



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

Advieswaarden **PFAS** in zwembadwater

Advieswaarden PFAS in zwemwater

RIVM-briefrapport 2024-0006

Colofon

© RIVM 2024

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2024-0006

Bescherming persoonlijke gegevens RIVM
Bescherming persoonlijke gegevens RIVM

Contact:

Bescherming persoonlijke gegevens

Centrum Veiligheid van Stoffen en Producten
Bescherming persoonlijke gegevens @RIVM.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in het kader van opdracht 2024.ADD.WB.02 'Zwemwaterrichtlijn PFAS'.

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Advieswaarden PFAS in zwemwater

Het RIVM heeft nieuwe advieswaarden voor per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS) in zwemwater bepaald. Deze waarden zijn bepaald op basis van de effecten van deze stoffen op de gezondheid (gezondheidskundige advieswaarden). De nieuwe advieswaarden zijn berekend voor PFAS in water van zwembaden en in oppervlaktewater van bijvoorbeeld recreatieplassen. Overheden die verantwoordelijk zijn voor de kwaliteit van zwemwater, kunnen deze advieswaarden gebruiken om de kwaliteit ervan te beoordelen.

Voor zwembaden stelt het RIVM een gezondheidskundige advieswaarde voor PFAS voor van 71 nanogram PEQ per liter (PEQ staat voor PFOA-equivalenten; de som van meerdere soorten PFAS, uitgedrukt in PFOA-eenheden). Per liter oppervlaktewater is dat 280 nanogram PEQ. Deze advieswaarde is anders omdat mensen minder vaak in oppervlaktewater zwemmen dan in zwembaden.

Aanleiding voor de update is de nieuwe gezondheidskundige grenswaarde voor deze stoffen die de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid EFSA in 2020 heeft bepaald. Deze nieuwe grenswaarde is lager, en dus strenger. Dit betekent dat de stoffen al bij een lagere blootstelling schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid.

Het RIVM heeft daarna een methode ontwikkeld om de gezondheidskundige grenswaarde van EFSA te vertalen naar een bredere groep PFAS. PFAS komen namelijk bijna nooit als enkele stof voor, maar meestal in mengsels met verschillende soorten PFAS. Deze methode is nu gebruikt voor zwemwater.

PFAS zijn chemische stoffen die door mensen gemaakt zijn en van nature niet voorkomen in het milieu. Als ze eenmaal in het milieu zitten, blijven ze daar vanwege hun eigenschappen (*forever chemicals*). Een van de mogelijkheden om aan deze stoffen bloot te staan, is door te zwemmen in vervuild zwemwater.

Het RIVM heeft de advieswaarden bepaald in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW).

Kernwoorden: PFAS, zwemwater, advieswaarden, oppervlaktewater, zwembaden

Synopsis

Advisory values for PFAS in swimming water

RIVM has established new advisory values for per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in swimming water. These values are determined based on the health effects of these substances (health-based advisory values). The new advisory values have been calculated for PFAS in swimming pool water and surface water in recreational areas, such as lakes. Authorities responsible for the quality of swimming water can use these advisory values to assess its quality.

For swimming pools, RIVM proposes a health-based advisory value for PFAS of 71 nanograms PEQ per litre (PEQ stands for PFOA equivalents, i.e. the sum of various PFAS types expressed in PFOA units). For surface water, this value is 280 nanograms PEQ per litre. This advisory value differs because people swim less frequently in surface water than in swimming pools.

The reason for the update is the new health-based guidance value for these substances set by the European Food Safety Authority (EFSA) in 2020. This new guidance value is lower, and therefore stricter. This means that the substances can be harmful to health at a lower exposure level.

Subsequently, RIVM has developed a method to apply EFSA's health-based guidance value to a broader group of PFAS. This is because PFAS are rarely found as individual substances, but usually in mixtures with different types of PFAS. This method has now been applied to swimming water.

PFAS are man-made chemicals that do not occur naturally in the environment. Once they are in the environment, they persist due to their properties ('forever chemicals'). One way to be exposed to these substances is by swimming in contaminated swimming water.

RIVM has determined the advisory values on behalf of the Ministry of Infrastructure and Water Management.

Keywords: PFAS, swimming water, bathing water, advisory values, surface water, swimming pools

Inhoudopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 13

2 Gezondheidskundige grenswaarde van EFSA en toepassing op verschillende PFAS — 15

- 2.1 Gezondheidskundige grenswaarde afgeleid door EFSA — 15
- 2.2 Toepassing EFSA-TWI op andere PFAS dan alleen de EFSA-4 — 15
 - 2.2.1 PFAS aanwezig in zwemwater — 15
 - 2.2.2 Relatieve potentie ten opzichte van PFOA — 16

3 Advieswaarden voor PFAS in zwemwater — 17

- 3.1 Methodiek — 17
 - 3.1.1 Algemeen — 17
 - 3.1.2 Zwemkarakteristieken — 18
 - 3.1.3 Probabilistische methode — 19
- 3.2 Berekende advieswaarden voor PFAS in zwemwater — 24

4 Discussie en conclusie — 27

5 Lijst met afkortingen — 31

6 Referenties — 33

7 Bijlage I Gedetailleerde berekeningen in R Script — 37

8 Bijlage II Weergave van de input verdelingen — 39

9 Bijlage III Percentielen uit de verkregen concentratieverdelingen voor PFAS in zwemwater — 44

Samenvatting

De laatste jaren is er veel aandacht voor per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS) en de mogelijke gezondheidsrisico's als gevolg van blootstelling aan deze stoffen. PFAS zijn chemische stoffen die door mensen gemaakt zijn en van nature niet voorkomen in het milieu. Eénmaal in het milieu, blijven ze daar vanwege hun eigenschappen aanwezig ('forever chemicals'), en is blootstelling aan PFAS mogelijk via diverse bronnen. Eén van die bronnen is zwemwater: op verschillende plekken in Nederland is de afgelopen jaren de aanwezigheid van diverse PFAS gemeten in oppervlaktewater. Voor drie van deze PFAS, namelijk PFOA, PFOS en HFPO-DA (GenX), heeft het RIVM in 2020 advieswaarden voor zwemwater afgeleid. Voor die advieswaarden is gebruik gemaakt van in 2016 door het RIVM afgeleide voorlopige gezondheidskundige grenswaarden van 12,5 ng/kg lichaamsgewicht (lg) per dag voor PFOA en 21 ng/kg lg per dag voor HFPO-DA. Voor PFOS was een dergelijke grenswaarde niet beschikbaar en werd als gezondheidskundige grenswaarde de helft van die van PFOA genomen, vanwege een ongeveer tweemaal hogere toxiciteit voor de lever.

Na publicatie van dit RIVM-rapport verscheen in september 2020 de opinie van de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA; European Food Safety Authority) over de risico's van PFAS in voedsel. Op basis van nieuwe wetenschappelijke informatie presenteert EFSA hierin een gezondheidskundige grenswaarde van 4,4 ng/kg lg per week voor de som van vier PFAS, te weten PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS. De door EFSA afgeleide Toelaatbare Wekelijkse Inname (TWI) komt overeen met een Toelaatbare Dagelijkse Inname (TDI) van 0,63 ng/kg lg per dag.

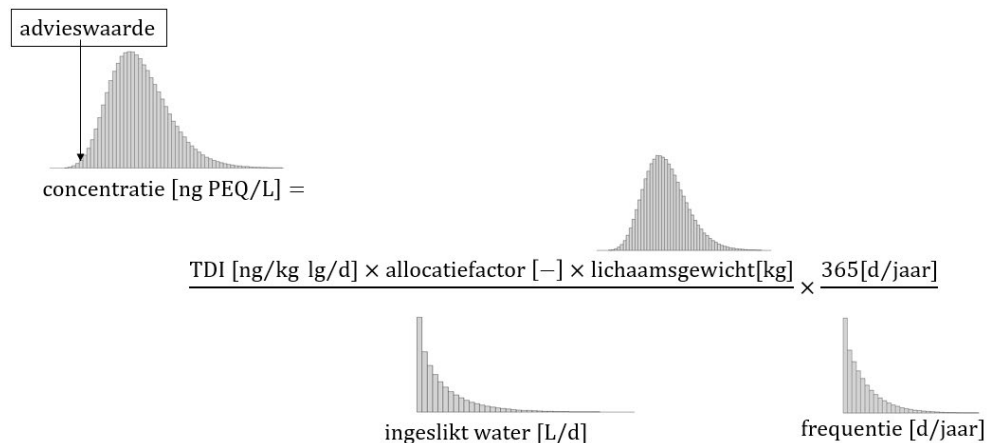
Na evaluatie heeft het RIVM besloten om de EFSA-TWI te gebruiken als basis voor gezondheidskundige beoordelingen van PFAS, en om daarbij rekening te houden met de som van alle PFAS (dus niet alleen de vier PFAS die EFSA beschouwt). Het RIVM heeft daarop een methode ontwikkeld om de gezondheidskundige grenswaarde van EFSA te vertalen naar een bredere groep PFAS. Dit alles betekent dat de in 2020 afgeleide zwemwater-advieswaarden voor drie individuele PFAS niet meer actueel zijn om te gebruiken voor risicobeoordelingen van PFAS in zwemwater.

Een geactualiseerde advieswaarde specifiek voor zwemwater kan het beleid en bevoegde gezagen handvatten bieden om zelf een eerste beoordeling te doen van de kwaliteit van zwemwater met betrekking tot PFAS. Het huidige rapport heeft daarom tot doel om de advieswaarden voor PFAS in zwemwater te actualiseren, en daarvoor de door RIVM ontwikkelde methode te gebruiken. Het RIVM voert deze actualisatie uit in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW).

Berekeningen voor advieswaarden voor PFAS in zwemwater zijn uitgevoerd voor verschillende groepen zwemmers (kinderen, volwassen mannen en volwassen vrouwen), zoveel mogelijk rekening houdend met hun karakteristieken. Het gaat hierbij om advieswaarden voor zwemmen

in zowel zwembadwater als oppervlaktewater, aangezien blootstelling aan PFAS als gevolg van zwemmen in met PFAS verontreinigd water in beide kan plaatsvinden. Zwembaden betreffen zowel buiten- als binnenbaden, oppervlaktewater betreft bijvoorbeeld recreatieplassen en de zee.

Bij de berekening is gebruik gemaakt van de beschikbare verdelingen van lichaamsgewicht, ingeslikt water en zwemfrequentie. Deze verdelingen beschrijven de variatie in deze parameters binnen de verschillende groepen zwemmers. Deze verdelingen zijn met elkaar gecombineerd en leveren zo een verdeling van concentraties. Uit deze concentratieverdeling is een laag percentiel gekozen als advieswaarde. Met het gekozen 1^e percentiel (P01) wordt beoogd om 99% van de zwempopulatie te beschermen tegen een overschrijding van 20% van de TDI. De berekening is als volgt geïllustreerd:



Op basis van de huidige beoordeling worden vanuit gezondheidskundig oogpunt de volgende twee advieswaarden voor PFAS in zwembadwater voorgesteld:

- Zwembad: 71 ng PFOA-equivalenten (PEQ)/L
Zwembaden worden gevuld met drinkwater, waarvoor het RIVM in 2021 een indicatieve drinkwaterrichtwaarde van 4,4 ng PEQ/L geadviseerd heeft. De Minister van IenW heeft deze waarde overgenomen en wil deze in de toekomst als een wettelijke kwaliteitseis opnemen in het Drinkwaterbesluit. Dit zou betekenen dat de indicatieve drinkwaterrichtwaarde in de toekomst impliciet ook voor zwembadwater zou gelden. Het is echter niet bekend op welke termijn dit gebeurt. Daarom wordt voornamelijk 71 ng PEQ/L voorgesteld.
- Oppervlaktewater: 280 ng PEQ/L

De hier gepresenteerde advieswaarden voor zowel zwembad- als oppervlaktewater vertegenwoordigen de laagst berekende waarde voor de verschillende groepen zwemmers, conform het principe dat een advieswaarde of norm de grootste mogelijke en/of meest gevoelige groep onder realistische omstandigheden moet beschermen.

Het RIVM adviseert om PFAS gecombineerd te beoordelen en daarbij rekening te houden met verschillen in potentie ten opzichte van PFOA.

Dit gebeurt met behulp van zogenoemde Relatieve Potentiefactoren (RPF's), waarmee de concentraties van afzonderlijke PFAS kunnen worden omgerekend in equivalente concentraties PFOA (PFOA-equivalenten, PEQ). Bij de toetsing van zwemwatermonsters aan de advieswaarde worden daarom de concentraties van de individuele PFAS in de monsters met behulp van de RPF's omgerekend in PFOA-equivalenten (PEQ). De som van de PFOA-equivalenten (som PEQ) kan dan vervolgens worden vergeleken met de advieswaarde.

