



## Kennisnotitie Handreiking beoordeling PFAS in lucht

### 1 Inleiding

Het RIVM heeft in opdracht van de omgevingsdiensten een indicatief Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau voor lucht ( $i\text{-MTR}_{\text{lucht}}$ ) afgeleid voor per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS). Het huidige document biedt een praktische handreiking voor een eerste inschatting van de risico's van lucht waarin PFAS zijn aangetroffen.

De hier beschreven werkwijze is enkel gebaseerd op de technisch-wetenschappelijke inzichten van het RIVM met betrekking tot de risico's van PFAS en houdt geen rekening met (toekomstige) wettelijke verplichtingen en/of beleidsmatige keuzes. De toepassing van dit document en daaruit voortvloeiende besluiten zijn dan ook de verantwoordelijkheid van de gebruiker.

Dit advies gaat over de manier waarop concentraties van PFAS in lucht kunnen worden vergeleken met de door het RIVM voorgestelde advieswaarden voor PFAS in lucht, bijvoorbeeld bij een immissietoets. Dit advies licht toe hoe rekening gehouden kan worden met de mengseltoxiciteit van PFAS. De manier van bemonsteren en hoe moet worden omgegaan met variaties in ruimte en tijd, zijn geen onderdeel van dit RIVM-advies.

### 2 Mengselbeoordeling met behulp van de RPF-methode

PFAS komen bijna nooit als enkele stof voor, maar meestal in mengsels met meerdere PFAS. PFAS met hetzelfde toxische effect dragen bij aan de totale schadelijkheid van het mengsel. Daarom moeten zoveel mogelijk PFAS met eenzelfde toxisch effect worden meegenomen bij de risicobeoordeling.

Met het oog hierop heeft het RIVM de zogenoemde RPF<sup>1</sup>-methode ontwikkeld voor het beoordelen van directe orale blootstelling van mensen aan PFAS-mengsels, bijvoorbeeld via voedsel, drinkwater, of het inslikken van zwemwater (RIVM, 2021).

Er zijn vrijwel geen bruikbare gegevens over de gezondheidkundige effecten van PFAS-mengsels in lucht als gevolg van inademen. Ook ontbreekt informatie over de verschillen in potentie tussen individuele PFAS bij inhalatie. Op basis van de beperkte gegevens wordt door het RIVM aangenomen dat de orale gezondheidkundige grenswaarde voor PFAS in generieke zin kan worden vertaald naar een inhalatoire advieswaarde en dat die vertaling ook geldt voor de RPF's (zie RIVM (2026) voor onderbouwing). Daarmee biedt deze handreiking een pragmatische werkwijze om toch rekening te houden met de relatieve potentie van PFAS bij de beoordeling van emissies van PFAS-mengsels naar lucht. Bijlage 1 gaat verder in op deze werkwijze voor de indicatieve inschatting van gezondheidseffecten van PFAS in de lucht en de bijbehorende beperkingen.

RIVM

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

T 088 689 89 89

**Auteurs:**

T. Verbruggen

**Centrum:**

Veiligheid van Stoffen en  
Producten

**Contact:**

nicole.janssen.02@rivm.nl

**Kenmerk:**

KN-2026-0003

**DOI:**

10.21945/RIVM-KN-2026-  
0003

**Datum:**

26-03-2026

<sup>1</sup> Relatieve Potentie Factor

### 3 Werkwijze voor lucht

RPF staat voor 'Relatieve Potentie Factor' en is een maat voor de schadelijkheid van verschillende PFAS ten opzichte van de referentiestof PFOA (perfluorooctaan zuur). De RPF's zijn berekend uit proefdierstudies naar de effecten van PFAS op de lever. Er zijn aanwijzingen dat soortgelijke potentieverschillen aanwezig zijn voor andere eindpunten (RIVM, 2021). Het RIVM neemt aan dat de orale RPF's ook toepasbaar zijn op inhalatoire blootstelling.

Met behulp van de RPF-methode kunnen concentraties van individuele PFAS worden omgerekend in 'PFOA-eenheden' (zogenoemde PFOA-equivalenten, afgekort PEQ). Dit gebeurt door de concentratie van een afzonderlijke PFAS in lucht ( $C_{\text{lucht},i}$ ; in  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) te vermenigvuldigen met zijn RPF. In formule:

$$\text{PEQ}_{\text{lucht},i} = C_{\text{lucht},i} \times \text{RPF}_i$$

waar  $i$  één van de PFAS in het mengsel is.

