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

PFAS in bloed van volwassenen in Nederland

Een studie onder bloeddonors

RIVM-briefrapport 2026-0031
R.C. Sprong et al.

PFAS in bloed van volwassenen in Nederland

Een studie onder bloeddonors

RIVM-briefrapport 2026-0031

Colofon

© RIVM 2026
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-2026-0031

R.C. Sprong (auteur), RIVM
W. Bil (auteur), RIVM
S. Notenboom (auteur), RIVM
J. van Loenen (auteur), Sanquin
S. Someh (auteur), Sanquin
K. van den Hurk (auteur), Sanquin
M.J. van Wijk (auteur), Sanquin
R. Nederlof (auteur), RIVM

Contact:
R. Nederlof
Chemische Voedselveiligheid
PFAS@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministeries van Infrastructuur en Waterstaat, Volksgezondheid, Welzijn en Sport, en Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur in het kader van Programma 53 PFAS.

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

Publiekssamenvatting

PFAS in bloed van volwassenen in Nederland

Een studie onder bloeddonors

Eerder bleek uit onderzoek van het RIVM dat bijna alle mensen in Nederland (99 procent) te veel PFAS in hun bloed hebben. Dit bloed was afgenomen in 2016 en 2017. Het RIVM heeft nu ook bloed uit 2025 van volwassen bloeddonors (tussen 18 en 78 jaar) onderzocht.

Uit dit onderzoek blijkt dat bijna alle volwassenen in Nederland minstens 2 verschillende soorten PFAS in hun bloed hebben. Bij 71 procent van de deelnemers was de hoeveelheid PFAS hoger dan de gezondheidskundige grenswaarde. Dit is dus bij minder mensen dan bij het onderzoek met bloed uit 2016 en 2017. Ook zijn de hoeveelheden PFAS in het bloed lager dan in het eerdere onderzoek. In andere onderzoeken in West-Europa zijn deze veranderingen ook te zien.

Het onderzoek had extra aandacht voor regio Dordrecht en rond de Westerschelde, omdat daarvan bekend is dat er PFAS in de omgeving is terechtgekomen. Bij inwoners van de regio Dordrecht zit iets meer PFOA in het bloed dan in de rest van Nederland. Bij mensen die aan de noordkant van de Westerschelde wonen zijn hogere concentraties gemeten van drie soorten PFAS. Aan de zuidkant van de Westerschelde (Zeeuws-Vlaanderen) zijn hogere concentraties van zeven PFAS gevonden. Bij deze laatste groep inwoners zijn voor het eerst metingen in bloed gedaan.

Mensen worden niet meteen ziek als er meer PFAS in bloed zit dan de gezondheidskundige grenswaarde. Wel kan het effecten hebben op het lichaam. Zo kan het immuunsysteem als eerste minder goed werken. Over andere effecten is nog niet precies bekend wanneer ze optreden en in welke mate. Naast de blootstelling aan PFAS hangt het van verschillende omstandigheden af of mensen gezondheidsklachten krijgen, zoals erfelijkheid en leefomstandigheden.

Het RIVM onderzoekt nu wat bekend is over mogelijke gezondheidseffecten van hogere concentraties PFAS in bloed. Ook wordt onderzocht of bepaalde gezondheidseffecten die met PFAS te maken kunnen hebben, in de regio’s Dordrecht of Westerschelde meer voorkomen.

Het RIVM deed dit onderzoek in opdracht van de ministeries van IenW, VWS en LVVN binnen het PFAS-onderzoeksprogramma. Dit programma onderzoekt ook de mogelijkheden om de blootstelling aan PFAS te verminderen. Als dat lukt, zal de hoeveelheid in bloed naar verwachting ook dalen. Het is daarom belangrijk om de komende jaren PFAS in bloed steeds opnieuw te meten.

Kernwoorden: PFAS, humane biomonitoring, bloedonderzoek, gezondheidskundige grenswaarde, blootstelling

Synopsis

PFAS in the blood of adults in the Netherlands

A study among blood donors

Previous research by the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) showed that almost everyone (99 percent) in the Netherlands has excessive levels of PFAS in their blood. This was the case in blood samples collected in 2016 and 2017. RIVM has recently also tested blood donated in 2025 by adult blood donors aged between 18 and 78.

This research shows that almost all adults in the Netherlands have at least 2 different types of PFAS in their blood. PFAS levels were higher than the health-based guidance value in 71 percent of participants, which is fewer people than in the study involving blood samples collected in 2016 and 2017. PFAS levels in the tested blood were also lower than in the previous study. These changes are also evident in other studies carried out in Western Europe.

The study had a specific focus on the Dordrecht region and the area around the Western Scheldt estuary, as environmental PFAS contamination has been found there. Dordrecht residents have slightly more PFOA in their blood than the rest of the Dutch population. Higher concentrations of three types of PFAS were found in people living on the north side of the Western Scheldt. Higher concentrations of seven types of PFAS were found in people living on the south side of the Western Scheldt (Zeeuws-Vlaanderen). This is the first time that blood tests had been carried out on the latter group of residents.

People do not immediately become ill if they have higher levels of PFAS in their blood than the health-based guidance value. PFAS exposure can, however, impact the body. For example, the immune system my be the first to start functioning less effectively. Exactly when or to what extent other effects occur is not yet known. In addition to PFAS exposure, whether people develop health problems depends on various factors, such as genetic predisposition and living conditions.

RIVM is currently reviewing what is known about the potential health impact of higher PFAS concentrations in the blood. It is also investigating whether certain health effects that have potential links to PFAS are more prevalent in the Dordrecht or Western Scheldt regions.

RIVM was commissioned to carry out this research by the Dutch Ministry of Infrastructure and Water Management, the Ministry of Health, Welfare and Sport and the Ministry of Agriculture, Fisheries, Food Security and Nature. As part of the PFAS research programme, RIVM is investigating ways to reduce human exposure to PFAS. If PFAS exposure can be reduced, PFAS levels in blood are also expected to decrease. It is, therefore, important that PFAS levels in blood continue to be monitored in the coming years.

Keywords: PFAS, human biomonitoring, blood tests, health-based guidance value, exposure, blood donors

Inhoudsopgave

1 Inleiding — 7
1.1 Aandacht voor de regio — 7
1.2 Doel van dit rapport — 8

2 Materiaal en methoden — 10
2.1 Omschrijving onderzoek — 10
2.1.1 Waarom bloed? — 10
2.1.2 Invloed van doneren op PFAS in het bloed — 10
2.1.3 Studieopzet — 10
2.2 Deelnemersaantallen — 11
2.2.1 Algemene Nederlandse volwassen bevolking — 11
2.2.2 Aandachtsgebieden — 12
2.3 Verwerking en opslag bloed — 13
2.4 PFAS-metingen — 13
2.5 Dataverwerking — 14
2.5.1 Data onder de LOD of LOQ — 14
2.5.2 Gebruik van wegingsfactoren — 15
2.5.3 Analyses van de interne blootstelling op basis van humane biomonitoring — 15
2.6 Vergelijking van de gemeten waarden met beschikbare humane biomonitoring grenswaarden — 16
2.6.1 Beschikbare humane biomonitoringgrenswaarden in bloed — 16
2.6.2 Bepaling van de cumulatieve PFAS-concentratie en het risico — 17
2.7 Gebruikte software — 20

3 Resultaten — 21
3.1 Aantallen deelnemers — 21
3.2 Populatiekenmerken — 22
3.3 PFAS in bloedserum in Nederlandse volwassenen — 23
3.4 Regio Dordrecht versus de rest van Nederland — 26
3.5 Regio Westerschelde-Noord versus de rest van Nederland — 27
3.6 Regio Westerschelde-Zuid versus de rest van Nederland — 29
3.7 Regio Westerschelde-Noord versus Westerschelde-Zuid — 30
3.8 Gemeten interne PFAS-blootstelling versus humane biomonitoringgrenswaarde — 32
3.8.1 Volwassenen en vrouwen in de vruchtbare leeftijd — 32
3.8.2 Aandachtsgebieden — 36

4 Discussie — 39
4.1 Waarom hebben vrouwen van vruchtbare leeftijd lagere PFAS bloedwaarden? — 39
4.2 Vergelijking PFAS-concentraties in bloed met de HBM-GV — 39
4.2.1 LB- versus UB-scenario — 40
4.2.2 Verschillen tussen aanpak 1 en aanpak 2 — 41
4.2.3 Aantal PFAS in de optelsom — 41
4.2.4 Relatieve potentie — 41
4.2.5 Keuze van de grenswaarde — 43
4.2.6 Interpretatie van de resultaten — 43
4.3 Vergelijking met de eerdere studies uitgevoerd in het PFAS-onderzoeksprogramma — 44

4.4 Vergelijking met West-Europese landen — 45
4.5 Verhoogde PFAS-bloedconcentraties in aandachtsgebieden — 46
4.5.1 Regio Dordrecht — 47
4.5.2 Regio Westerschelde — 47
4.5.3 Overige aandachtsgebieden — 49
4.6 Kortketenige PFAS — 49

5 Aanbevelingen — 50

6 Conclusies — 51
6.1 Landelijk dekkend beeld en een mogelijk risico voor de publieke gezondheid (doelen 1 en 3) — 51
6.2 Vergelijking interne blootstelling in de aandachtsgebieden met de rest van Nederland (doel 2) — 51

Dankbetuiging — 53

Literatuur — 54

Bijlage 1 Lijst met vragen die gesteld zijn aan de donors in de bloeddonorstudie — 62

Bijlage 2 Precisieberekening ten behoeve van de steekproefgroottebepaling voor heel Nederland — 69

Bijlage 3 Effect van bloedafname- en opslagcondities op de PFAS-metingen — 71

Bijlage 4 Populatiekenmerken van de deelnemers — 73

Bijlage 5 PFAS-concentraties in bloed: ongewogen data — 75

Bijlage 6 Herschalen opleidingsniveau ten behoeve van de wegingsfactoren — 76

Bijlage 7 Resultaten verkregen met de gewogen data — 77

Bijlage 8 Vergelijking van de cumulatieve PFAS-concentratie met de humane biomonitoringgrenswaarden voor volwassenen en vrouwen in de vruchtbare leeftijd, gebaseerd op bloedserumconcentraties (µg/L) gewogen naar de Nederlandse populatie voor het LB- en UB-scenario — 81

Bijlage 9 Bijdrage van de verschillende PFAS aan de cumulatieve PFAS-concentratie voor Nederlandse volwassenen, vrouwen in de vruchtbare leeftijd (18-45 jaar) en volwassenen in de aandachtsgebieden — 85

Bijlage 10 Vergelijking tussen detectiefrequentie van PFAS in bloed en de mediane en P95 bloedwaarden in omwonenden van de 3M fabriek in Zwijndrecht, België en inwoners van de regio Westerschelde-Zuid — 90

1 Inleiding

Per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS) zijn een groep door de mens gemaakte chemische stoffen die van nature niet in het milieu voorkomen. De Nederlandse bevolking krijgt op verschillende manieren PFAS binnen: via voedsel en drinkwater (Schepens et al., 2023) en via andere bronnen en blootstellingsroutes, bijvoorbeeld door het inademen van impregneermiddelen of het aanbrengen van cosmetica op de huid (Affourtit & Verbruggen, 2025; Gluge et al., 2020). Voedsel en drinkwater vormen een belangrijke bron van blootstelling aan PFAS. Alleen al via voedsel en drinkwater krijgen Nederlanders te veel PFAS binnen (Schepens et al., 2023).

In opdracht van de ministeries van Infrastructuur en Waterstaat (IenW), Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS), en Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN) onderzoekt het RIVM hoe de blootstelling van mensen aan PFAS verminderd kan worden (Bulder et al., 2024) https://www.rivm.nl/pfas/onderzoeksprogramma). Onderdeel van dit onderzoeksprogramma is het verkrijgen van een landelijk dekkend beeld van de gecombineerde blootstelling[1] aan meerdere PFAS van de Nederlandse bevolking.

Het RIVM meet PFAS-concentraties in lichaamsmaterialen (humane biomonitoring) van inwoners van Nederland om te weten te komen hoeveel PFAS mensen in hun lichaam hebben. Daarvoor heeft het RIVM in 2025 en 2026 drie verschillende onderzoeken uitgevoerd. Bij twee onderzoeken zijn de bloedmonsters afkomstig uit bestaande biobanken: 1) het PIENTER-3 onderzoek van het RIVM (Verberk et al., 2019) met bloedmonsters afgenomen in 2016-2017 en 2) de COVID MILK-POWER MILK studie van het Amsterdam UMC (Juncker et al., 2021) met bloed- en moedermelkmonsters uit 2020-2021. Daarnaast is in samenwerking met Sanquin een nieuw onderzoek uitgevoerd waarbij in 2025 bloedmonsters van bloeddonors zijn verkregen.

De resultaten over PFAS in bloed op basis van de PIENTER-3 studie (hier verder PIENTER-PFAS genoemd) en over PFAS in moedermelk op basis van het COVID MILK-POWER MILK onderzoek (hier verder de moedermelkstudie genoemd) zijn inmiddels gepubliceerd (Bil et al., 2025; Bil et al., 2026). De resultaten over PFAS in bloed van vrouwen uit het COVID MILK-POWER MILK onderzoek zullen elders worden beschreven (Carpay et al., In Prep.).

Het huidige rapport bespreekt de resultaten van de PFAS-metingen in bloed van bloeddonors verkregen door samenwerking met Sanquin.

1.1 Aandacht voor de regio

In verschillende regio's in Nederland bestaan zorgen over een mogelijk verhoogde blootstelling aan PFAS in vergelijking met de rest van Nederland. Door de (historische) uitstoot van onder andere PFOA (Zie

[1] Gecombineerde blootstelling bestaat uit bij elkaar opgetelde blootstelling aan verschillende chemische stoffen vanuit verschillende bronnen en blootstellingsroutes (oraal, inhalatoir, dermaal).

Tabel 1 voor de volledige naam van de in dit rapport genoemde PFAS) en HFPO-DA (GenX) door de chemische fabriek Chemours is de omgeving in de regio Dordrecht vervuild geraakt met PFAS (Boon et al., 2024; Boon & te Biesebeek, 2022; Van Poll et al., 2017). In de Westerschelde zijn verhoogde concentraties PFAS (o.a. PFOS, PFBS, PFBA, en PFHxA) aangetroffen door de lozing van deze stoffen via het afvalwater door verschillende bedrijven (IRAS, 2022). Lokale voedselproducten uit deze regio, zoals vlees, vis en schaal- en schelpdieren kunnen een te hoge PFAS-concentratie bevatten (Front Office Voedsel- en productveiligheid, 2024; Zwartsen & Boon, 2022).

Uit het PIENTER-PFAS onderzoek bleek dat bij inwoners uit de regio's Dordrecht en Westerschelde de concentraties van enkele PFAS in bloed verhoogd waren ten opzichte van de rest van Nederland (Bil et al., 2025). In de regio Dordrecht zijn in het bloed verhoogde niveaus aangetroffen van PFHpA, PFOA, PFDA, PFPeS en PFHxS. Van deze stoffen werd voor PFOA de hoogste concentraties aangetroffen. Er werden geen HFPO-DA waarden gemeten boven de detectielimiet (LOD). In twee gemeenten aan de noordkant van Westerschelde werden verhoogde waarden gevonden van PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFPeS, PFHxS, PFHpS, PFOS en EtFOSAA in het bloed. In deze regio werd voor PFOS de hoogste concentratie aangetroffen.

Onderzoek onder inwoners toonde aan dat omwonenden van de Chemours fabriek en de Westerschelde behoefte hebben aan onderzoek naar de blootstelling aan PFAS in hun omgeving en de gevolgen daarvan voor hun gezondheid (Elberse et al., 2024). In het huidige onderzoek is daarom extra aandacht voor de blootstelling aan PFAS in deze regio's. In het huidige onderzoek wordt niet ingegaan op de mogelijke gezondheidseffecten van deze blootstelling. In een onderzoek naar de gezondheidseffecten van PFAS voor de regio's Chemours en Westerschelde[2] wordt een literatuuronderzoek uitgevoerd om na te gaan wat er in de wetenschappelijke literatuur bekend is over de mogelijke gezondheidseffecten van PFAS bij specifieke bloedwaarden. De aandachtsgebieden met betrekking tot blootstelling aan PFAS zijn afgebakend op basis van eerder onderzoek (Elberse et al., 2024):

- Regio Dordrecht: de gemeenten Alblasserdam, Dordrecht, Hardinxveld-Giessendam, Molenlanden, Papendrecht en Sliedrecht.
- Regio Westerschelde-Noord: de gemeenten Kapelle, Borsele en Reimerswaal op Zuid-Beveland, en de gemeenten Veere en Vlissingen op Walcheren.
- Regio Westerschelde-Zuid: de Zeeuws-Vlaamse gemeenten Sluis, Terneuzen en Hulst.

1.2 Doel van dit rapport

Het rapport bespreekt de resultaten van de PFAS-metingen in bloedmonsters afgenomen bij volbloeddonors bij Sanquin. De bloedmonsters zijn verzameld tussen 2 juni 2025 en 15 december 2025. Deze resultaten geven inzicht in de PFAS-blootstelling in zowel de algemene volwassen bevolking van Nederland als de algemene volwassen bevolking in de regio's Dordrecht, Westerschelde-Noord en Westerschelde-Zuid.

[2] https://www.rivm.nl/pfas/gezondheid-en-pfas-rond-chemours-westerschelde

Het onderzoek heeft drie doelen:

1. Het bepalen van de interne blootstelling[3] aan PFAS in de algemene Nederlandse volwassen bevolking.
2. Bepalen of de interne blootstelling aan PFAS hoger is in de aandachtsgebieden in vergelijking met de rest van Nederland.
3. Het bepalen van een mogelijk risico voor de publieke gezondheid op basis van de interne PFAS-blootstelling in de algemene volwassen bevolking.

De mogelijke bronnen van PFAS worden niet beschreven in dit rapport. In het PFAS-onderzoeksprogramma is wel gekeken naar mogelijke bronnen van PFAS en bijdrage vanuit deze bronnen aan de geaggregeerde blootstelling (Affourtit & Verbruggen, 2025; Affourtit et al., 2026; Schepens et al., 2023). In het kader van de mogelijke bronnen wordt ook nog onderzocht hoe de interne blootstelling zich verhoudt tot de externe blootstelling via voedsel en drinkwater. Deze vergelijking wordt in een ander rapport beschreven.

[3] Interne blootstelling wordt bepaald d.m.v. het meten van de concentratie PFAS in menselijk lichaamsmateriaal (bijvoorbeeld bloed of moedermelk).

2 Materiaal en methoden

2.1 Omschrijving onderzoek

Dit onderzoek is uitgevoerd met bloed(serum) van volwassenen die volbloed doneren bij Sanquin; in dit rapport wordt dit de bloeddonorstudie genoemd.

2.1.1 Waarom bloed?

Het is bekend dat PFAS met een langere koolstofketen zich binden aan eiwitten en zich onder andere ophopen in bloed. Het meten van PFAS in bloed, met name in plasma of serum, is daarom een relevante matrix voor het weergeven van blootstelling aan dit soort PFAS (Vorkamp et al., 2021). Daarnaast wordt PFAS in het Europese project PARC[4] (Partnership for the Assessment of Risks from Chemicals) ook in serum gemeten. Om onze data te kunnen delen met PARC en te kunnen vergelijken met de blootstelling in andere Europese landen, is het dus belangrijk om in serum te meten.

2.1.2 Invloed van doneren op PFAS in het bloed

Wanneer mensen bloed doneren, geven ze daarbij ook PFAS weg. Bloed doneren is daarom een manier waarop PFAS uit het lichaam kan verdwijnen. Bloeddonors zijn niet helemaal vergelijkbaar met alle mensen in Nederland, omdat hun PFAS-gehalte mogelijk iets lager is door het doneren van bloed. Het effect van bloed doneren op het verlagen van PFAS in het bloed is veel kleiner dan het effect van plasmadonatie (Gasiorowski et al., 2022). Dit komt vooral doordat plasmadonors tot wel 26 keer per jaar plasma mogen geven[5]. Door zo vaak plasma te doneren, kan het PFAS-gehalte in het bloed dalen (Gasiorowski et al., 2022). Daarom mochten plasmadonors niet meedoen aan dit onderzoek. Bij Sanquin mogen mensen veel minder vaak bloed doneren: vrouwen drie keer per jaar, mannen vijf keer per jaar.

2.1.3 Studieopzet

Van mensen die bloed doneren wordt altijd een paar buisjes bloed afgenomen voor vrijgavetesten. Met dit bloed bevestigt Sanquin de bekende bloedgroep van de donor en screent Sanquin onder andere diverse biomarkers voor bloedoverdraagbare infectieziekten (zoals HIV en hepatitis) voor veiligheidsdoeleinden. Van dit bloed resteert na iedere donatie ongeveer 2 mL bloedserum.

Tussen 2 juni en 15 december 2025 werd aan geselecteerde bloeddonors van Sanquin, op specifieke locaties en in specifieke periodes, gevraagd dit restbloedserum ter beschikking te stellen voor PFAS-metingen. Bij het maken van een afspraak voor bloeddonatie kregen de donors een email (met een link naar een informatiefolder) met de vraag of ze mee wilden doen aan het onderzoek. Op de donatielocatie werd opnieuw gevraagd of donors mee wilden doen aan het onderzoek. Donors die mee wilden doen gaven via een beveiligde

[4] https://www.eu-parc.eu/
[5] https://www.sanquin.nl/donors/actueel/8-belangrijke-verschillen-tussen-bloed-en-plasma-doneren

tool bij Sanquin (Qualtrics) hun toestemming en vulden een vragenlijst in over hun leeftijd, geslacht, opleiding, beroep, woon-, en werkplaats, en in geval van vrouwen, vragen over hun menstruatie, het aantal kinderen dat zij gekregen hebben en hoelang zij borstvoeding hebben gegeven (Bijlage 1).

De Medisch Ethische Toetsingscommissie (METC) van het Amsterdam Universitair Medisch Centrum oordeelde dat het onderzoek niet onder de Wet Medisch-wetenschappelijk Onderzoek (WMO) valt (Niet-WMO verklaring 2025.0237) en dus niet formeel getoetst hoefde te worden onder de WMO.

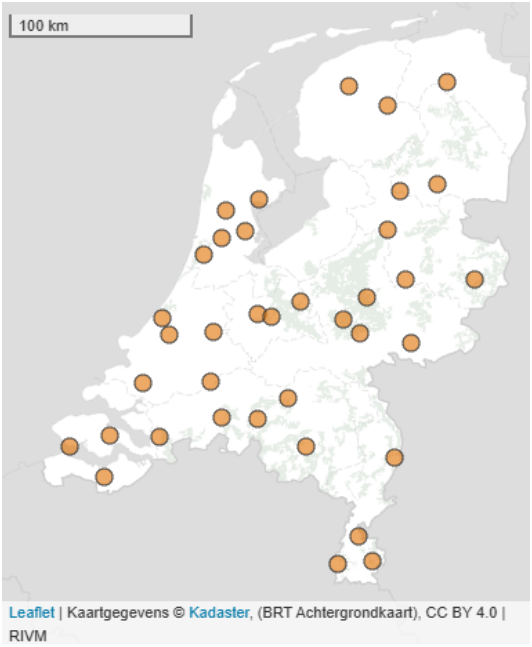
2.2 Deelnemersaantallen

2.2.1 Algemene Nederlandse volwassen bevolking

Op basis van het onderzoek naar PFAS in bloedserum van de PIENTER-PFAS studie is een precisieberekening uitgevoerd om te kijken wat het betrouwbaarheidsinterval rond het gemiddelde zou worden bij een steekproef omvang van 400 tot 1500 deelnemers (de geadviseerde omvang van een humaan biomonitoringsonderzoek onder een representatieve groep deelnemers zoals geadviseerd door de Gezondheidsraad (Gezondheidraad, 2024). De precisieberekening werd uitgevoerd met behulp van het serumgehalte van PFOS uit de PIENTER-PFAS studie (Bil et al., 2025). PFOS had de grootste bijdrage aan het totale PFAS-serumgehalte in de PIENTER-PFAS studie. Uit deze precisieberekening bleek dat bij een steekproef van boven de 600 de precisie minimaal toe zou nemen (Bijlage 2). Daarom is voor de algemene Nederlandse volwassen bevolking gekozen voor een totale steekproefomvang van minimaal 600 deelnemers.

Vanwege de wijze waarop Sanquin bloeddonors oproept (op basis van behoefte aan donorbloed van een bepaalde bloedgroep) en vanwege de beperkte beschikbaarheid van donorlocaties in de periode van werven, was het niet mogelijk om vooraf een representatieve groep donors te selecteren waarbij rekening werd gehouden met de populatiedichtheid in de verschillende delen van Nederland. Daarom werden deelnemers geworven in beschikbare afnamelocaties verspreid over Nederland, waarbij gestreefd is om ongeveer 62 deelnemers per provincie te werven en de resultaten achteraf te corrigeren met wegingsfactoren (Zie sectie 2.5.2 voor het toepassen van wegingsfactoren). Voor Flevoland waren er in de studieperiode geen afnamelocaties beschikbaar en voor Zeeland lagen de afnamelocaties vooral in de aandachtsgebieden. Dit betekent dat het streven was om ruim 600 deelnemers verspreid over 10 provincies te werven. Figuur 1 geeft aan waar de afname locaties zich bevonden. Omdat donors vrijelijk mogen kiezen waar ze doneren hoeft het uiteindelijke aantal deelnemers per provincie niet overeen te komen met de beoogde aantallen.