1 Inleiding

Aanleiding en vraagstelling

De laatste jaren is er veel aandacht voor per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS) en de mogelijke gezondheidsrisico's als gevolg van blootstelling aan deze stoffen. PFAS zijn chemische stoffen die door mensen gemaakt zijn en van nature niet voorkomen in het milieu. Eénmaal in het milieu, blijven ze daar vanwege hun eigenschappen aanwezig ('forever chemicals'), en is blootstelling aan PFAS mogelijk via diverse bronnen. Eén van die bronnen is zwemwater: op verschillende plekken in Nederland is de afgelopen jaren de aanwezigheid van diverse PFAS gemeten in oppervlaktewater. Voor drie van deze PFAS, namelijk PFOA, PFOS en HFPO-DA (GenX), heeft het RIVM advieswaarden voor zwemwater afgeleid (Muller en Smit, 2020). Voor die advieswaarden is gebruik gemaakt van in 2016 door het RIVM afgeleide voorlopige gezondheidskundige grenswaarden van 12,5 ng/kg lichaamsgewicht (lg) per dag voor PFOA (Zeilmaker et al., 2016) en 21 ng/kg lg per dag voor HFPO-DA (Janssen, 2016). Voor PFOS was een dergelijke grenswaarde niet beschikbaar en werd in lijn met Zeilmaker et al. (2018) als gezondheidskundige grenswaarde de helft van die van PFOA genomen, vanwege een ongeveer tweemaal hogere toxiciteit voor de lever. Hierbij is destijds het volgende opgemerkt: *"Er wordt momenteel veel onderzoek gedaan aan perfluorverbindingen en dit kan (ook op korte termijn) tot nieuwe inzichten leiden. De discussies over de gezondheidskundige grenswaarden van PFOS, PFOA en GenX zijn niet afgerond. De waarden die in dit advies worden gepresenteerd, moeten daarom als voorlopige waarden worden beschouwd die op termijn kunnen veranderen. Als dat gebeurt, moet worden beoordeeld of er aanleiding is om dit advies te herzien."* (Muller en Smit, 2020).

Na publicatie van dit RIVM-rapport verscheen in september 2020 de opinie van de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA; European Food Safety Authority) over de risico's van PFAS in voedsel (EFSA, 2020). Op basis van nieuwe wetenschappelijke informatie presenteert EFSA hierin een gezondheidskundige grenswaarde van 4,4 ng/kg lg per week voor de som van vier PFAS, te weten PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS. Deze worden in de huidige rapportage verder aangeduid als 'EFSA-4'¹. De door EFSA afgeleide Toelaatbare Wekelijkse Inname (TWI) komt overeen met een Toelaatbare Dagelijkse Inname (TDI) van 0,63 ng/kg lg per dag.

Na evaluatie heeft het RIVM besloten om de EFSA-TWI te gebruiken als basis voor gezondheidskundige beoordelingen van PFAS (RIVM, 2020a+b), en om daarbij rekening te houden met de som van alle PFAS (dus niet alleen de EFSA-4). Het RIVM heeft daarop een methode ontwikkeld om de gezondheidskundige grenswaarde van EFSA te vertalen naar een bredere groep PFAS (RIVM, 2021). Dit alles betekent dat de in 2020 afgeleide zwemwater-advieswaarden voor drie

¹ PFOS = perfluorooctaansulfonzuur, PFOA = perfluorooctaanzuur, PFNA = perfluornonaanzuur, PFHxS = perfluorhexaansulfonzuur

individuele PFAS niet meer actueel zijn om te gebruiken voor risicobeoordelingen van PFAS in zwemwater.

Actuele advieswaarden zijn wel beschikbaar voor PFAS in oppervlaktewater (Smit en Verbruggen, 2022). Deze advieswaarden zijn gebaseerd op visconsumptie en beschrijven de concentratie in oppervlaktewater waarbij mensen levenslang veilig vis uit dat water kunnen eten. Omdat de blootstelling via zwemmen anders is dan bij het eten van vis, zijn de advieswaarden voor oppervlaktewater niet bruikbaar om de blootstelling aan PFAS door zwemmen te kunnen duiden.

Een geactualiseerde advieswaarde specifiek voor zwemwater kan het beleid en bevoegde gezagen handvatten bieden om zelf een eerste beoordeling te doen van de kwaliteit van zwemwater met betrekking tot PFAS. Het huidige rapport heeft daarom tot doel om de advieswaarden voor PFAS in zwemwater te actualiseren, en daarvoor de door RIVM ontwikkelde methode te gebruiken. Het RIVM voert deze actualisatie uit in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW).

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de door EFSA afgeleide gezondheidkundige grenswaarde voor de som van vier PFAS toegelicht. Tevens wordt kort ingegaan op de toepassing van deze grenswaarde op andere PFAS dan de EFSA-4. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 voor verschillende groepen zwemmers de gezondheidkundige grenswaarde vertaald naar advieswaarden voor PFAS in zwemwater. Tot slot worden in hoofdstuk 4 de discussie en conclusie gepresenteerd.

2 Gezondheidskundige grenswaarde van EFSA en toepassing op verschillende PFAS

2.1 Gezondheidskundige grenswaarde afgeleid door EFSA

In september 2020 heeft EFSA een opinie gepubliceerd over de risico's van PFAS in voedsel (EFSA, 2020). In deze opinie presenteert EFSA een gezondheidskundige grenswaarde voor de som van vier PFAS, namelijk PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS (EFSA-4).

Voor de som van de EFSA-4 is door EFSA een Toelaatbare Wekelijkse Inname (TWI) afgeleid van 4,4 ng/kg lg per week, overeenkomend met een Toelaatbare Dagelijkse Inname (TDI) van 0,63 ng/kg lg 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/mL in kinderen die gedurende 1 jaar blootgesteld zijn via borstvoeding. Onder deze concentratie in bloedserum worden geen (nadelige) effecten op de immuniteit van kinderen (verminderde vaccinatierespons) verwacht. Deze concentratie in het bloedserum is vertaald naar de hoeveelheid die vrouwen levenslang dagelijks via voedsel mogen binnenkrijgen, zonder dat het bloedserum van hun borstgevoede kinderen de kritische waarde voor immuneeffecten van PFAS bereikt. Die vertaling is gedaan met behulp van gegevens die de opname en verdeling van deze vier PFAS in het lichaam van moeder en kind beschrijven. Met deze gegevens 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.

Zoals hierboven aangegeven, is de EFSA-TWI gebaseerd op immuneeffecten als het kritische effect. PFAS hebben daarnaast, bij hogere doseringen, ook andere effecten tot gevolg zoals bijvoorbeeld levereffecten en verlaging van geboortegewicht. Volgens EFSA (2020) is de TWI ook beschermend voor deze effecten.

2.2 Toepassing EFSA-TWI op andere PFAS dan alleen de EFSA-4

2.2.1 *PFAS aanwezig in zwemwater*

De vier PFAS die EFSA beschouwt in haar opinie voor voedsel, zijn niet per definitie ook de meest relevante PFAS voor andere blootstellingsroutes, milieucompartimenten en beleidskaders. We weten bijvoorbeeld dat in bodem, drinkwater, oppervlaktewater en grondwater ook andere PFAS voorkomen. Specifiek voor zwemwater is dit ook gebleken uit PFAS metingen op diverse zwemwaterlocaties in Nederland (Helmond, de Westerschelde en rondom Chemours) waarvoor het RIVM risicobeoordelingen heeft uitgevoerd (Woutersen, 2023; Bokkers en Smit, 2023; Verbruggen en Wintersen, 2023; Bokkers en Pronk, 2023; Geraets, 2021, 2022).

Omdat verschillende PFAS naar verwachting een vergelijkbaar werkingsmechanisme hebben, is het uitgangspunt dat ook die andere PFAS in meerdere of mindere mate bijdragen aan de toxiciteit van het totale mengsel. Daarom is in de praktijk behoefte aan mogelijkheden om een bredere groep PFAS te beoordelen dan enkel de EFSA-4. Dit is

belangrijk om de risico's van mengsels van PFAS goed in te kunnen schatten. 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 EFSA-TWI te vertalen naar andere PFAS dan alleen de vier die EFSA beschouwt (RIVM, 2021). De aanpak maakt gebruik van kennis over de relatieve toxiciteit van verschillende PFAS ten opzichte van PFOA. Deze zogenoemde 'Relative Potency Factors' (RPF's; relatieve potentie factoren) zijn in eerste instantie afgeleid voor 23 PFAS (Bil et al., 2021). Voor deze PFAS kan de concentratie in een monster worden omgerekend in equivalente hoeveelheden PFOA (PEQ; PFOA-equivalenten) door de concentratie van de individuele PFAS te vermenigvuldigen met de desbetreffende RPF. De som van de PFOA-equivalenten (som PEQ) kan worden vergeleken met een norm of gezondheidskundige grenswaarde, eveneens uitgedrukt op basis van PFOA. Als gezondheidskundige grenswaarde voor de som PEQ wordt de EFSA-TWI gebruikt, maar dan uitgedrukt als PFOA. Er is gekozen voor PFOA als index stof (met RPF van 1), aangezien de auteurs (Abraham et al., 2020) van de onderliggende studie waarop de EFSA-norm is gebaseerd, concluderen dat er op individuele basis hoofdzakelijk een associatie is van immuuneffecten met PFOA, en niet/minder met de andere drie PFAS. Een uitgebreide uitleg van de werking van de RPF-methode is beschreven in RIVM (2021). De [actuele lijst met beschikbare RPF's](#) is te vinden op de RIVM-website.

3 Advieswaarden voor PFAS in zwemwater

3.1 Methodiek

3.1.1 Algemeen

Blootstelling aan PFAS als gevolg van zwemmen in met PFAS verontreinigd water kan plaatsvinden in zowel oppervlaktewater (zoetwater en zoutwater) als in zwembaden. Zwembaden betreffen zowel buiten- als binnenbaden, oppervlaktewater betreft bijvoorbeeld recreatieplassen en de zee.

Mensen kunnen tijdens zwemmen op drie manieren stoffen uit het water binnenkrijgen: door het inademen van de damp van de stof boven het water, door opname via de huid en door het inslikken van water tijdens het zwemmen. Voor PFAS is weinig informatie beschikbaar over dermale opname (Ragnarsdóttir et al., 2022, 2023). Op basis van de beschikbare informatie is destijds voor PFOA en HFPO-DA geoordeeld dat de dermale en inhalatieroute niet of nauwelijks bijdragen aan de totale blootstelling als gevolg van zwemmen in water waarin deze PFAS aanwezig zijn (RIVM, 2018a, b). Voor de huidige afleiding van advieswaarden is daarom aangenomen dat de orale route het meest bepalend is voor de blootstelling en het eventuele risico en dat inademen en huidopname daar nauwelijks aan bijdragen. Een recente blootstellingschatting en risicobeoordeling van VITO bevestigt dat bij zwemmen in zeewater de blootstelling aan PFAS via de dermale route veel beperkter is dan via de orale route (De Brouwere et al., 2023)².

Voor het beoordelen van blootstelling aan chemische stoffen als gevolg van zwemmen heeft onder andere WHO (2006, 2021) handvatten geboden. Er is echter geen (inter)nationaal afgestemde methode voor het afleiden van advieswaarden voor de opname van stoffen uit zwemwater. Het RIVM heeft eerder over dit onderwerp geadviseerd (Van der Ree et al., 2011; Smit et al., 2011; Muller en Smit, 2020; De Wit, 2023). Aan de hand van de volgende basisformule kan berekend worden wat de concentratie PFAS in zwemwater mag zijn (uitgedrukt als ng PEQ/L):

$$\text{concentratie [ng PEQ/L]} = \frac{\text{TDI [ng/kg lg/d]} \times \text{allocatiefactor [-]} \times \text{lichaamsgewicht [kg]}}{\text{ingeslikt water [L/d]}}$$

Deze berekening gaat uit van de worst-case aanname dat mensen dagelijks zwemmen. Dagelijks zwemmen is in sommige situaties niet realistisch. Rekening houdend met verschil in frequentie, kan bovenstaande formule verfijnd worden tot de volgende formule (formule 1):

² VITO (2023) berekende blootstelling aan PFAS vanuit zeeschuim en zeewater. De blootstelling werd volgens VITO berekeningen gedomineerd door ingestie van zeeschuim, met een beperkte bijdrage van dermale opname van PFAS vanuit zeewater. RIVM kwam op basis van vergelijkbare gegevens tot een ander resultaat t.a.v. de dermale opname uit zeewater. VITO heeft bevestigd dat de RIVM-berekeningen correct zijn en werkt aan een aanpassing van het VITO rapport.

concentratie [ng PEQ/L] =

$$\frac{\text{TDI [ng/kg lg/d]} \times \text{allocatiefactor [-]} \times \text{lichaamsgewicht [kg]}}{\text{ingeslikt water [L/d]}} \times \frac{365 \text{ [d/jaar]}}{\text{frequentie [d/jaar]}}$$

In de berekening wordt een zogenoemde allocatiefactor gebruikt om er rekening mee te houden dat mensen PFAS ook via andere bronnen kunnen binnenkrijgen. Daarom mag het inslikken van zwemwater niet de totale TDI opvullen, maar slechts een deel ervan. Het RIVM stelt voor om maximaal 20% van de totale inname toe te wijzen aan zwemmen. Deze allocatiefactor van 20% komt overeen met de standaard allocatiefactor die in diverse kaders gehanteerd wordt voor het afleiden van advieswaarden voor drinkwater en oppervlaktewater (WHO, 2017; EC, 2018).

3.1.2

Zwemkarakteristieken

Schets et al. (2011) hebben een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar karakteristieken van Nederlandse zwemmers. Zij presenteren de gegevens verdeeld over twee leeftijdsgroepen, namelijk volwassenen (≥ 15 jaar) en kinderen jonger dan 15 jaar. Het gaat hierbij om zwemfrequentie, tijdsduur van zwemmen en de hoeveelheid water die wordt ingeslikt tijdens het zwemmen, gespecificeerd voor zwemmen in een zwembad en in oppervlaktewater (zoet- en zoutwater). Ook de US Environmental Protection Agency (US EPA) heeft recent (geactualiseerde) standaardwaarden gepubliceerd voor de hoeveelheid ingeslikt water per leeftijdscategorie, gebaseerd op onderzoek onder 549 zwemmers in zwembaden in/rond Columbus, Ohio (US EPA, 2019). Omdat de studie van Schets et al. (2011) een veel groter aantal zwemmers betreft (5812) en is gericht op de Nederlandse situatie, worden de getallen uit Schets et al. (2011) als meest representatief gezien voor de huidige afleiding van advieswaarden.

