



Werkwijze toetsing PFAS in drinkwatermonsters

1 Inleiding

Vanaf oktober 2022 geldt in Nederland een drinkwaterrichtwaarde voor PFAS van 4,4 ng/L, uitgedrukt als PFOA-equivalenten. Dit document legt uit hoe deze waarde in de praktijk kan worden toegepast voor het toetsen van drinkwaterkwaliteit.

PFAS komen bijna nooit als enkele stof voor, maar meestal in mengsels met meerdere PFAS. PFAS die op een vergelijkbare manier werken dragen bij aan de totale giftigheid van het mengsel. Daarom moeten zoveel mogelijk PFAS worden meegenomen bij de risicobeoordeling. Om mengsels te beoordelen waaraan mensen oraal en direct worden blootgesteld, bijvoorbeeld via voedsel, drinkwater, of het inslikken van zwemwater heeft het RIVM de zogenoemde RPF-methode ontwikkeld. Dit document legt uit hoe de methode werkt voor **drinkwater**. Achtergrondinformatie is te vinden in bijlage 1. Uitleg voor andere blootstellingsroutes en (milieu)compartimenten volgt in vergelijkbare documenten.

2 Werkwijze

RPF staat voor 'Relatieve Potentie Factor' en is een maat voor de schadelijkheid van verschillende PFAS ten opzichte van de referentiestof PFOA. De RPF's zijn berekend uit studies naar de effecten van PFAS op de lever. Met behulp van de RPF-methode kunnen concentraties van individuele PFAS worden uitgedrukt in 'PFOA-eenheden' (zogenoemde PFOA-equivalenten, afgekort PEQ). Dit gebeurt door de concentratie van een afzonderlijke PFAS in een drinkwatermonster te vermenigvuldigen met zijn RPF. In formule:

$PEQ_i = C_i \times RPF_i$ waar i een van de PFAS in het mengsel is.

Optellen van de afzonderlijke PEQ's levert de totale concentratie PFAS in het monster, uitgedrukt als PFOA-equivalenten. In formule:

$\sum_{i=1}^n PEQ = \sum (C_i \times RPF_i)$ waar n het aantal PFAS in het monster is.

De som-PEQ kan worden vergeleken met de drinkwaterrichtwaarde van 4,4 ng PEQ/L. De ΣPEQ is afhankelijk van welke individuele PFAS er in het monster zitten en hun concentratie en RPF. De volledige lijst van beschikbare RPF's is [hier](#) te vinden. **Gebruik alleen de RPF's voor directe orale blootstelling** (zie uitleg onder 4 en in bijlage 1).

3 Voorbeeldberekening

In Tabel 1 zijn voor een aantal PFAS fictieve concentraties in drinkwater aangenomen. De concentratie van elke PFAS wordt omgerekend in PFOA-equivalenten (PEQ) door de concentraties gemeten in het drinkwater te vermenigvuldigen met de bijbehorende RPF.

RIVM

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

T 088 689 91 11

Auteurs:

Julia Hartmann
Bas Bokkers
Els Smit

Centrum:

DMG/VSP

Contact:

julia.hartmann@rivm.nl

Kenmerk:

KU-2023-0024

Datum:

04-12-2023

In dit voorbeeld is de Σ PEQ met 16,5 ng PEQ/L bijna vier keer zo hoog als de drinkwaterrichtwaarde van 4,4 ng PEQ/L. De conclusie is dat dit monster niet voldoet aan de drinkwaterrichtwaarde.

Tabel 1 Voorbeeldberekening voor de toetsing van een drinkwatermonster.

PFAS	Fictieve concentratie [ng/L]	RPF	PEQ [ng/L]
PFBS	5	0,001	0,005
PFHxS	1	0,6	0,6
PFHpS	1	2	2
PFOS	3	2	6
PFBA	5	0,05	0,25
PFPeA	5	0,05	0,25
PFHxA	6	0,01	0,06
PFHpA	3	1	3
PFOA	4	1	4
HFPO-DA	6	0,06	0,36
ΣPEQ			16,5

4 Relatieve Potentiefactoren voor drinkwater

4.1 Beschikbare RPF's

In de [lijst van beschikbare RPF's](#) staan alle tot nog toe bekende RPF's die kunnen worden gebruikt voor het toetsen van drinkwatermonsters. Voor sommige PFAS zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om een RPF af te leiden, maar kan op basis van gegevens voor verwante PFAS (*read across*) wel worden vastgesteld binnen welke range de RPF zal liggen. In dat geval kiest het RIVM ervoor om uit te gaan van de hoogste waarde, omdat die het meest beschermend is (RIVM, 2021)¹. Over de toxische potentie van vertakte PFAS is vrijwel geen informatie. Daarom wordt aangenomen dat deze even potent zijn als de lineaire vorm en wordt dezelfde RPF gebruikt voor zowel lineaire als vertakte PFAS. De lijst van RPF's wordt aangepast als er aanvullende gegevens zijn voor andere PFAS en/of RPF's worden herzien op basis van nieuwe informatie.