Figuur 1 Deelnemende donatielocaties van Sanquin. Iedere stip geeft een deelnemende locatie weer: Leeuwarden en Drachten (Friesland); Groningen (Groningen); Hoogeveen en Meppel (Drenthe); Zwolle, Deventer en Hengelo (Overijssel); Apeldoorn, Arnhem, Doetinchem en Ede (Gelderland); Amersfoort en Utrecht (Utrecht); Alkmaar, Haarlem, Hoorn, Purmerend en Zaanstad (Noord-Holland); Dordrecht, Delft, Den Haag, Sommelsdijk en Gouda (Zuid-Holland); Goes, Vlissingen en Terneuzen (Zeeland); Bergen op Zoom, Breda, Eindhoven, 's-Hertogenbosch en Tilburg (Noord-Brabant); Heerlen, Maastricht, Sittard en Venlo (Limburg).



2.2.2 *Aandachtsgebieden*

Voor de aandachtsgebieden is een steekproefgrootte berekening uitgevoerd, welke is gepubliceerd in Bulder et al. (2024)[6]. De steekproefberekening werd uitgevoerd om te bepalen hoe groot de studiepopulatie zou moeten zijn om aan te kunnen tonen dat een verhoogde PFAS concentratie in de aandachtsgebieden statistisch significant verschillend is ten opzichte van de rest van Nederland. Hierbij is uitgegaan van een normaalverdeling, een 20% toename in PFAS concentratie, een significantie van 0,05 en een power van 80%.

Voor de aandachtsgebieden zijn de volgende steekproefgroottes van toepassing:

- Regio Dordrecht: n=62;
- Regio Westerschelde-Noord: n=179;
- Regio Westerschelde-Zuid: n=146.

Deze aantallen komen bovenop de 600 deelnemers die nodig zijn om een beeld te krijgen van de PFAS-blootstelling in de algemene Nederlandse volwassen bevolking.

[6] Bij een steekproefgrootte berekening wordt op basis van bestaande gegevens berekend hoe groot een steekproef uit een aandachtsgebied moet zijn om een vooraf vastgesteld interessant verschil met de algemene populatie aan te kunnen tonen. Het verschilt daarom van een precisieberekening die wordt uit gevoerd hoe groot de steekproef van een algemene populatie moet zijn om een zo betrouwbaar mogelijk beeld van de algemene populatie te krijgen.

Bloed voor deze regio's is verkregen via de afnamelocaties Dordrecht, Vlissingen, Goes en Terneuzen. Ook hier geldt dat vanwege de vrije keuze van donatielocatie het uiteindelijke aantal deelnemers per aandachtsgebied niet overeen hoeft te komen met de beoogde aantallen.

2.3 Verwerking en opslag bloed

Het bloed is verzameld met vacuettebuizen van Greiner[7]. Deze buizen zijn gemaakt van polyethyleentereftalaat (PET). Eurofins Forensics in Brugge (België) heeft de vacuettebuizen getest op geschiktheid voor PFAS-metingen en geschikt bevonden (zie Bijlage 3 voor meer details).

Na afname van het bloed zijn de buizen bij omgevingstemperatuur naar het Nationaal Screeningslaboratorium van Sanquin in Amsterdam gebracht. Nadat Sanquin de eigen onderzoeken had afgerond, zijn de buizen op kamertemperatuur naar het laboratorium van Eurofins Forensics gestuurd. De buizen kwamen daar binnen 48-72 uur na afname aan[8]. De bewaarcondities hadden geen effect op het PFAS-gehalte (Bijlage 3).

Na aankomst bij Eurofins Forensics werden de bloedmonsters gecentrifugeerd (1000 rcf gedurende 10 minuten). Vervolgens werd de kwaliteit van de monsters gecheckt. Indien er sprake was van troebelheid van het bloed(serum) door de aanwezigheid van vetten (lipemie) of rood verkleuring door de aanwezigheid van (delen van) rode bloedcellen (hemolyse) is dit genoteerd. Vervolgens werd het bloedserum in polystyreen buizen ingevroren bij –20°C tot aan de analyse.

2.4 PFAS-metingen

In de bloedserum monsters van de bloeddonorstudie zijn 17 PFAS bepaald, waarvan drie (PFOA, PFOS, PFHxS) als vertakte vorm (V), lineaire vorm (L), en het totaal van vertakte en lineaire vorm bij elkaar opgeteld (T)(zie Tabel 1). Deze PFAS werden bepaald vanwege de analytische mogelijkheden. De analyse is uitgevoerd met een methode gevalideerd volgens ANSI/ASB Standard 036. Hiervoor werd 50 µL serum per monster gemeten met behulp van een vloeistofchromatograaf (Acquity UPLC I-class series van Waters) gekoppeld aan een massaspectrometer (Xevo TQ Absolute van Waters). De kwaliteit van de metingen is geborgd door het analyseren van blanco's en controlemonsters.

[7] Dit zijn speciale stolbuizen met *Serum Sep Clot Activator* waardoor het bloed makkelijker stolt en het bloedserum gemakkelijke gescheiden kan worden van de bloedcellen.
[8] Één zending buizen kon niet op die manier naar Eurofins Forensics worden gestuurd. Deze zijn door Sanquin gecentrifugeerd volgens de condities van Eurofins Forensics (1000 rcf gedurende 10 minuten) en ingevroren in vacuettebuizen van Greiner. De buizen zijn twee weken later naar Eurofins forensics gestuurd. Eurofins Forensics heeft getest of de bewaartermijn en condities effect hadden op het PFAS-gehalte in het bloed. De bewaartermijn en condities hadden geen effect op het PFAS-gehalte in bloed(serum). Zie Bijlage 3 voor meer details van deze testen.

Tabel 1 Specificatie van de 17 gemeten PFAS in dit onderzoek, inclusief detectie- (LOD) en kwantificeringslimiet (LOQ) (beide in µg/L).

PFAS	**Afkorting**	**CAS nr.**	**LOD/ LOQ**
Perfluorbutaanzuur	PFBA	375-22-4	0,1
Perfluorpentaanzuur	PFPeA	2706-90-3	0,1
Perfluorhexaanzuur	PFHxA	307-24-4	0,1
Perfluorheptaanzuur	PFHpA	375-85-9	0,1
Perfluoroctaanzuur (lineair)	L-PFOA	335-67-1	0,1
Perfluoroctaanzuur (vertakt)	V-PFOA[a]	-	0,1
Perfluoroctaanzuur (totaal)	T-PFOA[b]	-	
Perfluornonaanzuur	PFNA	375-95-1	0,1
Perfluordecaanzuur	PFDA	335-76-2	0,1
Perfluorundecaanzuur	PFUnDA	2058-94-8	0,1
Perfluordodecaanzuur	PFDoDA	307-55-1	0,1
Perfluortridecaanzuur	PFTrDA	862374-87-6	0,1
Perfluortetradecaanzuur	PFTeDA	365971-87-5	0,1
Perfluorbutaansulfonzuur	PFBS	375-73-5	0,1
Perfluorhexaansulfonzuur (lineair)	L-PFHxS	355-46-4	0,1
Perfluorhexaansulfonzuur (vertakt)	V-PFHxS[a]	-	0,1
Perfluorhexaansulfonzuur (totaal)	T-PFHxS[b]	-	
Perfluorheptaansulfonzuur	PFHpS	375-92-8	0,1
Perfluoroctaansulfonzuur (lineair)	L-PFOS	1763-23-1	0,1
Perfluoroctaansulfonzuur (vertakt)	V-PFOS[a]	-	0,1
Perfluoroctaansulfonzuur (totaal)	T-PFOS[b]	-	
Perfluordecaansulfonzuur	PFDS	335-77-3	0,1
2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)propaanzuur	HFPO-DA (GenX)	13252-13-6	0,1

[a] De resultaten voor de vertakte componenten zijn semi-kwantitatief bepaald omdat er geen standaarden voor alle mogelijke vertakte varianten beschikbaar zijn, de vertakte varianten zijn bepaald met behulp van een standaard in de lineaire vorm.
[b] De resultaten voor T-PFAS zijn verkregen door de V- en de L-vorm bij elkaar op te tellen (zie sectie 2.5.1).

2.5 Dataverwerking

2.5.1 Data onder de LOD of LOQ

Voor de blootstellingsbepaling is het belangrijk om rekening te houden met de grenzen van de analysemethode. De LOD (detectielimiet) is de laagste concentratie waarbij de aanwezigheid van een stof in het bloed kan worden aangetoond, maar de precieze concentratie is onzeker. De LOQ (kwantificeringslimiet) is de laagste concentratie van een stof in het bloed die kwantitatief kan worden vastgesteld. Tabel 1 laat zien dat bij de PFAS-metingen beschreven in dit rapport de LOD's gelijk zijn aan de LOQ's. Daarom wordt er in dit rapport alleen nog gesproken over de LOQ. Voor data onder de LOQ is met twee verschillende scenario's gerekend:

- In het zogenoemde lower bound (LB) scenario is de concentratie van de PFAS onder de LOQ gelijkgesteld aan 0 µg/L. Dit is mogelijk een onderschatting van de blootstelling, want een stof kan aanwezig zijn in lagere concentraties dan wat er met de gebruikte analysemethode kwantitatief kan worden aangetoond.

- In het zogenoemde upper bound (UB) scenario is de concentratie van de PFAS onder de LOQ gelijkgesteld aan de LOQ. Dit is een overschatting van de blootstelling.

Van PFOA, PFHxS en PFOS, zijn zowel de lineaire vormen (L-PFOA, L-PFHxS en L-PFOS), als de vertakte vormen (V-PFOA, V-PFHxS en V-PFOS) gemeten. Deze zijn bij elkaar opgeteld tot een totaal bloedgehalte van de twee vormen (T-PFOA, T-PFHxS en T-PFOS) volgens het LB- en het UB-scenario.

Alle analyses zijn uitgevoerd met het LB- en het UB-scenario.

2.5.2 Gebruik van wegingsfactoren

Het rapport richt zich op het bepalen van de interne blootstelling aan PFAS in de algemene Nederlandse volwassen bevolking (doel 1) en in aandachtsgebieden (doel 2). Voor beide doeleinden is dezelfde dataset gebruikt. Om een landelijk dekkend beeld van de interne PFAS-blootstelling in de algemene Nederlandse bevolking te krijgen (doel 1) zijn de resultaten van de bloeddonorstudie gecorrigeerd voor de oververtegenwoordiging van het aantal deelnemers uit de regio's Dordrecht, Westerschelde-Noord en Westerschelde-Zuid. Daarnaast is gecorrigeerd voor de ondervertegenwoordiging van bepaalde groepen in de samenleving door selectieve inclusie in de studie. Bij het bepalen van de wegingsfactoren is rekening gehouden met de kenmerken leeftijd, sekse, opleiding en de mate van verstedelijking. Ook zijn de data gestratificeerd naar provincie. Deze informatie is gehaald uit de censusdata van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS, op 1 januari 2025). De censusdata gaat uit van 3 opleidingsniveaus. Voor het wegen naar opleiding is de 8-cijferige schaal uit de vragenlijst (Zie Bijlage 4) herschaald naar de 3 opleidingsniveaus van de censusdata. Bijlage 6 geeft aan hoe opleidingsniveau herschaald is.

Voor de vergelijking tussen de aandachtsgebieden en de rest van Nederland (doel 2) zijn de gegevens gecorrigeerd voor de ondervertegenwoordiging van bepaalde groepen uit de betreffende regio's. Omdat er geen monsters uit Flevoland beschikbaar waren, kon deze provincie niet meegenomen worden in de statistische analyse. De gegevens van een aandachtsgebied zijn vergeleken met de gewogen gegevens van de rest van Nederland, i.e. Nederland zonder de aandachtsgebieden.

2.5.3 Analyses van de interne blootstelling op basis van humane biomonitoring

Per PFAS werden beschrijvende statistieken bepaald, zoals de mediaan (P50) en het 95ste percentiel (P95)[9] van de concentraties in serum. Voor de regio Dordrecht kon geen P95 gerapporteerd worden omdat het aantal deelnemers te klein was om een P95 af te leiden. Daarom is voor de regio Dordrecht een P90 gerapporteerd in plaats van een P95.

De gemeten PFAS-bloedconcentraties zijn niet normaal of log-normaal verdeeld. Daarom werd een non-parametrische Wilcoxon rank-sum toets

[9] Er kon niet voor alle (deel)populaties en aandachtsgebieden een P99 bepaald worden. Daarom wordt er geen P99 gerapporteerd

(tweezijdige toetsing) voor gewogen data uitgevoerd, die geschikt is om twee onafhankelijke groepen met elkaar te vergelijken om te beoordelen of de concentratie in de aandachtsgebieden hoger of lager is dan in de rest van Nederland. Een P-waarde van kleiner dan 0,05 werd als statistisch significant gezien. Voor PFAS met een vertakte en lineaire vorm (PFOA, PFHxS en PFOS) is de statistische significantie getoetst voor de som van de vertakte en lineaire vorm (T-PFOA, T-PFHxS en T-PFOS).

Alle analyses zijn uitgevoerd op de gewogen en de ongewogen data. Dit rapport richt zich op presentatie van de gewogen data. De resultaten met de ongewogen data zijn opgenomen in Bijlage 5.

2.6 Vergelijking van de gemeten waarden met beschikbare humane biomonitoring grenswaarden

2.6.1 Beschikbare humane biomonitoringgrenswaarden in bloed

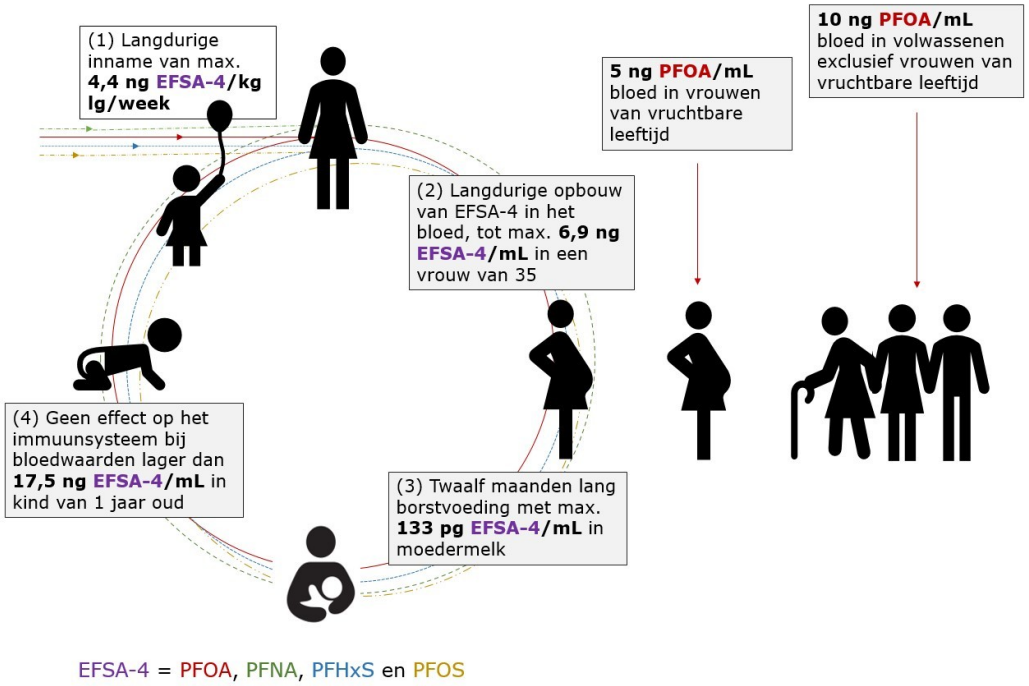
Om de PFAS-bloedconcentraties te kunnen duiden wat betreft mogelijke risico's voor de publieke gezondheid (zie doel 3) zijn verschillende humane biomonitoringgrenswaarden (HBM-GV's) ter interpretatie van de bloedgegevens gebruikt.

Allereerst is de gezondheidskundige grenswaarde, bepaald door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA), gebruikt in de huidige beoordeling. Voor de som van vier PFAS (EFSA-4: PFOA, PFNA, PFHxS, PFOS) heeft EFSA een aanvaardbare wekelijkse inname (TWI) vastgesteld van 4,4 ng per kilogram lichaamsgewicht per week. Uitgangspunt daarvoor was een bloedconcentratie van 17,5 µg EFSA-4/L in borstgevoede 1-jarigen. Met behulp van een kinetisch model heeft EFSA dit vertaald naar een bloedconcentratie van 6,9 µg EFSA-4/L voor vrouwen in de vruchtbare leeftijd (EFSA, 2020). Bij een overschrijding van de HBM-GV van 6,9 µg EFSA-4/L bevat bloed van vrouwen zoveel PFAS dat een verhoogd risico op een verminderde vaccinrespons van hun kinderen niet uitgesloten kan worden (Figuur 2). Het betreft hierbij dus een grenswaarde voor beoordeling van een verhoogd risico in kinderen van blootgestelde moeders en niet de beoordeling van een verhoogd risico op gezondheidseffecten in de moeders zelf of die van andere volwassenen. Hoewel de grenswaarde is afgeleid voor vrouwen van vruchtbare leeftijd, om de gevoelige populatie te beschermen, wordt deze gebruikt voor de hele volwassen populatie, omdat deze grenswaarde andere leeftijdsgroepen ook beschermt tegen inname van teveel PFAS. Omdat de grenswaarde is afgeleid voor lacterende- of in de toekomst potentieel lacterende vrouwen van vruchtbare leeftijd, wordt er in deze studie ook apart naar deze groep gekeken.

De Duitse Humane Biomonitoringcommissie (HBM-commissie) heeft een PFOA-specifieke HBM-GV bepaald waarmee wel het risico voor de moeders zelf en voor overige volwassenen beoordeeld kan worden. De HBM-commissie heeft een HBM-I waarde (de waarde waaronder het risico op gezondheidseffecten als verwaarloosbaar wordt beschouwd) vastgesteld op 2 ng/mL (Holzer et al., 2021; Umweltbundesamt, 2018). Ook hebben zij een HBM-II waarde (een waarde waarbij een verhoogd risico op schadelijke gezondheidseffecten bij chronische blootstelling niet uitgesloten kan worden) voor PFOA vastgesteld op 5 ng/mL voor

vrouwen in de vruchtbare leeftijd en op 10 ng/mL voor andere volwassenen (Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes, 2020; Schumann et al., 2021). Daarnaast zijn er ook HBM-I en HBM-II waarden voor PFOS, maar die worden buiten beschouwing gelaten. Deze sluiten deze niet aan bij de gebruikte methodiek voor risicobeoordeling van PFAS mengsels (zie Sectie 2.6.2).

Figuur 2 Schematisch overzicht van de verschillende humane biomonitoring grenswaarden van EFSA voor de som van de EFSA-4 PFAS (links) en die van de Duitse HBM Commissie voor PFOA (rechts). De gezondheidskundige grenswaarde voor de EFSA-4 is zodanig afgeleid dat een langdurige inname van 4,4 ng EFSA-4/kg lichaamsgewicht/week van jongs af aan (1) leidt tot een langdurige maximale opbouw van 6,9 ng EFSA-4/mL bloed in een vrouw van 35 (2) zodat zij haar kind tijdens het geven van een jaar borstvoeding zo weinig PFAS meegeeft (3) dat haar kind op eenjarige leeftijd onder een maximale bloedconcentratie van 17,5 ng EFSA-4/mL bloed blijft (4), waarboven een verhoogd risico op een verminderde vaccinrespons niet uitgesloten kan worden. Het betreft hierbij dus een grenswaarde voor beoordeling van een verhoogd risico in kinderen van blootgestelde moeders en niet de beoordeling van een verhoogd risico op gezondheidseffecten in de moeders zelf. De HBM-II waarden voor PFOA in bloed van vrouwen in vruchtbare leeftijd en in andere volwassenen is wel gebaseerd op directe blootstelling en geeft dus inzicht in het risico in deze specifieke subpopulaties. Deze figuur is deels gebaseerd op het origineel in Van Duursen (2025).



2.6.2 *Bepaling van de cumulatieve PFAS-concentratie en het risico*

Er komen vaak meerdere PFAS tegelijk voor in bloed (Bil et al., 2025). Daarom zal een risicobeoordeling van één PFAS leiden tot een onderschatting van het risico. Om rekening te houden met het gezondheidsrisico van mengsels is specifiek gekeken naar de optelsom

van de verschillende PFAS (de cumulatieve concentratie). De cumulatieve concentratie is op twee manieren bepaald (aanpak 1 en 2 hieronder).

Aanpak 1: Bepaling van de cumulatieve concentratie op basis van de EFSA-4 en equipotentie
In aanpak 1 wordt er naar de cumulatieve concentratie van PFAS gekeken zoals EFSA dat doet. EFSA telt vier PFAS bij elkaar op onder aanname dat ze even schadelijk zijn (ook wel 'equipotent') genoemd. Per individu zijn de concentraties van de EFSA-4 opgeteld. Na optelling van deze vier PFAS per individu werd de cumulatieve PFAS-concentratie vergeleken met de HBM-GV. Deze vergelijking werd weergegeven als:

- Het percentage van de populatie met een risico, oftewel het percentage van de populatie met een cumulatieve PFAS-concentratie groter dan de HBM-GV. Box 1 geeft aan hoe dit wordt berekend.
- De risicokarakteriseringsratio (RCR). Dit geeft aan hoeveel keer de PFAS-concentratie hoger is dan de HBM-GV. Dit wordt gedaan voor specifieke concentratiestatistieken, de P50, P90 (regio Dordrecht) en de P95. Box 2 geeft met formules aan hoe het percentage wordt berekend.

Box 1. Het berekenen van het percentage van de populatie met een verhoogd risico (Aanpak 1)
Het percentage van de populatie met een verhoogd risico (dus een cumulatieve concentratie hoger dan de HBM-GV) is berekend met de volgende formule:

$$\frac{|\{n \in N | \sum Exp_i(n) > HBM - GV\}|}{N} \times 100\%$$

Waarbij *i* PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS is, $\sum Exp_i\,(n)$ de som van de concentraties (in µg/L) van 4 PFAS van individu n uit het totale sample N. Met andere woorden, de teller geeft het aantal individuen met een som PFAS-concentratie groter dan de HBM-GV (van 6,9 µg EFSA-4/L).

Box 2. Het berekenen van de risicokarakteriseringsratio
De risicokarakteriseringsratio is berekend met de volgende formule:

$$\frac{\sum Exp_i\,(P)}{HBM - GV}$$

Waarbij $\sum Exp_i\,(P)$ de concentratie aan de som van 4 PFAS (in µg/L) van een specifiek percentiel van de concentratieverdeling in de populatie is. De HBM-GV is 6,9 µg EFSA-4/L.

Aanpak 2: bepaling van de cumulatieve concentratie op basis van PFOA-equivalenten

Aanpak 1 gaat ervanuit dat PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS even schadelijk zijn. Verschillende onderzoeken laten echter zien dat, afhankelijk van het soort gezondheidseffect, de relatieve schadelijkheid van de PFAS verschillen van elkaar (Bil et al., 2023; Bil et al., 2022b; Conley et al., 2024a; Conley et al., 2024b; Conley et al., 2023; Janssen et al., 2024; Reardon et al., 2021). Om met deze verschillen in schadelijkheid rekening te houden, zijn in Aanpak 2 de relatieve potentiefactoren (RPF's) van de PFAS toegepast die specifiek geschikt zijn voor bloedconcentraties en effecten op de lever en het immuunsysteem (Bil et al., 2023; Bil et al., 2022a). RPF's corrigeren voor de verschillen in schadelijkheid tussen PFAS en zetten de bloedconcentraties van verschillende PFAS om in PFOA-equivalente (PEQ) concentraties.

PFOA heeft als referentiestof een RPF van 1. PFAS die bij lagere bloedconcentraties hetzelfde effect veroorzaken als PFOA hebben een RPF groter dan 1, en PFAS die bij hogere concentraties hetzelfde effect veroorzaken een RPF kleiner dan 1. Hiermee kan het risico vervolgens worden berekend alsof er alleen blootstelling aan PFOA is. Er zijn RPF's voor bloedconcentraties (interne RPF's) beschikbaar voor tien PFAS: PFBA (1,3), PFHxA (7,4), PFOA (1), PFNA (5,8), PFDA (8,2), PFDoDA (11), PFBS (0,99), PFHxS (0,50), PFOS (3,8) en HFPO-DA (15)[10]. De afleiding van deze RPF's is beschreven in een wetenschappelijke publicatie (Bil et al., Submitted).

De cumulatieve concentratie is voor elke persoon voor elke PFAS berekend en uitgedrukt in PEQ. De formule in Box 3 geeft aan hoe dit is berekend.

Box 3. Het berekenen van PFOA-equivalente (PEQ) concentraties

De concentratie van tien PFAS in het bloed van een individu werd uitgedrukt in PFOA-equivalenten met behulp van de volgende formule:

$PEQ_i = Exp_i \times RPF_i$

Waarbij, *Exp* de bloedconcentratie voorstelt en *RPF* de interne relatieve potentie factor van PFAS *i*, dat wil zeggen een van de tien PFAS: PFBA, PFHxA, PFOA, PFNA, PFDA, PFDoDA, PFBS, PFHxS, PFOS en HFPO-DA in µg/L.

De PEQ-concentraties voor de tien verschillende PFAS zijn vervolgens voor elke persoon opgeteld en op populatieniveau vergeleken met de HBM-GV (zie Box 4). Deze aanpak is in lijn met de RIVM-benadering voor risicobeoordelingen van PFAS, waarin de door EFSA afgeleide gezondheidskundige grenswaarde toegepast wordt op een bredere groep PFAS dan de EFSA-4, rekening houdend met verschillen in schadelijkheid tussen de PFAS (RIVM, 2021). De RCR's zijn vervolgens bepaald volgens de werkwijze in Box 2, waarbij de HBM-GV niet is uitgedrukt als som EFSA-4 maar als som PEQ-concentratie.