Tabel 1 presenteert de zwemfrequentie, zwemtijd³ en ingeslikt volume zwemwater volgens Schets et al. (2011), uitgesplitst naar zwembad, zoetwater en zoutwater. De data in Tabel 1 laten zien dat de verschillen in karakteristieken voor zwemmen in de verschillende typen oppervlaktewater (zoet- en zoutwater) minimaal is (minder dan een factor 1,5). Onderscheid maken tussen beide typen oppervlaktewater lijkt dan ook niet nodig.

De karakteristieken voor zwemmen in een zwembad zijn wel duidelijk verschillend van die in oppervlaktewater, dit geldt met name voor de zwemfrequentie. Daar waar voor duur en de hoeveelheid ingeslikt zwemwater het verschil tussen zwembad en oppervlaktewater kleiner is dan een factor 2, is het verschil in frequentie groter. De resultaten van Schets et al. (2011) laten grofweg een factor 2-4 hogere frequentie voor zwemmen in een zwembad in vergelijking met zwemmen in oppervlaktewater zien.

Voor de huidige afleiding van advieswaarden voor PFAS in zwemwater zal dan ook onderscheid gemaakt worden tussen zwemmen in een

³ Opgemerkt wordt dat in formule 1 alleen het volume ingeslikt water zit en niet ook de tijdsduur per zwemdag, omdat deze onderling gekoppeld zijn.

zwembad en zwemmen in oppervlaktewater. Voor zwemmen in oppervlaktewater wordt vanuit beschermend oogpunt gekozen voor de karakteristieken voor zwemmen in zoetwater, omdat die over het algemeen net wat hogere waarden laten zien dan die voor zoutwater. Verder wordt onderscheid gemaakt tussen de drie groepen zwemmers waarvoor data over zwemkarakteristieken beschikbaar zijn uit Schets et al. (2011): kinderen, volwassen mannen en volwassen vrouwen.

Tabel 1 Zwemfrequentie, zwemtijd en ingeslikt volume zwemwater volgens Schets et al. (2011). De gepresenteerde waarden betreffen gemiddelden met tussen haakjes het 2,5^e en 97,5^e percentiel (P2,5 en P97,5) van de waarden zoals gerapporteerd door de deelnemers aan het onderzoek.⁴

A. Zwembad

Parameter	Kind (< 15 jaar)	Man (≥15 jaar)	Vrouw (≥15 jaar)
Frequentie (dagen/jaar)	24 (0 – 91)	13 (0 – 54)	16 (0 – 65)
Tijdsduur (min)	81 (24 – 200)	68 (19 – 180)	67 (19 – 170)
Ingeslikt volume (mL/dag)	51 (0,62 – 200)	34 (0,022 – 170)	23 (0,033 – 110)

B. Zoetwater

Parameter	Kind (< 15 jaar)	Man (≥15 jaar)	Vrouw (≥15 jaar)
Frequentie (dagen/jaar)	8 (0 – 25)	7 (0 – 25)	7 (0 – 23)
Tijdsduur (min)	79 (12 – 270)	54 (7 – 200)	54 (6 – 220)
Ingeslikt volume (mL/dag)	37 (0,14 – 170)	27 (0,016 – 140)	18 (0,022 – 86)

C. Zoutwater

Parameter	Kind (< 15 jaar)	Man (≥15 jaar)	Vrouw (≥15 jaar)
Frequentie (dagen/jaar)	7 (0 – 24)	6 (0 – 22)	6 (0 – 19)
Tijdsduur (min)	65 (8 – 240)	45 (6 – 160)	41 (4 – 180)
Ingeslikt volume (mL/dag)	31 (0,08 – 140)	27 (0,016 – 140)	18 (0,022 – 90)

3.1.3

Probabilistische methode

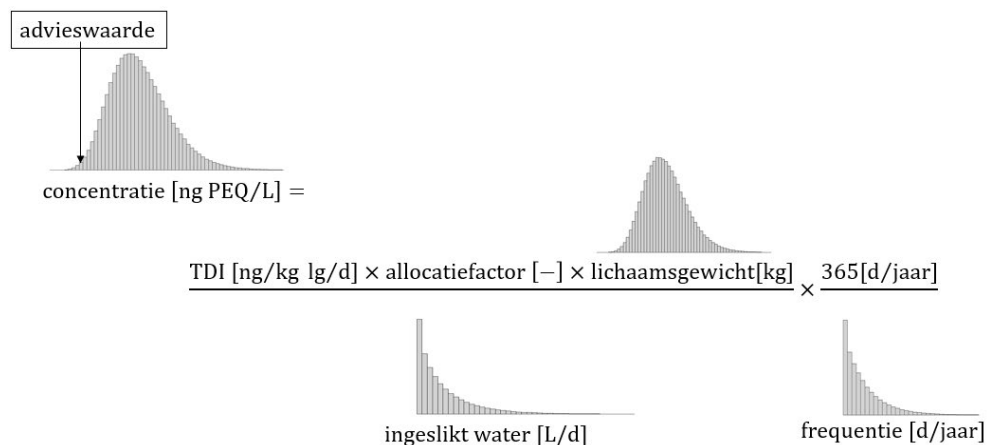
Bij het afleiden van advieswaarden is er de keuze voor een deterministische of een probabilistische methode. Bij de deterministische methode gebruikt men een vaste waarde voor de invoerparameters van de berekening, in dit geval lichaamsgewicht, zwemfrequentie en ingeslikt volume. Daarbij wordt voor elke parameter een 'realistische worst-case' waarde gekozen, die een groot deel van de populatie (in dit geval zwemmers) afdekt, inclusief gevoelige groepen. De deterministische methode houdt echter geen rekening met de variatie tussen mensen. Bovendien kan de opeenstapeling van conservatieve aannames leiden tot een onnodig lage advieswaarde als meerdere

⁴ Opgemerkt wordt dat in Schets et al. (2011) deze getallen gepresenteerd zijn als gemiddelden met tussen haakjes het 95% betrouwbaarheidsinterval. Echter, bij navraag blijken dit de P2,5 en P97,5 van de waarden zoals gerapporteerd door de deelnemers aan het onderzoek te zijn (persoonlijke communicatie met Schets et al. februari 2024). De getallen tussen haakjes representeren daarmee de variabiliteit in de populatie van zwemmers.

invoerparameters in één berekening worden gecombineerd. Bij de probabilistische methode gebruikt men voor de invoerparameters niet één enkele puntschatting, maar de hele verdeling die de variatie in elke parameter weergeeft.

Voor zowel lichaamsgewicht, zwemfrequentie en ingeslikt volume zijn nu verdelingen beschikbaar op basis van de data van Te Biesebeek et al. (2014) en Schets et al. (2011). Door de variatie binnen de groepen zwemmers mee te nemen worden alle mogelijke realistische blootstellingsscenario's ondervangen. Uit de mogelijke uitkomsten kan een advieswaarde worden gekozen die beschermend is, zonder onnodig streng te zijn.

Bij de probabilistische berekening van wat de concentratie PFAS in zwemwater mag zijn wordt random één waarde getrokken uit de verdeling van lichaamsgewicht voor de betreffende groep. Hetzelfde gebeurt voor de zwemfrequentie en ingeslikt volume. Met deze waarden wordt met behulp van formule 1 de concentratie berekend. Deze stap wordt 10 miljoen keer herhaald waarbij een verdeling wordt verkregen van de concentratie (zie Figuur 1). Deze verdeling bevat alle concentraties uit alle mogelijke blootstellingsscenario's: van individuen met een laag lichaamsgewicht die vaak zwemmen en veel water inslikken tot personen met een hoog lichaamsgewicht die zelden zwemmen en geen water inslikken, en alle mogelijke combinaties daartussenin. Bij de trekking van waarden uit de drie verdelingen wordt aangenomen dat de drie parameters niet zijn gecorreleerd. Tenslotte wordt uit de verkregen concentratieverdeling een advieswaarde gekozen die een voldoende groot deel van de betreffende groep zwemmers beschermt tegen een blootstelling groter dan 20% van de TDI. De keuze voor het beschermingsniveau is een beleidsmatige keuze; hoe hoger het percentage van de populatie dat beschermd dient te worden, hoe lager het te kiezen percentiel uit de verdeling en hoe lager de advieswaarde (zie Figuur 1). In het navolgende laten we de uitkomsten zien voor een laag percentiel, namelijk het 1^e percentiel (P01), wat overeenkomt met een bescherming van 99% van de betreffende populatie zwemmers.



Figuur 1 Illustratie van de gevolgde berekening volgens formule 1, waarbij gebruik wordt gemaakt van de beschikbare verdelingen van lichaamsgewicht, ingeslikt water en frequentie om de concentratieverdeling voor PFAS in zwemwater te verkrijgen waaruit een advieswaarde kan worden gekozen overeenkomstig het gewenste beschermingsniveau.

3.1.3.1 Zwemfrequentie

Wat betreft zwemfrequentie is voor de drie groepen zwemmers uitgegaan van de verdelingen zoals gerapporteerd in Schets et al. (2011). Dit betreft negatief binomiale verdelingen die worden gekarakteriseerd door twee parameters: gamma (grootte) en lambda (waarschijnlijkheid) (Tabel 2).

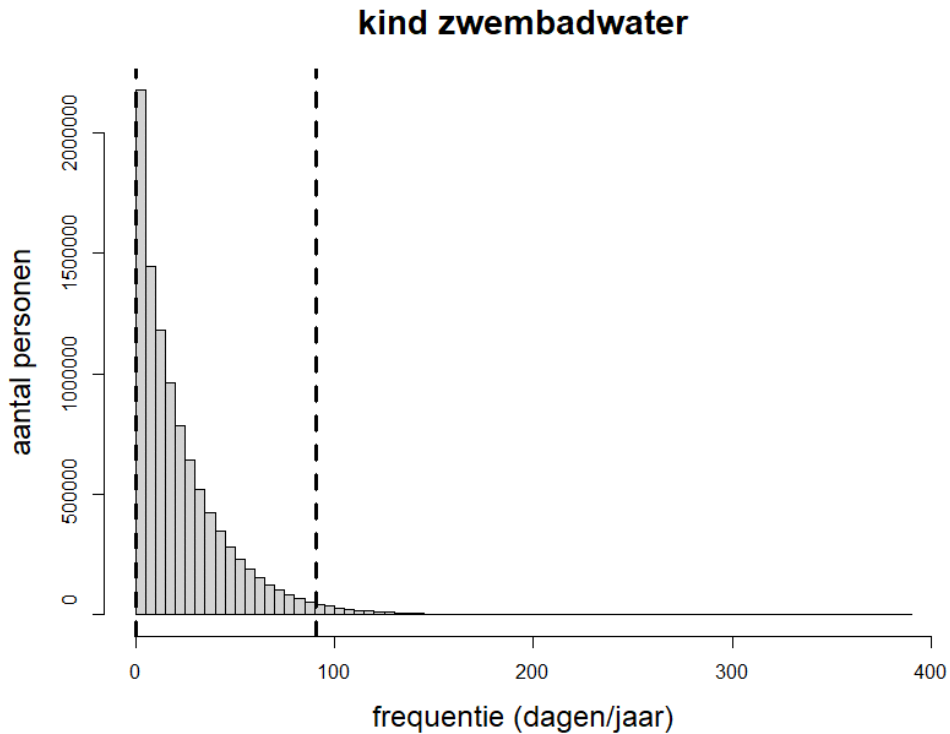
Tabel 2 Gebruikte verdelingskarakteristieken voor de zwemfrequentie (dagen/jaar) van verschillende groepen zwemmers (Schets et al. 2011).

Groep	Frequentie, negatief binomiale verdeling			
	Zwembad		Oppervlaktewater	
	γ	λ	γ	λ
Kind	1,0	0,04	1,3	0,14
Volwassen - man	0,83	0,06	1,2	0,15
Volwassen - vrouw	0,84	0,05	1,3	0,17

Trekkingen uit een negatief binomiale verdeling leveren natuurlijke getallen⁵ op. Een trekking kan een waarde van nul opleveren wat strijdig is met de aanname dat deze verdeling de frequentie van zwemmers beschrijft (de data in Schets et al. (2011) zijn namelijk van individuen die hebben aangegeven minstens één keer per jaar te zwemmen). In de berekening levert een frequentie van nul een zeer hoge concentratie op die geen invloed heeft op het lage percentiel van de concentratieverdeling die uiteindelijk wordt gekozen als advieswaarde. Aan de andere kant wordt een trekking uit een negatief binomiale verdeling niet begrenst door een maximum. Het is dus mogelijk dat een frequentie van meer dan 365 dagen per jaar wordt verkregen. Een hoge frequentie resulteert in een lage concentratie. Als er veel onrealistisch (>365 dagen) hoge frequenties worden getrokken kan dit invloed hebben op het percentiel (P01) wat wordt gekozen als advieswaarde. Tijdens de berekeningen is daarom gecontroleerd hoe vaak dit voorkomt. Voor de groep kinderen werd in 0,00002% (2 per 10 miljoen) van de trekkingen een waarde groter dan 365 verkregen. Aangezien dit percentage ver onder het 1^e percentiel ligt (P01 komt overeen met 1%), kan worden gesteld dat deze onrealistisch hoge frequenties geen invloed hebben. In de andere groepen zwemmers (volwassen mannen en vrouwen) bleef de frequentie in alle gevallen onder de 365 dagen/jaar (zie Bijlage II).

In Figuur 2 worden ter illustratie de getrokken frequenties weergegeven voor kinderen die zwemmen in een zwembad. Bijlage II geeft de overige frequentieverdelingen voor kinderen die zwemmen in oppervlaktewater en voor volwassenen in zwembad- en oppervlaktewater.