Optellen van de afzonderlijke PEQ's levert de totale concentratie PFAS in lucht, uitgedrukt als PFOA-equivalenten ( $\sum \text{PEQ}_{\text{lucht}}$ ) volgens onderstaande vergelijking.

$$\sum \text{PEQ}_{\text{lucht}} = \sum_{i=1}^n (C_{\text{lucht},i} \times \text{RPF}_i)$$

waar  $n$  het aantal PFAS in de lucht is.

De  $\sum \text{PEQ}$  in lucht kan worden vergeleken met de advieswaarde voor PFAS in lucht van  $0,44 \text{ ng PEQ}/\text{m}^3$  (RIVM, 2026). De  $\sum \text{PEQ}$  is afhankelijk van de concentratie waarin individuele PFAS aanwezig zijn en hun RPF. PFAS die minder potent zijn dan PFOA ( $\text{RPF} < 1$ ) dragen verhoudingsgewijs minder bij aan de  $\sum \text{PEQ}$  dan PFAS die potenter zijn ( $\text{RPF} > 1$ ).

#### 3.1 Beschikbare RPF's voor lucht

Er is een [lijst van beschikbare RPF's](#) met alle tot nog toe door het RIVM afgeleide orale RPF's die kunnen worden gebruikt voor het beoordelen van PFAS-concentraties in lucht. 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 in die range, omdat die het meest beschermend is (RIVM, 2021). Over verschillen in de toxische potentie tussen lineaire en vertakte PFAS is vrijwel geen informatie beschikbaar. Daarom wordt aangenomen dat beide even potent zijn en wordt dezelfde RPF gebruikt voor zowel lineaire als vertakte PFAS.

De lijst van beschikbare RPF's zal worden aangepast als er aanvullende gegevens zijn voor andere PFAS en/of RPF's worden herzien op basis van nieuwe informatie.

#### 3.2 Omgaan met PFAS zonder RPF

Voor veel PFAS die in de lucht kunnen 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 precursor waaruit perfluorooctaansulfonzuur (PFOS) kan ontstaan als afbraakproduct. Er is

beperkte informatie beschikbaar over de verspreiding en afbraak van PFAS (inclusief precursoren) in lucht. De informatie die beschikbaar is (bijv. [UK Environment Agency, 2025](#)) suggereert dat PFAS na emissie lang in de lucht kunnen verblijven en zich ver (minstens over heel NL) kunnen verspreiden. Het is tevens niet uit te sluiten dat precursoren in lucht worden omgezet in persistente en toxische PFAS waaraan mensen in de leefomgeving kunnen worden blootgesteld. Dit zorgt voor een mogelijke toename van de toxiciteit van de uitgestoten PFAS in de leefomgeving. Als worst case kan bij vergunningverlening worden aangenomen dat de uitgestoten precursoren afbreken tot de persistente en toxische afbraakproducten. Door de RPF van aannemelijk persistente afbraakproducten toe te passen op de precursoren, houden we rekening met de mogelijkheid dat mensen op leefniveau worden blootgesteld aan deze afbraakproducten. Als RPF wordt de hoogste RPF van alle mogelijke afbraakproducten genomen, zie daarvoor Tabel 2 van de RPF-lijst (<https://www.rivm.nl/pfas/rpf>).

Bij een actuele risicobeoordeling op lokaal niveau wordt het risico geschat van het gemeten PFAS-mengsel waar mensen op dat moment aan worden blootgesteld. Voor die situatie is het niet valide om nog te vormen afbraakproducten mee te nemen aangezien de samenstelling van het mengsel waaraan directe blootstelling plaatsvindt bekend is. Alleen de RPF's voor directe blootstelling uit Tabel 1 van de RPF-lijst moeten dan gebruikt worden.

Voor stoffen zonder 'eigen' RPF en waarvan niet bekend is of ze op termijn in het milieu kunnen afbreken, kan geen PEQ berekend worden.

### 3.3 Werkwijze voor niet-kwantificeerbare PFAS

In geval 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 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 <LOD of <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. 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. Als analyseresultaten zijn gerapporteerd als <LOQ, wordt het UB-scenario berekend met de LOQ en als de resultaten zijn gerapporteerd als <LOD met de LOD. Soms worden concentraties gerapporteerd tussen de LOD en LOQ. Deze resultaten kunnen als zodanig worden gebruikt, hoewel er onzekerheid is over de werkelijke concentratie.

Voor zowel het LB- als het UB-scenario is het van belang dat zo veel mogelijk (en bij voorkeur alle) PFAS waarvoor een RPF beschikbaar is, ook daadwerkelijk worden geanalyseerd. Bij analyse van een geringe set PFAS worden de risico's in zowel het LB- als UB-scenario onderschat, als niet alle relevante PFAS zijn geanalyseerd. Dit geldt bijvoorbeeld als alleen naar PFOA, PFNA, PFOS en PFHxS is gekeken en PFDA in aanzienlijke concentraties aanwezig blijkt te zijn.