[10] Deze tien interne RPF's op bloedniveau zijn er minder dan de 26 externe RPF's waarmee wordt gerekend met inname berekeningen (https://www.rivm.nl/pfas/rpf). Het verschil tussen interne en externe RPF's wordt nader uitgelegd in Bil et al. (2022a).

Box 4. Het berekenen van het percentage van de populatie met een verhoogd risico (Aanpak 2)
Het percentage van de populatie met een verhoogd risico is berekend met de volgende formule:

$$\frac{|\{n \in N | \sum PEQ_i(n) > HBM - GV\}|}{N} \times 100\%$$

$\sum PEQ_i\,(n)$ is de som van tien PEQ-concentraties (in µg/L) van individu n uit het totale sample N. De HBM-GV is 6,9 µg/L, maar dan uitgedrukt als µg PEQ/L of de Duitse HBM-II grenswaarde (van 5 µg/L PFOA voor vrouwen in de vruchtbare leeftijd of 10 µg/L PFOA voor andere volwassenen).

2.7 Gebruikte software

De beschrijvende statistieken zijn verkregen met behulp van de Monte Carlo Risk Assessment (MCRA) tool (versie 10.3) (https://mcra.rivm.nl/mcra/), waarbij gebruik is gemaakt van de ongewogen en gewogen data (zie sectie 2.5.2). Ook de vergelijking van de gewogen cumulatieve PFAS concentraties met de HBM-GV zijn uitgevoerd met MCRA.

De precisieberekeningen voor de steekproefgroottes van 400-1000 (zie sectie 2.2 en bijlage 2) is uitgevoerd met het R softwarepakket versie 4.6.0 (R Core Team, 2026). De wegingsfactoren zijn bepaald met behulp van het survey pakket van R. De daarvoor benodigde Censor gegevens van het CBS zijn binnengehaald met behulp van het cbsodataR pakket. De (gewogen) boxplots zijn gemaakt met behulp van het survey pakket en ggplot2 van R. De gewogen Wilcoxon rank-sum toets om statistische verschillen tussen regio's aan te tonen is uitgevoerd met het survey pakket van R.

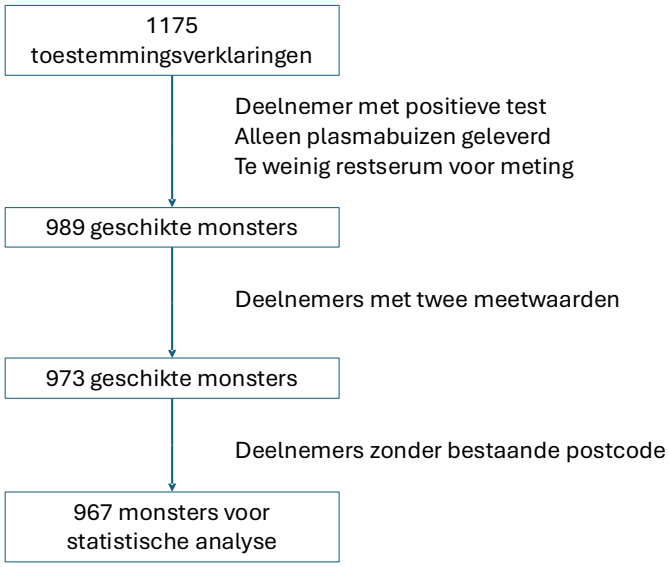
De resultaten zijn weergegeven met twee significante cijfers in geval van PFAS-concentraties. Percentages zijn afgerond naar gehele getallen.

3 Resultaten

3.1 Aantallen deelnemers

In totaal zijn er 1175 toestemmingsverklaringen verkregen. Niet voor al deze deelnemers was een bloedserummonster beschikbaar. Voor sommige deelnemers was alleen een bloedplasmabuis beschikbaar. Omdat het PFAS-gehalte in bloedplasma anders kan zijn dan in bloedserum (Poothong et al., 2017)), zijn deze buizen niet meegenomen in de PFAS-bepalingen. Voor andere deelnemers was helemaal geen monster beschikbaar. Tot slot viel een deelnemer die positief testte op de aanwezigheid van een infectie af. In totaal zijn er 989 geschikte bloedserummonsters ontvangen. Voor 16 deelnemers bleken bloedserummonsters genomen op twee verschillende data beschikbaar. In dat geval is alleen het monster van de eerste datum meegenomen. In totaal waren er 973 geschikte bloedserummonsters beschikbaar. Hiervan hadden zes donors een viercijferige postcode opgegeven die niet bestond. Deze zes donors zijn niet meegenomen. In totaal waren er dus data van 967 bloedserummonsters voor statistische analyse beschikbaar (Figuur 3). Hiervan waren 29 afkomstig van donors die voor het eerst bloed doneerde.

Figuur 3 Overzicht van het aantal toestemmingsverklaringen, het aantal geschikte bloedserummonsters en het aantal monsters dat meegenomen is in de statistische analyses

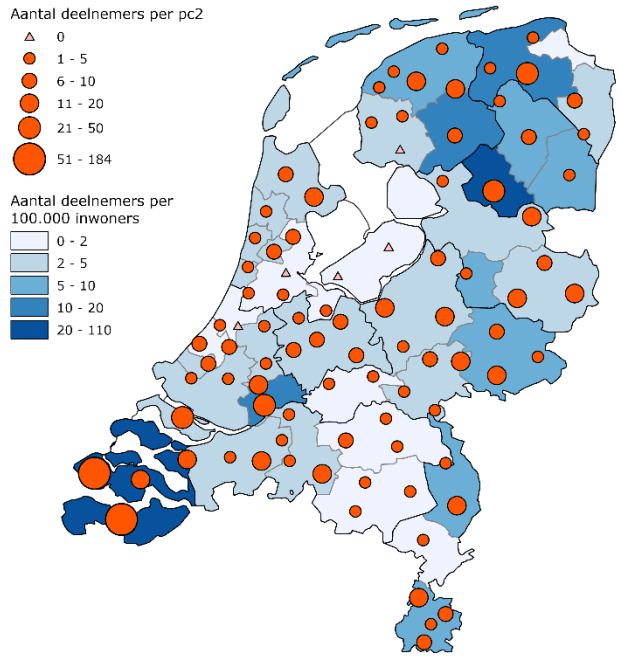


Er waren 41 monsters afkomstig van inwoners uit de regio Dordrecht, 122 uit de regio Westerschelde-Noord en 117 uit de regio Westerschelde-Zuid, waarbij monsters uit alle gemeentes uit de

betreffende aandachtsgebieden zijn verkregen. De bereikte aantallen per regio zijn lager dan de aantallen berekend in de steekproefgrootteberekening (sectie 2.2.2).

Figuur 4 toont de spreiding van de deelnemers over Nederland. De aantallen deelnemers zijn niet evenredig over Nederland verdeeld, sommige gebieden zijn oververtegenwoordigd (te zien aan de donkerblauwe kleur in Figuur 4, zoals de aandachtgebieden), van andere gebieden zijn minder monsters per inwoneraantal verkregen (te zien aan de lichtblauwe kleur in Figuur 4). Om te corrigeren voor verschillen in bemonsteringsaantallen is voor de analyse van de resultaten gebruik gemaakt van wegingsfactoren (zie sectie 2.5.2).

Figuur 4 Overzicht van de aantallen deelnemende donors ingedeeld naar de eerste twee cijfers van hun postcodegebied (pc2). De grootte van de stippen geeft het aantallen donors per postcodegebied aan. De verschillende kleuren blauw geeft het aantal deelnemers per 100.000 inwoners per COROP-gebied aan[11].



3.2 Populatiekenmerken

De groepsgrootte, aantal individuen per sekse, en leeftijd van de deelnemers aan bloeddonorstudie en de specifieke subpopulaties staan vermeld in Tabel 2. Er deden iets meer vrouwen (54%) dan mannen (46%) mee aan de studie. De gemiddelde en mediane leeftijd van de deelnemers uit de regio's Westerschelde-Noord en -Zuid is iets hoger dan die in de rest van Nederland. Tabel B4.1 in Bijlage 4 geeft aanvullende informatie over het opleidingsniveau van alle 967 onderzochte deelnemers. Deze informatie is verkregen via een vragenlijst (zie Bijlage 1). Samen met de viercijferige postcode zijn de gegevens over sekse, leeftijd en opleidingsniveau gebruikt om wegingsfactoren te bepalen voor de totale populatie (sectie 2.5.2

[11] COROP staat voor Coördinatie Commissie Regionaal OnderzoeksProgramma. COROP-gebieden zijn een clustering van gemeenten voor statistische analyses.

Gebruik van wegingsfactoren). Mogelijke blootstelling via werk is ook nagevraagd in de vragenlijst. Ongeveer 4% van de onderzochte deelnemers gaf aan beroepsmatig aan PFAS te worden blootgesteld. Verder is in Tabel B4.1 opgenomen hoe vaak de deelnemers in de afgelopen 5 jaar volbloed en plasma gedoneerd hebben. Het grootste deel van de deelnemers (78%) heeft maximaal 10 keer volbloed gedoneerd, waarvan 39% minder dan 6 keer. 3,4% van de deelnemers heeft in de afgelopen 5 jaar meer dan 15 keer volbloed gedoneerd. Een aantal deelnemers (4%) heeft ook plasma gedoneerd in de afgelopen 5 jaar.

Tabel 2 Populatiekarakteristieken (ongewogen data) van de totale bloeddonorstudie, en uitgesplitst naar de verschillende groepen waarnaar in deze studie wordt gekeken: vrouwen in de vruchtbare leeftijd (18-45 jaar) en de drie specifieke aandachtsgebieden als ook de overige gemeenten (rest van Nederland).

Populatie	**Totaal aantal**	**Sekse (aantal)**		**Leeftijd (jaar)**			
		Vrouw	Man	Gem.	Med.	Min.	Max.
Totale sample (Volwassenen)	967	521	446	47	48	19	77
Gestratificeerd op basis van leeftijd en sekse							
Vrouwen 18-45 jaar	235	-	-	33	33	19	45
Gestratificeerd op basis van regio							
Regio Dordrecht	41	23	18	47	49	19	69
Westerschelde-Noord	122	63	59	54	62	20	76
Westerschelde-Zuid	117	59	58	51	57	20	74
Rest Nederland	687	376	311	46	47	19	77

Gem.: Gemiddelde, Med.: Mediaan (P50), Min.: Minimum, Max. Maximum

3.3 PFAS in bloedserum in Nederlandse volwassenen

Veel van de geanalyseerde PFAS hebben weinig tot geen waarden boven de LOQ (zie Tabel 3). Vandaar dat dit rapport zich richt op presentatie van de resultaten met het LB-scenario. De resultaten van het UB-scenario zijn te vinden in Bijlage 5.

Tabel 3 en Figuur 5 tonen de percentielen en de verdeling van de gewogen concentraties van de gemeten PFAS in Nederlandse volwassen bloeddonors en vrouwelijke donors in de leeftijd van 18-45 jaar. De ongewogen data zijn te vinden in Bijlage 5. In het bloed van bijna alle volwassen Nederlanders is T-PFOA (voornamelijk bestaande uit L-PFOA), PFNA, T-PFHxS (voornamelijk bestaande uit L-PFHxS) en T-PFOS (zowel L-PFOS en V-PFOS) aangetoond. Van deze 4 PFAS werden de hoogste concentraties gevonden voor T-PFOS in het bloed van volwassenen (P50 1,7 µg/L; P95 4,6 µg/L), gevolgd door T-PFOA (P50 0,85 µg/L; P95 2,0 µg/L) en T-PFHxS (P50 0,39 µg/L; P95 1,1 µg/L). Voor PFNA lag de P50 net boven de detectielimiet van 0,10 µg/L (0,18 µg/L) en was de P95 0,40 µg/L.

PFDA werd in 37% van de bloedmonsters van de volwassen Nederlanders gevonden. Voor deze PFAS werd daarom alleen een meetbare waarde gevonden voor de P95 (0,21 µg/L) en niet voor de P50. PFHpS was aantoonbaar in bloedmonsters van 19% van alle volwassenen in deze studie. Ook voor deze PFAS werd er daarom alleen een meetbare waarde gevonden voor de P95 (0,16 µg/L). Tot slot had 12% van de Nederlandse volwassenen meetbare concentraties van PFUnDA (P95 0,11 µg/L). Minder dan 2% van de van de deelnemers had meetbare concentraties van PFBA, PFHpA, PFDoDA en PFBS in hun bloed. PFPeA, PFHxA, PFTrDA, PFTeDA, PFDS en HFPO-DA zijn bij niemand teruggevonden (metingen niet boven de LOQ).

Voor vrouwen in de leeftijd 18-45 jaar lagen de P50 en P95 bloedwaarden voor T-PFOA, T-PFHxS, T-PFOS en PFNA iets lager dan bij de totale groep van Nederlandse volwassenen.

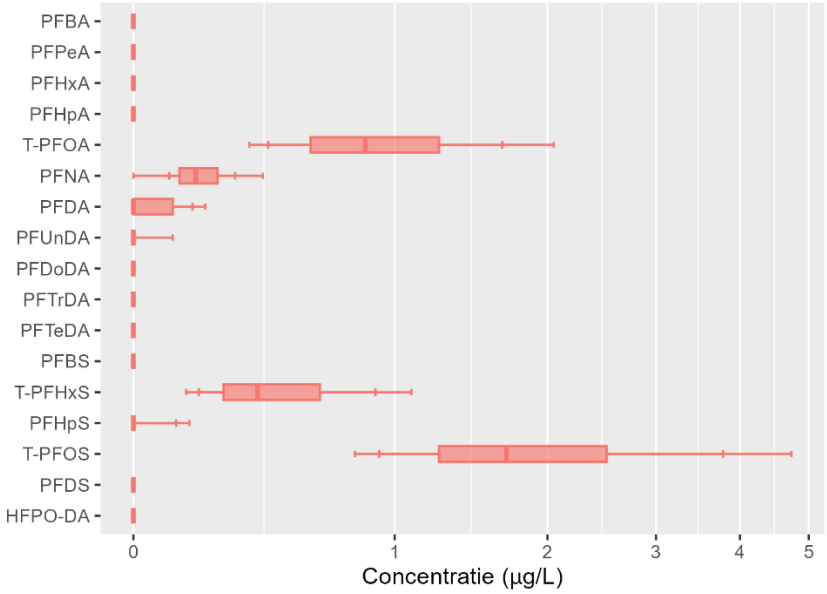
Tabel 3 Detectiefrequentie en distributies van gewogen concentraties van 17 PFAS in bloedserum (µg/L) in Nederlandse volwassenen (N=967) en vrouwen in de vruchtbare leeftijd (18-45 jaar; N=235) in het LB-scenario[a].

PFAS[b]	**LOD**	**LOQ**	**Volwassenen**			**Vrouwen in de vruchtbare leeftijd**		
			% > LOQ [b]	**P50**	**P95**	**% > LOQ [b]**	**P50**	**P95**
PFBA	0,1	0,1	1	0	0	1	0	0
PFPeA	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0
PFHxA	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0
PFHpA	0,1	0,1	2	0	0	0[c]	0	0
L-PFOA	0,1	0,1	100	0,85	2,0	100	0,70	1,6
V-PFOA	0,1	0,1	0[c]	0	0	0	0	0
T-PFOA[d]				0,85	2,0		0,69	1,6
PFNA	0,1	0,1	91	0,18	0,40	83	0,15	0,30
PFDA	0,1	0,1	37	0	0,21	28	0	0,16
PFUnDA	0,1	0,1	12	0	0,11	7	0	0
PFDoDA	0,1	0,1	0[c]	0	0	0	0	0
PFTrDA	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0
PFTeDA	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0
PFBS	0,1	0,1	1	0	0	0,4	0	0
L-PFHxS	0,1	0,1	99	0,39	1,1	98	0,32	0,80
V-PFHxS	0,1	0,1	0[c]	0	0	0	0	0
T-PFHxS[e]				0,39	1,1		0,31	0,80
PFHpS	0,1	0,1	19	0	0,16	5	0	0
L-PFOS	0,1	0,1	100	1,0	3,0	100	0,86	2,1
V-PFOS	0,1	0,1	100	0,68	2,0	100	0,48	0,86
T-PFOS[f]				1,7	4,7		1,4	2,9
PFDS	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0
HFPO-DA (GenX)	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0

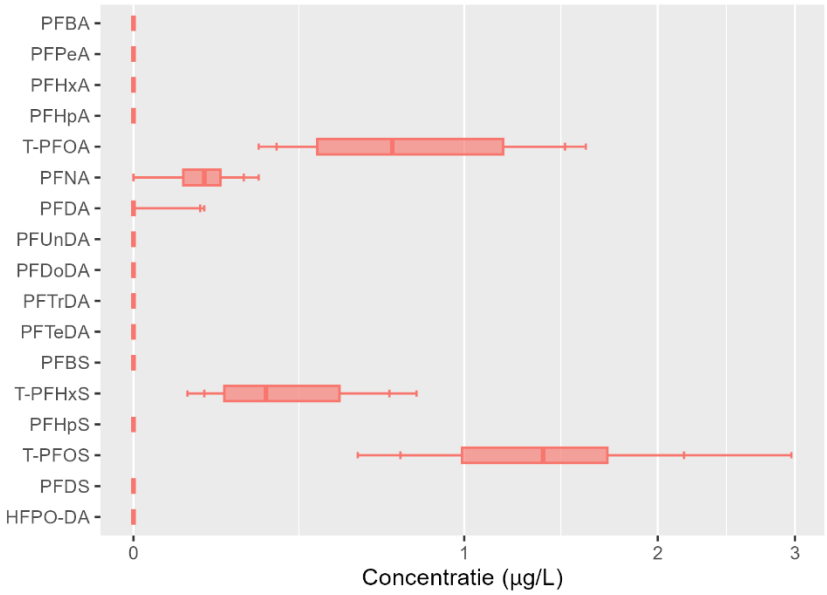
[a] LB, staat voor lower bound, het scenario waarbij wordt aangenomen dat PFAS-meetwaarden onder de LOQ niet aanwezig zijn in bloedserum.
[b] Het percentage bloedmonsters boven de LOQ van 0,1 µg/L.
[c] afgerond naar 0, dus het percentage is niet 0.
[d] T-PFOA is verkregen door V-PFOA en L-PFOA bij elkaar op te tellen
[e] T-PFHxS is verkregen door V-PFHxS en L-PFHxS bij elkaar op te tellen
[f] T-PFOS is verkregen door V-PFOS en L-PFOS bij elkaar op te tellen

Figuur 5 Gewogen serumconcentratieverdelingen van 17 PFAS. Voor de PFAS met vertakte en lineaire vormen (PFOA, PFHxS en PFOS) is alleen T-PFOA, T-PFHxS en T-PFOS weergegeven. De boxplot geeft het 25ste, 50ste en 75ste percentiel van de concentratieverdelingen (in µg/L) weer voor (a) de volwassenen bevolking in Nederland (18 jaar en ouder) en (b) vrouwen in de vruchtbare leeftijd (18–45 jaar), op basis van de bloeddonorstudie. De verticale strepen aan weerszijden van de boxplot geven respectievelijk het 5de en 10de en het 90ste en 95ste percentiel van de bloedconcentratieverdeling weer. De x-assen, met de concentraties, zijn op logaritmische schaal weergegeven.

(a)



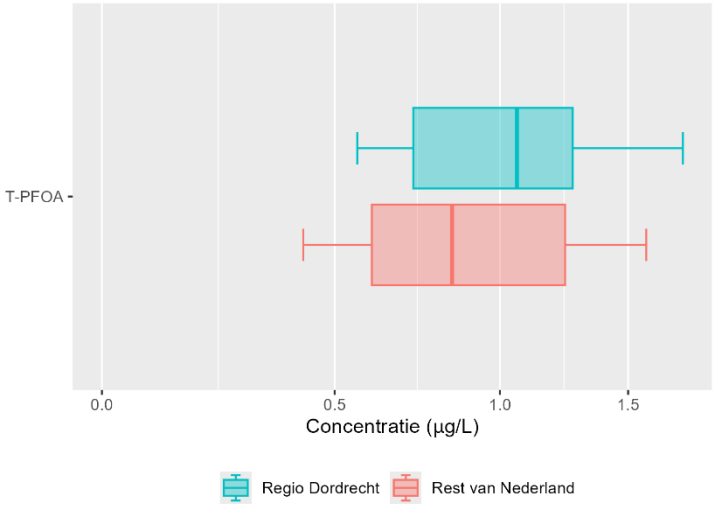
(b)



3.4 Regio Dordrecht versus de rest van Nederland

In deze sectie wordt ingegaan op de verschillen in PFAS-bloedwaarden in het aandachtsgebied Dordrecht ten opzichte van de rest van Nederland. In de 41 bloedmonsters verkregen uit de regio Dordrecht zijn alle PFAS gemeten die ook in bloedmonsters verkregen voor de rest van Nederland zijn gemeten. Tabel B7.2 van Bijlage 7 geeft de P50 en P90 van deze PFAS weer. Vanwege de steekproefgrootte van 41 kon er geen statistisch robuuste P95 worden bepaald, hier zijn minstens 60 waarnemingen voor nodig (RDC of the Federal Statistical Office and Statistical Offices of the Länder, 2022). Voor alle PFAS zijn de statistische significante verschillen tussen de regio Dordrecht en de rest van Nederland bepaald. In deze sectie worden alleen de PFAS-bloedwaarden besproken waarvan de verdeling in de populatie statistisch significant verschillen ($P < 0.05$) tussen de regio Dordrecht en de rest van Nederland en waarvan de detectiefrequentie in een van de twee regio's 30% of hoger was in ten minste één van de twee regio's. PFOA, PFNA, PFDA, PFHxS en PFOS zijn in één van de 2 regio's aangetroffen in minstens 30% van de populatie (Tabel B7.2). Van deze 5 PFAS, waren alleen de PFOA bloedwaarden significant hoger in de regio Dordrecht. De mediane bloedwaarde van T-PFOA was een factor 1,2 hoger in de regio Dordrecht dan in de rest van Nederland (Figuur 6 en Tabel 4), voor de P90 was dit een factor 1,1. Het is bekend dat deze regio vervuild is geraakt door historische emissie van onder andere PFOA en HFPO-DA door de chemische fabriek Chemours (Boon et al., 2024; Boon & te Biesebeek, 2022; Van Poll et al., 2017). Voor HFPO-DA (GenX), zijn geen bloedwaarden gemeten boven de LOQ.

Figuur 6 Gewogen serumconcentraties (µg/L) van PFAS met een statistisch significant verschil tussen inwoners van de regio Dordrecht (n=41) en de rest van Nederland (n=687) en waarvan de detectiefrequentie hoger was dan 30% in tenminste een van de twee regio's. T-PFOA was de enige PFAS met een significant verschil. De boxplot geeft het 25st, 50ste en 75ste percentiel van de bloed (serum)concentratie verdelingen weer. De verticale strepen aan weerszijden van de boxplot geven respectievelijk het 10de en het 90ste percentiel van de bloedconcentratie verdelingen weer. De x-assen, met de concentraties, zijn op logaritmische schaal weergegeven.



Tabel 4 Gewogen serumconcentraties (µg/L) van PFAS met een statistisch significant verschil (p< 0.05) tussen inwoners van de regio Dordrecht (n=41) en de rest van Nederland (n=687) en waarvan de detectiefrequentie in een van de twee regio's hoger was dan 30%. T-PFOA was de enige PFAS met een significant verschil. Berekeningen zijn uitgevoerd met het LB-scenario[a].

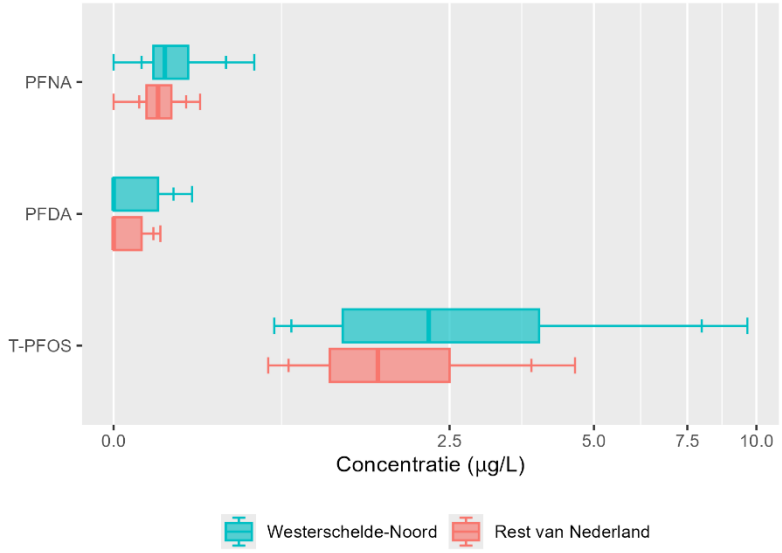
PFAS	Locatie	% > LOD	P50	P90[b]
T-PFOA	Dordrecht	100	1,0	1,8
	Rest Nederland[c]	100	0,84	1,6
Factor verschil			1,2	1,1

[a] LB, staat voor lower bound, het scenario waarbij wordt aangenomen dat PFAS-meetwaarden onder de LOQ niet aanwezig zijn in bloedserum.
[b] Vanwege de geringe steekproefgrootte was het niet mogelijk om een P95 te bepalen, hiervoor is een steekproefgrootte van tenminste 60 personen nodig (RDC of the Federal Statistical Office and Statistical Offices of the Länder, 2022).
[c] Rest van Nederland is gedefinieerd als alle gewogen concentraties zonder die van de regio's Dordrecht, Westerschelde-Noord en Westerschelde-Zuid.