⁵ https://nl.wikipedia.org/wiki/Natuurlijk_getal



Figuur 2 Aantal zwemdagen per jaar voor kinderen in een zwembad. De x-as geeft de zwemfrequentie in dagen per jaar, de y-as het aantal kinderen dat een bepaalde zwemfrequentie heeft op basis van de 10 miljoen trekkingen. De twee stippellijnen geven het 2,5^e en 97,5^e percentiel weer zoals gerapporteerd in Schets et al. (2011) en in Tabel 1A van huidige rapportage.

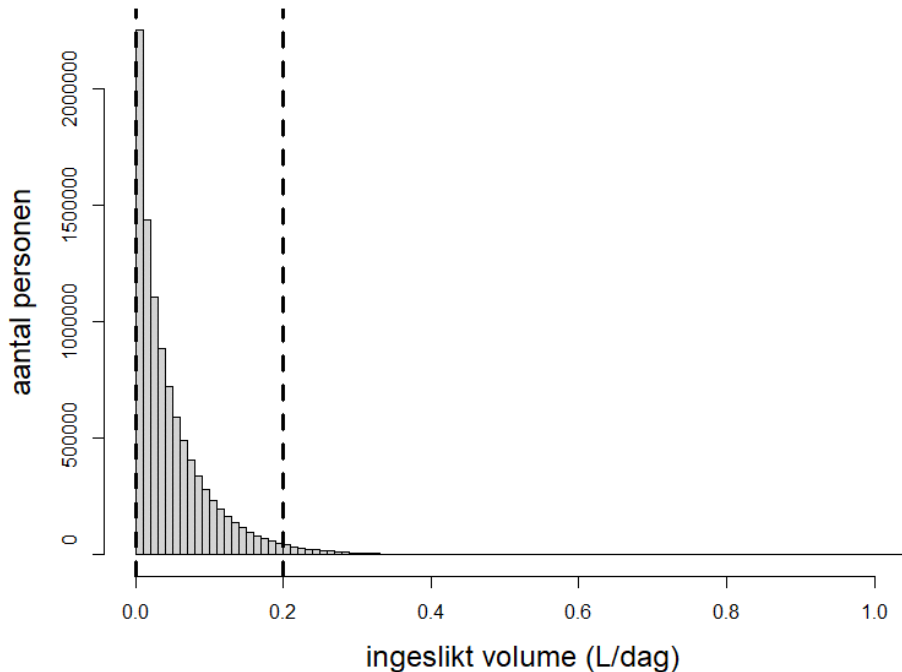
3.1.3.2 Ingeslikt volume

Voor ingeslikt volume worden in de huidige afleiding de verdelingen gebruikt zoals gerapporteerd in Schets et al. (2011). Dit betreft gamma verdelingen die worden gekarakteriseerd door twee parameters: gamma (vorm) en lambda (schaal) (Tabel 3). Trekkingen uit een gamma verdeling leveren positieve continue waarden op.

Tabel 3 Gebruikte verdelingskarakteristieken voor het ingeslikt volume water per zwemdag (mL/dag) van verschillende groepen zwemmers (Schets et al. 2011).

Groep	Ingeslikt volume, gamma verdeling			
	Zwembad		Oppervlaktewater	
	γ	λ	γ	λ
Kind	0,81	63	0,64	58
Volwassenen - man	0,48	71	0,45	60
Volwassenen - vrouw	0,52	45	0,51	35

In Figuur 3 worden ter illustratie de getrokken ingeslikte volumes weergegeven voor kinderen die zwemmen in een zwembad. De overige verdelingen van de ingeslikte volumes voor kinderen die zwemmen in oppervlaktewater en voor volwassenen in zwembad- en oppervlaktewater staan in Bijlage II.



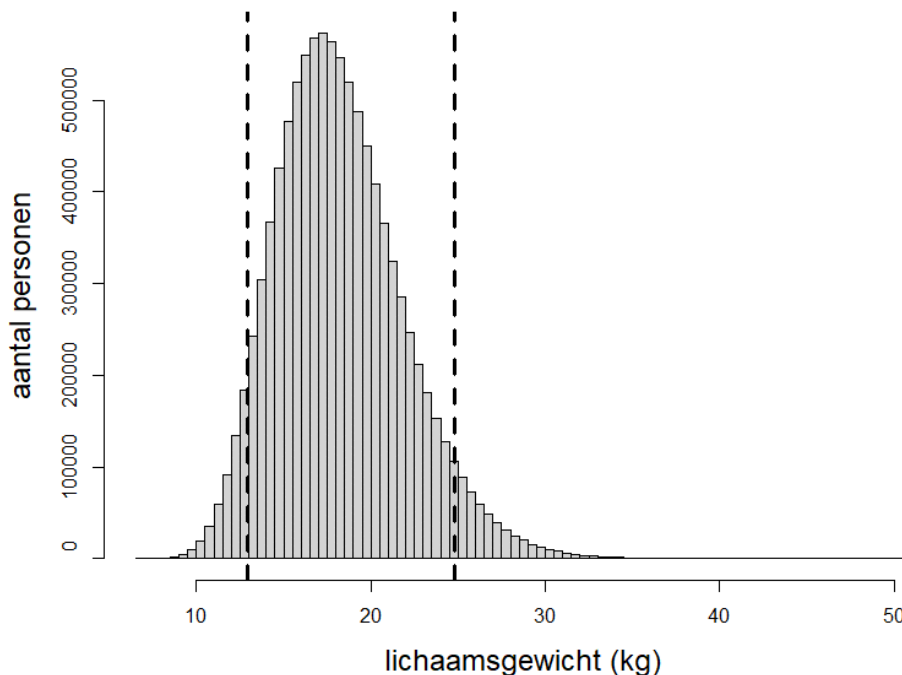
Figuur 3 Ingeslikt volume water per zwemdag voor kinderen in een zwembad. De x-as geeft het ingeslikt volume in liter per dag, de y-as het aantal kinderen dat een bepaald ingeslikt volume zwemwater heeft op basis van de 10 miljoen trekkingen. De twee stippellijnen geven het 2,5^e en 97,5^e percentiel weer zoals gerapporteerd in Schets et al. (2011) en in Tabel 1A van huidige rapportage.

3.1.3.3 Lichaamsgewicht

Voor het lichaamsgewicht wordt gebruik gemaakt van waarden uit de ConsExpo General Fact Sheet (Te Biesebeek et al., 2014; gebaseerd op Nederlandse gegevens). Opgemerkt wordt dat het lichaamsgewicht een zogenoemd omgekeerd evenredige parameter is. Een lager lichaamsgewicht resulteert in een hogere berekende blootstelling (uitgedrukt in hoeveelheid/kg lg). Voor volwassenen (18+) mannen en vrouwen is gebruik gemaakt van de lognormale lichaamsgewicht verdelingen (Tabel 4) met een geometrisch gemiddelde (GM; geometric mean) van respectievelijk 84,9 en 70,6 kg en een geometrische standaarddeviatie (GSD) van 1,15 en 1,15 (Te Biesebeek et al., 2014, tabellen 17, A7a, A7b). Voor kinderen is in Te Biesebeek et al. (2014) geen GM en GSD gegeven, maar daarvoor zijn wel lichaamsgewicht percentielen gerapporteerd (Te Biesebeek et al., 2014, tabellen 15 & 16). Deze zijn gebruikt om zelf een GM en GSD af te leiden (zie Bijlage I). Daarbij is gekozen voor de leeftijdsgroep 3-6 jaar, omdat dit de leeftijd is waarop kinderen beginnen met zwemmen en deze groep een lager lichaamsgewicht heeft dan oudere kinderen (en dus daarvoor beschermend is). Voor deze leeftijdsgroep kan een GM van 17,9 kg en een GSD van 1,22 bepaald worden. In Figuur 4 worden ter illustratie de getrokken lichaamsgewichten weergegeven voor kinderen. De verdelingen van de lichaamsgewichten van volwassenen staan in Bijlage II.

Tabel 4 Gebruikte verdelingskarakteristieken voor het lichaamsgewicht (kg) van de verschillende groepen.

Groep	Lichaamsgewicht, lognormale verdeling			
	Zwembad		Oppervlaktewater	
	GM	GSD	GM	GSD
Kind	17,9	1,22	17,9	1,22
Volwassen - man	84,9	1,15	84,9	1,15
Volwassen - vrouw	70,6	1,15	70,6	1,15



Figuur 4 Lichaamsgewichtverdeling van 3-6-jarige kinderen. De x-as geeft het lichaamsgewicht in kilogram, de y-as het aantal kinderen dat een bepaald lichaamsgewicht heeft op basis van de 10 miljoen trekkingen. De twee stippellijnen geven het 5^e en 95^e percentiel weer zoals gerapporteerd in Te Biesebeek et al. (2014).

3.2 Berekende advieswaarden voor PFAS in zwembadwater

Tabel 5 geeft een samenvatting van de advieswaarden voor PFAS in zwembadwater en in oppervlaktewater zoals berekend op basis van de in paragraaf 3.1 genoemde uitgangspunten, formules en verdelingen, afgerond naar 2 significante cijfers. Deze advieswaarden zijn de P01 uit de voor deze groepen verkregen concentratieverdelingen en vertegenwoordigen de concentraties PFAS (uitgedrukt als PFOA-equivalenten) die maximaal in het zwembadwater zouden mogen zitten om de blootstelling voor 99% van de betreffende groep zwemmers niet boven 20% van de TDI te laten uitkomen. Voor beide typen zwembadwater is de laagste berekende advieswaarde vetgedrukt. Bijlage III geeft de advieswaarden voor andere percentielen (P02,5, P05, P10, P25 en P50, zie Tabel III.1 in Bijlage III). Ter illustratie is in Figuur 5 de verkregen concentratieverdeling voor kinderen weergegeven, voor zowel

zwembad- als oppervlaktewater. Zie Figuren III.1 en III.2 in Bijlage III voor de verkregen concentratieverdelingen voor volwassenen.

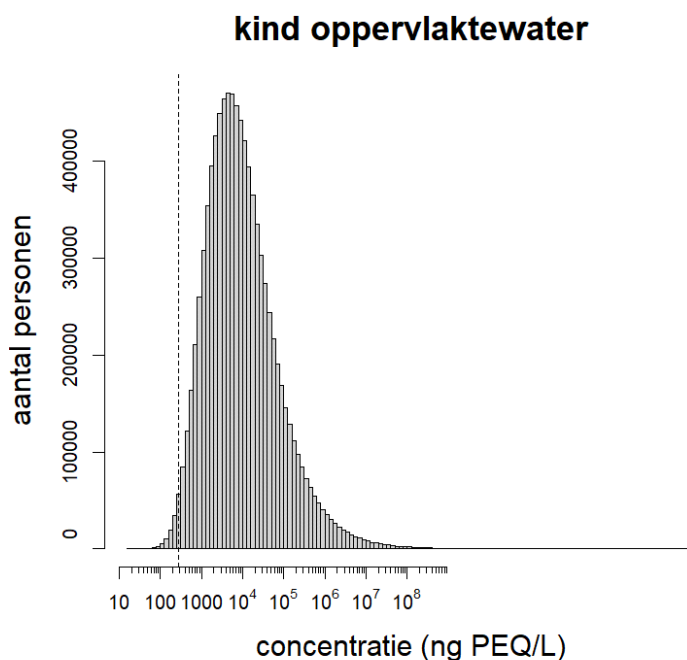
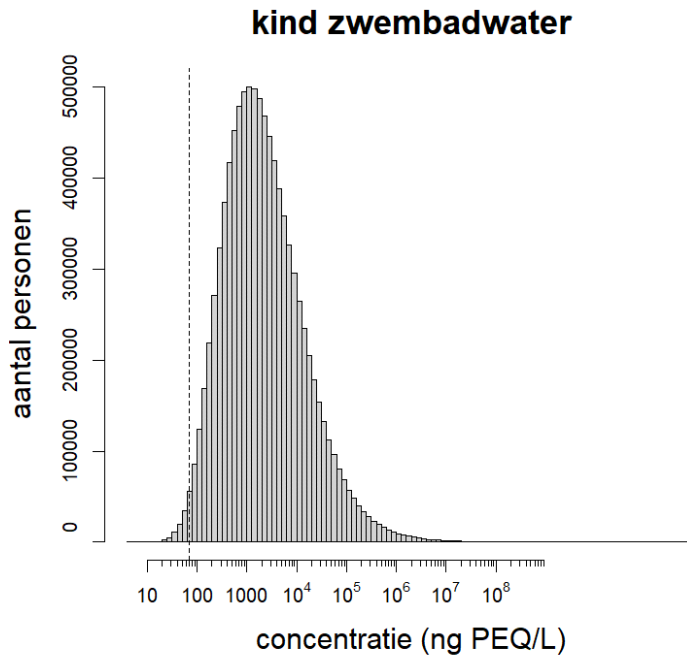
Tabel 5 Berekende advieswaarden voor PFAS in zwembadwater voor verschillende groepen zwemmers, uitgedrukt als PFOA-equivalenten. Deze advieswaarden representeren de 1^e percentielen (P01) uit de verkregen concentratieverdelingen voor deze groepen.

A. Zwembad

Groep	Advieswaarde (ng PEQ/L)
Kind	71
Volwassen - man	750
Volwassen - vrouw	770

B. Oppervlaktewater

Groep	Advieswaarde (ng PEQ/L)
Kind	280
Volwassen - man	1900
Volwassen - vrouw	2700



Figuur 5 Verdelingen van de berekende maximale concentratie PFAS in zwembad- en oppervlaktewater voor kinderen die daarin zwemmen. De x-as toont de concentratie in ng PEQ/L, de y-as representeert het aantal kinderen met een berekende blootstelling van 20% van de TDI op basis van de 10 miljoen trekkingen uit de verdelingen van zwemfrequentie, ingeslikt volume en lichaamsgewicht. De verticale stippellijnen geven de 1^e percentielen (P01) weer die als advieswaarden zijn gerapporteerd in Tabel 5.

