluoroctaanzuur	PFOA	335-67-1	1
perfluornonaanzuur	PFNA	375-95-1	10
Perfluordecaanzuur *	PFDA	335-76-2	10
perfluorundecaanzuur	PFUnDA	2058-94-8	4
perfluordodecaanzuur	PFDoDA	307-06-7	3
Perfluortridecaanzuur *	PFTrDA	72629-94-8	3
perfluortetradecaanzuur	PFTeDA	376-06-7	0,3
perfluorhexadecaanzuur	PFHxDA	67905-19-5	0,02
perfluoroctadecaanzuur	PFODA	16517-11-6	0,02
Ether carbonzuren			
2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)propionzuur	HFPO-DA (~GenX)	13252-13-6	0,06
ammonium 4,8-dioxa-3H-perfluornonanoaat	ADONA	958445-44-8	0,03
Telomeer alcoholen			
1H,1H,2H,2H-perfluoroctanol	6:2 FTOH	647-42-7	0,02
1H,1H,2H,2H-perfluordecanol	8:2FTOH	678-39-7	0,04

* In Bil et al. (2021) is de RPF afgeleid als interval op basis van read-across.

Bijlage 2. Bijdrage van voedselbronnen aan de wekelijkse inname van de EFSA-4 per persoon in Nederland



Figuur 2 Bijdrage van de verschillende voedselbronnen aan de wekelijkse inname van de EFSA-4 per persoon in Nederland. De getoonde resultaten zijn berekend met het 50e en 95e percentiel van de verdeling van de gemiddelde wekelijkse innames per persoon. Er zijn 3 scenario's doorgerekend (Lower Bound (LB): LOQ =0, Medium Bound (MB): LOQ = 1/2LOQ en Upper Bound (UB): LOQ = 1LOQ) voor zowel drinkwater geproduceerd uit oppervlakte- als grondwater. De cirkeldiagrammen geven de relatieve bijdrage in drinkwater weer voor elk van de EFSA-4.*

* Voor twee van de tien drinkwaterbedrijven is met de LOD gerekend in plaats van de LOQ, zie paragraaf 4.2.

Bijlage 3. Bijdrage individuele PFAS aan de sominname van de EFSA-4 via drinkwater

Tabel 7 Bijdrage individuele PFAS (inclusief relatieve potentie factoren (RPF's) aan de sominname van de EFSA-4 via drinkwater consumptie, per type waterwinning, voor de drie methodes, uitgedrukt als ng/kg lichaamsgewicht/week, voor de gehele populatie (1 t/m 79 jaar).

Scenario[1]	**EFSA-4**	**Inname per type waterwinning (ng (PEQ)/kg lg/week)**			
		Oppervlaktewater		*Grondwater*	
		P50	*P95*	*P50*	*P95*
LB	PFOA	0,90	1,07	0,12	0,15
	PFNA	0,02	0,02	0	0
	PFOS	0,42	0,50	0,02	0,02
	PFHxS	0,03	0,04	0	0
	som	*1,38*	*1,64*	*0,14*	*0,17*
MB	PFOA	0,97	1,34	0,31	0,49
	PFNA	0,75	1,04	1,12	1,76
	PFOS	0,61	0,85	0,64	1,01
	PFHxS	0,08	0,12	0,15	0,23
	som	*2,42*	*3,35*	*2,22*	*3,49*
UB	PFOA	1,02	1,43	0,59	0,86
	PFNA	1,52	2,14	2,67	3,84
	PFOS	0,80	1,13	1,50	2,16
	PFHxS	0,14	0,19	0,35	0,50
	som	*3,48*	*4,90*	*5,11*	*7,36*

[1] Lower bound (LB): concentraties < LOD/LOQ =0; Medium bound (MB): concentraties < LOD/LOQ = ½*LOD/LOQ; Upper bound (UB): concentraties < LOD/LOQ = 1*LOD/LOQ (voor meer details, zie par 3.1)