3.5 Regio Westerschelde-Noord versus de rest van Nederland

In deze sectie wordt ingegaan op de verschillen in PFAS-bloedwaarden in het aandachtsgebied Westerschelde-Noord ten opzichte van de rest van Nederland. In de 122 bloedmonsters verkregen uit de regio Westerschelde-Noord zijn alle PFAS gemeten die ook in bloedmonsters verkregen voor de rest van Nederland zijn gemeten. Tabel B7.3 in Bijlage 7 toont de P50 en P95 van alle gewogen PFAS-meetwaarden in bloed voor de regio Westerschelde-Noord en de rest van Nederland. In deze sectie worden alleen de PFAS-bloedwaarden besproken die statistisch significant verschillen tussen de regio Westerschelde-Noord en de rest van Nederland en waarvan de detectiefrequentie tenminste 30% is in ten minste één van de twee regio's. PFOA, PFNA, PFDA, PFHxS en PFOS zijn in één van de 2 regio's aangetroffen in minstens 30% van de populatie (Tabel B7.3). Van deze 5 PFAS, waren de bloedwaarden van PFNA, PFDA en T-PFOS (Figuur 7 en Tabel 5) hoger in de regio Westerschelde-Noord. Dit gold met name voor de P95 waarden, deze waren voor de regio Westerschelde-Noord ongeveer een factor twee hoger. De concentraties van T-PFOA en T-PFHxS waren niet significant anders in de regio Westerschelde-Noord (Tabel B7.3).

Figuur 7 Gewogen serumconcentraties (µg/L) van PFAS met statistisch significante verschillen tussen inwoners van de regio Westerschelde-Noord (n=122) en de rest van Nederland (n=687) en waarvan de detectiefrequentie hoger dan 30% was in tenminste een van de twee regio's zijn weergegeven. PFNA, PFDA en T-PFOS zijn significant hoger in de regio Westerschelde-Noord. De boxplot geeft het 25ste, 50ste en 75ste percentiel van de bloed (serum)concentratie verdelingen weer. De verticale strepen aan weerszijden van de boxplot geven respectievelijk het 5de en 10de en het 90ste en 95ste percentiel van de bloedconcentratie verdelingen weer. De x-assen, met de concentraties, zijn op logaritmische schaal weergegeven. Berekeningen zijn uitgevoerd met het LB-scenario.



Tabel 5 Gewogen serumconcentraties (µg/L) van PFAS met statistisch significante verschillen (p< 0.05) tussen inwoners van de regio Westerschelde-Noord (n=122) en de rest van Nederland (n=687) en waarvan de detectiefrequentie hoger was dan 30% in tenminste een van de twee regio's. PFNA, PFDA en T-PFOS zijn significant hoger in de regio Westerschelde-Noord. Berekeningen zijn uitgevoerd met het LB-scenario[a].

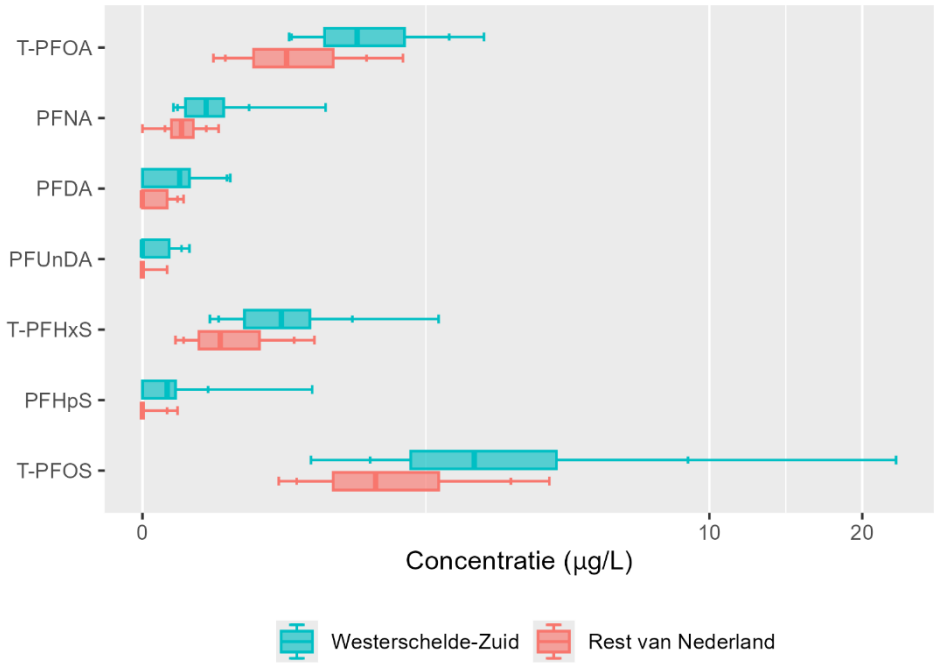
PFAS	**Locatie**	**% > LOD**	**P50**	**P95**
PFNA	Westerschelde- Noord	93	0,21	0,68
	Rest Nederland[b]	90	0,18	0,38
Factor verschil			1,2	1,8
PFDA	Westerschelde- Noord	42	0	0,34
	Rest Nederland	32	0	0,19
Factor verschil			-	1,8
T-PFOS	Westerschelde- Noord	100	2,2	9,5
	Rest Nederland	100	1,7	4,6
Factor verschil			1,3	2,1

[a] LB, staat voor lower bound, het scenario waarbij wordt aangenomen dat PFAS-meetwaarden onder de LOQ niet aanwezig zijn in bloedserum.
[b] Rest van Nederland is gedefinieerd als alle gewogen concentraties zonder die van de aandachtsgebieden Dordrecht, Westerschelde-Noord en Westerschelde-Zuid.

3.6 Regio Westerschelde-Zuid versus de rest van Nederland

In deze sectie wordt ingegaan op de verschillen in PFAS-bloedwaarden in het aandachtsgebied Westerschelde-Zuid ten opzichte van de rest van Nederland. In de 117 bloedmonsters verkregen uit de regio Westerschelde-Zuid zijn alle PFAS gemeten die ook in bloedmonsters verkregen voor de rest van Nederland zijn gemeten. Tabel B7.4 toont de P50 en P95 van alle gewogen PFAS-meetwaarden in bloed voor de regio Westerschelde-Zuid en de rest van Nederland. In deze sectie worden alleen de PFAS-bloedwaarden besproken die statistisch significant verschillen tussen de regio Westerschelde-Zuid en de rest van Nederland en waarvan de detectiefrequentie in minstens een van de gebieden ten minste 30% is. PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFHxS, PFHpS en PFOS zijn in één van de 2 regio's aangetroffen in minstens 30% van de populatie (Tabel B7.4). Er werd een significant verschil gevonden voor al deze PFAS (Figuur 8 en Tabel 6). Mensen in de Regio Westerschelde-Zuid hebben meer van deze PFAS in hun bloed dan mensen in de rest van Nederland. Afhankelijk van het type PFAS en het percentiel was dit 1,5 tot 6,7 keer zo hoog (Tabel 6). Voor de P95 van PFHpS en de T-PFOS waren de verschillen het grootst.

Figuur 8 Gewogen serumconcentraties (µg/L) van PFAS met statistisch significante verschillen tussen inwoners van de regio Westerschelde-Zuid (n=117) en de rest van Nederland (n=687) en waarvan de detectiefrequentie hoger was dan 30% in tenminste een van de twee regio's. T-PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFHpS, T-PFHxS en T-PFOS zijn significant hoger in de regio Westerschelde-Zuid. De boxplot geeft het 25ste, 50ste, en 75ste percentiel van de bloed(serum)concentratie verdelingen weer. De verticale strepen aan weerszijden van de boxplot tonen respectievelijk het 5de en 10de en het 90de en 95de percentiel van de bloedconcentraties. De x-assen, met de concentraties, zijn op logaritmische schaal weergegeven. Berekeningen zijn uitgevoerd met het LB-scenario.



Tabel 6 Gewogen serumconcentraties (µg/L) van PFAS met statistisch significante verschillen in concentratie verdelingen (p < 0.05) tussen inwoners uit de regio Westerschelde-Zuid (n=117) en de rest van Nederland (n=687) en waarvan detectiefrequentie hoger was dan 30% in tenminste een van de twee regio's. T-PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFHpS, T-PFHxS en T-PFOS zijn significant hoger in de regio Westerschelde-Zuid. Berekeningen zijn uitgevoerd met het LB-scenario.

PFAS	**Locatie**	**% > LOQ**	**P50 (mediaan)**	**P95**
T-PFOA	Westerschelde- Zuid	100	1,5	3,0
	Rest Nederland[b]	100	0,84	2,0
			1,8	1,5
PFNA	Westerschelde- Zuid	98	0,30	1,1
	Rest Nederland	90	0,18	0,38
Factor verschil			1,7	2,9
PFDA	Westerschelde-Zuid	68	0,17	0,45
	Rest Nederland	32	0	0,19
Factor verschil			-	2,4
PFUnDA	Westerschelde- Zuid	32	0	0,22
	Rest Nederland	7	0	0,10
Factor verschil			-	2,2
PFHpS	Westerschelde- Zuid	49	0,11	1,0
	Rest Nederland	14	0,0	0,15
Factor verschil			-	6,7
T-PFHxS	Westerschelde- Zuid	100	0,79	2,5
	Rest Nederland	98	0,39	1,1
Factor verschil			2,0	2,3
T-PFOS	Westerschelde- Zuid	100	3,0	23
	Rest Nederland	100	1,7	4,6
Factor verschil			1,8	5

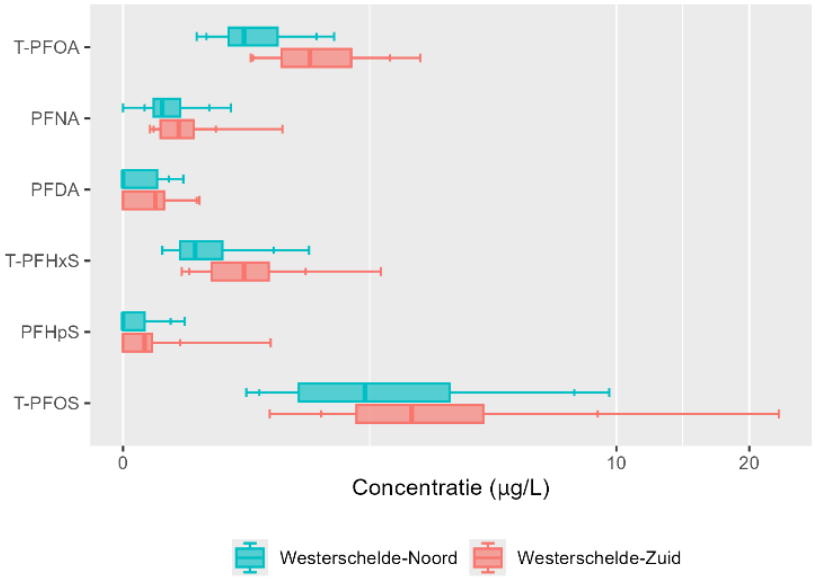
[a] LB, staat voor lower bound, het scenario waarbij wordt aangenomen dat PFAS meetwaarden onder de LOQ niet aanwezig zijn in bloedserum.
[b] Rest van Nederland is gedefinieerd als alle gewogen data zonder die van de aandachtsgebieden Dordrecht, Westerschelde-Noord en Westerschelde-Zuid.

3.7 Regio Westerschelde-Noord versus Westerschelde-Zuid

In het onderzoek is ook gekeken of de verdeling van bloedwaarden in de regio's Westerschelde-Zuid en Noord van elkaar verschillen. PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFHxS, PFHpS en PFOS zijn in één van de 2 regio's aangetroffen in minstens 30% van de populatie (Tabel B7.3 en B7.4). De bloedwaarden van T-PFOA, PFNA, PFDA, PFHpS, T-PFHxS en T-PFOS waren statistisch significant verhoogd in de regio Westerschelde-Zuid ten

opzichte van de regio Westerschelde-Noord (Figuur 9 en Tabel 7). De detectiefrequenties tussen de twee regio's waren voor de meeste PFAS vergelijkbaar. Alleen voor PFHpS was de detectiefrequentie een factor 2 hoger in de regio Westerschelde-Zuid. Afhankelijk van het type PFAS en het percentiel waren de bloedwaarden in de regio Westerschelde-Zuid ongeveer een factor 1,5 tot 3 hoger. De grootste verschillen werden gevonden voor PFHpS (P95 ongeveer een factor 3 hoger) en T-PFOS (P95 een factor 2,5 hoger).

Figuur 9 Gewogen serumconcentraties (µg/L) van PFAS met statistisch significante verschillen tussen inwoners van de regio Westerschelde-Zuid (N=117) en de regio Westerschelde-Noord (N=122) en waarvan de detectiefrequentie hoger was dan 30% in tenminste een van de twee regio's. PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFHpS, T-PFHxS en T-PFOS zijn significant hoger in de regio Westerschelde-Zuid. De boxplot geeft het 25ste, 50ste, en 75ste percentiel van de bloed(serum)concentratie verdelingen weer. De verticale strepen aan weerszijden van de boxplot tonen respectievelijk het 5de en 10de en het 90ste en 95ste percentiel van de bloedconcentraties. De x-assen, met de concentraties, zijn op logaritmische schaal weergegeven. Berekeningen zijn uitgevoerd met het LB-scenario.



Tabel 7 Gewogen serumconcentraties (µg/L) van PFAS met statistisch significante verschillen in concentratie verdelingen (p < 0.05) tussen inwoners uit de regio Westerschelde-Zuid (N=117) en de regio Westerschelde-Noord (N=122) en waarvan de detectiefrequentie hoger was dan 30% in tenminste een van de twee regio's. PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFHpS, T-PFHxS en T-PFOS zijn significant hoger in de regio Westerschelde-Zuid. Berekeningen zijn uitgevoerd met het LB-scenario.

PFAS	**Locatie**	**% > LOQ**	**P50 (mediaan)**	**P95**
T-PFOA	Westerschelde- Zuid	100	1,5	3,0
	Westerschelde- Noord	100	0,80	1,8
Factor verschil			1,9	1,7
PFNA	Westerschelde- Zuid	98	0,30	1,1
	Westerschelde- Noord	93	0,21	0,68
Factor verschil			1,4	1,6
PFDA	Westerschelde- Zuid	68	0,17	0,45
	Westerschelde- Noord	42	0	0,34
Factor verschil			-	1,3
PFHpS	Westerschelde- Zuid	49	0,11	1,0
	Westerschelde- Noord	22	0	0,35
Factor verschil			-	2,9
T-PFHxS	Westerschelde- Zuid	100	0,79	2,5
	Westerschelde- Noord	100	0,40	1,4
Factor verschil			2,0	1,8
T-PFOS	Westerschelde- Zuid	100	3,1	23
	Westerschelde- Noord	100	2,2	9,5
Factor verschil			1,4	2,4

[a] LB, staat voor lower bound, het scenario waarbij wordt aangenomen dat PFAS-meetwaarden onder de LOQ niet aanwezig zijn in bloedserum

3.8 Gemeten interne PFAS-blootstelling versus humane biomonitoringgrenswaarde

In deze sectie wordt de vergelijking van de interne PFAS-blootstelling voor volwassen en vrouwen in de vruchtbare leeftijd (18-45 jaar) in Nederland met de HBM-GV's besproken in sectie 3.8.1. Voor de aandachtsgebieden uit deze studie wordt de vergelijking van de interne PFAS blootstelling versus de HBM-GV's besproken in sectie 3.8.2.

3.8.1 Volwassenen en vrouwen in de vruchtbare leeftijd

In alle doorgerekende scenario's voor volwassenen in Nederland worden de HBM-GV's door (een deel van de) populatie overschreden (Tabel 8).

Het percentage van de populatie dat de HBM-GV's overschrijdt verschilt per doorgerekend scenario.

Wanneer alleen gekeken wordt naar de cumulatieve EFSA-4 bloedwaarden op basis van equipotentie (aanpak 1) en de HBM-GV van 6,9 µg EFSA-4/L, overschrijdt respectievelijk 7% en 3% van de volwassenen en vrouwen in vruchtbare leeftijd de HBM-GV. De P95 EFSA-4 bloedwaarden van volwassenen is een factor 1,1 hoger dan de HBM-GV. Voor vrouwen in de vruchtbare leeftijd blijft de cumulatieve P95 bloedwaarde van de EFSA-4 onder de HBM-GV.

Wanneer er rekening gehouden wordt met verschillen in potentie en concentraties van meer PFAS dan de EFSA-4 (aanpak 2), dan overschrijdt 71% van de volwassen populatie de HBM-GV van 6,9 µg PEQ/L. De mate waarin de HBM-GV wordt overschreden bij volwassenen varieert van een factor 1,3 (P50) tot een factor 3,3 (P95). Meer dan de helft (53%) van de vrouwen in de vruchtbare leeftijd overschrijdt de HBM-GV. De mate van overschrijding van de HBM-GV varieert van geen overschrijding (factor 1,0; P50) tot 2,2 (P95). De waarden verkregen met het UB-scenario staan vermeld in Bijlage 8.1 en zijn hoger dan de waarden verkregen in het LB-scenario. Deze resultaten tonen aan dat de keuze van aanpak en methode van substitutie van bloedwaarden onder de LOQ van invloed zijn op de risicobeoordeling. In de discussie zal hier verder op in worden gegaan.

Aangezien de keuze van de grenswaarde in bloed invloed heeft op de uitkomst is de vergelijking van de cumulatieve PFAS concentratie uitgedrukt als µg PEQ/L ook gemaakt met de HBM-II waarde voor PFOA (tabel 8). Voor volwassenen is de HBM-II (10 µg/L) hoger dan de HBM-GV van 6,9 µg PEQ/L, voor vrouwen in de vruchtbare leeftijd juist lager (5 µg/L). De keuze van de HBM-II heeft als consequentie dat het percentage volwassenen dat de HBM-II van 10 µg/L overschrijdt (44%) lager is dan wanneer uitgegaan wordt van de HBM-GV van 6,9 µg PEQ/L (71%). Voor vrouwen in de vruchtbare leeftijd is het percentage dat de HBM-II van 5 µg/L overschrijdt juist hoger (80 %) dan wanneer uitgegaan wordt van de HBM-GV van 6,9 µg PEQ/L (53%). Ook de risicokarakteriseringsratio, de mate waarmee de HBM-II waarde van 10 µg PEQ/L wordt overschreden, is lager dan de risicokarakteriseringsratio berekend met de HBM-GV van 6,9 µg PEQ/L in volwassenen. Voor vrouwen in de vruchtbare leeftijd wordt de risicokarakteriseringsratio berekend met de HBM-II van 5 µg/L juist hoger dan wanneer berekend met de HBM-GV van 6,9 µg PEQ/L.

Deze vergelijkingen tonen aan dat de keuze van aanpak, HBM-GV en methode van substitutie van bloedwaarden onder de LOQ van invloed zijn op de risicobeoordeling. In de discussie zal hier verder op in worden gegaan.

Tabel 8 Vergelijking van de cumulatieve PFAS-concentratie met de HBM-GV's voor volwassenen (18 jaar en ouder) en vrouwen in de vruchtbare leeftijd (18-45 jaar), gebaseerd op bloedconcentraties gewogen naar de Nederlandse populatie (LB-scenario).

	Som PFAS in bloed (µg/L)		**Risicokarakteriseringsratio**		
	P50	**P95**	**% > HBM-GV**	**P50**	**P95**
Volwassen					
HBM-GV (6,9 µg EFSA-4/L), aanpak 1[a]	3,4	7,4	7	0,49	1,1
HBM-GV (6,9 µg PEQ/L), aanpak 2[b]	8,8	22	71	1,3	3,3
HBM II (10 µg PEQ/L), aanpak 2[b]	8,8	22	44	0,88	2,2
Vrouwen 18-45 jaar					
HBM-GV (6,9 µg EFSA-4/L), aanpak 1[a]	2,6	4,9	3	0,38	0,70
HBM-GV (6,9 µg PEQ/L), aanpak 2[b]	7,0	15	53	1,0	2,2
HBM II (5 µg PEQ/L), aanpak 2[b]	7,0	15	80	1,4	3,0

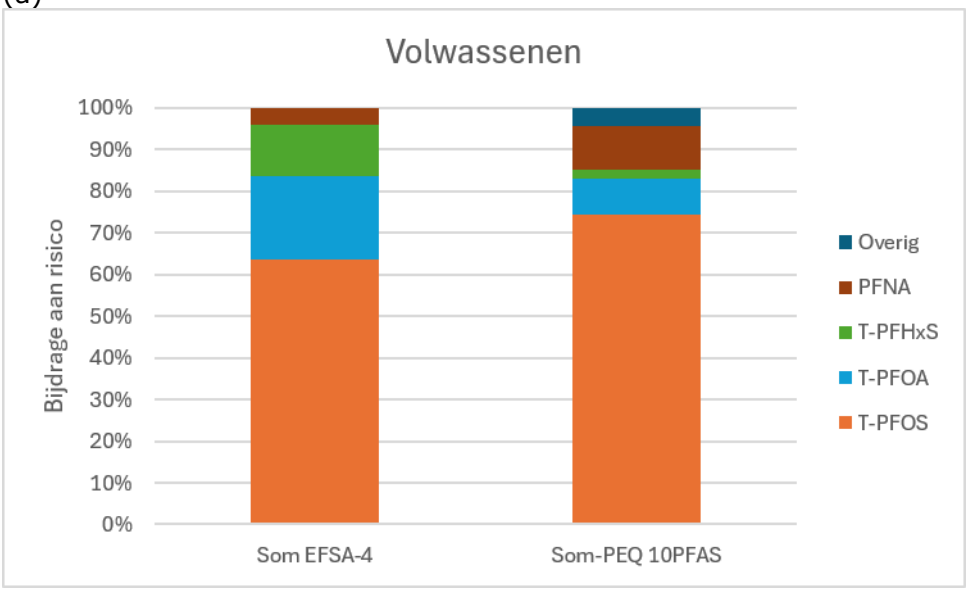
PEQ: PFOA-equivalenten, PFAS: Per- en polyfluoralkylstoffen.
[a] Cumulatieve concentratie van PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS gebaseerd op equipotentie.
[b] Cumulatieve concentratie van RPF-gecorrigeerde PFBA, PFHxA, PFOA, PFNA, PFDA, PFDoDA, PFBS, PFHxS, PFOS en HFPO-DA waarden uitgedrukt als PFOA-equivalente (PEQ) concentratie.

Figuur 10 toont de bijdrage van de verschillende PFAS aan het cumulatieve PFAS-risico voor volwassenen en vrouwen van vruchtbare leeftijd met de risicokarakteriseringsratio groter dan 1 in het LB-scenario. Dit betekent dat hun cumulatieve PFAS-concentratie groter is dan de HBM-GV van 6,9 µg EFSA-4/L (aanpak 1) of 6,9 µg PEQ/L (aanpak 2). PFOS levert in zowel aanpak 1 (som van EFSA-4) en aanpak 2 (som-PEQ-concentratie van tien PFAS) de grootste bijdrage aan de concentratie. Voor de som van EFSA-4 is dat 64% voor zowel de volwassenen als vrouwen in de vruchtbare leeftijd. Voor de som-PEQ-concentratie van tien PFAS is dat respectievelijk 74 en 70%. De bijdrage van de 6 PFAS die niet meegenomen worden bij de EFSA-4 is 4% voor volwassenen en 5% voor vrouwen in de vruchtbare leeftijd. Dit wordt vooral veroorzaakt door PFDA, omdat de overige vijf PFAS (PFBA, PFHxA, PFDoDA, PFBS en HFPO-DA) een lage detectiefrequentie hebben (0-1%; zie Tabel 3). Bijlage 9 laat zien dat de bijdrage van deze 6 PFAS in het UB-scenario toeneemt naar 30% voor beide bevolkingsgroepen. Dit wordt veroorzaakt door de hoge waarde van de LOQ (0,1 µg/L) in combinatie met de hoge RPF's van een aantal stoffen (sectie 2.6.2).

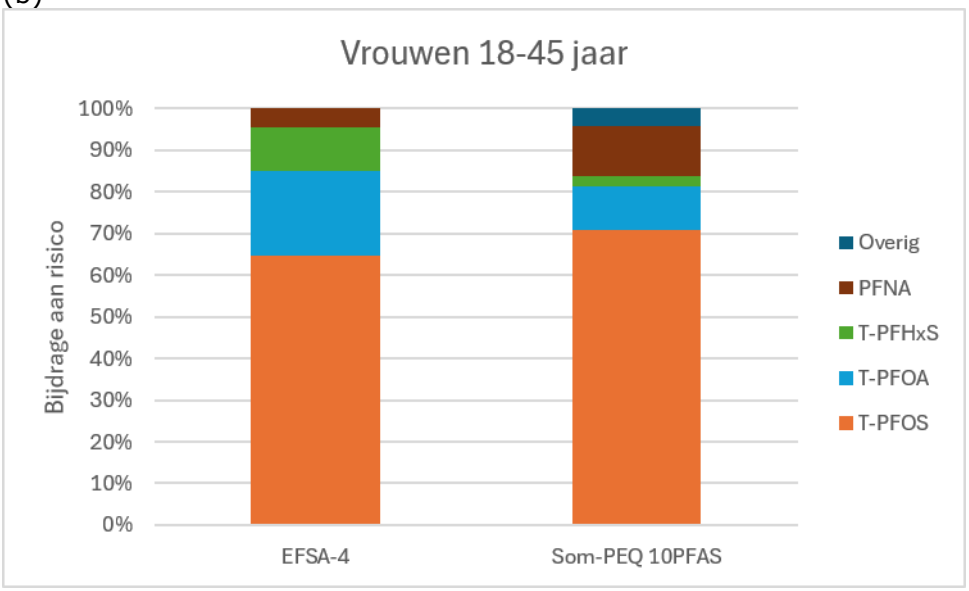
Indien gekeken wordt naar de totale populatie, dus ook inclusief mensen met een de risicokarakteriseringsratio kleiner dan 1, dan worden ongeveer dezelfde bijdragen van de verschillende PFAS aan het cumulatieve risico gevonden (Bijlage 9).