4 Discussie en conclusie

Dit rapport richt zich op het afleiden van advieswaarden voor PFAS in zwemwater. Dit betreft een actualisatie van de in 2020 door RIVM voorgestelde advieswaarden voor PFOA, PFOS en HFPO-DA in zwemwater. Bij de huidige afleiding is gebruik gemaakt van de gezondheidkundige grenswaarde voor de som van vier PFAS zoals door EFSA (2020) afgeleid. Het RIVM gebruikt deze gezondheidkundige grenswaarde voor een bredere lijst van PFAS, waarbij rekening wordt gehouden met de relatieve potentie van individuele stoffen in een PFAS-mengsel (RIVM, 2021).

Het gaat hierbij om advieswaarden voor zwemmen in zowel zwembaden als oppervlaktewater, aangezien blootstelling aan PFAS als gevolg van zwemmen in met PFAS verontreinigd water in beide kan plaatsvinden. Zwembaden betreffen zowel buiten- als binnenbaden, oppervlaktewater betreft bijvoorbeeld recreatieplassen en de zee.

Bij de afleiding van de advieswaarden zijn onderbouwde keuzes gemaakt. Grotendeels zijn dit wetenschappelijke keuzes en/of keuzes gemaakt vanuit gezondheidkundig oogpunt. De hoogte van de allocatiefactor en het beoogde beschermingsniveau betreft echter beleidsmatige keuzes. Deze en andere aspecten worden hieronder toegelicht.

De wijze waarop in de praktijk de advieswaarden voor zwemwater worden betrokken in de beoordeling van de zwemwaterkwaliteit, valt buiten de scope van huidig rapport.

Zwembaden worden over het algemeen gevuld met drinkwater⁶. In het Drinkwaterbesluit staat een drinkwaterkwaliteitseis vermeld van 0,1 µg/L (100 ng/L) voor de som van 20 PFAS die risicovol worden geacht in verband met voor menselijke consumptie bestemd water (zie Bijlage A - tabel II Drinkwaterbesluit⁷). Deze wettelijke kwaliteitseis wordt van kracht op 12 januari 2026 en komt voort uit de Europese Drinkwaterrichtlijn. De wettelijke kwaliteitseis is hoger dan de indicatieve drinkwaterrichtwaarde van 4,4 ng PEQ/L die het RIVM heeft geadviseerd (Van der Aa et al., 2021)⁸. De Minister van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft deze drinkwaterrichtwaarde overgenomen en heeft aan de Tweede Kamer gemeld dat deze drinkwaterrichtwaarde in de toekomst in het Drinkwaterbesluit als een wettelijke kwaliteitseis opgenomen zal worden⁹. Hiermee zou de indicatieve drinkwaterrichtwaarde in de toekomst impliciet ook voor zwembadwater gelden. Het is echter niet bekend op welke termijn dit gebeurt, daarom is voor zwembaden een aparte berekening uitgevoerd.

⁶ Bron- of thermaalbaden zijn weliswaar gevuld met water uit zelfstandige collectieve watervoorzieningen of 'eigen winningen', echter dit water dient te voldoen aan de eisen voor Nederlands drinkwater.

⁷ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0030111/>

⁸ De wettelijke drinkwaterkwaliteitseis van 100 ng/L voor 20 PFAS uit de Europese Drinkwaterrichtlijn is niet gebaseerd op de gezondheidkundige grenswaarde van EFSA (2020) en houdt geen rekening met de verschillen in potentie tussen PFAS.

⁹ <https://www.tweedekamer.nl/downloads/document?id=2022D42648>

De in hoofdstuk 3 berekende advieswaarden voor PFAS in zwemwater houden rekening met verschillende groepen zwemmers en hun karakteristieken en met blootstelling aan PFAS via andere bronnen dan zwemwater. Ze hebben alleen betrekking op orale blootstelling tijdens het zwemmen, mogelijke blootstelling aan PFAS via de huid en door inademen van dampen boven het water zijn niet meegenomen. Voor PFAS is weinig informatie beschikbaar over dermale opname (Ragnarsdóttir et al., 2022, 2023). Eerder is voor PFOA en HFPO-DA op basis van beschikbare gegevens geoordeeld dat de dermale en inhalatieroute niet of nauwelijks bijdragen aan de totale blootstelling als gevolg van zwemmen in zwemwater waarin deze PFAS aanwezig zijn (RIVM, 2018a, b). We nemen aan dat dit ook voor andere PFAS geldt en daarom zijn deze routes voor de huidige afleiding van advieswaarden buiten beschouwing gelaten. De daarmee geïntroduceerde onzekerheid in de berekende advieswaarden wordt klein geacht, gezien de verwachte geringe bijdrage van inademen en huidopname. Een recente blootstellingschatting en risicobeoordeling van VITO naar de blootstelling aan PFAS via zwemmen in zeewater bevestigt dat de dermale route veel beperkter aan de blootstelling bijdraagt dan de orale route (De Brouwere et al., 2023)¹⁰.

De huidige berekeningen zijn uitgevoerd voor verschillende groepen zwemmers en typen zwemwater, om zoveel mogelijk rekening te kunnen houden met de bijpassende groep-specifieke zwemkarakteristieken. De gebruikte verdelingen voor deze karakteristieken zijn gebaseerd op de studie van Schets et al. (2011). Omdat deze studie een groot aantal zwemmers omvat (ruim 5800) en gericht is op de Nederlandse situatie, worden deze getallen als meest representatief beschouwd voor de huidige afleiding van advieswaarden. Het is aannemelijk dat het grote aantal respondenten in de studie van Schets et al. (2011) een representatief beeld geeft van de spreiding in zwemkarakteristieken van Nederlandse zwemmers ten tijde van de studie, en dat de onzekerheid rondom de parameterwaarden van de verdelingen verwaarloosbaar klein zijn. Hetzelfde geldt voor de verdelingen die zijn gebruikt voor de lichaamsgewichten die op basis van een groot aantal personen zijn bepaald in Te Biesebeek et al. (2014). Alhoewel de gegevens in deze twee rapporten de meest recente zijn voor de Nederlandse situatie, zijn ze afkomstig van onderzoeken uitgevoerd tussen 2006 en 2012. Het kan zijn dat sinds die tijd de populatieverdelingen van de zwemkarakteristieken en lichaamsgewichten iets veranderd zijn. Wat de invloed daarvan is op de concentratieverdelingen en dus op de uiteindelijke advieswaarden, is niet aan te geven. Zo zal bijvoorbeeld een verschuiving in de verdeling naar iets hogere lichaamsgewichten resulteren in een iets hogere advieswaarde, maar een verschuiving in de verdeling naar iets hogere zwemfrequenties juist tot een iets lagere advieswaarde.

De leeftijdsgroepen voor de lichaamsgewichten zoals gebruikt in de huidige afleiding komen niet helemaal overeen met de leeftijdsgroepen gebruikt in Schets et al. (2011). In het geval van volwassenen zou het aanhouden van de leeftijdscategorie van Schets et al. (2011), namelijk

¹⁰ Zie voetnoot 2

≥ 15 jaar, betekenen dat er nog iets jongere en dus lichtere personen in de groep volwassen zitten dan waarvoor nu de verdeling is bepaald (≥ 18 jaar). Berekeningen met lichaamsgewichten van de leeftijdscategorie 16-18 jaar uit Te Biesebeek et al. (2014) geven aan dat P01 concentraties bij deze groep lager liggen dan de advieswaarden op basis van 18+, maar ruim boven de uiteindelijk voorgestelde advieswaarden op basis van kinderen (3-6 jaar) liggen (data niet gepresenteerd), waardoor ook de risico's voor 16-18 jarigen voldoende zijn afgedekt. De kinderen in de studie van Schets et al. (2011) varieerden in leeftijd van 0-14 jaar. Zoals aangegeven in 3.1.3.3 wordt de advieswaarde lager naarmate het lichaamsgewicht lager is. Toch is er in de huidige afleiding voor gekozen niet de lichaamsgewichten van heel jonge kinderen (van bijvoorbeeld 6-12 maanden oud) te gebruiken, ondanks hun lage lichaamsgewicht. In plaats daarvan is uitgegaan van de lichaamsgewichten van kinderen van 3-6 jaar. Dit omdat kinderen in deze leeftijdscategorie beginnen met zwemlessen en qua zwemmen representatiever geacht worden voor de gehele groep van kinderen <15 jaar uit Schets et al. (2011) dan heel jonge kinderen.

Zoals in de inleiding vermeld is blootstelling aan PFAS mogelijk via diverse bronnen. In de berekening van de advieswaarden voor PFAS in zwemwater is een marge ingebouwd om rekening te kunnen houden met de eventuele bijdrage van andere bronnen aan de totale PFAS blootstelling. Uit recent RIVM onderzoek blijkt dat voor een groot deel van de Nederlandse bevolking de inname van PFAS via voedsel en drinkwater al hoger is dan de gezondheidkundige grenswaarde (Schepens et al., 2023). Dit maakt dat in principe elke extra blootstelling onwenselijk is. PFAS zit echter in alles om ons heen en ook in zwemwater. Zwemmen leidt dus tot extra PFAS blootstelling, al is die uit eerdere RIVM risicobeoordelingen (Geraets, 2021; Woutersen, 2023) wel duidelijk lager gebleken dan via voedsel en drinkwater. Om toch rekening te houden met deze bron van blootstelling is bij de afleiding van advieswaarden als uitgangspunt gekozen dat de inname van PFAS via zwemmen ten hoogste 20% van de gezondheidkundige grenswaarde mag zijn. Voor een relatief vermijdbare bron lijkt dit aan de hoge kant. Een lagere allocatiefactor levert echter de tegenstrijdige situatie dat de advieswaarde wordt aangescherpt, ondanks het feit dat zwemwater een kleinere bijdrage levert aan de totale inname dan andere routes. Daarom is gekozen voor 20%, in lijn met de standaard allocatiefactor voor drinkwater van WHO (2017) en EC (2018).

Zoals in 3.1.3 beschreven is bij het afleiden van advieswaarden de keuze voor een deterministische of een probabilistische aanpak. De huidige afleiding van advieswaarden voor PFAS in zwemwater is probabilistisch uitgevoerd, omdat dit de mogelijkheid biedt om rekening te houden met de variatie in lichaamsgewicht, zwemfrequentie en ingeslikt volume binnen de drie groepen zwemmers. De probabilistische methode ondervangt alle realistische blootstellingsscenario's en voorkomt een onnodig lage advieswaarde door een opeenstapeling van conservatieve aannames. Bij de afleiding van de advieswaarden is uitgegaan van een laag percentiel uit de verdeling van concentraties. Met het gekozen 1^e percentiel (P01) wordt beoogd om 99% van de zwempopulatie te beschermen tegen een overschrijding van 20% van de TDI. De keuze voor het beschermingsniveau is uiteindelijk een

beleidsmatige keuze; hoe hoger het percentage van de populatie dat beschermd dient te worden, hoe lager het te kiezen percentiel uit de verdeling en hoe lager de advieswaarde. Bijlage III presenteert daartoe berekende advieswaarden voor andere percentielen (P02,5, P05, P10, P25 en P50).

De laagste advieswaarde voor zwembad- en oppervlaktewater van respectievelijk 71 en 280 ng PEQ/L, zijn gebaseerd op de berekeningen uitgevoerd voor kinderen. Ze liggen op het niveau waarbij voor 99% van de kinderen die zwemmen de blootstelling lager is dan 20% van de TDI. Bij deze advieswaarden wordt meer dan 99,99% van de volwassen mannen en vrouwen beschermd tegen overschrijding van 20% van de TDI.

De berekende advieswaarden representeren voor elke groep zwemmers een hoog beschermingsniveau. PFAS concentraties boven de afgeleide advieswaarden hoeven dus niet meteen tot gezondheidseffecten te leiden, maar moeten worden gezien als signaal voor het afkondigen van een negatief zwemadvies, het kijken naar mogelijkheden tot verlaging van de concentratie, bijvoorbeeld met behulp van zuiveringstechnieken, of tot verfijning van de blootstellingsberekening, bijvoorbeeld door meer onderzoek te doen naar het zwemgedrag op de desbetreffende locatie.

Conclusie

Vanuit gezondheidskundig oogpunt worden de volgende twee advieswaarden voor PFAS in zwembadwater voorgesteld:

- **Zwembadwater: 71 ng PEQ/L**
Zwembaden worden gevuld met drinkwater, waarvoor het RIVM in 2021 een indicatieve drinkwaterrichtwaarde van 4,4 ng PEQ/L geadviseerd heeft. De Minister van IenW heeft deze waarde overgenomen en wil deze in de toekomst als een wettelijke kwaliteitseis opnemen in het Drinkwaterbesluit. Dit zou betekenen dat de indicatieve drinkwaterrichtwaarde in de toekomst impliciet ook voor zwembadwater zou gelden. Het is echter niet bekend op welke termijn dit gebeurt. Daarom wordt vooralsnog 71 ng PEQ/L voorgesteld.
- **Oppervlaktewater: 280 ng PEQ/L**

De hier gepresenteerde advieswaarden vertegenwoordigen de laagst berekende waarde voor zowel zwembad- als oppervlaktewater, conform het principe dat een advieswaarde of norm de grootst mogelijke en/of meest gevoelige groep onder realistische omstandigheden moet beschermen.

Het RIVM adviseert om PFAS gecombineerd te beoordelen en daarbij rekening te houden met verschillen in potentie ten opzichte van PFOA (RIVM, 2021). Dit gebeurt met behulp van zogenoemde Relatieve Potentiefactoren (RPF's), waarmee de concentraties van afzonderlijke PFAS kunnen worden omgerekend in equivalente concentraties PFOA (PFOA-equivalenten, PEQ). Bij de toetsing van zwembadwatermonsters aan de advieswaarde worden daarom de concentraties van de individuele PFAS in de monsters omgerekend in PEQ's met behulp van de [actuele lijst met beschikbare RPF's](#). De som van de PFOA-equivalenten (som PEQ) kan dan vervolgens worden vergeleken met de advieswaarde.