4.2 Omgaan met PFAS zonder RPF

Voor veel PFAS die in het milieu worden aangetroffen kan nog geen RPF worden berekend, omdat gegevens over levertoxiciteit ontbreken. Van een aantal van deze stoffen is bekend dat ze op termijn in het milieu kunnen afbreken en dan andere PFAS vormen. Een voorbeeld is perfluorooctaansulfonamide (PFOSA), een zogenoemde 'moederstof' waaruit PFOS kan ontstaan als afbraakproduct. Voor het inschatten van **toekomstige** risico's, kan het nodig zijn om rekening te houden met een mogelijke toename van potente PFAS door afbraak. In de [lijst van beschikbare RPF's](#) staat hoe de RPF-methode ook voor dit soort 'moederstoffen' kan worden toegepast, namelijk door gebruik te maken van RPF's van hun afbraakproducten (Smit & Verbruggen, 2022; Van der Aa et al., 2022). Deze RPF's mogen echter **alleen** worden gebruikt als het aannemelijk is dat die afbraak ook plaatsvindt. In bereid drinkwater (kraanwater) zal dit waarschijnlijk niet gebeuren, omdat daar zeer beperkte biologische activiteit is. In dat geval kunnen de RPF's van afbraakproducten dus

¹ De Europese Commissie heeft eind 2022 een voorstel gedaan voor het toevoegen van PFAS aan de lijst van prioritaire stoffen onder de Kaderrichtlijn Water en de Grondwaterrichtlijn. De RPF's in dat voorstel zijn gebaseerd op de RIVM-lijst, maar wijken daar soms van af. Dit komt doordat de commissie in het geval van *read across* kiest voor een gemiddelde in plaats van de hoogste waarde. Het commissievoorstel is nog niet vastgesteld.

niet worden gebruikt als maat voor de potentie van de moederstoffen. In oppervlaktewater kan die omzetting wel plaatsvinden. Voor deze groep PFAS die ook 'moederstof' zijn van potente PFAS, is het dus belangrijk welk type watermonster wordt getoetst.

4.3. Werkwijze voor niet kwantificeerbare PFAS

Bij de interpretatie van PFAS-metingen is het belangrijk om te weten wat de grenzen van de analysemethode zijn. Daarvoor bestaan twee maten: de detectielimiet of detectiegrens (limit of detection, LOD) en de kwantificatielimiet of rapportagegrens (limit of quantification; LOQ). De LOD is de laagste concentratie waarbij de aanwezigheid van een bepaalde stof in het monster kan worden opgemerkt, de precieze hoogte van de concentratie is echter onzeker. De LOQ is de laagste concentratie van een stof in een monster die *kwantitatief* kan worden vastgesteld. De LOD is per definitie gelijk aan of lager dan de LOQ.

Vaak is een deel van de geanalyseerde PFAS in een monster gerapporteerd als <LOQ. Bij het berekenen van de som-PEQ worden dan doorgaans twee scenario's doorgerekend. In het zogenoemde 'lower bound' (LB) scenario is de concentratie van de niet kwantificeerbare PFAS gelijkgesteld aan 0 ng/L. Dit is mogelijk een onderschatting, want een stof kan aanwezig zijn in lagere concentraties dan wat met de gebruikte analysemethode kwantitatief kon worden aangetoond. Als alternatief kan worden gerekend met de LOQ, dit is het zogenoemde 'upper bound' (UB) scenario. Dit is een overschatting, omdat ervan wordt uitgegaan dat de PFAS aanwezig was op het niveau van de LOQ. Soms worden concentraties gerapporteerd tussen de LOD en LOQ. Deze resultaten kunnen als zodanig worden gebruikt, hoewel er onzekerheid is over de werkelijke concentratie.