### 3.4 Voorbeeldberekening voor metingen in lucht

In Tabel 1 zijn voor een aantal PFAS fictieve concentraties in lucht aangenomen. De concentratie van elke PFAS wordt omgerekend in PFOA-equivalenten (PEQ) door de concentraties in het monster te vermenigvuldigen met de bijbehorende RPF. In dit voorbeeld is de  $\Sigma$ PEQ met 248-253 pg PEQ/m<sup>3</sup> ongeveer een factor 1,8 lager dan de advieswaarde voor dit mengsel in lucht van 0,44 ng PEQ/m<sup>3</sup> (440 pg PEQ/m<sup>3</sup>). In dit voorbeeld wordt de advieswaarde voor PFAS niet overschreden.

In dit voorbeeld is het verschil tussen het LB- en UB-scenario klein. Dit komt doordat de rapportagegrenzen voor de individuele PFAS relatief laag zijn. Als de rapportagegrenzen hoger zijn, tellen ze ook meer mee in het UB-scenario. Het is dus van belang om zoveel mogelijk PFAS met een zo laag mogelijke LOQ te meten.

Tabel 1 Voorbeeld berekening voor de beoordeling van PFAS in een luchtmonster, uitgedrukt in PFOA-equivalenten ( $\Sigma$ PEQ)

PFAS	Fictieve concentratie (pg/m <sup>3</sup> )	RPF	PEQ LB <sup>3</sup> (pg/m <sup>3</sup> )	PEQ UB <sup>3</sup> (pg/m <sup>3</sup> )
PFHxA	17	0,01	0,17	0,17
PFHpA	8,9	1	8,9	8,9
PFOA	25	1	25	25
PFDA	<0,5	10	0	5
PFDoDA	8	3	24	24
PFTeDA	<1	0,3	0	0,3
TFPrA	<1	0,01	0	0,01
6:2 FTS	40	1 <sup>1)</sup>	40	40
8:2 FTS	15	10 <sup>1)</sup>	150	150
6:2 8:2 PAP	35	<sup>2)</sup>		
<b><math>\Sigma</math>PEQ</b>			<b>248</b>	<b>253</b>

<sup>1)</sup> Voor deze PFAS zijn geen RPF's beschikbaar. Wel is bekend dat ze in het milieu kunnen afbreken tot andere PFAS. Omdat deze gegevens niet beschikbaar zijn voor lucht wordt verondersteld dat dit ook kan gebeuren in lucht. Als RPF wordt de hoogste RPF van de alle afbraakproducten genomen, zie daarvoor Tabel 2 van de RPF-lijst (<https://www.rivm.nl/pfas/rpf>). Dit is niet van toepassing in geval van een actuele risicobeoordeling op lokaal niveau waarbij het risico wordt geschat van het PFAS-mengsel waar mensen op dat moment aan worden blootgesteld. Zie voor details paragraaf 3.2.

<sup>2)</sup> Van deze PFAS zijn geen RPF's beschikbaar. Ook zijn geen PFAS afbraakproducten bekend.

<sup>3)</sup> Voor <-waarden wordt de LB-PEQ berekend met 0 pg/m<sup>3</sup>, de UB-PEQ met de LOQ. Als waarden zijn gerapporteerd als <LOD, wordt de LOD gebruikt.

## 4 PEQ-tool

Het RIVM heeft een rekentool gemaakt om de beoordeling van PFAS in lucht te faciliteren. Deze tool is beschikbaar via: <https://www.rivm.nl/documenten/rivm-peq-tool>.

## 5 Discussie en toekomstige ontwikkelingen

Deze Kennisnotitie biedt een handreiking voor een *indicatieve* inschatting van de gezondheidkundige risico's van PFAS in lucht waarbij rekening gehouden wordt met mengseltoxiciteit. De inschatting is met name indicatief, omdat er vanuit wordt gegaan dat er geen route-specifieke toxiciteit is en de orale RPF's ook inhalatoir gebruikt kunnen worden. Hiervoor is gekozen vanwege het ontbreken van specifieke gegevens over de gezondheidkundige effecten van PFAS bij inhalatie. Eventuele verschillen in absorptie, distributie, metabolisme, uitscheiding tussen orale en inhalatoire routes en tussen mensen en ratten kunnen leiden tot variaties in respons die niet volledig worden

geadresseerd door de huidige RPF's. Verdere studies zijn nodig om deze aannames te valideren en de eventuele verschillen beter te begrijpen.