Figuur 10 Relatieve bijdrage van de verschillende PFAS aan de cumulatieve PFAS-concentratie voor Nederlandse volwassenen (N=967) (a) en vrouwen in de vruchtbare leeftijd (18-45 jaar) (n=235) (b), berekend voor de twee verschillende aanpakken, de aanpak met de som van de EFSA-4, waarbij T-PFOA, PFNA, T-PFHxS en T-PFOS equipotent bij elkaar worden opgeteld (aanpak 1), en de aanpak met de som van de PEQ waarden met 10 PFAS, waarbij de 10 PFAS (EFSA-4 plus PFBA, PFHxA, PFDA, PFDoDA, PFBS en HFPO-DA) op basis van hun relatieve potenties worden omgezet in PFOA-equivalenten en vervolgens worden opgeteld (aanpak 2). Overig in de legenda staat voor de gesommeerde bijdrage van PFBA, PFHxA, PFDA, PFDoDA, PFBS en HFPO-DA. Berekeningen zijn uitgevoerd met het LB-scenario.

(a)



(b)



3.8.2 Aandachtsgebieden

De cumulatieve PFAS concentraties in bloed voor de aandachtsgebieden en de rest van Nederland zijn op dezelfde manier verkregen als voor de totale volwassen populatie en vrouwen in de vruchtbare leeftijd.

Het percentage volwassenen dat de HBM-GV van 6,9 µg (PEQ)/L of de HBM-II van 10 µg/L overschrijdt is voor de Nederlandse populatie zonder de aandachtgebieden gelijk aan die van de totale volwassen populatie (Tabellen 8 en 9). Ook de risicokarakteriseringsratio's van volwassen die niet uit aandachtsgebieden komen is gelijk aan die van de totale volwassen populatie (Tabellen 8 en 9).

Regio Dordrecht

Als uit gegaan wordt van de cumulatieve EFSA-4 bloedwaarden op basis equipotentie (aanpak 1) dan overschrijdt 12% van de volwassenen in de regio Dordrecht de HBM-GV van 6,9 µg EFSA-4/L (Tabel 9). De mate waarin de HBM-GV van 6,9 µg EFSA-4/L wordt overschreden varieert van een factor 0,57 (P50) tot 1,0 (P90). Indien de cumulatieve bloedwaarden worden uitgedrukt als µg PEQ/L (aanpak 2), overschrijdt 81% van de volwassenen in de regio Dordrecht de HBM-GV van 6,9 µg PEQ/L en varieert de mate waarin deze HBM-GV wordt overschreden tussen een factor 1,6 (P50) en 2,7 (P90) (Tabel 9). Indien de cumulatieve bloedwaarden uitgedrukt als µg PEQ/L (aanpak 2) wordt vergeleken met de HBM-II waarde van 10 µg PEQ/L, overschrijdt 61% van de volwassenen deze HBM-II waarde (Tabel 9). De mate waarin de HBM-II waarde wordt overschreden varieert tussen een factor 1,1 (P50) en 1,9 (P90). De waarden voor het UB-scenario staan vermeld in Tabel B8.2 (Bijlage 8). T-PFOS leverde in zowel aanpak 1 als aanpak 2 de grootste bijdrage aan de cumulatieve PFAS concentraties in bloed (Tabel B9.2 in Bijlage 9).

De overschrijding van de biomonitoringsgrenswaarden in de regio Dordrecht en de mate waarin deze overschreden wordt is beperkt hoger dan voor de rest van Nederland.

Regio Westerschelde-Noord

In de regio Westerschelde-Noord overschrijdt 22% van de cumulatieve EFSA-4 bloedwaarden (aanpak 1) de HBM-GV van 6,9 µg EFSA-4/L en varieert de mate waarin deze HBM-GV wordt overschreden tussen een factor 0,53 (P50) tot 1,8 (P95) (Tabel 9). Indien de cumulatieve bloedwaarden worden uitgedrukt als µg PEQ/L (aanpak 2), overschrijdt 79% de HBM-HV van 6,9 µg PEQ/L en varieert de mate waarin deze HBM-GV wordt overschreden tussen de 1,5 (P50) en de 6,1 (P95) (Tabel 9). Wanneer de cumulatieve PFAS bloedwaarden verkregen uit aanpak 2 wordt vergeleken met de HBM-II van 10 µg PEQ/L, overschrijdt 55% van de volwassenen deze HBM-II waarde (Tabel 9). De mate van overschrijding varieert van een factor 1,1 (P50) tot 4,2 (P95). De waarden voor het UB-scenario staan vermeld in Tabel B8.3. De grootste bijdrage aan de cumulatieve PFAS concentratie in bloed werd voor zowel in aanpak 1 als in aanpak 2 geleverd door T-PFOS (Tabel B9.3 in Bijlage 9).

De overschrijding van de biomonitoringsgrenswaarden in de regio Westerschelde-Noord en de mate waarin deze overschreden wordt is hoger dan voor de rest van Nederland.

Regio Westerschelde-Zuid
Indien uitgegaan wordt van de cumulatieve EFSA-4 bloedwaarden op basis van equipotentie (aanpak 1) en de HBM-GV van 6,9 µg EFSA-4/L, overschrijdt 38% van de volwassenen in de regio Westerschelde-Zuid deze HBM-GV (Tabel 9). De mate van overschrijding varieert van een factor 0,87 (P50) tot 4,2 (P95). Indien de cumulatieve bloedwaarden worden uitgedrukt als µg PEQ/L (aanpak 2) overschrijdt 92% van de volwassenen de HBM-GV van 6,9 µg PEQ/L en varieert de mate waarin deze HBM-GV wordt overschreden tussen 2,5 (P50) en 14 (P95) (Tabel 9). Indien de cumulatieve bloedwaarden uitgedrukt als µg PEQ/L wordt vergeleken met de HBM-II waarde van 10 µg PEQ/L, overschrijdt 86% van de volwassenen deze HBM-II waarde en varieert de mate waarin de HBM-II wordt overschreden tussen de 1,7 (P50) en 9,9 (P95) (Tabel 9). De waarden voor het UB-scenario staan vermeld in Tabel B8.4. T-PFOS leverde zowel in aanpak 1 als in aanpak 2 de grootste bijdrage aan de cumulatieve PFAS concentratie in bloed (Tabel B9.4 in Bijlage 9).

De overschrijding van de biomonitoringsgrenswaarden in de regio Westerschelde-Zuid en de mate waarin deze overschreden wordt hoger dan voor de rest van Nederland.

Tabel 9 Vergelijking van de cumulatieve PFAS-concentratie met de HBM-GV's voor volwassenen (18 jaar en ouder) in de regio's Dordrecht, Westerschelde-Noord en Westerschelde-Zuid en voor volwassenen buiten de aandachtsgebieden, gebaseerd op bloedconcentraties gewogen naar de Nederlandse populatie (LB-scenario).

	Som PFAS in bloed (µg/L)		**Risicokarakteriseringsratio**		
Rest van Nederland	**P50**	**P90/P95**	**% > HBM-GV**	**P50**	**P90/P95**
HBM-GV (6,9 µg EFSA-4/L), aanpak 1[a]	3,3	6,3/7,3	7	0,48	0,91/1,1
HBM-GV (6,9 µg PEQ/L), aanpak 2[b]	8,8	18/22	71	1,3	2,7/3,3
HBM II (10 µg PEQ/L), aanpak 2[b]	8,8	18/22	43	0,88	1,8/2,2
	P50	**P90**	**% > HBM-GV**	**P50**	**P90**
Regio Dordrecht					
HBM-GV (6,9 µg EFSA-4/L), aanpak 1[a]	3,9	7,0	12	0,57	1,0
HBM-GV (6,9 µg PEQ/L), aanpak 2[b]	11	19	81	1,6	2,7
HBM II (10 µg PEQ/L), aanpak 2[b]	11	19	61	1,1	1,9
	P50	**P95**	**%> HBM-GV**	**P50**	**P95**
Regio Westerschelde-Noord					
HBM-GV (6,9 µg EFSA-4/L), aanpak 1[a]	3,6	13	22	0,53	1,8
HBM-GV (6,9 µg PEQ/L), aanpak 2[b]	11	42	79	1,5	6,1
HBM II (10 µg PEQ/L), aanpak 2[b]	11	42	55	1,1	4,2
Regio Westerschelde-Zuid					
HBM-GV (6,9 µg EFSA-4/L), aanpak 1[a]	6,0	29	38	0,87	4,2
HBM-GV (6,9 µg PEQ/L), aanpak 2[b]	17	99	92	2,5	14
HBM II (10 µg PEQ/L), aanpak 2[b]	17	99	86	1,7	9,9

PEQ: PFOA-equivalenten, PFAS: Per- en polyfluoralkylstoffen.
[a] Cumulatieve concentratie van PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS gebaseerd op equipotentie.
[b] Cumulatieve concentratie van RPF-gecorrigeerde PFBA, PFHxA, PFOA, PFNA, PFDA, PFDoDA, PFBS, PFHxS, PFOS en HFPO-DA waarden uitgedrukt als PFOA-equivalente (PEQ) concentratie.

4 Discussie

Het bloeddonoronderzoek toont aan dat bijna alle volwassen Nederlanders PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS in hun bloed hebben. Daarnaast heeft 32% van de volwassen Nederlanders meetbare concentraties PFDA in hun bloed. Voor PFHpS was dit 13% en voor PFUnDA 6%. De hoogste concentraties werden gevonden voor PFOS, gevolgd door PFOA en PFHxS. Deze bevinding is in lijn met het eerdere grootschalige PFAS-onderzoek naar de aanwezigheid van PFAS in bloed van de algemene Nederlandse bevolking verzameld in 2016-2017, de PIENTER-PFAS studie, waar ook PFOS in de hoogste concentraties voorkwam in bloed gevolgd door PFOA (Bil et al., 2025). De mediane en P95 PFAS bloedwaarden van vrouwen in de vruchtbare leeftijd zijn over het algemeen wat lager dan van de totale volwassen bevolking.

In dit hoofdstuk worden de onzekerheden in deze studie besproken en wordt eerst ingegaan op de lagere waarden die gevonden zijn voor vrouwen ten opzichte van de totale volwassenen populatie (sectie 4.1). Daarna wordt ingegaan op de vergelijking van de PFAS-concentraties in bloed met de HBM-GV (sectie 4.2), gevolgd door een vergelijking van de eerder uitgevoerde studies (sectie 4.3) en met PFAS-bloedwaarden gevonden in West-Europese landen (sectie 4.4). Tot slot worden de aandachtsgebieden besproken (sectie 4.5).

4.1 Waarom hebben vrouwen van vruchtbare leeftijd lagere PFAS bloedwaarden?

Vrouwen in de leeftijd van 18-45 jaar hebben een lagere hoeveelheid PFAS in hun bloed dan de totale populatie volwassenen (Tabel 3). Dit werd ook in de PIENTER-PFAS studie gezien (Bil et al., 2025). Een mogelijke verklaring is de aanwezigheid van ouderen (45+) in de totale volwassen populatie, zij zijn langer blootgesteld aan vermoedelijk historisch hogere hoeveelheden PFAS van met name PFOS (Frenoy et al., 2024; Kannan et al., 2004; Olsen et al., 2005). Daarnaast kunnen vrouwen lagere PFAS-waarden in hun bloed hebben dan mannen ten gevolge van menstruatie, zwangerschappen en borstvoeding (Jain & Ducatman, 2022) en andere kinetiek (e.g. mannen hebben een langere halfwaardetijd van langketenige PFAS in het bloed (Pizzurro et al., 2019)). Ook andere factoren, zoals verschillen in leefstijl, beroep, en eetpatroon kunnen bijdragen aan de gevonden verschillen. Een deel van deze punten is opgenomen in de vragenlijst die deelnemers hebben ingevuld (Bijlage 1). Deze data is nog niet nader geanalyseerd. Het zou interessant zijn hier in vervolgonderzoek dieper op in te gaan.

4.2 Vergelijking PFAS-concentraties in bloed met de HBM-GV

Om te beoordelen of de concentratie PFAS in bloed hoger is dan de HBM-GV, werd de concentratie van verschillende PFAS per individu bij elkaar opgeteld en vergeleken met een gezondheidskundige grenswaarde voor PFAS in bloed. Dit werd gedaan met twee scenario’s voor meetwaarden onder de LOQ, het LB- en het UB-scenario. Ook werd de beoordeling gedaan op twee manieren: op basis van de som van de EFSA-4 PFAS en equipotentie (aanpak 1) en op basis van de som van 10

PFAS als som-PEQ-concentratie, rekening houdend met verschillen in potentie (aanpak 2). Tabel 8 laat voor het LB scenario zien dat verschillende scenario's en aanpakken een effect heeft op het percentage van de bevolking dat de grenswaarde overschrijdt en ook de mate waarin dat wordt gedaan (de risicokarakteriseringsratio). Hieronder wordt in meer detail ingegaan op het effect van het LB- en UB-scenario (Sectie 4.2.1), de aanpak van de cumulatieve blootstellingsbeoordeling (Sectie 4.2.2) en de keuze van HBM-GV (Sectie 4.2.3). Tot slot wordt de interpretatie van de resultaten besproken (Sectie 4.4.4).

4.2.1 LB- versus UB-scenario

Deze twee scenario's werden uitgevoerd om de invloed van de onzekerheid over de werkelijke concentratie van een meetwaarde onder de LOQ te bestuderen. Bij het LB-scenario wordt aangenomen dat PFAS met een meetwaarde onder de LOQ niet aanwezig zijn in het bloed (en dus de waarde 0 krijgen) en bij het UB-scenario wordt aangenomen dat deze PFAS de waarde van de LOQ krijgt. De uitkomsten van deze twee scenario's geven de bandbreedte aan van de werkelijke concentratie PFAS in bloed van een monster met een meetwaarde onder de LOQ. Bij een groot aantal monsters onder de LOQ in combinatie met relatief hoge LOQs kan de LB- of UB-aanname effect hebben op het percentage van de populatie dat de HBM-GV van PFAS in bloed overschrijdt en op de mate waarin de HBM-GV wordt overschreden (de risicokarakteriseringsratio). Het LB-scenario geeft een onderschatting en het UB-scenario een overschatting van deze risicomaten.

Bij de som van de EFSA-4 PFAS, waarbij de detectiefrequentie van de individuele PFAS zeer hoog was (91-100%), had de LB/UB-aanname niet veel effect op het percentage van de volwassenen en vrouwen in de vruchtbare leeftijd dat de HBM-GV van PFAS in bloed overschrijdt. Ook had de LB/UB-aanname niet veel effect op de mate waarin de HBM-GV werd overschreden (Bijlage 8). Bij de som van 10 PFAS als som-PEQ-concentratie had de LB/UB aanname een groter effect op het percentage van de populatie dat de HBM-GV van PFAS in bloed overschrijdt. Deze gaat van 71 en 53% voor respectievelijk volwassenen en vrouwen in de vruchtbate leeftijd naar 100% voor beide bevolkingsgroepen. Ook de mate waarin de mediane bloedwaarden de grenswaarde overschreden neemt ongeveer met een factor 1,5 toe voor beide populaties (Bijlage 8). Vijf van de tien PFAS had een detectiefrequentie kleiner of gelijk aan 1% (PFBA, PFHxA, PFDoDA, PFBS en HFPO-DA; Tabel 1), waarbij sommige van deze PFAS ook nog eens een hoge RPF hebben (PFHxA 7,4; PFDoDA 11; HFPO-DA 15). De waarde van de LOQ telt dan sterk mee in de som-PEQ-concentratie voor deze PFAS en dat kan leiden tot een overschatting van het aantal metingen dat de HBM-GV overschrijdt en de mate waarin dat gebeurt. In de bloeddonorstudie is gebruik gemaakt van een meetmethode met een relatief hoge LOQ. In studies die gebruik maken van een gevoeliger methode, zoals de PIENTER-PFAS studie, was de detectiefrequentie van PFDoDA en PFBS hoger (Bil et al., 2025). Dit geeft aan dat in het LB-scenario de bijdrage van deze stoffen mogelijk is onderschat. In de toekomst kan dit voorkomen worden door gebruik te maken van een gevoeliger meetmethode, zoals gebruikt in de PIENTER-PFAS studie (Bil et al., 2025) en in de moedermelkstudie (Bil et al., 2026).

4.2.2 *Verschillen tussen aanpak 1 en aanpak 2*

De (equipotente) som van EFSA-4 PFAS (aanpak 1) overschreed bij ongeveer 7% voor de volwassenen en 3% van de vrouwen in de vruchtbare leeftijd de HBM-GV van 6,9 µg/L. Voor aanpak 2, som van de 10 PFAS in bloed als som-PEQ-concentratie, was dit een aanzienlijk hoger percentage: respectievelijk 71% van de volwassen populatie en 53% van de vrouwen in de vruchtbare leeftijd. Hieronder wordt in meer detail ingegaan op de verschillen in de twee methoden van aanpak en de consequenties daarvan op de risicobeoordeling.

4.2.3 *Aantal PFAS in de optelsom*

Het optellen van PFAS-bloedwaarden tot een som van PFAS is alleen mogelijk indien de verschillende PFAS tot eenzelfde toxisch effect leiden in de mens. De door EFSA vastgestelde TWI van 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week voor de EFSA-4 PFAS (PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS), welke ook de basis is voor de HBM-GV van 6,9 µg/L, is gebaseerd op immunotoxiciteit als het meest gevoelige effect (EFSA, 2020). Uitgangspunt van EFSA daarbij was dat van andere PFAS dan de EFSA-4 onvoldoende informatie beschikbaar was over hun immunotoxiciteit om ze te kunnen includeren in de som TWI. Echter, recente publicaties stellen dat meer PFAS dan de EFSA-4 effecten tonen op immuunsysteem-gerelateerde parameters (Ehrlich et al., 2023; Iulini et al., 2025; Janssen et al., 2024), waaronder de 6 extra PFAS die meegenomen zijn in aanpak 2. Uit de bloedmetingen van de bloeddonorstudie komt naar voren dat de EFSA-4 PFAS met hoge detectiefrequenties aanwezig zijn in bloedserum, met de hoogste concentraties voor PFOS en PFOA en lagere concentraties voor PFHxS en PFNA. PFDA wordt echter ook in 37% van de bloedmonsters gevonden (met een P95 concentratie van 0,21 µg/L), en in mindere mate ook PFUnDA (11.8% van de bloedmonsters) en PFHpS (19% van de bloedmonsters). In aanpak 1 worden deze PFAS buiten beschouwing gelaten. Aanpak 1 leidt dus, wat betreft inclusie van het aantal PFAS, tot een mogelijke onderschatting van het percentage van de bevolking dat de grenswaarde overschrijdt en/of de risicokarakteriseringsratio. In die zin doet aanpak 2 meer recht aan dat deel van de bevolking die naast de EFSA-4 nog 1 of meerder additionele PFAS in bloed hebben. In de gehele populatie is dit effect echter klein. De zes PFAS die geen onderdeel zijn van de EFSA-4 dragen in deze studie slechts 4% (volwassenen) of 5% (vrouwen van vruchtbare leeftijd) bij aan de cumulatieve PFAS-concentratie.

In de bloeddonorstudie zijn 10 PFAS meegenomen in het berekenen van de som-PEQ-concentratie. De keuze van 10 PFAS is ingegeven door de beschikbaarheid van RPF's (zie volgende sectie). Er zijn echter nog meer PFAS die schadelijk zijn voor het immuunsysteem (Ehrlich et al., 2023; Iulini et al., 2025; Janssen et al., 2024). Het niet meenemen van deze PFAS leidt mogelijk tot een onderschatting van de cumulatieve concentratie in de bloeddonorstudie en mogelijk tot een onderschatting van het percentage van de bloeddonors dat de grenswaarde overschrijdt en/of de risicokarakteriseringsratio.

4.2.4 *Relatieve potentie*

Aanpak 1 gaat ervanuit dat PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS even schadelijk zijn voor het immuunsysteem. EFSA concludeerde in 2020 dat er te

weinig bewijs was voor een verschil in immunotoxiciteit tussen PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS (EFSA, 2020). Recente studies laten echter zien dat er wel een verschil is in potentie wanneer gekeken wordt naar verschillende schadelijke effecten van PFAS, waaronder effecten op de lever, op de schildklier, op de ontwikkeling van het ongeboren kind, en op het immuunsysteem (Bil et al., 2023; Bil et al., 2022b; Conley et al., 2024a; Conley et al., 2024b; Conley et al., 2023; Janssen et al., 2024; Reardon et al., 2021). RPF's corrigeren voor de verschillen in schadelijkheid tussen PFAS. Aanpak 2 doet daarom meer recht aan de verschillen in toxiciteit.

De RPF's zijn gebaseerd op gepoolde RPF's op basis van levertoxiciteit en immunotoxiciteit. De lever-gebaseerde RPF's tonen over het algemeen een goede correlatie met RPF's gebaseerd op immuunsysteem-gerelateerde parameters (Bil et al., 2023). Daarbij dient opgemerkt te worden dat deze parameters (afname in milt en thymus gewicht, afname in globuline concentratie) niet definitief kunnen aantonen dat PFAS het functioneren van het immuunsysteem beperken, maar slechts indicatief zijn voor een mogelijk effect op het immuunsysteem. Daarnaast zijn het ook niet de meest gevoelige parameters om effecten op het immuunsysteem te detecteren (WHO/IPCS, 2012). Voor het afleiden van definitieve RPF's voor het immuunsysteem is meer onderzoek nodig. Afhankelijk daarvan kunnen ook de kwantitatieve waarden van de RPF's veranderen, wat invloed heeft op de som-PEQ concentraties. De som-PEQ concentratie berekend in de bloeddonorstudie kan daarom zowel overschat als onderschat zijn, afhankelijk van de waarde van de definitieve RPF's voor immunotoxiciteit.

Bij aanpak 1 en aanpak 2 wordt gebruik gemaakt van een HBM-GV van respectievelijk 6,9 µg EFSA-4 /L of 6,9 µg PEQ /L. Deze HBM-GV zou eigenlijk aangepast moeten worden met de RPF-methode naar de som-PEQ, zodat hij beter past bij de berekeningen waarbij de RPF-methode wordt gebruikt. Dat is tot nu toe niet gedaan, omdat de individuele PFAS-waarden uit de studie van Abraham et al. (2020), waarop EFSA de HBM-GV van 6,9 µg EFSA-4 /L baseerde, niet openbaar zijn. Als de HBM-GV wél met een RPF-correctie wordt aangepast, kan deze hoger uitvallen (dus meer dan 6,9 ug/L), vooral door PFOS en PFNA, die volgens hun RPF-waarde (respectievelijk 3,8 en 5,8) een grotere invloed hebben op de som-PEQ dan wanneer ze als equipotent aan PFOA worden gezien. Omdat deze correctie van de HBM-GV niet is toegepast, kan het zijn dat het aandeel van mensen dat de HBM-GV overschrijdt, te hoog wordt ingeschat.

Het is wenselijk dat er een internationaal afgestemde RPF-methode, of een anderszins geschikte internationaal afgestemde mengselrisicobeoordelingsbenadering, komt voor een grotere groep PFAS dan alleen de EFSA-4. De RPF's toegepast in dit rapport zijn afgeleid door het RIVM. Op dit moment beoordeelt de WHO 18 PFAS op 6 gezondheidseffecten (WHO, 2026), als voorbereiding op een mengselrisicobeoordeling van PFAS door de FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) en afleiding van WHO-normen voor drinkwater door de WHO-expertgroep voor richtlijnen voor

drinkwaterkwaliteit in 2027. Deze activiteit biedt uitzicht op een internationaal afgestemde aanpak voor de beoordeling van PFAS.

4.2.5 Keuze van de grenswaarde

De biomonitoringsresultaten zijn vergeleken met verschillende biomonitoringsgrenswaarden de HBM-GV van EFSA (6.9 µg/L) en de HBM-II waarde van de Duitse Biomonitoringscommissie (5 µg/L voor vrouwen in de vruchtbare leeftijd en 10 µg/L voor volwassenen; zie paragraaf 2.6.1). Het gebruik van de hogere HBM-II waarde als grenswaarde voor volwassenen heeft als consequentie dat het percentage van de volwassenen dat de grenswaarde overschrijdt lager wordt (44% vs 71%) en dat ook de mate waarin de grenswaarde wordt overschreden lager wordt (Tabel 8). Het gebruik van de lagere HBM-II waarde als grenswaarde voor vrouwen in de vruchtbare leeftijd heeft tot gevolg dat het percentage vrouwen dat de grenswaarde overschrijdt juist hoger wordt (80% vs 53%) alsmede de mate waarin de grenswaarde wordt overschreden. De verschillen in biomonitoringsgrenswaarde en de consequenties ervan op de risicobeoordeling onderstrepen het belang van een internationale mengselrisicobeoordelingsbenadering van humane biomonitoring van PFAS.