Literatuur

Inclusief referenties uit Bijlage 1

- Bil W, Ehrlich V, Chen G, Vandebriel R, Zeilmaker M, Lijten M, Uhl M, Marx-Stoelting P, Halldorsson TI, Bokkers B. 2023. Internal relative potency factors based on immunotoxicity for the risk assessment of mixtures of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in human biomonitoring. *Environ Int* 171: 107727.
- Bil W, Zeilmaker M, Bokkers B 2022. Internal relative potency factors for the risk assessment of mixtures of Perfluoroalkyl Substances (PFAS) in human biomonitoring. *Environ Health Perspect* 130 (7), 077005.
- Bil W, Zeilmaker M, Fragki S, Lijzen J, Verbruggen E, Bokkers B. 2021. Risk assessment of per- and polyfluoroalkyl substance mixtures: a relative potency factor approach. *Environ Toxicol Chem* 40 (3): 859–870.
- EFSA. 2020. Opinion on the risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal* 18 (9): 6223.
- RIVM. 2021. Notitie implementatie van de EFSA som-TWI PFAS. RIVM-notitie 7 april 2021. <https://www.rivm.nl/documenten/notitie-implementatie-van-efsa-som-twi-pfas>.
- RIVM. 2023. Bijlage bij RIVM-brief aan ILT: Indicatieve drinkwaterrichtwaarde trifluorazijnzuur (TFA). [Bijlage bij RIVM-brief aan ILT: Indicatieve drinkwaterrichtwaarde trifluorazijnzuur \(TFA\) | RIVM](#)
- Smit CE, Verbruggen EMJ. 2022. Risicogrenzen voor PFAS in oppervlaktewater. Doorvertaling van de gezondheidkundige grenswaarde van EFSA naar concentraties in water. RIVM Briefrapport 2022-0074.
- Van der Aa NGFM, Hartmann J, Smit CE. 2022. PFAS in Nederlands drinkwater vergeleken met de nieuwe Europese Drinkwaterrichtlijn en relatie met gezondheidkundige grenswaarde van EFSA. RIVM-briefrapport 2022-0149.

Bijlage 1 Achtergrondinformatie

Risicogrenzen voor PFAS-mengsels

Het RIVM heeft gezondheidskundige en milieurisicogrenzen afgeleid voor PFAS op basis van adviezen van de Europese autoriteit voor voedselveiligheid (EFSA, 2020). EFSA adviseerde voor een mengsel van vier PFAS een Toelaatbare Wekelijkse Inname (TWI) van 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week. Dit komt overeen met een Toelaatbare Dagelijkse Inname (TDI) van 0,63 ng/kg lichaamsgewicht per dag. In voedsel, drinkwater en milieu worden doorgaans echter meer PFAS aangetoond dan alleen de vier uit het EFSA-advies. De verwachting is dat die andere PFAS een vergelijkbaar werkingsmechanisme hebben en in meerdere of mindere mate bijdragen aan de toxiciteit van het totale mengsel. Het RIVM heeft daarom een methode ontwikkeld om ook andere PFAS mee te kunnen nemen (RIVM, 2021).

Rekening houden met relatieve potentie

In Hoofdstuk 2 is de methode al kort uitgelegd. De RIVM-aanpak is vergelijkbaar met de werkwijze voor dioxines en maakt gebruik van kennis over de relatieve giftigheid van verschillende PFAS ten opzichte van PFOA. Op basis van studies naar de effecten van PFAS op de lever zijn zogenoemde 'Relative Potency Factors' berekend, in het Nederlands aangeduid als Relatieve Potentie Factoren (RPF's). Zie onder andere Bil et al. (2021) en RIVM (2023). Een RPF van 0,001 betekent dat deze individuele PFAS 1000 keer minder potent is dan PFOA, een RPF van 10 betekent dat een PFAS 10 keer meer potent is dan PFOA. Door de concentraties van de afzonderlijke PFAS te vermenigvuldigen met hun RPF, kunnen we de concentraties van die PFAS omrekenen in equivalente concentraties PFOA (PFOA-equivalenten, PEQ). De som van de PEQ (Σ PEQ) kan worden vergeleken met een norm of risicogrens, eveneens uitgedrukt op basis van PEQ. Het RIVM gebruikt daarvoor de EFSA-TWI als uitgangspunt, omdat de effecten in de onderliggende kritische studie zijn geassocieerd met PFOA en niet met de andere drie PFAS die EFSA heeft onderzocht. Op deze manier vertaalt het RIVM de gezondheidskundige grenswaarde van EFSA naar een bredere lijst van PFAS (RIVM, 2021). De Σ PEQ is afhankelijk van welke individuele PFAS er in het monster zitten en hun concentratie en RPF. Het voorbeeld hieronder laat dit zien.