5 Lijst met afkortingen

EFSA	Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid; European Food Safety Authority
GM	Geometric mean; geometrisch gemiddelde
GSD	Geometrische standaarddeviatie
HFPO-DA	GenX; 2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)propionzuur
Ig	lichaamsgewicht
PEQ	PFOA-equivalenten
PFAS	per- en polyfluoralkylstoffen
PFHxS	perfluorhexaansulfonzuur
PFNA	perfluornonaanzuur
PFOA	perfluorocetaanzuur
PFOS	perfluorocetaansulfonzuur
PoD	point of departure; uitgangspunt
RPF	Relative potency factor; relatieve potentie factor
TDI	Toelaatbare Dagelijkse Inname
TWI	Toelaatbare Wekelijkse Inname
US EPA	US Environmental Protection Agency

6 Referenties

Abraham K., Mielke H., Fromme H., Volkel W., Menzel J., Peiser M., Zepp F., Willich S.N., Weikert C. (2020). Internal exposure to perfluoroalkyl substances (PFASs) and biological marker in 101 healthy 1-year-old children: associations between levels of perfluorooctanoic acid (PFOA) and vaccine response. *Archives of Toxicology*, 94, 2131–2147.

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. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 40, 859-870. DOI: 10.1002/etc.4835.

Bokkers B., Pronk M. (2023). Duiding van PFAS in zwemwater rondom Chemours, Dordrecht. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), 14-07-2023 <https://www.rivm.nl/documenten/duiding-van-pfas-in-zwemwater-rondom-chemours-dordrecht>

Bokkers B., Smit E.C. (2023). Duiding van PFAS in Forepark en Tedingerbroekpolder – vervolgadvice voor HH Delfland. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), KU-2023-0011 <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/KU-2023-0011.pdf>

De Brouwere K., Gemoets J., Jacobs G., Voorspoels S. (2023). PFAS in zeewater en zeeschuim. Vlaams Instituut voor Technologie (VITO). Referentie 2022/SCT/R/2837. Versie 2, corrigendum d.d. 10-02-2023

De Wit L. (2023). Advieswaarde voor de zwemwaternorm voor chloraat. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Addendum d.d. 27-09-2023 bij RIVM-rapport 2014-0121 <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2014-0121.pdf>

EC (2018). Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No. 27. Technical Guidance For Deriving Environmental Quality Standards. Updated version 2018. Brussels, Belgium. European Commission.

EFSA (2020). Opinion on the risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal* 18 (9): 6223. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2020.6223>

Geraets L. (2021). Risicoschatting PFAS in recreatieplas Berkendonk in Helmond. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). RIVM briefrapport 2021-0073. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2021-0073.pdf>

Geraets L. (2022). RIVM-VSP advies 15156A00: PFAS en zwemmen in de Westerschelde – locaties Schaar van Ouden Doel en RWZI-Bath effluent-lozingspunt bij Waarde. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). 28-04-2022 <https://www.rivm.nl/documenten/pfas-en-zwemmen-in-westerschelde>

Janssen P. (2016). Derivation of a lifetime drinking-water guideline for 2,3,3,3-tetrafluoro-2-(heptafluoropropoxy)propanoic acid (FRD-903) – Revised version January 2017. RIVM Bijlage bij brief 0148/2016/M&V/EvS/AV.

Muller A., Smit E. (2020). Advies Risicogrenswaarden voor PFOA, PFOS en GenX in zwemwater en vis. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). RIVM briefrapport 2020-0042. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2020-0042.pdf>

Ragnarsdóttir O., Abdallah M.A.-E., Harrad S. (2022). Dermal uptake: an important pathway of human exposure to perfluoroalkyl substances. Environmental Pollution 307: 119478. doi: 10.1016/j.envpol.2022.119478.

Ragnarsdóttir O. Abdallah M.A.-E., Harrad S. (2023). Dermal bioaccessibility of perfluoroalkyl substances from household dust; influence of topically applied cosmetics. Environmental Research 238: 117093. doi: 10.1016/j.envres.2023.117093.

RIVM (2018a). Voorlopige risicoschatting GenX in oppervlaktewater rondom het bedrijf Custom Powders in Helmond. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), januari 2018. Bijlage A bij Geraets (2021)

RIVM (2018b). Voorlopige risicoschatting PFOA in recreatieplas Berkendonk in Helmond. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), mei 2018. Bijlage A bij Geraets (2021)

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/pfas-rivm-expertnotitie>

RIVM (2021). Notitie implementatie van de EFSA som-TWI PFAS, 7 april 2021. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) <https://www.rivm.nl/documenten/notitie-implementatie-van-efsa-som-twi-pfas>

Schepens M.M.A., te Biesebeek J.D., Hartmann J., van der Aa N.G.F.M., Zijlstra R., Boon P.E. (2023). Risk assessment of exposure to PFAS through food and drinking water in the Netherlands. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). RIVM report 2023-0011. DOI 10.21945/RIVM-2023-0011

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2023-0011.pdf>

Schets F.M, Schijven J.F., De Roda Husman A.M. (2011). Exposure assessment for swimmers in bathing waters and swimming pools. Wat Res 45, 2392-2400.

Smit C.E., Bodar C.W.M., te Biesebeek J.D., Wolterink G. (2011). Risico's van imidacloprid in oppervlaktewater voor de mens. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). RIVM briefrapport 601712008. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/601712008.pdf>

Smit C.E., Verbruggen E.M.J. (2022). Risicogrenzen voor PFAS in oppervlaktewater. Doorvertaling van de gezondheidskundige grenswaarde van EFSA naar concentraties in water. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). RIVM-briefrapport 2022-0074. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2022-0074.pdf>

Te Biesebeek J.D., Nijkamp M.M., Bokkers B.G.H., Wijnhoven S.W.P. (2014). General Fact Sheet. General default parameters for estimating consumer exposure - Updated version 2014. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). RIVM report 090013003/2014. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/090013003.pdf>

US EPA (2019). Update for Chapter 3 of the Exposure Factors Handbook. Ingestion of water and other select liquids. EPA/600/R-18/295F. https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-02/documents/efh_-_chapter_3_update.pdf

Van der Aa M., Hartmann J., Te Biesebeek J.D. (2021). Analyse bijdrage drinkwater en voedsel aan blootstelling EFSA-4 PFAS in Nederland en advies drinkwaterrichtwaarde. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). <https://www.rivm.nl/documenten/analyse-bijdrage-drinkwater-en-voedsel-aan-blootstelling-efsa-4-pfas-in-nederland>

Van der Ree J., Te Biesebeek J.D., Wolterink G., Smit E., van Vlaardingen P. (2011). Humane risico's van gewasbeschermingsmiddelen in zwemwater: Analyse van metingen in Provincie Zuid-Holland. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). RIVM briefrapport 609033007. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/609033007.pdf>

Verbruggen E., Wintersen A. (2023). Duiding van PFOS in HH Delfland, locatie Tedingerbroekpolder. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), 12 juli 2023. <https://www.rivm.nl/documenten/rivm-advies-pfoshh-delfland-dd-21-juli-2023>

WHO (2006). Guidelines for safe recreational water environments. Volume 2: Swimming pools and similar environments. World Health Organization. ISBN 92 4 154680 8.
https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43336/9241546808_eng.pdf?sequence=1

WHO (2017). Guidelines for drinking-water quality, 4th edition incorporating the first addendum. World Health Organization. ISBN 978-92-4-154995-0.
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf?sequence=1>

WHO (2021). Guidelines on recreational water quality. Volume 1: Coastal and fresh waters. World Health Organization. ISBN 978-92-4-003130-2.
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/342625/9789240031302-eng.pdf?sequence=1>

Woutersen M. (2023). Risicoschatting van PFAS in recreatieplas Merwelanden in Dordrecht. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), KU-2023-0013 <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/KU-2023-0013.pdf>

Zeilmaker M.J., Janssen P., Versteegh A., Van Pul A., De Vries W., Bokkers B., Wuijts S., Oomen A., Herremans J. (2016). Risicoschatting emissie PFOA voor omwonenden. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). RIVM briefrapport 2016-0049.
<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0049.pdf>

Zeilmaker M.J., Fragki S., Verbruggen E.M.J., Bokkers B.G.H., Lijzen J.P.A. (2018). Mixture exposure to PFAS: A relative potency factor approach. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). RIVM Report 2018-0070
<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2018-0070.pdf>

Bijlage I Gedetailleerde berekeningen in R Script

The script was written and executed in RStudio 2023.03.1+446 which uses R-4.3.0

```
## 16febr2024
## prob afleiding max conc PFAS zwemwater
#####
set.seed(2402)

## lg kinderen 3-6 jr tabel 15 & 16 te Biesebeek
## https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/090013003.pdf
lowestP05 <- 12.9
highestP95 <- 24.8
lgChild_GM<-sqrt(lowestP05*highestP95)
lgChild_GSD<-exp(log(highestP95/lgChild_GM)/qnorm(0.95))
#####

TDI <- 0.63 #EFSA TWI/7 (ng PEQ/kg lg/dg)
alloFact <- 0.20 # allocatiefactor (-)
lab <- c("child_pool", "child_freshW", "man_pool", "man_freshW",
"woman_pool", "woman_freshW")
## lichaamsgewicht (kg) te Biesebeek et al. (adults: tabel 17, A7a,
A7b)
lg_GM <- c(lgChild_GM,lgChild_GM,84.9,84.9,70.6,70.6)
lg_GSD <-c(lgChild_GSD,lgChild_GSD,1.15,1.15,1.15,1.15)
## ingeslikt water (mL/(zwem)dag) Schets et al. 2011
ingWater_gamma <- c(0.81,0.64,0.48,0.45,0.52,0.51)
ingWater_lambda <- c(63,58,71,60,45,35)
## zwemfrequentie (# dagen/jaar) Schets et al. 2011
freq_gamma <- c(1.0,1.3,0.83,1.2,0.84,1.3)
freq_lambda <- c(0.04,0.14,0.06,0.15,0.05,0.17)

n<- 1e7
par(mfrow=c(3,2))

for(i in 1:length(lab)){
lg <- exp(rnorm(n,log(lg_GM[i]),log(lg_GSD[i])))
  ingWater <-
0.001*rgamma(n,ingWater_gamma[i],1/ingWater_lambda[i]) # convert
unit mL to L
  freq <- rnbinom(n,freq_gamma[i],freq_lambda[i])
  maxConc <- (TDI*alloFact*lg/ingWater)*(365/freq)
  hist(log10(maxConc),main=lab[i])

  cat("\n ##### start", lab[i], "\n\n")
  ## percentiles from generated distributions for check with input (te
Biesebeek & Schets)
  cat("lichaamsgewicht (kg) \n")
  print(quantile(lg,c(0.05,0.95)))
  cat("\n ingested water (L) \n")
  print(quantile(ingWater,c(0.025,0.975)))
}
```