4.2.6 Interpretatie van de resultaten

De resultaten laten zien, dat onafhankelijk van de gebruikte aanpak, LB/UB-scenario en keuze van de HBM-GV, een deel van de Nederlandse volwassen populatie en vrouwen in de vruchtbare leeftijd meer PFAS in hun bloed heeft dan de HBM-GV. PFOS droeg het meeste bij aan het cumulatieve risico. Overschrijding van HBM-GV betekent dat nadelige gezondheidseffecten in de populatie op lange termijn niet uit te sluiten zijn. Echter, enkel PFAS-bloedmetingen kunnen geen inzicht geven in verhoogde ziektelast in een individu, noch in een mogelijk causaal verband tussen blootstelling en het optreden van gezondheidseffecten in een individu (CET PSH GOR, 2022). Of iemand ziek wordt hangt ook af van veel andere factoren, zoals erfelijkheid, leefstijl en of iemand andere ziekten heeft.

Op basis van de resultaten in deze studie is het wenselijk beter in kaart te brengen welke impact de PFAS-concentratie boven de HBM-GV heeft op de gezondheid. Bij overschrijding van de HBM-GV is er een ongewenste toename in risico op het gezondheidseffect waarop de grenswaarde is gebaseerd (hier verminderde vaccinresponse). Daarnaast zijn bij verdere overschrijding van de grenswaarde ook andere effecten mogelijk niet uit te sluiten, zoals effecten op de ontwikkeling van het ongeboren kind, de lever en op cholesterol in bloed (EFSA, 2020). In een onderzoek naar de gezondheidseffecten van PFAS voor de regio's rond Chemours en Westerschelde[12] wordt een literatuuronderzoek uitgevoerd om na te gaan wat er in de wetenschappelijke literatuur bekend is over de mogelijke gezondheidseffecten van PFAS bij specifieke bloedwaarden. Deze informatie helpt om beter te begrijpen wat de concentratie PFAS in bloed betekend voor de gezondheid. Er is een zogenoemde 'health impact' of 'environmental burden of disease' aanpak nodig op

[12] https://www.rivm.nl/pfas/gezondheid-en-pfas-rond-chemours-westerschelde

populatieniveau om te kunnen inschatten hoe ernstig bepaalde gezondheidseffecten en aandoeningen zullen zijn bij specifieke bloedconcentraties (Oomen & Herremans, 2017; Plass et al., 2025).

4.3 Vergelijking met de eerdere studies uitgevoerd in het PFAS-onderzoeksprogramma

In totaal zijn er 14 PFAS die zowel in de bloeddonorstudie als in de PIENTER-PFAS studie zijn gemeten. In de PIENTER-PFAS studie hadden vrijwel alle volwassen deelnemers PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFHpS, PFHxS en PFOS in hun bloed. Andere PFAS zoals PFHpA, PFDoDA, PFBS, PFPeS en MeFOSAA werden in een groot deel (46-96%) van de deelnemers gedetecteerd. In de bloeddonorstudie hadden bijna alle volwassenen PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS in hun bloed. Het verschil in de aanwezigheid van het aantal soorten PFAS in het bloed is te verklaren door het gebruik van een minder gevoelige meetmethode in de bloeddonorstudie (LOD/Q 0,1 µg/L in de bloeddonorstudie versus LOD's tussen 0,005 en 0,06 µg/L in de PIENTER-PFAS studie). Zo lag bijvoorbeeld voor PFUnDA de P50 in de PIENTER-PFAS studie onder de LOD/Q van de bloeddonorstudie. Bij eenzelfde blootstellingsniveau resulteert dit in een lagere detectiefrequentie in de bloeddonorstudie.

Vanwege deze hogere LOQ's in de bloeddonorstudie kunnen alleen die PFAS waarbij in beide studies het merendeel van de meetwaarden boven de LOQ lag (>80% positief) met elkaar vergeleken worden. Dit betreft PFOA, PFNA, PFHxS, PFOS. Voor deze PFAS zijn de gemeten concentraties in de bloeddonor studie lager dan in de PIENTER-PFAS studie, zowel in heel Nederland, als in de aandachtsgebieden. Met name de gemeten hoeveelheid PFOS is lager dan in de PIENTER-PFAS studie (P95 van 4,59 µg/L onder de algemene volwassenen populatie in de huidige studie t.o.v. een P95 van 20,9 µg/L in de PIENTER-PFAS studie). Hieruit kan voorzichtig geconcludeerd worden dat er een afnemende tendens in de concentraties van deze PFAS in bloed gezien wordt onder Nederlandse volwassenen in de periode tussen 2016-2017 en 2025. Echter moet bij deze interpretatie de onderstaande aspecten in acht worden genomen:

- De studieopzet van de bloeddonorstudie (alleen bloeddonors) en de PIENTER-PFAS studie (representatieve steekproef van de totale Nederlandse bevolking) zijn verschillend. Bij onderzoek waarbij gebruik wordt gemaakt van bloeddonors kan er sprake zijn van selectiebias. Bloeddonors maken in Nederland ongeveer 3,3% uit van de totale volwassen populatie in Nederland[13]. Nederlandse donors zijn vaker hoger opgeleid, van Nederlandse origine, hebben een gezondere levensstijl en zijn gezonder dan de rest van Nederland (Atsma et al., 2011; Timmer et al., 2019). Hoewel de data in de bloeddonorstudie gewogen worden voor een aantal van deze factoren, kan het effect van selectiebias op de uitkomsten van de studie niet uitgesloten worden.
- Het doneren van bloed kan effect hebben op de hoeveelheid PFAS in bloed (Gasiorowski et al., 2022). Na 52 weken en gemiddeld 4,3 keer doneren was de serum concentratie PFOS

[13] In 2024 waren er 437411 bloeddonors ingeschreven bij Sanquin (Bloeddonoren | De Staat van Volksgezondheid en Zorg), dit is ongeveer 3,3 procent van het aantal volwassenen in 2024 (13,3 miljoen in de leeftijd 20 -80 jaar; StatLine - Bevolking; kerncijfers). Er waren nog geen cijfers voor 2025 beschikbaar.

onder een groep van 95 bloeddonors gedaald met gemiddeld 1,1 µg/L ten opzichte van een controlegroep. De deelnemers in deze studie hadden een minimale startconcentratie van 5,0 µg/L PFOS in serum bij aanvang. Bloeddonatie had geen statistisch significant effect op de gemiddelde serum concentratie PFHxS of PFOA. Plasma mag veel vaker gedoneerd worden (tot 26 keer per jaar, voor bloeddonors is dit 3-5 keer, afhankelijk van sekse) en heeft hierdoor een groter effect op het PFAS-gehalte in bloed dan het doneren van bloed (Gasiorowski et al., 2022). Plasmadonors waren daarom uitgesloten van deze studie. Echter 4% van de huidige studie heeft in de afgelopen 5 jaar minstens 1 plasmadonatie gedaan.

Om na te gaan of er inderdaad sprake is van een dalende trend in PFAS-bloedwaarden in Nederland is het goed om PFAS in bloed van deelnemers aan de nieuwe ronde van de PIENTER studie (PIENTER-4 gaat van start in 2026) te analyseren, over een aantal jaar een nieuwe studie uit te voeren met bloeddonors en/of PFAS op te nemen in een nationaal biomonitoringsprogramma zoals geadviseerd door de Gezondheidsraad (Gezondheidraad, 2024).

Ook in een studie waarin PFAS is gemeten in moedermelk, met monsters verkregen tussen 2020 en 2021, werd bij een groot deel van de monsters (93%) PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS aangetroffen, waarvan in bijna alle monsters PFOA en PFOS (Bil et al., 2026), net als bij de vrouwen in de vruchtbare leeftijd (18-45 jaar) in de bloeddonorstudie (Tabel 2). In 18% van de moedermelkmonsters zat meer PFAS dan de risicogrens voor PFAS in moedermelk. Dat is minder dan de 53% van de vrouwen in de vruchtbare leeftijd (18-45 jaar) in de bloeddonorstudie. Ook de resultaten van deze moedermelkstudie liet een dalende tendens zien in PFAS-waarden in vergelijking met eerder uitgevoerde studies (Bil et al., 2026), hetgeen past bij de dalende tendens in PFAS-waarden in biomonitoringsmatrices die in Europa wordt gezien.

4.4 Vergelijking met West-Europese landen

Er zijn een aantal recente humane biomonitoring studies (>2020) onder de algemene bevolking uitgevoerd in West-Europese landen. Hron et al. (2024) bepaalden PFAS in bloed van volwassenen (drie leeftijdsgroepen: 18- 40 jaar; 41-60 jaar, ouder dan 60 jaar) uit Zuid-Duitsland, waarvan monsters verzameld werden tussen 2020-2021 in samenwerking met de bloedbank. De door hun gemeten mediane en P95 bloedconcentraties van T-PFOS, T-PFOA, T-PFHxS, PFNA en PFDA waren in dezelfde orde van grootte als de waarden gevonden in Nederlandse volwassenen beschreven in dit rapport. Jaus et al. (2025) bepaalden PFAS in bloed in Zwitserse volwassenen (20-69 jaar oud) in monsters verzameld tussen 2020-2021 in de regio's Vaud en Bern. De door hun gemeten bloedconcentraties van T-PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA, PFDA en PFUnDA waren hoger dan de waarden van de huidige bloeddonorstudie.

Bij een Deense studie werd PFAS gemeten in zwangere vrouwen, waarbij bloed verzameld werd tijdens het eerste trimester van de zwangerschap gedurende de periode 2018-2021. In deze studie werden hogere PFOS, PFNA, PFDA en PFUnDA waardes gemeten dan in de

Nederlandse vrouwen in de vruchtbare leeftijd (Jensen et al., 2025). Voor PFOA en PFHxS waren de concentraties in bloed vergelijkbaar met de bloedwaarden van de Nederlandse vrouwen in de vruchtbare leeftijd.

Het is niet duidelijk waarom er verschillen tussen de Europese landen gevonden wordt, dit kan mogelijk te maken hebben met verschillen in studieopzet (donors vs. niet-donors), verschillende subpopulaties, bijdrage van PFAS-verontreiniging afkomstig uit de gebieden waarin de monsters werden verzameld, het tijdstip van verzamelen (rond 2020 versus 2025 in de bloeddonorstudie), leefstijlfactoren en voedselconsumptiepatronen.

De monsters van de huidige bloeddonorstudie zijn verzameld in 2025. De lagere PFOS- en PFOA-bloedwaarden in de bloeddonorstudie lijken te passen in de tendens van dalende bloedwaarden van deze PFAS in de tijd, zoals die voor andere Europese landen is beschreven (Göckener et al., 2020; Gyllenhammar et al., 2025; Hull et al., 2023). Voor de overige PFAS is een daling minder duidelijk. De dalende PFOS-waarden zijn mogelijk het gevolg van de verschillende maatregelen die sinds het begin van de 21e eeuw genomen zijn om het gebruik van PFOS en de emissies naar het milieu te beperken. Echter, de eerste beperkingen werden voor PFOS geïntroduceerd tussen 2006-2009, terwijl PFOS nog steeds zorgt voor de hoogste bloedconcentraties in de algemene bevolking. Dat laatste kan wijzen op huidige diffuse blootstelling aan PFOS vanuit de leefomgeving, maar ook op langzame afname vanaf de tijd van verbod. Voor PFOA is er een verbod effectief sinds 2020.

4.5 Verhoogde PFAS-bloedconcentraties in aandachtsgebieden

In deze studie is ook gekeken naar de PFAS blootstelling in twee aandachtsgebieden; regio Dordrecht en regio Westerschelde. Het aantal gerealiseerde monsters per regio is lager dan het aantal dat eerder werd berekend in de steekproefgrootteberekening (sectie 2.2.2). Die berekening was gebaseerd op het kunnen aantonen van een verschil van 20% in de gemiddelde PFAS-gehalten tussen het aandachtsgebied en de rest van Nederland (Bulder et al., 2023). Op basis van een post-hoc poweranalyse blijkt dat met de gerealiseerde aantallen een verschil van ongeveer 30% in de gemiddelde PFAS-gehalten tussen de aandachtsgebieden en de rest van Nederland kan worden aangetoond met de gewogen data (Dordrecht 29%, Westerschelde-Noord 33%, Westerschelde-Zuid 37%). Hierbij is uitgegaan van een significantieniveau van 0,05, een power van 80% en een lognormale verdeling van de PFAS-gehalten. Dit houdt in dat het, gegeven de behaalde aantallen en aannames, bij een niet-significant verschil in de gemiddelde PFAS-concentraties tussen twee regio’s kleiner dan circa 30% niet duidelijk is of er daadwerkelijk geen verschil bestaat, of dat de aantallen te laag zijn om een dergelijk verschil statistisch aan te tonen. In werkelijkheid blijken de gemeten PFAS-waarden echter niet precies een lognormale verdeling te volgen. Daarom is er gekozen voor toepassing van de niet-parametrische tweezijdige Wilcoxon rank-sumtoets voor het testen van verschillen tussen twee regio’s. Voor data die niet (log)normaal verdeeld is, kan bovendien niet worden aangegeven welke verschilfactor significant aangetoond had kunnen worden met de gerealiseerde aantallen.

In deze regio's zijn hogere concentraties van enkele PFAS aangetroffen dan in de rest van Nederland. Welke gevolgen deze verhoogde blootstelling mogelijk heeft voor de gezondheid, is op dit moment nog niet duidelijk (zie 4.2.4). In het onderzoek naar de gezondheidseffecten van PFAS voor de regio's rond Chemours en Westerschelde wordt naast het literatuuronderzoek (zie 4.2.4) ook onderzocht of bepaalde gezondheidseffecten die met PFAS te maken kunnen hebben in die regio's vaker voorkomen.

4.5.1 Regio Dordrecht

In de regio Dordrecht werd een statistisch significant verhoogde concentratie gezien voor PFOA. De mediane en P95 concentraties van PFOA liggen in Dordrecht respectievelijk een factor 1,2 en 1,1 hoger dan in de rest van Nederland. Dit leidde tot een hoger percentage volwassenen met een cumulatieve PFAS bloedwaarde boven de HBM-GV dan de rest van Nederland (12-81% vs 7-71% voor de verschillende aanpakken). Dat omwonenden in de nabijheid van Chemours een verhoogde concentratie PFOA in hun bloed hebben bleek uit eerder humaan biomonitoringsonderzoek (Bil et al., 2025; Van Poll et al., 2017). Binnen de bloeddonorstudie kan er niet gekeken worden naar de afstand van woonlocatie tot de Chemours fabriek, omdat het aantal deelnemers daarvoor te klein is.

PFOA is tot 2012 in gebruik geweest in het productieproces bij Chemours, en is in diezelfde periode vervangen door HFPO-DA (GenX) (de Kort et al., 2019; Zeilmaker et al., 2016). Het huidige rapport laat zien dat dertien jaar na de vervanging van PFOA er nog steeds verhoogde bloedconcentraties van PFOA in de regio Dordrecht worden gevonden, al zijn de concentraties in bloed wel lager dan 5 jaar na de vervanging van PFOA (1,1 en 1,8 voor de mediane en P90 bloedwaarden in de huidige studie vs. 2,8 en 8,0 µg/L voor de mediane en P95 bloedwaarden in de PIENTER-PFAS studie (Bil et al., 2025). Vijf jaar na de ingebruikname van GenX werd er geen detecteerbare HFPO-DA concentraties gevonden in het bloed van mensen uit de omgeving Dordrecht (Bil et al., 2025). Ook in de huidige studie was HFPO-DA niet detecteerbaar in het bloed van deelnemers uit de regio Dordrecht.

4.5.2 Regio Westerschelde

De regio Westerschelde is een ander aandachtsgebied, vanwege de hoge concentraties van verschillende soorten PFAS die in de Westerschelde gemeten zijn (IRAS, 2022). Onder inwoners van de regio Westerschelde-Noord werd een statistisch significant verhoogde concentratie PFNA, PFDA en PFOS vastgesteld in serum ten opzichte van de rest van Nederland. Voor alle drie deze PFAS was de grootste verhoging in concentraties te zien voor de P95 waarde, die ongeveer een factor 2 hoger was dan in de rest van Nederland. De hoogste bloedwaarde werd gevonden voor PFOS. Het percentage volwassenen met een cumulatieve PFAS waarde boven de HBM-GV was groter in vergelijking met de rest van Nederland (22-79% vs 7-71% voor de verschillende aanpakken).

Voor inwoners van de regio Westerschelde-Zuid is een statistisch significant verhoogde concentratie in serum vastgesteld voor PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFHpS, PFHxS en PFOS ten opzichte van de rest

van Nederland. De hoogste waarden werden gevonden voor PFOS. Deze hogere PFAS bloedwaarden leidde tot een hoger percentage volwassenen met een cumulatieve PFAS waarde boven de HBM-GV vergeleken met de rest van Nederland (38-92% vs 7-71% voor de verschillende aanpakken).

De detectiefrequenties en de bloedwaarden van PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFHxS, PFHpS en PFOS in de regio Westerschelde-Zuid zijn in dezelfde orde van grootte als gevonden in een recent Vlaams onderzoek bij de directe omwonenden (binnen een straal van 5 km) van de 3M fabriek (Consortium Eurofins, 2025). Daarbij moet vermeld worden dat, wanneer onderscheid gemaakt wordt tussen deelnemers binnen en buiten saneringszones (zoals in Tabel 7 van Consortium Eurofins, 2025), de PFOS concentraties van bloeddonors in de huidige studie beduidend lager zijn dan de bloedconcentraties gevonden in deelnemers wonend binnen de saneringszones direct rondom 3M (P95 variërend van 27,78-116 µg/L afhankelijk van de saneringszone) en meer vergelijkbaar met de concentraties van de deelnemers buiten de saneringszones (Bijlage 10).

De woonplaatsen in het Westerscheldegebied liggen verder dan 5 km van de 3M fabriek verwijderd, waarvan de inwoners uit de gemeente Sluis het verst weg wonen en een aantal inwoners van de gemeente Hulst het meest dichtbij. De 3M fabriek is echter niet de enig mogelijke bron van PFAS in de regio. De verhoogde concentraties van PFAS die in de Westerschelde zijn aangetroffen, zijn de resultante van diverse lozingen van bedrijven langs de Schelde, het Kanaal van Gent naar Terneuzen en andere wateren die afwateren op de Schelde en de Westerschelde (IRAS, 2022). Onderscheid maken van PFAS-bloedwaarden naar afstanden tot de verschillenden mogelijke emissiebronnen valt niet binnen de doelen van het onderzoek en is gezien de beperkte aantallen Zeeuws-Vlaamse deelnemers van de bloeddonorstudie niet mogelijk. Naast hogere depositie in het milieu, kan consumptie van lokale producten uit de Westerschelde regio, zoals vlees, vis en schaal- en schelpdieren met een hoge PFAS-verontreiniging (Front Office Voedsel- en productveiligheid, 2024; Zwartsen & Boon, 2022) leiden tot een hogere blootstelling. Het is niet duidelijk of de verhoogde concentratie in de regio Westerschelde ten opzichte van de rest van Nederland komt door meer consumptie van voedsel uit het Westerscheldegebied, hogere depositie van PFAS in de omgeving, of om andere redenen zoals een groter percentage van de bevolking ouder dan 65 jaar in deze regio ten opzichte van de rest van Nederland[14] waardoor er mogelijk sprake is van een langere historische blootstelling aan PFAS is (Frenoy et al., 2024; Kannan et al., 2004; Olsen et al., 2005).

De bloedwaarden van PFOA, PFNA, PFDA, PFHpS, PFHxS en PFOS bij inwoners van de regio Westerschelde-Zuid waren ook statistisch significant verhoogd ten opzichte van de regio Westerschelde-Noord. In eerste instantie is in de berekening van de groepsgrootte een onderscheid gemaakt tussen Westerschelde-Noord en Westerschelde-Zuid omdat het type drinkwater dat wordt geconsumeerd tussen de

[14] https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/70072ned/table?ts=1784717681168 In de gemeenten Hulst, Sluis en Terneuzen (Westerschelde-Zuid) was in 2025 respectievelijk 27, 30 en 26% van de bevolking ouder dan 65 jaar. In de rest van Nederland is dit 21%

twee regio's verschilt. Dit is drinkwater verkregen uit grondwater in de regio Westerschelde-Noord versus voornamelijk oppervlaktewater in de regio Westerschelde-Zuid[15]. Oppervlaktewater bevat meer PFAS dan grondwater (Bulder et al., 2024). In een eerder uitgevoerd onderzoek naar PFAS-blootstelling via voedsel en drinkwater werd aangetoond dat drinkwater verkregen uit grondwater voor 6% bijdroeg aan de blootstelling. Voor drinkwater verkregen uit oppervlaktewater was dit 27% (Schepens et al., 2023). Of het gevonden verschil in PFAS-waarden in bloed tussen de regio's Westerschelde-Zuid en Westerschelde-Noord veroorzaakt wordt door het type drinkwater of door andere factoren, bijvoorbeeld de grotere vergrijzing van gemeenten in de regio Westerschelde-Zuid ten opzichte van gemeenten in de regio Westerschelde-Noord[16], is niet duidelijk. Hier is aanvullend onderzoek voor nodig.

4.5.3 Overige aandachtsgebieden

De bloeddonorstudie biedt nieuwe inzichten in de blootstelling van de inwoners van de regio's Dordrecht, Westerschelde-Noord en Westerschelde-Zuid. Alleen voor deze aandachtsgebieden was een steekproefgrootte berekening beschikbaar (Bulder et al., 2024) vanwege afbakening in eerder onderzoek (Elberse et al., 2024). Andere mogelijke aandachtsgebieden, zijn niet specifiek meegenomen in het onderzoek.

4.6 Kortketenige PFAS

In deze studie is trifluorazijnzuur (TFA) niet meegenomen. TFA vereist een andere analysemethode dan de hier onderzochte PFAS. Daardoor is onbekend of dergelijke verbindingen aanwezig zijn in het bloed van de onderzoekspopulatie. Het is nog niet zeker of bloed de juiste matrix is om deze stof in te meten. Bij inwoners van de VS zijn verschillende (zeer) kortketenige PFAAs in substantiële concentraties aangetroffen in bloed en urine (Cheng et al., 2025; Zheng et al., 2023). Kortketenige PFAS zijn sterker wateroplosbaar en hebben een andere kinetiek dan langketenige PFAS, waardoor zij sneller via de urine worden uitgescheiden. Urine zou daarom een betere matrix zijn om kortketenige PFAS zoals PFBA en PFPeA te detecteren (Bautista et al., 2026; Muir et al., 2025; Peng et al., 2022; Zheng et al., 2023). Tegelijkertijd lijkt bloed voor een stof als TFA, die alomtegenwoordig is in het milieu, wél geschikt om de interne blootstelling te karakteriseren: in de Noorse EuroMix-studie werd TFA in 100% van de onderzochte bloedmonsters aangetroffen, in concentraties die substantieel hoger waren dan die van PFOS (Yeung et al., 2026).

[15] https://www.atlasleefomgeving.nl/kaarten

[16] https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/70072ned/table?ts=1784717681168 Voor de gemeenten Borselle, Kapelle, Reimerswaal, Veere en Vlissingen (Westerschelde-Noord) was het percentage van de bevolking dat ouder is dan 65 jaar respectievelijk: 23, 25, 18, 29 en 25%. Met uitzondering van de gemeente Veere is dit lager dan het percentage van 26-30% in de regio Westerschelde-Zuid (zien voetnoot 14)

5 Aanbevelingen

Deze studie naar het PFAS gehalte in bloed uit 2025 van bloeddonors schetst, net zoals eerder onderzoek, het beeld dat een deel van de Nederlandse bevolking te veel PFAS in het bloed heeft. Om deze concentraties naar beneden te brengen is een brede, generieke aanpak van PFAS van belang. Overheden nemen verschillende maatregelen om de blootstelling van het milieu en de mens aan PFAS verminderen. Zo zijn sinds 2024 alle PFAS PFAS als zeer zorgwekkende stof (ZZS) geclassificeerd, hebben overheden een basis om te sturen op de minimalisatieplicht die voor ZZS geldt (https://rvs.rivm.nl/onderwerpen/zeer-zorgwekkende-stoffen/pfas-als-zzs). Op Europees niveau is een REACH restrictievoorstel voor een verbod op de productie, import en het gebruik van PFAS (https://echa.europa.eu/hot-topics/perfluoroalkyl-chemicals-pfas) in behandeling. Een totaal verbod op PFAS zorgt ervoor dat de PFAS-blootstelling via alle bronnen (zoals voedsel, drinkwater en milieu) in de loop der tijd lager zal worden en daarmee ook de PFAS-bloedwaarden.

Door bloedonderzoek in de toekomst te herhalen kan de PFAS concentratie gemonitord worden en kan inzichtelijk worden of beleidsmaatregelen effect hebben. Het RIVM heeft recent een voorstel voor het monitoren van chemische stoffen gepubliceerd (Nederlof et al., 2026).

Daarnaast is in deze bloeddonorstudie informatie verzameld die in dit rapport nog niet is meegenomen. Het betreft gegevens uit de vragenlijsten en gegevens over de donorgeschiedenis. In de vragenlijsten is informatie verzameld over leeftijd, sekse, opleiding, beroep, woon-, en werkplaats van de deelnemers. Vrouwelijke deelnemers is ook gevraagd naar menstruatiegeschiedenis, het aantal kinderen dat zij hebben gekregen en hoelang zij borstvoeding hebben gegeven. De aanbeveling is om in een vervolgstudie de relatie tussen deze demografische, reproductieve en donorgeschiedenis-gerelateerde parameters en PFAS-concentraties in bloed nader te onderzoeken.