In monster A zitten de stoffen PFBS, PFHxS, PFBA en PFHxA in gelijke concentraties van 1 ng/L. De RPF's variëren van 0,001 tot 0,6, de stoffen zijn dus 1000 tot 1,7 keer minder potent dan PFOA. De Σ PEQ is 0,661. In een tweede monster B zitten PFUnDA, PFDoDA, PFOS en PFNA in gelijke concentraties van 0,25 ng/L. Met RPF's van 2 tot 10, zijn deze stoffen 2 tot 10 keer potenter dan PFOA en de Σ PEQ is 4,75. Simpel opgeteld bevat monster A met 4 ng/L meer PFAS dan monster B met 1 ng/L. Op basis van de PEQ is monster A echter minder schadelijk dan monster B.

Monster	Stof	Concentratie [ng/L]	RPF	PEQ [ng/L]
A	PFBS	1	0,001	0,001
	PFHxS	1	0,6	0,6
	PFBA	1	0,05	0,05
	PFHxA	1	0,01	0,01
		$\Sigma = 4$		ΣPEQ = 0,661
B	PFUnDA	0,25	4	1
	PFDoDA	0,25	3	0,75
	PFOS	0,25	2	0,5
	PFNA	0,25	10	2,5
		$\Sigma = 1$		ΣPEQ = 4,75

RPF-methode geldt voor directe blootstelling

De RPF's zijn afgeleid voor *directe orale externe blootstelling* van mensen aan PFAS, bijvoorbeeld bij inname via drinkwater of het inslikken van oppervlaktewater bij zwemmen. Als we de Σ PEQ in een watermonster weten en als bekend is hoeveel water mensen dagelijks drinken of inslikken, kunnen we uitrekenen hoeveel PEQ's mensen dagelijks via die route binnenkrijgen. Deze dagelijkse inname kunnen we dan vergelijken met de acceptabele blootstelling van mensen. Zoals hierboven is uitgelegd, gebruikt het RIVM hiervoor een TWI voor mensen van 4,4 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week, overeenkomend met een TDI van 0,63 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per dag (EFSA, 2020; RIVM, 2021). Specifiek voor drinkwater geldt er een beleidsmatig vastgestelde richtwaarde van 4,4 ng PEQ/L², die in de toekomst als wettelijke kwaliteitseis in het Drinkwaterbesluit zal worden opgenomen. In deze drinkwaterrichtwaarde is de dagelijkse drinkwaterconsumptie al verrekend. Voor drinkwater kan de Σ PEQ in een drinkwatermonster dus direct worden vergeleken met deze drinkwaterrichtwaarde, gebruikmakend van de RPF's in de [lijst van beschikbare RPF's](#) (zie ook Hoofdstuk 2).

Let op: De drinkwaterrichtwaarde wordt ook gebruikt bij het beoordelen van industriële lozingen naar oppervlaktewater, om zo de innamepunten van drinkwater te beschermen. Deze toetsing is anders dan de hier beschreven werkwijze voor PFAS in drinkwatermonsters. Voor meer informatie verwijzen we naar Rijkswaterstaat.

Naast bovengenoemde directe blootstelling, bestaat er ook *indirecte orale externe blootstelling* van mensen vanuit bodem, grondwater of oppervlaktewater. Denk bijvoorbeeld aan de inname van PFAS vanuit oppervlaktewater via vis, of vanuit grondwater en bodem via groente. Met behulp van aannames over de dagelijkse consumptie van vis of groente, kunnen we de TWI omrekenen in een evenredige concentratie in vis of groente, uitgedrukt in PEQ. Om die concentratie terug te rekenen naar de bijbehorende concentratie in water of bodem, zijn er aanvullend ook nog (stofspecifieke) bioaccumulatiefactoren (BAF's) nodig die beschrijven hoe de opname verloopt vanuit water naar vis of vanuit bodem naar groente. Het RIVM-rapport met risicogrenzen voor oppervlaktewater geeft hiervoor een methode (Smit & Verbruggen, 2022).

De [lijst van beschikbare RPF's](#) is niet toepasbaar op *interne* concentraties (dat wil zeggen concentraties gemeten in het menselijk lichaam, bijvoorbeeld in serum of urine), omdat de hoogte van de RPF's (gedeeltelijk) afhangt van de opname, verdeling en uitscheiding van PFAS in het lichaam (kinetiek). Voor het beoordelen van PFAS-mengsels in menselijk bloed, zijn interne RPF's afgeleid voor een beperkt aantal PFAS (zie Bil et al., 2022; 2023).

² [Kamerbrief voor het Commissiedebat PFAS en Gezondheid van 3 november 2022 | Kamerstuk | Rijksoverheid.nl](#)