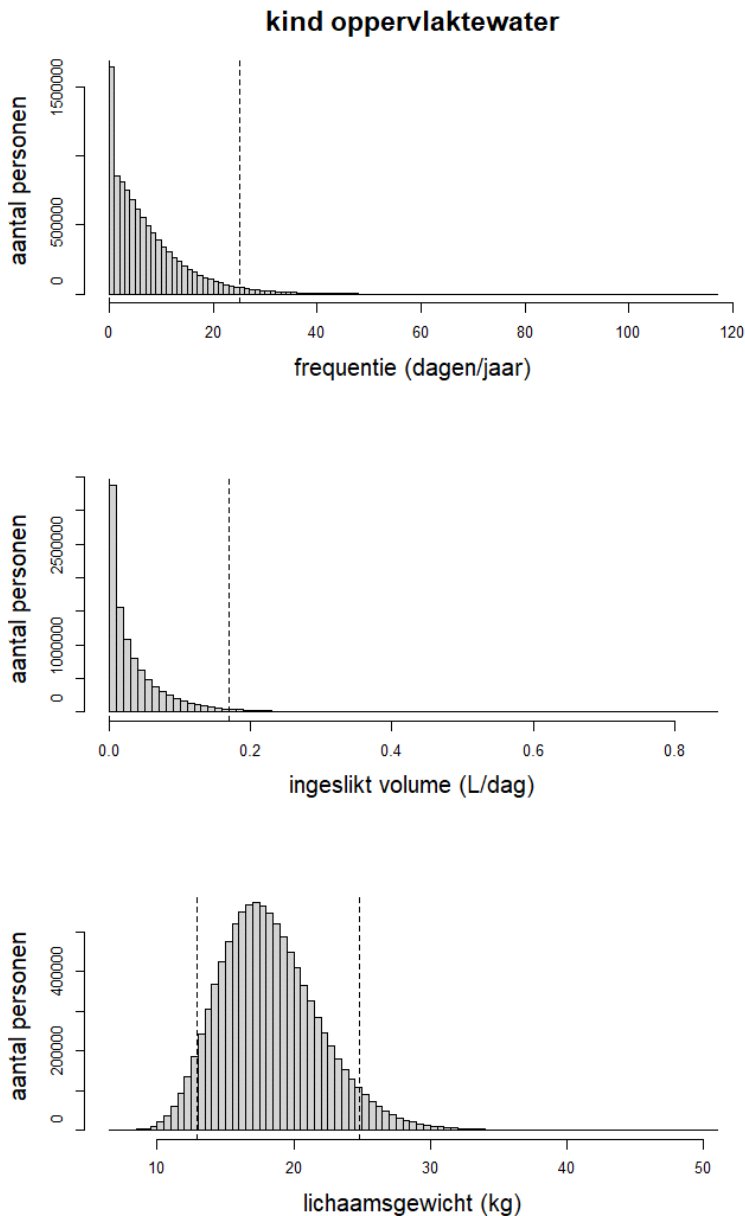
```

cat("\n frequency (#dagen/jaar) \n")
print(quantile(freq,c(0.025,0.975)))
## resultaat
cat("\n max conc (ng PEQ/L) \n")
print(quantile(maxConc,c(0.01,0.025,0.05,0.1,0.25,0.5)))

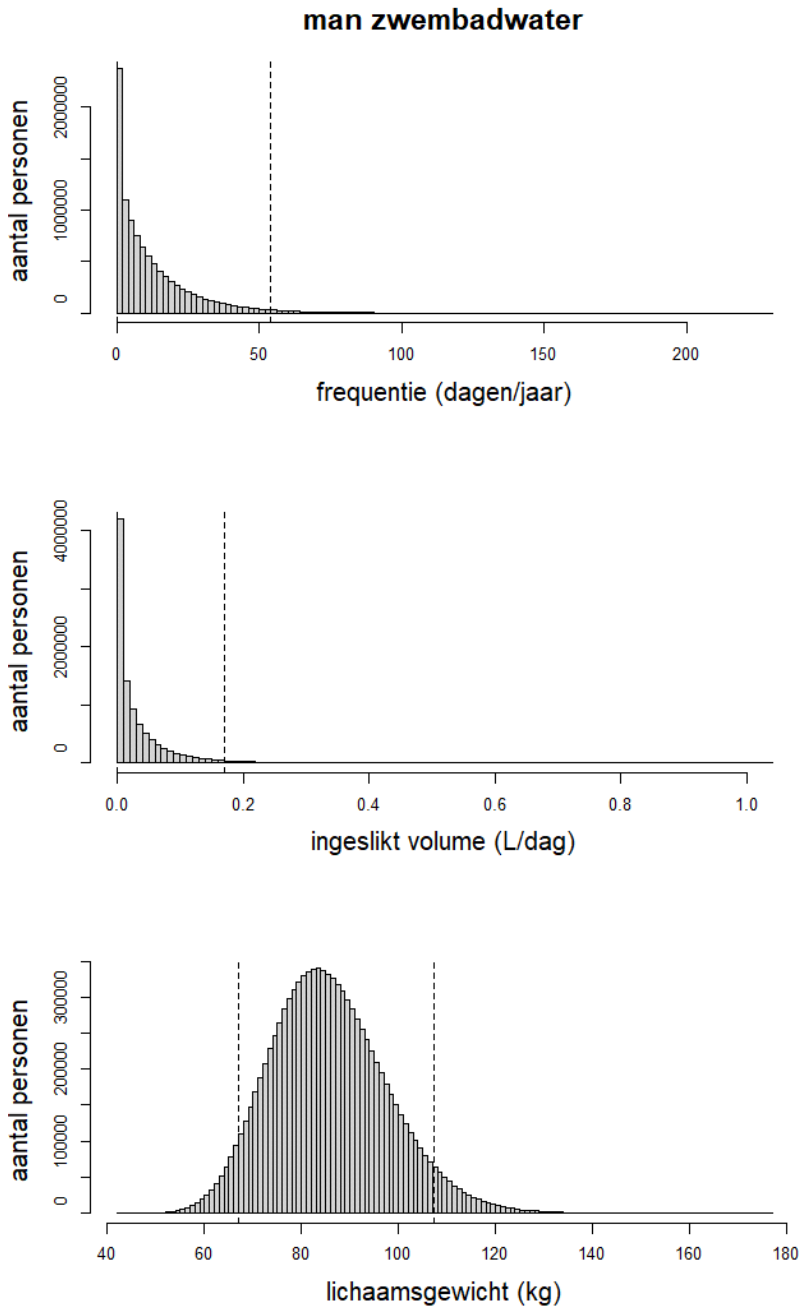
if(lab[i]=="child_pool") child_poolP01 <- quantile(maxConc,0.01)
if(lab[i]=="child_freshW") child_freshWP01 <-
quantile(maxConc,0.01)
if(lab[i]=="man_pool"||lab[i]=="woman_pool") {
  cat("\n percentile corresponding to P01 max conc child pool
(",child_poolP01,"ng/L) \n")
  print(quantile(maxConc,which.min(abs(sort(maxConc)-
child_poolP01))/n))
}
if(lab[i]=="man_freshW"||lab[i]=="woman_freshW") {
  cat("\n percentile corresponding to P01 max conc child freshW
(",child_freshWP01,"ng/L) \n")
  print(quantile(maxConc,which.min(abs(sort(maxConc)-
child_poolP01))/n))
}
cat("\n ##### eind", lab[i], "\n\n")
}
par(mfrow=c(1,1))

```

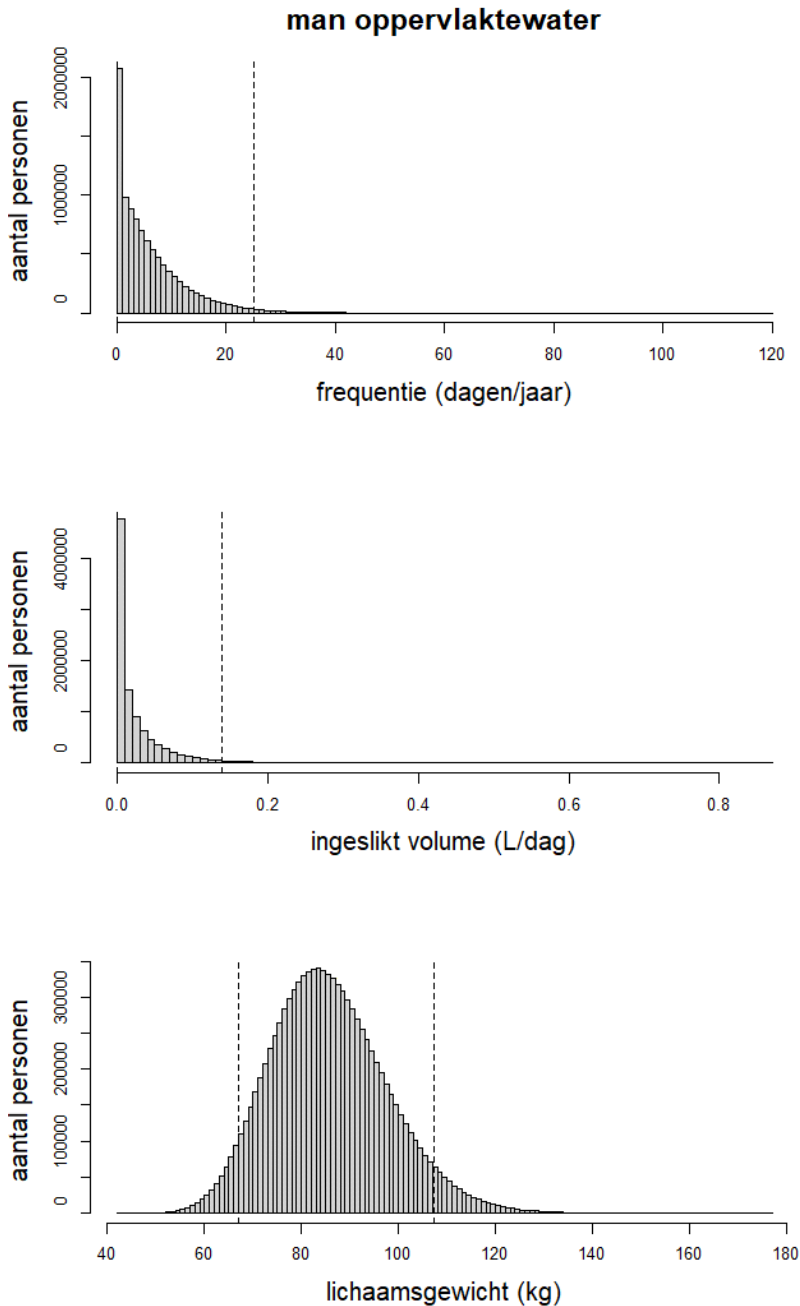

Bijlage II Weergave van de input verdelingen



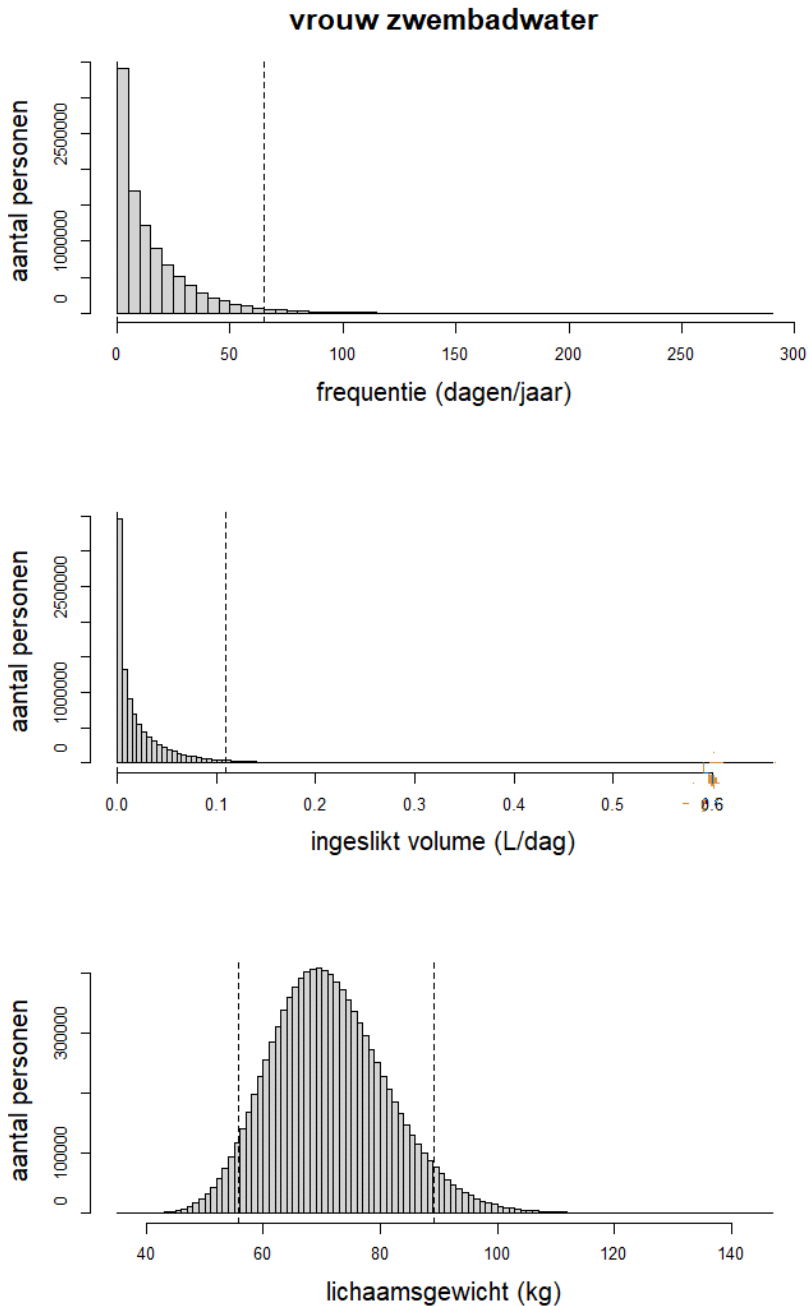
Figuur II.1 Verdelingen van respectievelijk zwemfrequentie, ingeslikt volume water en lichaamsgewicht gebruikt voor het berekenen van wat de concentratie PFAS volgens formule 1 maximaal mag zijn in oppervlaktewater, voor kinderen die daarin zwemmen. De waarde op de y-as representeert het aantal individuen dat op basis van de 10 miljoen trekkingen respectievelijk een bepaalde zwemfrequentie, ingeslikt volume en lichaamsgewicht heeft. De twee stippellijnen in de eerste twee figuren geven het 2,5^e en 97,5^e percentiel weer zoals gerapporteerd in Schets et al. (2011) en in Tabel 1B van de huidige rapportage. In de laatste figuur komen de twee stippellijnen overeen met het 5^e en 95^e percentiel lichaamsgewichten zoals gerapporteerd in Te Biesebeek et al. (2014).