6 Conclusies

6.1 Landelijk dekkend beeld en een mogelijk risico voor de publieke gezondheid (doelen 1 en 3)

De bloeddonorstudie is de tweede PFAS-studie die een beeld geeft van de interne blootstelling aan PFAS onder de volwassen Nederlandse bevolking. Deze studie naar PFAS in donorbloed uit 2025 toont aan dat Nederlanders gelijktijdig aan meerdere PFAS zijn blootgesteld. PFOS is de PFAS die in de hoogste concentraties is aangetroffen in het bloed, gevolgd door PFOA.

De cumulatieve PFAS-concentratie onder de Nederlandse volwassenen en vrouwen in de vruchtbare leeftijd overschrijdt de HBM-GV van 6,9 µg/L in een deel van de bevolking, zowel op basis van EFSA-4 (in respectievelijk 7% van de volwassenen en 3% van de vrouwen in de vruchtbare leeftijd) als op basis van PFOA-equivalente concentraties van tien PFAS (respectievelijk 71% en 53% van de volwassenen en vrouwen in de vruchtbare leeftijd).

In het eerdere PIENTER-PFAS onderzoek, werd bij respectievelijk 71% en 42% van de volwassenen en vrouwen in vruchtbare leeftijd de HBM-GV overschreden op basis van de EFSA-4 en respectievelijk 99% en 98% op basis van PFOA-equivalenten (Bil et al., 2025).

Bij langdurige concentraties boven deze HBM-GV zijn nadelige effecten op de gezondheid niet uit te sluiten. Mensen kunnen daardoor bijvoorbeeld gevoeliger worden voor infecties.

Deze resultaten passen bij het beeld over inname van PFAS via voedsel en drinkwater. In eerder onderzoek uitgevoerd in het kader van het RIVM PFAS onderzoeksprogramma werd vastgesteld dat Nederlanders te veel PFAS binnenkrijgen via voedsel en drinkwater samengenomen (Schepens et al., 2023). De Europese Voedselveiligheidsautoriteit zag in 2020 eenzelfde beeld voor Europa (EFSA, 2020).

De lagere PFOS- en PFOA-bloedwaarden in de bloeddonorstudie (met monsters uit 2025) ten opzichte van de bloedwaarden uit de PIENTER-PFAS studie (met monsters uit 2016-2017) lijken te passen in de dalende tendens van bloedwaarden van deze twee PFAS in de tijd, zoals die ook voor andere Europese landen is beschreven (Göckener et al., 2020; Gyllenhammar et al., 2025; Hull et al., 2023). Voor de andere PFAS is een dalende tendens minder evident.

6.2 Vergelijking interne blootstelling in de aandachtsgebieden met de rest van Nederland (doel 2)

De metingen van bloed in mensen uit de regio’s Dordrecht en Westerschelde bevestigen eerdere onderzoeken van het RIVM waarin verhoogde PFAS-waarden werden gevonden in bloed van omwonenden van Chemours en de Westerschelde (Bil et al., 2025; Van Poll et al., 2017) en in gewassen en dierlijke producten rondom Chemours en uit

en rondom de Westerschelde (Boon & te Biesebeek, 2022; Front Office Voedsel- en productveiligheid, 2024; Zwartsen & Boon, 2022).

In de regio Dordrecht werd een verhoogde concentratie PFOA, vastgesteld. De mediane en P90 concentraties in Dordrecht waren respectievelijk een factor 1,1 en 1,2 hoger dan in de rest van Nederland, maar lager dan in de PIENTER-PFAS studie (Bil et al., 2025).

In de regio Westerschelde-Noord werden verhoogde concentraties PFNA, PFDA en PFOS vastgesteld ten opzichte van de rest van Nederland. Van deze drie PFAS was de grootste verhoging in concentraties te zien voor de P95 waarde die ongeveer een factor 2 hoger zijn. De huidige bloedwaarden in de regio Westerschelde-Noord waren echter lager dan in de PIENTER-PFAS studie (Bil et al., 2025).

In de regio Westerschelde-Zuid werd een verhoogde concentratie aan PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFHpS, PFHxS en PFOS gevonden. Van de PFAS met een verhoogde concentratie in deze regio waren de hoogste concentraties van PFOS, waarvan de mediane en P95 concentraties in de regio Westerschelde-Zuid respectievelijk een factor 2 en 5 hoger liggen dan in de rest van Nederland.

De hogere PFAS bloedwaarden in de aandachtsgebieden leidden tot een groter percentage van de volwassenen met een cumulatieve PFAS bloedwaarden boven de HBM-GV in vergelijking tot de rest van Nederland, waarbij het grootste verschil werd gevonden voor de regio Westerschelde-Zuid en het kleinste verschil voor de regio Dordrecht.

Dankbetuiging

De auteurs danken Els Bauwens, Banu Emeksiz, Kathelijne D'Hoore, Sam Heirman, Janne Simoens en Vera Coopman van Eurofins Forensics te Brugge voor het uitvoeren van de PFAS-metingen in bloed en Miranda van der Made van Eurofins Clinical Diagnostics te Rijswijk voor het organiseren van de transporten van de bloedmonsters naar het meetlab in Brugge. Ook danken de auteurs de medewerkers van de donatiecentra van Sanquin voor het informeren en includeren van de donors, van het Nationaal Screeningslaboratorium van Sanquin voor het veiligstellen van de monsters van de donors na informed consent en van de afdeling Uitgifte van Sanquin voor het voorbereiden van de bloedmonsters voor transport. Femmeke Prinsze van Sanquin willen we bedanken voor het maken van een overzicht van donorgeschiedenis van de deelnemers. Verder willen we Maarten Schipper (RIVM) danken voor het uitvoeren van de statistische analyses, Ben Bom (RIVM) voor het maken van de visuele weergave van de verspreiding van de donors over Nederland en William Schuch (RIVM) voor het maken van de visuele weergave van de afnamelocaties. RIVM-collega's Bas Bokkers en Hannah McKeon zijn wij erkentelijk voor het kritisch doorlezen van de conceptversie van dit rapport. Tot slot willen de bloeddonors van Sanquin bedanken voor het deelnemen aan de studie.

Literatuur

Affourtit, F., & Verbruggen, T. (2025). Inventarisatie en prioritering van PFAS-bronnen anders dan voedsel en drinkwater. RIVM Briefrapport No. 2025-0118. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2025-0118.pdf

Affourtit, F., Zoutendijk, S., & te Biesebeek, J. (2026). Comparison of PFAS exposure from non-food sources versus food and drinking water. RIVM Briefrapport No. 2026-0073.

Atsma, F., Veldhuizen, I., de Vegt, F., Doggen, C., & de Kort, W. (2011). Cardiovascular and demographic characteristics in whole blood and plasma donors: results from the Donor InSight study. *Transfusion*, *51*, 412–420. https://doi.org/doi:10.1111/j.1537-2995.2010.02867.x

Bautista, A., Fernandez-Tardon, G., Rodríguez-Suárez, M. M., Tardon, A., Bravo, N., Garí, M., Grimalt, J. O., Llorca, M., & Farré, M. (2026). Per-and polyfluoroalkyl Substances in urine samples from eight-year-old children living in Northwest Spain. *Molecules*, *31*(5), 900. https://doi.org/10.3390/molecules31050900

Bil et al. (Submitted). Mixture risk assessment based on human biomonitoring data in children, women of childbearing age, adults, and workers: A case study with up to ten per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Environment International*.

Bil, W., Ehrlich, V., Chen, G., Vandebriel, R., Zeilmaker, M., Luijten, M., Uhl, M., Marx-Stoelting, P., Halldorsson, T. I., & 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. *Environment International*, *171*, 107727. https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107727

Bil, W., McKeon, H. P., Chen, G., Sam, M. L. S. P., Grift, I. D., van der Klis, F. R. M., Vos, E. R. A., Schipper, M., de Wit-Bos, L., Mengelers, M., Bokkers, B. G. H., & Nederlof, R. (2025). PFAS in bloed van de Nederlandse bevolking. RIVM Briefrapport No. 2025-0094. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2025-0094.pdf.

Bil, W., Nederlof, R., & Bokkers, B. G. H. (2026). PFAS in moedermelk van Nederlandse vrouwen. RIVM Letter Report No. 2026-0026. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2026-0028.pdf.

Bil, W., Zeilmaker, M., & Bokkers, B. (2022a). Internal relative potency factors for the risk assessment of mixtures of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in human biomonitoring. *Environmental Health Perspectives*, *130*(7), 77005. https://doi.org/10.1289/EHP10009

Bil, W., Zeilmaker, M., Fragki, S., Lijzen, J., Verbruggen, E., & Bokkers, B. (2022b). Response to letter to the editor on Bil et al. 2021 "Risk assessment of per-and polyfluoroalkyl substance mixtures: A relative potency factor approach". *Environmental Toxicology and Chemistry*, *41*(1), 13–18. https://doi.org/10.1002/etc.5236

Boon, P., Schepens, M., & te Biesebeek, J. (2024). Risicobeoordeling van PFAS in particuliere eieren uit de regio Zuid-Holland Zuid en de gemeente Altena. RIVM Rapport No. 2024-0051. https://doi.org/10.21945/RIVM-2024-0051

Boon, P., & te Biesebeek, J. (2022). Risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen uit moestuinen in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden. RIVM Briefrapport No. 2022-0010. https://doi.org/10.21945/RIVM-2022-0010

Bulder, A., van der Aa, M., Affourtit, F., Bakker, M., Bil, W., Bokkers, B., Boon, P., Hartmann, J., Mengelers, M., Montforts, M., Naus, F., Nederlof, R., van Wijk, S., Wintersen, A., & de Wit, L. (2024). PFAS-onderzoeksprogramma RIVM. Inventarisatie beschikbare informatie en afbakening onderzoek. RIVM Rapport No. 2024-0104. https://doi.org/10.21945/RIVM-2024-0104

Carpay et al. (In Prep.). Geographical Distribution and Predictors of PFAS levels in Serum and Breastmilk across the Netherlands.
CET PSH GOR. (2022). Nut en noodzaak van gezondheidsonderzoek naar aanleiding van PFAS in de Westerschelde. https://www.ggdzeeland.nl/app/uploads/2025/06/Advies-CET-PSH-GOR-PFAS-in-de-Westerschelde.pdf.

Cheng, L., Teagle, S., Enders, J. R., Weed, R. A., Nichols, H. B., Knappe, D. R., & Hoppin, J. A. (2025). Historical blood serum samples from Wilmington, North Carolina: the importance of ultrashort-chain per-and polyfluoroalkyl substances. *Environmental science & technology*, *59*(43), 23125–23135. https://doi.org/10.1021/acs.est.5c08146

Conley, J. M., Lambright, C. S., Evans, N., Bangma, J., Ford, J., Hill, D., & Gray Jr, L. E. (2024a). Long-chain perfluoroalkylether carboxylic acids PFO5DoA and PFO4DA alter glucose, bile acid, and thyroid hormone homeostasis in fetal rats from 5-day maternal oral exposure. *Environmental Research*, *263*, 120210. https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.120210

Conley, J. M., Lambright, C. S., Evans, N., Bangma, J., Ford, J., Hill, D., Medlock-Kakaley, E., & Gray, L. E., Jr. (2024b). Maternal and neonatal effects of maternal oral exposure to Perfluoro-2-methoxyacetic acid (PFMOAA) during pregnancy and early lactation in the Sprague-Dawley rat. *Environmental Science and Technology*, *58*(2), 1064–1075. https://doi.org/10.1021/acs.est.3c08559

Conley, J. M., Lambright, C. S., Evans, N., Farraj, A. K., Smoot, J., Grindstaff, R. D., Hill, D., McCord, J., Medlock-Kakaley, E., & Dixon, A. (2023). Dose additive maternal and offspring effects of oral maternal exposure to a mixture of three PFAS (HFPO-DA, NBP2, PFOS) during pregnancy in the Sprague-Dawley rat. *Science of The Total Environment*, *892*, 164609. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164609

Consortium Eurofins. (2025). Grootschalig bloedonderzoek PFAS in de omgeving van de 3M-fabriek in Zwijndrecht 2023-2025. https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1742242509/repositories-prd/Wetenschappelijk_rapport_grootschalig_bloedonderzoek_PFAS_draft_bgevqj.pdf.

de Kort, M., de Jong, C., Verhoeven, J., Boon, P., & Verschoor, A. (2019). Verspreiding van GenX stoffen in het milieu: Metingen in Nederland 2013-2018. RIVM Report No. 2019-0083. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2019-0083.pdf.

EFSA. (2020). Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA J*, *18*(9), e06223. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6223

Ehrlich, V., Bil, W., Vandebriel, R., Granum, B., Luijten, M., Lindeman, B., Grandjean, P., Kaiser, A. M., Hauzenberger, I., Hartmann, C., Gundacker, C., & Uhl, M. (2023). Consideration of pathways for immunotoxicity of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Environmental Health*, *22*(1), 19. https://doi.org/10.1186/s12940-022-00958-5

Elberse, J., Zonneveld, M., von den Benken, M., Bogers, R., Bergstra, A., van de Weijgert, V., Bekker, C., de Zwart, F., Houweling, D., Noorda, J., Wijten, J., & Gooijer, L. (2024). Verkenning Chemours en de Westerschelde; advies voor onderzoeken naar PFAS in deze regio's. RIVM Kennisnotitie No. KN-2024-0049. https://doi.org/10.21945/RIVM-KN-2024-0049

Frenoy, P., Cano-Sancho, G., Antignac, J. P., Marchand, P., Marques, C., Ren, X., Severi, G., Perduca, V., & Mancini, F. R. (2024). Blood levels of persistent organic pollutants among women in France in the 90's: Main profiles and individual determinants. *Environmental Research*, *258*, 119468. https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119468

Front Office Voedsel- en productveiligheid. (2024). Beoordeling over de overdracht en kinetiek van PFOS in lam, schaap en rund. https://www.rivm.nl/sites/default/files/2024-12/Beoordeling%20over%20de%20overdracht%20en%20kinetiek%20van%20PFOS%20in%20lam%2C%20schaap%20en%20rund.pdf

Gasiorowski, R., Forbes, M. K., Silver, G., Krastev, Y., Hamdorf, B., Lewis, B., Tisbury, M., Cole-Sinclair, M., Lanphear, B. P., Klein, R. A., Holmes, N., & Taylor, M. P. (2022). Effect of Plasma and Blood Donations on Levels of Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances in Firefighters in Australia: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open*, *5*(4), e226257. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.6257

Gezondheidraad. (2024). *Meetprogramma voor blootstelling aan chemische stoffen* (2024/07). https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/2024/04/25/advies-meetprogramma-voor-blootstelling-aan-chemische-stoffen

Gluge, J., Scheringer, M., Cousins, I. T., DeWitt, J. C., Goldenman, G., Herzke, D., Lohmann, R., Ng, C. A., Trier, X., & Wang, Z. (2020). An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Environmental Science: Processes and Impacts*, *22*(12), 2345–2373. https://doi.org/10.1039/d0em00291g

Göckener, B., Weber, T., Rüdel, H., Bücking, M., & Kolossa-Gehring, M. (2020). Human biomonitoring of per- and polyfluoroalkyl substances in German blood plasma samples from 1982 to 2019. *Environment International*, *145*, 106123. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106123

Gyllenhammar, I., Benskin, J. P., Plassmann, M., Kruså, M., McCleaf, P., Kallerman, P. H., Lampa, E., & Glynn, A. (2025). PFAS in first-time mothers from Sweden: temporal trends and the impact from fish/seafood consumption and drinking water exposure. *Environment International*, *202*, 109671.

Holzer, J., Lilienthal, H., & Schumann, M. (2021). Human Biomonitoring (HBM)-I values for perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) - Description, derivation and discussion. Regul Toxicol Pharmacol, 121, 104862. https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2021.104862

Hron, L. M. C., Wöckner, M., Fuchs, V., Fembacher, L., Aschenbrenner, B., Herr, C., Schober, W., Heinze, S., & Völkel, W. (2024). Monitoring of per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in human blood samples collected in three regions with known PFAS releases in the environment and three control regions in South Germany. *Archives of Toxicology*, *98*(11), 3727–3738.

Hull, S. D., Deen, L., Petersen, K. U., Jensen, T. K., Hammer, P., Wils, R. S., Frankel, H. N., Ostrowski, S. R., & Tøttenborg, S. S. (2023). Time trends in per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) concentrations in the Danish population: a review based on published and newly analyzed data. *Environmental Research*, *237*, 117036. https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117036

IRAS. (2022). Memo PFAS concentraties in de Zeeuwse wateren. https://www.rijksoverheid.nl/documenten/brieven/2022/10/19/bijlage-memo-uu-pfas-zeeland-2022.

Iulini, M., Bettinsoli, V., Maddalon, A., Galbiati, V., Janssen, A. W. F., Beekmann, K., Russo, G., Pappalardo, F., Fragki, S., Paini, A., & Corsini, E. (2025). In vitro approaches to investigate the effect of chemicals on antibody production: the case study of PFASs. *Archives of Toxicology*, *99*, 2075–2086. https://doi.org/10.1007/s00204-025-03993-6

Jain, R. B., & Ducatman, A. (2022). Serum concentrations of selected perfluoroalkyl substances for US females compared to males as they age. *Science of The Total Environment*, *842*, 156891. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156891

Janssen, A. W. F., Jansen-Holleboom, W., Rijkers, D., Louisse, J., Hoekstra, S. A., Schild, S., Vrolijk, M. F., Hoogenboom, L. R., & Beekman, K. (2024). Determination of in vitro immunotoxic potencies of a series of perfluoralkylsubstances (PFASs) in human Namalwa B lymphocyte and human Jurkat T lymphocyte cells. *Frontiers in Toxicology*, *6*, 1347965. https://doi.org/https://doi.org/10.3389/ftox.2024.1347965

Jaus, A., Rime, C. F., Riou, J., Brüschweiler, B. J., Bochud, M., & von Goetz, N. (2025). Serum biomonitoring of per-and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in the adult population of Switzerland: Results from the pilot phase of the Swiss health study. *Environment International*, *198*, 109382. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109382

Jensen, I. K. B., Budtz-Jørgensen, E., Lindh, C., Roland, C. B., de Place Knudsen, S., Bendix, J. M., Molsted, S., Clausen, T. D., Stallknecht, B., & Mortensen, O. H. (2025). Serum concentrations of per-and poly-fluoroalkyl substances (PFAS) in Danish pregnant women—temporal trends during pregnancy, correlations with partners, associations with physical activity, and blood lipid concentrations. *Environmental Health*, *24*(1), 16. https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12940-025-01170-x

Juncker, H. G., Mulleners, S. J., van Gils, M. J., de Groot, C. J. M., Pajkrt, D., Korosi, A., van Goudoever, J. B., & van Keulen, B. J. (2021). The Levels of SARS-CoV-2 Specific Antibodies in Human Milk Following Vaccination. *Journal of Human Lactation*, *37*(3), 477–484. https://doi.org/10.1177/08903344211027112

Kannan, K., Corsolini, S., Falandysz, J., Fillmann, G., Kumar, K. S., Loganathan, B. G., Mohd, M. A., Olivero, J., van Wouwe, N., Yang, J. H., & Aldous, K. M. (2004). Perfluorooctanesulfonate and Related Fluorochemicals in Human Blood from Several Countries. *Environmental science & technology*, *38*(17), 4489–4495. https://doi.org/10.1021/es0493446

Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes. (2020). HBM-II-Werte für Perfluoroctansäure (PFOA) und Perfluoroctansulfonsäure (PFOS) in Blutplasma – Stellungnahme der Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, 63(3), 356-360. https://doi.org/10.1007/s00103-020-03101-2

Muir, D. C., Freeling, F., Nilsson, S., Bugsel, B., Bowles, K., Hobson, P., Toms, L.-M., & Mueller, J. F. (2025). Trifluoroacetic acid in Australian human urine samples. *Environmental Science & Technology Letters*, *12*(10), 1411–1417. https://doi.org/10.1021/acs.estlett.5c00678

Nederlof, R., Vlaanderen, J., Mengelers, M., McKeon, H., Brouwer, M., & van Klaveren, J. (2026). Een programma om chemische stoffen bij inwoners van Nederland te meten. Voorstel voor humane biomonitoring. RIVM Briefrapport No. 2025-0138. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2025-0138.pdf.

Olsen, G. W., Huang, H. Y., Helzlsouer, K. J., Hansen, K. J., Butenhoff, J. L., & Mandel, J. H. (2005). Historical comparison of perfluorooctanesulfonate, perfluorooctanoate, and other fluorochemicals in human blood. *Environmental Health Perspectives*, *113*(5), 539–545. https://doi.org/10.1289/ehp.7544

Oomen, A. G., & Herremans, J. M. M. (2017). Betekenis resultaten bloedonderzoek PFOA omwonenden DuPont/Chemours. RIVM Briefrapport No. 2017-0101. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2017-0101.pdf.

Peng, L., Xu, W., Zeng, Q., Sun, F., Guo, Y., Zhong, S., Wang, F., & Chen, D. (2022). Exposure to perfluoroalkyl substances in waste recycling workers: Distributions in paired human serum and urine. *Environment International*, *158*, 106963. https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106963

Pizzurro, D. M., Seeley, M., Kerper, L. E., & Beck, B. D. (2019). Interspecies differences in perfluoroalkyl substances (PFAS) toxicokinetics and application to health-based criteria. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, *106*, 239–250. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2019.05.008

Plass, D., Beloconi, A., Bessems, J., Buekers, J., Kienzler, S., Martinez, G. S., Purece, A., & Vounatsou, P. (2025). Estimating the environmental burden of disease resulting from exposure to chemicals in European countries - Potentials and challenges revealed in selected case studies. *Environmental Research*, *269*, 120828. https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.120828

Poothong, S., Thomsen, C., Padilla-Sanchez, J. A., Papadopoulou, E., & Haug, L. S. (2017). Distribution of novel and well-known poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs) in human serum, plasma, and whole blood. *Environmental Science & Technology*, *51*(22), 13388–13396. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b03299

Poulson, O.M., Holst, E., Christensen, J.M. (1997). Calculation and application of coverage intervals for biological reference values (Technical Report). *Pure & Applied Chemistry*, 69, 1601–1612. https://doi.org/10.1351/pac199769071601

R Core Team. (2026). *_R: A Language and Environment for Statistical*. In Computing_. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/.

RDC of the Federal Statistical Office and Statistical Offices of the Länder. (2022). Regulations on the analysis of microdata. https://www.forschungsdatenzentrum.de/sites/default/files/RDC_regulations-microdata_2022.pdf.

Reardon, A. J. F., Rowan-Carroll, A., Ferguson, S. S., Leingartner, K., Gagne, R., Kuo, B., Williams, A., Lorusso, L., Bourdon-Lacombe, J. A., Carrier, R., Moffat, I., Yauk, C. L., & Atlas, E. (2021). Potency Ranking of Per- and Polyfluoroalkyl Substances Using High-Throughput Transcriptomic Analysis of Human Liver Spheroids. *Toxicological Sciences*, *184*(1), 154–169. https://doi.org/10.1093/toxsci/kfab102
RIVM. (2021). Memorandum on the implementation of the EFSA sum TWI of PFASs. Retrieved on 05/03/2025 from https://www.rivm.nl/documenten/memorandum-on-implementation-of-efsa-sum-twi-of-pfass.

Schepens, M., te Biesebeek, J., Hartmann, J., van der Aa, N., Zijlstra, R., & Boon, P. (2023). Risk assessment of exposure to PFAS through food and drinking water in the Netherlands. RIVM Rapport No. 2023-0011. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2023-0011.pdf

Schumann, M., Lilienthal, H., & Holzer, J. (2021). Human biomonitoring (HBM)-II values for perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) - Description, derivation and discussion. Regul Toxicol Pharmacol, 121, 104868. https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2021.104868

Timmer, T. C., de Groot, R., Habets, K., Merz, E. M., Prinsze, F., J., Atsma, F., de Kort, W. L. A. M., & van den Hurk, K. (2019). Donor InSight: characteristics and representativeness of a Dutch cohort study on blood and plasma donors. *Vox Sanguinis*, *114*, 117–128. https://doi.org/DOI: 10.1111/vox.12731

Umweltbundesamt. (2018). Ableitung von HBM-I-Werten für Perfluoroktansäure (PFOA) und Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) – Stellungnahme der Kommission „Humanbiomonitoring" des Umweltbundesamts. Bundesgesundheitsbl, 61, 474–487. https://doi.org/doi.org/10.1007/s00103-018-2709-z

van Duursen, M. B. M. (2025). Position paper M. van Duursen t.b.v. rondetafelgesprek PFAS d.d. 10 april 2025 (2025D14880). https://berthub.eu/tkconv/document.html?nummer=2025D14880
Van Poll, R., Jansen, E., & Janssen, R. (2017). PFOA-metingen in bloed. Metingen in serum bij omwonenden van DuPont/Chemours te Dordrecht. RIVM Rapport No. 2017-0077. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2017-0077.pdf.