## Literatuur

### *Inclusief referenties uit bijlage 1*

- ATSDR (2021). Toxicological Profile for Perfluoroalkyls. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Available at <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp200.pdf>
- Bil W, M. Zeilmaker, S. Fragki, J. Lijzen, E. Verbruggen en B. Bokkers. 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. [Notitie implementatie van de EFSA som-TWI PFAS | RIVM](#)
- RIVM. 2022. Bijlage bij RIVM-brief aan ILT: Indicatieve drinkwaterrichtwaarde trifluorazijnzuur (TFA). [Bijlage bij RIVM-brief aan ILT: Indicatieve drinkwaterrichtwaarde trifluorazijnzuur \(TFA\) | RIVM](#)
- RIVM. 2026. Indicatief MTR lucht voor 27 PFAS. Advies 16262A02, 26-03-2026. [per- en polyfluoroalkylstoffen | Zoeksysteem Risico's van stoffen](#)
- UK Environment Agency. 2025. A quick scoping review of airborne perfluorooctanoic acid (PFOA) and other per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). Chief Scientist's Group report. Environment Agency, May 2025. [https://assets.publishing.service.gov.uk/media/682dcf447fb7a7d9cd775167/A\\_quick\\_scoping\\_review\\_of\\_airborne\\_perfluorooctanoic\\_acid\\_PFOA\\_and\\_other\\_per-and\\_polyfluoroalkyl\\_substances\\_PFAS\\_report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/media/682dcf447fb7a7d9cd775167/A_quick_scoping_review_of_airborne_perfluorooctanoic_acid_PFOA_and_other_per-and_polyfluoroalkyl_substances_PFAS_report.pdf)

## 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, milieu en lucht zijn doorgaans meer PFAS aanwezig 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 paragraaf 3 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 relatieve potentie factoren (RPF's) berekend. Zie onder andere Bil et al. (2021) en RIVM (2022). 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's ( $\Sigma$ PEQ) van meerdere PFAS in een monster 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).

### *Vertaling van orale blootstelling naar inhalatie*

Er zijn vrijwel geen gegevens over de gezondheidskundige effecten van PFAS bij inhalatie beschikbaar en het is op dit moment niet mogelijk om route-specifieke grenswaarden en RPF's af te leiden. Op basis van beperkte data concludeert ATSDR (2021) dat de toxiciteit van PFAS niet route specifiek is. Hiervan uitgaande nemen we vooralsnog aan dat de orale gezondheidskundige grenswaarde kan worden omgerekend in een overeenkomstige waarde voor inhalatie. Door het ontbreken van inhalatiestudies is het ook niet mogelijk om inhalatie-specifieke RPF's te bepalen. Bij gebrek aan informatie nemen we aan dat de waargenomen verschillen in potentie na orale blootstelling ook van toepassing zijn op inhalatoire blootstelling.

Om een inhalatoire waarde te bepalen, is de orale grenswaarde van 0,63 ng PEQ/kg lg per dag vermenigvuldigd met een standaard lichaamsgewicht van 70 kg en vervolgens gedeeld door het humane ademhalingsvolume van 20 m<sup>3</sup> per dag (ECHA, 2012). Vervolgens wordt ook nog een allocatiefactor van 0,2 toegepast. Dit resulteert in een advieswaarde van 0,44 ng PEQ/m<sup>3</sup>. Met behulp van RPF's kunnen gemeten of berekende concentraties van de geëmitteerde PFAS in lucht worden omgerekend in PFOA-equivalenten (ng PEQ/m<sup>3</sup>) en kan het mengsel getoetst aan deze risicogrens. Voor meer informatie over de onderbouwing van de advieswaarde, zie RIVM (2026).

Op deze manier gebruikt het RIVM de RPF-methode voor een pragmatische inschatting van de gezondheidskundige risico's van inhalatoire blootstelling aan PFAS-mengsels in

lucht. De methode is indicatief, omdat er vanuit gegaan wordt dat de orale RPF's ook inhalatoir gebruikt kunnen worden. Deze aanname is onzeker vanwege het ontbreken van specifieke data voor inhalatie. Eventuele verschillen in absorptie, distributie, metabolisme, en uitscheiding tussen orale en inhalatoire routes en tussen mensen en ratten kunnen leiden tot variaties in respons die niet volledig worden geadresseerd door dezelfde RPF's. Verdere studies zijn nodig om deze aannames te valideren en de eventuele verschillen beter te begrijpen.