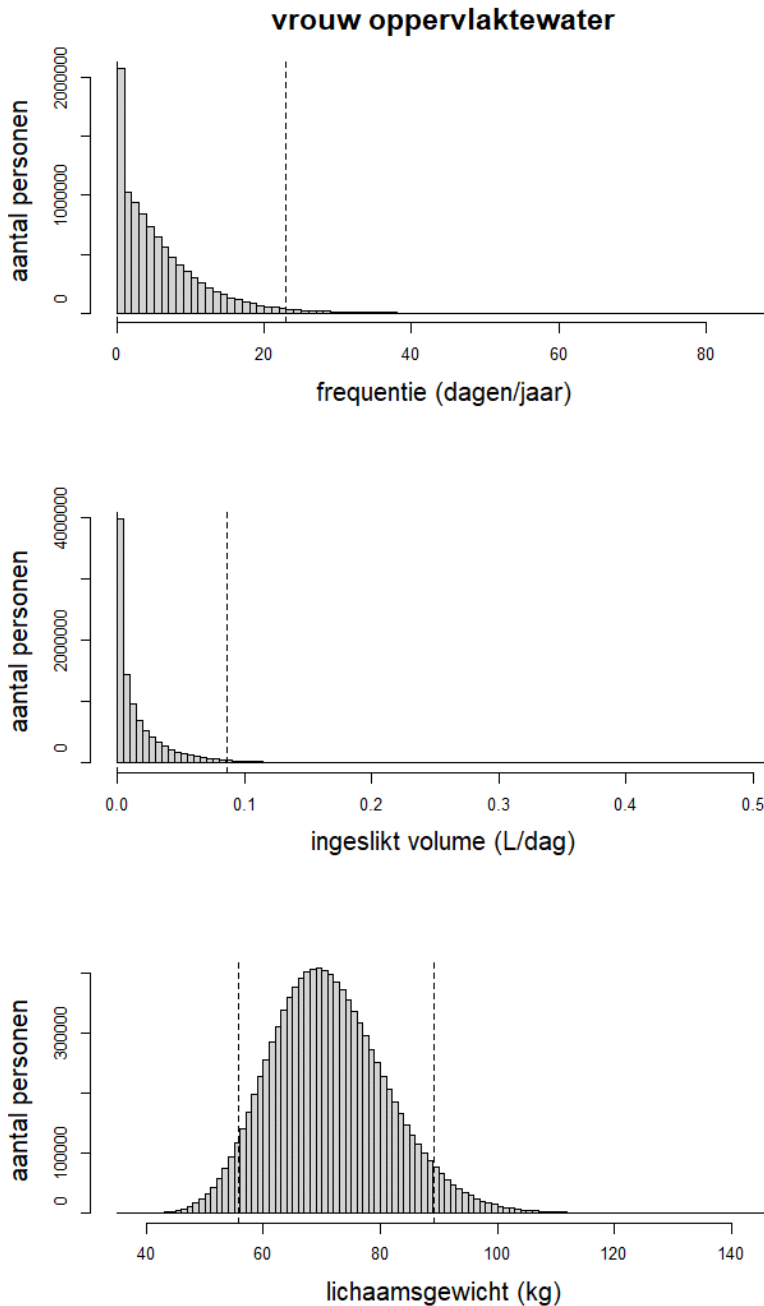
Figuur II.2 Verdelingen van respectievelijk zwemfrequentie, ingeslikt volume water en lichaamsgewicht gebruikt voor het berekenen van wat de concentratie PFAS volgens formule 1 maximaal mag zijn in zwembadwater, voor mannen die daarin zwemmen. De waarde op de y-as representeert het aantal individuen dat op basis van de 10 miljoen trekkingen respectievelijk een bepaalde zwemfrequentie, ingeslikt volume en lichaamsgewicht heeft. De twee stippellijnen in de eerste twee figuren geven het 2,5^e en 97,5^e percentiel weer zoals gerapporteerd in Schets et al. (2011) en in Tabel 1A van de huidige rapportage. In de laatste figuur komen de twee stippellijnen overeen met het 5^e en 95^e percentiel lichaamsgewichten zoals gerapporteerd in Te Biesebeek et al. (2014).



Figuur II.3 Verdelingen van respectievelijk zwemfrequentie, ingeslikt volume water en lichaamsgewicht gebruikt voor het berekenen van wat de concentratie PFAS volgens formule 1 maximaal mag zijn in oppervlaktewater, voor mannen die daarin zwemmen. De waarde op de y-as representeert het aantal individuen dat op basis van de 10 miljoen trekkingen respectievelijk een bepaalde zwemfrequentie, ingeslikt volume en lichaamsgewicht heeft. De twee stippellijnen in de eerste twee figuren geven het 2,5^e en 97,5^e percentiel weer zoals gerapporteerd in Schets et al. (2011) en in Tabel 1B van de huidige rapportage. In de laatste figuur komen de twee stippellijnen overeen met het 5^e en 95^e percentiel lichaamsgewichten zoals gerapporteerd in Te Biesebeek et al. (2014).



Figuur II.4 Verdelingen van respectievelijk zwemfrequentie, ingeslikt volume water en lichaamsgewicht gebruikt voor het berekenen van wat de concentratie PFAS volgens formule 1 maximaal mag zijn in zwembadwater, voor vrouwen die daarin zwemmen. De waarde op de y-as representeert het aantal individuen dat op basis van de 10 miljoen trekkingen respectievelijk een bepaalde zwemfrequentie, ingeslikt volume en lichaamsgewicht heeft. De twee stippellijnen in de eerste twee figuren geven het 2,5^e en 97,5^e percentiel weer zoals gerapporteerd in Schets et al. (2011) en in Tabel 1A van de huidige rapportage. In de laatste figuur komen de twee stippellijnen overeen met het 5^e en 95^e percentiel lichaamsgewichten zoals gerapporteerd in Te Biesebeek et al. (2014).



Figuur II.5 Verdelingen van respectievelijk zwemfrequentie, ingeslikt volume water en lichaamsgewicht gebruikt voor het berekenen van wat de concentratie PFAS volgens formule 1 maximaal mag zijn in oppervlaktewater, voor vrouwen die daarin zwemmen. De waarde op de y-as representeert het aantal individuen dat op basis van de 10 miljoen trekkingen respectievelijk een bepaalde zwemfrequentie, ingeslikt volume en lichaamsgewicht heeft. De twee stippellijnen in de eerste twee figuren geven het 2,5^e en 97,5^e percentiel weer zoals gerapporteerd in Schets et al. (2011) en Tabel 1B van de huidige rapportage. In de laatste figuur komen de twee stippellijnen overeen met het 5^e en 95^e percentiel lichaamsgewichten zoals gerapporteerd in Te Biesebeek et al. (2014).

7 Bijlage III Percentielen uit de verkregen concentratieverdelingen voor PFAS in zwemwater

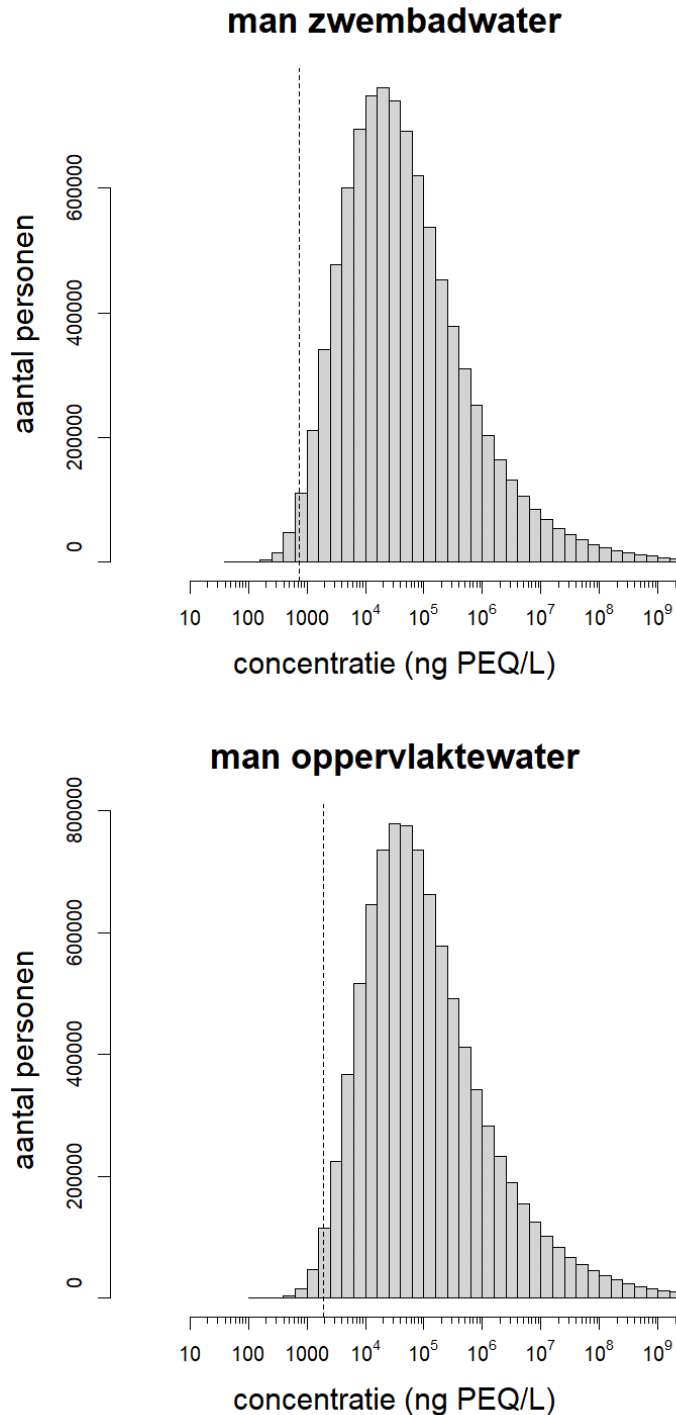
Tabel III.1 Percentielen uit de verkregen concentratieverdelingen voor PFAS (in ng PEQ/L) in zwemwater, afgerond naar 2 significante cijfers. Bij concentraties onder de genoemde percentielen (P01 t/m P50) blijft de blootstelling van respectievelijk 99; 97,5; 95; 90; 75 en 50% van de betreffende groep zwemmers onder 20% van de TDI.

Zwembadwater

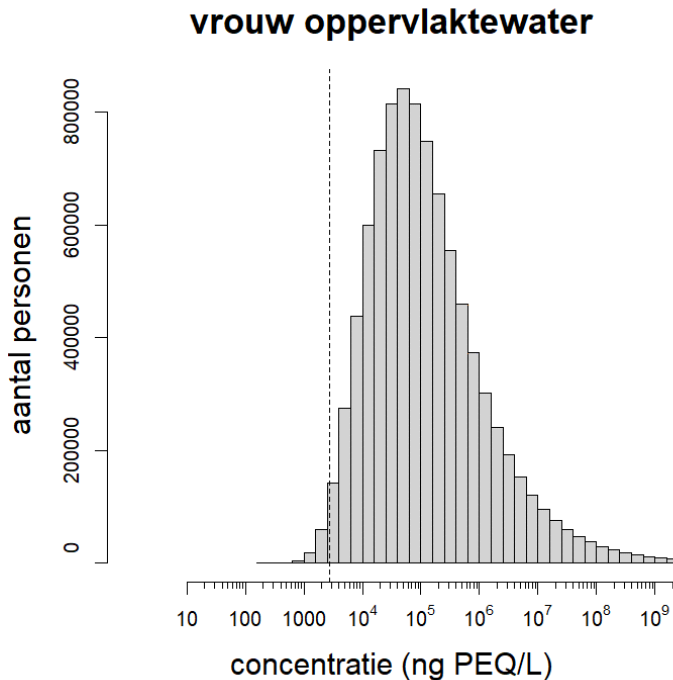
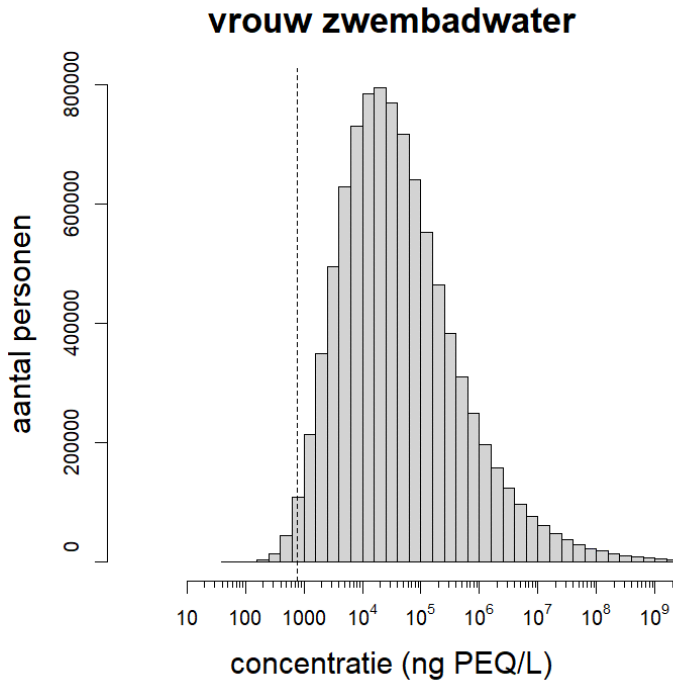
	P01	P02,5	P05	P10	P25	P50
Kind	71	110	160	250	610	2000
Volwassen – man	750	1200	1900	3300	10000	47000
Volwassen – vrouw	770	1200	1900	3300	9500	41000

Oppervlaktewater

	P01	P02,5	P05	P10	P25	P50
Kind	280	430	630	1000	2600	9000
Volwassen – man	1900	3000	4600	7900	23000	100000
Volwassen – vrouw	2700	4200	6300	11000	29000	120000



Figuur III.1 Verkregen verdelingen van wat de concentratie PFAS, uitgedrukt in PFOA-equivalenten, volgens formule 1 maximaal mag zijn in zwembad- en oppervlaktewater, voor mannen die daarin zwemmen. De waarde op de y-as representeert het aantal individuen waarvoor op basis van de 10 miljoen trekkingen uit de verdelingen van zwemfrequentie, ingeslikt volume en lichaamsgewicht, de concentratie is berekend die correspondeert met 20% van de TDI. De verticale stippellijnen geven de 1^e percentielen weer die als advieswaarden zijn gerapporteerd in Tabel 5 in de hoofdtekst en in Tabel III.1.



Figuur III.2 Verkregen verdelingen van wat de concentratie PFAS, uitgedrukt in PFOA-equivalenten, volgens formule 1 maximaal mag zijn in zwembad- en oppervlaktewater, voor vrouwen die daarin zwemmen. De waarde op de y-as representeert het aantal individuen waarvoor op basis van de 10 miljoen trekkingen uit de verdelingen van zwemfrequentie, ingeslikt volume en lichaamsgewicht, de concentratie is berekend die correspondeert met 20% van de TDI. De verticale stippellijnen geven de 1^e percentielen weer die als advieswaarden zijn gerapporteerd in Tabel 5 in de hoofdtekst en in Tabel III.1.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

maart 2024

De zorg voor morgen
begint vandaag