Verberk, J. D. M., Vos, R. A., Mollema, L., van Vliet, J., van Weert, J. W. M., de Melker, H. E., & van der Klis, F. R. M. (2019). Third national biobank for population-based seroprevalence studies in the Netherlands, including the Caribbean Netherlands. *BMC Infectious Diseases*, *19*(1), 470. https://doi.org/10.1186/s12879-019-4019-y

Vorkamp, K., Castano, A., Antignac, J. P., Boada, L. D., Cequier, E., Covaci, A., Esteban Lopez, M., Haug, L. S., Kasper-Sonnenberg, M., Koch, H. M., Perez Luzardo, O., Osite, A., Rambaud, L., Pinorini, M. T., Sabbioni, G., & Thomsen, C. (2021). Biomarkers, matrices and analytical methods targeting human exposure to chemicals selected for a European human biomonitoring initiative. *Environment International*, *146*, 106082. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106082

WHO. (2026). Key ingested per- and poly-fluoroalkyl substances (PFAS) and their health effects: landscape review. https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/549ad567-63a7-4f23-9e61-bca25444219b/content

WHO/IPCS. (2012). Guidance for immunotoxicity risk assessment for chemicals. IPCS harmonization project document No. 10. https://apps.who.int/iris/handle/10665/330098

Yeung, L. W., Husøy, T., Jiao, E., Nauta, W., Herzke, D., Haug, L. S., Geuer, J., Andreassen, M., & Dirven, H. (2026). Extractable organofluorine (EOF) and target PFAS, including trifluoroacetic acid (TFA), in human serum from a Norwegian cohort, with a case study on the impact of fluorinated pharmaceuticals. *Environment International*, 110280.

Zeilmaker, M., Janssen, P., Versteegh, A., van Pul, A., de Vries, W., Bokkers, B., Wuijts, S., Oomen, A., & Herremans, J. (2016). Risicoschatting emissie PFOA voor omwonenden : Locatie: DuPont/Chemours, Dordrecht, Nederland. RIVM Briefrapport No. 2016-0049. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0049.pdf.

Zheng, G., Eick, S. M., & Salamova, A. (2023). Elevated levels of ultrashort-and short-chain perfluoroalkyl acids in US homes and people. *Environmental science & technology*, *57*(42), 15782–15793. https://doi.org/10.1021/acs.est.2c06715

Zwartsen, A., & Boon, P. E. (2022). Consumptie van producten verontreinigd met PFAS uit de Westerschelde. RIVM Briefrapport No. 2022-0020. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2022-0020.pdf.

Bijlage 1 Lijst met vragen die gesteld zijn aan de donors in de bloeddonorstudie

Vragenlijst PFAS

Beste donor,

Bedankt voor uw interesse om deel te nemen aan de PFAS studie!

Graag willen wij u vragen om deze vragenlijst op de afnamelocatie in te vullen en af te ronden. De vragenlijst neemt maximaal 10 minuten in beslag.

Alleen als uw vragenlijst volledig is afgerond kunnen wij uw resultaten goed verwerken en meenemen in de studie. Bedankt voor uw begrip!

Vriendelijke groet, Het PFAS-onderzoeksteam

Toestemmingsformulier

- Ik heb de informatiebrief gelezen. Ook kon ik vragen stellen. Mijn vragen zijn goed genoeg beantwoord. Ik had genoeg tijd om te beslissen of ik meedoe.
- Ik weet dat meedoen vrijwillig is. Ook weet ik dat ik op ieder moment kan beslissen om toch niet mee te doen met het onderzoek. Of om ermee te stoppen. Ik hoef dan niet te zeggen waarom ik wil stoppen.
- Ik geef Sanquin toestemming om eenmalig restbuizen bloed van deze donatie en gegevens van de vragenlijst en over mijn donaties te gebruiken voor het project “PFAS blootstelling in Nederland” van het RIVM.
- Ik ben me ervan bewust dat ik mijn toestemming op elk moment kan intrekken. Ik ben mij ervan bewust en ga ermee akkoord dat ik de uitslag van de PFAS test niet kan opvragen.
- Ik geef Sanquin toestemming om mij een korte online vragenlijst te sturen en de antwoorden van deze vragenlijst gecodeerd door te sturen aan het RIVM.
- Ik geef toestemming om mijn gegevens nog 10 jaar na dit onderzoek te bewaren binnen RIVM/ Sanquin.
- Ik geef toestemming om mijn meetgegevens (PFAS-waarden in bloed) nog 10 jaar na dit onderzoek te bewaren binnen het onderzoekslaboratorium Eurofins.
- Ik wil meedoen aan dit onderzoek.

○ Ja, ik wil meedoen aan dit onderzoek

○ Nee, ik wil niet meedoen aan dit onderzoek

Wat is uw donornummer?
Uw donornummer kunt u bovenaan vinden in uw mails van Sanquin, of door in te loggen op MijnSanquin. Hier staat uw donornummer vermeldt op uw donorpas. U kunt deze ook aan de Sanquin-medewerker vragen.

_____

Wat is de datum van de donatie die u nu gaat doen? Instructie: Vul dit in als: (dd/mm/yyyy) *bijvoorbeeld 28/03/2025*

_____

Vragenlijst PFAS in restbloed We stellen u eerst een aantal algemene vragen over uw leeftijd, geslacht, opleiding en beroep

Wat is uw leeftijd in jaren?

_____

Voor het onderzoek is het van belang dat wij uw biologisch geslacht weten. U bent van geboorte:

- ○ Man
- ○ Vrouw

Wat is uw hoogst voltooide opleiding?

- ○ Geen opleiding (lager onderwijs niet afgemaakt)
- ○ Lager onderwijs (basisschool, speciaal basisonderwijs)
- ○ Lager of voorbereidend beroepsonderwijs (zoals LTS, LEAO, LHNO, LBO, VMBO-(BB, KB, GL))
- ○ Middelbaar algemeen voortgezet onderwijs (zoals MAVO, (M)ULO, MBOkort, VMBO-TL)
- ○ Middelbaar beroepsonderwijs en beroepsbegeleidend onderwijs (zoals MBOlang, MTS, MEAO, BOL, BBL, INAS)
- ○ Hoger algemeen en voorbereidend wetenschappelijk onderwijs (zoals HAVO, VWO, Atheneum, Gymnasium, HBS, MMS)
- ○ Hoger beroepsonderwijs (zoals HBO, HTS, HEAO, kandidaatswetenschappelijk onderwijs)
- ○ Wetenschappelijk onderwijs (universiteit)

Komt u tijdens uw werk in aanraking met producten met PFAS zoals blusschuim, ski-wax, waterafstotend impregneermiddel voor textiel en leer, of smeermiddel (in de vorm van PTFE spray)?

- ○ Ja, dagelijks

- ○ Ja, wekelijks
- ○ Ja, maandelijks
- ○ Nee
- ○ Weet ik niet

Voor ons onderzoek is het belangrijk om te weten waar u een groot deel van uw tijd verblijft. We stellen daarom nu een paar vragen over waar u woont, werkt of om andere redenen langer dan 3 dagen per week verblijft. Korte verblijven of een vakantie tellen niet mee.

Wat is uw 4-cijferige postcode van uw woonplaats?

_____

Hoe lang woont u in deze woonplaats?

- ○ Minder dan 5 jaar
- ○ Tussen de 5 en 10 jaar
- ○ Meer dan 10 jaar

Display this question:
If Hoe lang woont u in deze woonplaats? = Minder dan 5 jaar

Als u minder dan 5 jaar in uw woonplaats woont, wat was de 4 cijferige postcode van uw vorige woonplaats?

_____

Display this question:
If Hoe lang woont u in deze woonplaats? = Minder dan 5 jaar

Hoe lang woonde u in uw vorige woonplaats?

- ○ Minder dan 5 jaar
- ○ Tussen de 5 en 10 jaar
- ○ Meer dan 10 jaar

Werkt u 3 of meer dagen per week in een andere plaats dan uw woonplaats de afgelopen 5 jaar?

- ○ Ja
- ○ Nee
- ○ Niet van toepassing, ik heb de afgelopen 5 jaar in veel verschillende plaatsen gewerkt

Display this question:
If Werkt u 3 of meer dagen per week in een andere plaats dan uw woonplaats de afgelopen 5 jaar? = Ja

Wat is de viercijferige postcode van de plaats waar u werkt?

_____

Display this question:
If Werkt u 3 of meer dagen per week in een andere plaats dan uw woonplaats de afgelopen 5 jaar? = Niet van toepassing, ik heb de afgelopen 5 jaar in veel verschillende plaatsen gewerkt
In welke provincie werkte u de afgelopen 5 jaar het meest (meerdere antwoorden mogelijk)?

- ☐ Drenthe
- ☐ Flevoland
- ☐ Friesland
- ☐ Gelderland
- ☐ Groningen
- ☐ Limburg
- ☐ Noord-Brabant
- ☐ Noord-Holland
- ☐ Overijssel
- ☐ Utrecht
- ☐ Zeeland
- ☐ Zuid-Holland

Verblijft u 3 of meer dagen per week in een andere plaats dan u werkt of woont (bijvoorbeeld omdat u een tweede woning hebt of bij vrienden/familie logeert)?

- ○ Ja
- ○ Nee

Display this question:
If Verblijft u 3 of meer dagen per week in een andere plaats dan u werkt of woont (bijvoorbeeld omda... = Ja

Wat is de viercijferige postcode van deze plaats?

_____

End of Block: Introductie

Start of Block: Menstruatie vrouwen

Bloedverlies kan effect hebben op het PFAS-gehalte in bloed. Wij stellen u daarom nu een paar vragen stellen die te maken hebben met bloedverlies naast bloed en plasmadonatie, over menstruatie bij geboren vrouwen en het aantal kinderen die zij gebaard hebben.

Hoe oud was u toen u voor het eerst menstrueerde? *Indien u het niet meer precies weet kunt u een antwoord bij benadering geven.*

- Jonger dan 10 jaar
- 10 -11 jaar
- 12-13 jaar
- 14-15 jaar
- 16 jaar of ouder
- Ik heb nog nooit gemenstrueerd
- Weet ik niet

Display this question:
If Hoe oud was u toen u voor het eerst menstrueerde? Indien u het niet meer precies weet kunt u een... != Ik heb nog nooit gemenstrueerd

Menstrueert u nog?

- Ja
- Nee

Display this question:
If Menstrueert u nog? = Nee

Hoe oud was u toen u voor het laatst menstrueerde? *Indien u het niet meer precies weet kunt u een antwoord bij benadering geven.*

- Jonger dan 30 jaar

- ○ 30-35 jaar
- ○ 36-40 jaar
- ○ 41-45 jaar
- ○ 46-50 jaar
- ○ 51-55 jaar
- ○ Ouder dan 55 jaar
- ○ Weet ik niet

Display this question:
If Menstrueert u nog? = Ja

Zijn uw menstruaties

- ○ Licht
- ○ Normaal
- ○ Zwaar

☐ **End of Block: Menstruatie vrouwen**

○

Start of Block: Kinderen vrouwen

Heeft u kinderen gebaard? *Dit betreft alleen kinderen waarvan u zelf van bevallen bent.*

- ○ Ja
- ○ Nee

Display this question:
If Heeft u kinderen gebaard? Dit betreft alleen kinderen waarvan u zelf van bevallen bent. = Ja
Hoeveel kinderen heeft u gebaard?

- ○ 1
- ○ 2
- ○ 3
- ○ 4
- ○ 5

- ○ 6
- ○ 7
- ○ 8 of meer

Display this question:
If Heeft u kinderen gebaard? Dit betreft alleen kinderen waarvan u zelf van bevallen bent. = Ja

Heeft u borstvoeding gegeven?

- ○ Ja
- ○ Nee

Display this question:
If Heeft u borstvoeding gegeven? = Ja

Hoe lang heeft u ongeveer in totaal borstvoeding gegeven? *Dit betreft alle maanden die u borstvoeding aan al uw kind(eren) bij elkaar opgeteld hebt gegeven*

- ○ Ik weet niet hoe lang
- ○ Minder dan 1 maand
- ○ 1-3 maanden
- ○ 3-6 maanden
- ○ 6-12 maanden
- ○ 12-18 maanden
- ○ 18-24 maanden
- ○ Langer dan 24 maanden

☐ **End of Block: Kinderen vrouwen**

○

Start of Block: Eindtekst

Hartelijk dank voor het invullen van de vragenlijst!

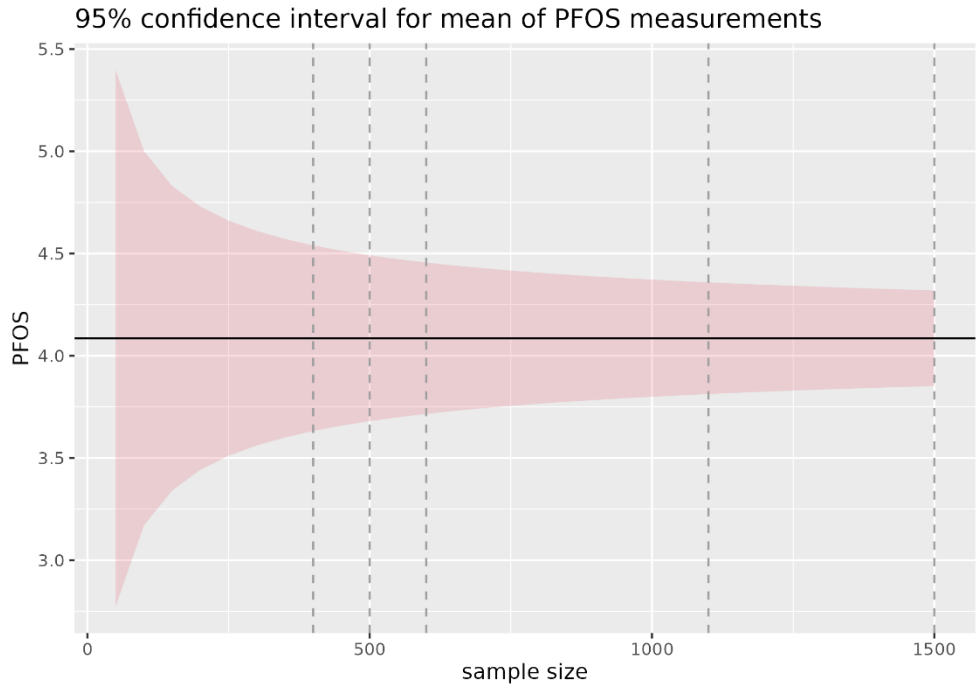
☐ **End of Block: Eindtekst**

○

Bijlage 2 Precisieberekening ten behoeve van de steekproefgroottebepaling voor heel Nederland

De Gezondheidsraad schatte in hun advies van 2024 dat voor een Nederlands biomonitoringsprogramma ten minste 1.500 deelnemers per meetcyclus nodig zijn. Hierbij wordt vanuit gegaan dat er een aantal verschillende leeftijdsgroepen en verschillende sociale groepen worden geïncludeerd. De Gezondheidsraad baseerde deze aantallen op ervaring in het buitenland, zoals Duitsland en Vlaanderen (Gezondheidsraad 2024). Voor de bloeddonorstudie is onderzocht hoeveel mensen in Nederland mee zouden moeten doen om een representatief beeld te krijgen van het PFAS-gehalte in het bloed van Nederlandse mensen (dus zonder de aandachtsgebieden Dordrecht, Westerschelde-Noord en Westerschelde-Zuid). Hiervoor is een precisieberekening uitgevoerd voor de gemiddelde PFOS-waarde in bloedserum van Nederlandse mensen. Er is gekozen voor PFOS, omdat bijna iedereen in Nederland deze PFAS in het bloed heeft zitten en deze PFAS een belangrijke bijdrage levert aan de totale PFAS-blootstelling (Bil et al., 2025). Hierbij is gebruik gemaakt van de verdeling van de T-PFOS-bloedwaarden van de PIENTER-PFAS studie. Figuur B2.1 laat zien dat, uitgaande van een lognormale verdeling, het 95%-betrouwbaarheidsinterval rond de gemiddelde PFOS-waarde in bloedserum van Nederlandse mensen bij een steekproefgrootte van 600 minimaal (ongeveer 3%) afwijkt van die bij een steekproefgrootte van 1500 deelnemers. De werkelijke gemiddelde PFOS-waarde in bloedserum bij een steekproefgrootte van 1500 deelnemers bevindt zich tussen de 3,9 en 4,3 µg/L. Voor een steekproefgrootte van 600 deelnemers is dit tussen de 3,7 en 4,5 µg/L. Er is daarom voor een steekproefgrootte van 600 donors gekozen voor donors uit heel Nederland (dus zonder de aandachtsgebieden).

Figuur B2.1 Het 95%-betrouwbaarheidsinterval rond de gemiddelde T-PFOS-waarde in bloedserum van Nederlandse mensen uitgaande van een lognormale verdeling van PFOS-waarden in bloedserum en uitgaande van diverse steekproefgroottes.



Bijlage 3 Effect van bloedafname- en opslagcondities op de PFAS-metingen

Bij de afnamelocaties van Sanquin is bloed verzameld met vacuettebuizen van Greiner (speciale stolbuizen met *Serum Sep Clot Activator* waardoor het bloed makkelijker stolt en het bloedserum gemakkelijke gescheiden kan worden van de bloedcellen). Deze buizen zijn gemaakt van polyethyleentereftalaat (PET) en voldeed daarmee niet aan de eis die van toepassing is op de standaard werkprocedure van het onderzoekslaboratorium Eurofins Forensics in Brugge (België) die polystyreenbuizen vereist. Ook de bewaarcondities (48-72 uur bij kamertemperatuur) van de bloedmonsters van Sanquin was anders dan de standaard werkprocedure van Eurofins voorschrijft. Het laboratorium heeft daarom getest of de afwijkende afname- en bewaarprocedure van het bloed effect heeft op de PFAS-metingen.

Bij 7 testpersonen op de Eurofins Forensics locatie werd bloed afgenomen in twee vacuettebuizen van Greiner (referentienummer 456290 van Sanquin). Een buis werd opgewerkt volgens de standaard werkprocedure en bij een andere buis werden de bewaarcondities van de bloedmonsters van Sanquin gesimuleerd. Daarna is PFAS in de bloedserummonsters gemeten volgens de standaard werkprocedure van Eurofins Forensics. L-PFOA, PFNA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, L-PFHxS, PFHpS, L-PFOS en V-PFOS waren meetbaar in een of meerdere bloedserummonsters. Het verschil tussen de PFAS-meetwaarden in de buis die de standaardcondities van Eurofins Forensics had doorlopen en de buis die de gesimuleerde bewaarcondities van de bloedbuizen van Sanquin had doorlopen viel binnen de meetonzekerheid van 15%, behalve voor een buis. Daar was het verschil in PFHpS tussen de twee bewaarcondities 15,86%. Het laboratorium concludeerde dat dit een beperkte overschrijding van de eis. Het onderzoek met de buizen toonde aan dat de bewaarcondities geen effect hebben op de PFAS-meting in bloedserum.

Bij een bloeddonatie wordt de ader van een donor aangesloten op een slangetje dat uitkomt in een monsterzakje (predonatiezakje). Via een slangetje is het monsterzakje verbonden met de uiteindelijke donatiezak. De bloedmonsters uit de studie zijn verzameld uit het donatiezakje. Eurofins forensics heeft onderzocht of deze methode van verzamelen effect heeft op de hoeveelheid PFAS in bloedserum. Ze hebben hierbij gebruik gemaakt van foetaal kalverserum dat normaalgesproken geen PFAS bevat. Het monsterzakje werd gevuld met 10 mL foetaal kalverserum. Na twee minuten incuberen bij kamertemperatuur is het foetaal kalverserum opgevangen in de Greiner Vacuette buizen (referentienummer 456290). Deze werden onder de hierboven genoemde gesimuleerde bewaarcondities bewaard en opgewerkt voor PFAS-analyse. De resultaten van deze metingen werden vergeleken met de rechtstreekse metingen van PFAS in foetaal kalverserum en met metingen van PFAS in foetaal kalverserum dat wel in de Vacuettebuizen zijn bewaard, maar niet de stap in het monsterzakje hebben doorlopen. Hierbij werd gekeken naar de

oppervlakte van de PFAS-metingen. Als deze onder de 20% van de laagste standaard bleef dan migreerde er geen stoffen die interfereren met de PFAS-meting uit het monsterzakje naar het serum. Voor de PFAS PFPeA, PFHxA, PFHpA, L-PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, PFTeDA, PFBS, L-PFHxS, V-PFHxS, PFHpS en PFDS was dit inderdaad het geval. Er vond dus geen migratie plaats van stoffen die interfereren met de PFAS-metingen van het monsterzakje naar het bloedserum.

Bijlage 4 Populatiekenmerken van de deelnemers

De populatiekarakteristieken zijn verkregen aan de hand van vragenlijsten, met uitzondering van de data over de donatiefrequentie. Informatie over deelnemers die voor de eerste keer doneerden is verkregen door middel van de kleur bloedbuis waarin het monster verzameld is. Overige informatie over donatiefrequentie is verkregen via Sanquin.

Tabel B4.1 Overzicht met populatiekenmerken van de deelnemers

Populatiekenmerk	**N**	**Percentage**
Sekse		
Man	446	46%
Vrouw	521	54%
Opleidingsniveau		
Lager onderwijs (basisschool, speciaal basisonderwijs)	4	0%*
Lager of voorbereidend beroepsonderwijs (zoals LTS, LEAO, LHNO, LBO, VMBO-(BB, KB, GL))	47	5%
Middelbaar algemeen voortgezet onderwijs (zoals MAVO, (M)ULO, MBOkort, VMBO-TL)	74	8%
Middelbaar beroepsonderwijs en beroepsbegeleidend onderwijs (zoals MBOlang, MTS, MEAO, BOL, BBL, INAS)	255	26%
Hoger algemeen en voorbereidend wetenschappelijk onderwijs (zoals HAVO, VWO, Atheneum, Gymnasium, HBS, MMS)	104	11%
Hoger beroepsonderwijs (zoals HBO, HTS, HEAO, kandidaatswetenschappelijk onderwijs)	310	32%
Wetenschappelijk onderwijs (universiteit)	173	18%
Beroepsmatig in aanraking PFAS (zelfrapportage)		
Dagelijks	10	1%
Wekelijks	13	1%
Maandelijks	18	2%
Nee	848	88%
Weet ik niet	78	8%
Woonachtig op huidige adres		
Minder dan 5 jaar	163	17%
Tussen de 5 en de 10 jaar	121	13%
Meer dan 10 jaar	683	71%
Woonduur vorig adres indien minder dan 5 jaar woonachtig op huidige adres		
Minder dan 5 jaar	46	28%
Tussen de 5 en de 10 jaar	39	24%
Meer dan 10 jaar	78	48%
Meer dan 3 dagen per week werkzaam in een andere woonplaats gedurende de afgelopen 5 jaar		

Populatiekenmerk	**N**	**Percentage**
Ja	418	43%
Nee	470	49%
Niet van toepassing, werkt op veel verschillende plekken	79	8%
Verblijft meer dan 3 dagen per week op ander adres		
Ja	27	23%
Nee	940	97%
Specifieke gegevens vrouwen		
Menstruerend (N=521)		
Ja	257	49%
Nee	264	51%
Ernst menstruatie (N=257)		
Licht	79	31%
Normaal	147	57%
Zwaar	31	12%
Kinderen gebaard (N=521)		
Ja	360	69%
Nee	161	31%
Aantal kinderen (N=360)		
1	51	14%
2	204	57%
3	84	23%
4 of meer	20	6%
Borstvoeding gegeven (N=360)		
Ja	286	79%
Nee	74	20%
Duur borstvoeding (totaal over alle kinderen; N=286)		
Weet ik niet meer	0	0%
Minder dan 1 maand	20	7%
1-3 maanden	50	18%
3-6 maanden	43	15%
6-12 maanden	75	26%
12-18 maanden	45	16%
18-24 maanden	23	8%
Langer dan 24 maanden	30	11%
Aantal volbloeddonaties afgelopen 5 jaar		
1-5	374	39%
6-10	376	39%
11-15	179	19%
16-20	26	3%
20-23	7	1%
Aantal plasmadonaties afgelopen 5 jaar		
0	921	96%
1-5	32	3%
6-10	5	1%
>10	6	1%

*Deze is niet 0 maar wordt door afronden van percentages op gehele getallen 0

Bijlage 5 PFAS-concentraties in bloed: ongewogen data

Tabel B5.1 Detectiefrequentie en distributies van concentraties van 17 PFAS in serum (µg/L) van volwassen Nederlandse donors voor de ongewogen dataset (N=967)

PFAS[a]	**LOD/ LOQ**	**% > LOQ.**[b]	**LB**[c]		**UB**[d]	
			P50	**P95**	**P50**	**P95**
PFBA	0,1	1	0	0	0,10	0,10
PFPeA	0,1	0	0	0	0,10	0,10
PFHxA	0,1	0	0	0	0,10	0,10
PFHpA	0,1	2	0	0	0,10	0,10
L-PFOA	0,1	100	0,83	2,0	0,83	2,0
V-PFOA	0,1	0[h]	0	0	0,10	0,10
T-PFOA[e]			0,83	2,0	0,93	2,1
PFNA	0,1	91	0,18	0,50	0,18	0,50
PFDA	0,1	37	0	0,30	0,10	0,30
PFUnDA	0,1	12	0	0,14	0,10	0,14
PFDoDA	0,1	0[h]	0	0	0,10	0,10
PFTrDA	0,1	0	0	0	0,10	0,10
PFTeDA	0,1	0	0	0	0,10	0,10
PFBS	0,1	0[h]	0	0	0,10	0,10
L-PFHxS	0,1	99	0,40	1,2	0,40	1,2
V-PFHxS	0,1	0[h]	0	0	0,10	0,10
T-PFHxS[f]			0,40	1,2	0,50	1,3
PFHpS	0,1	19	0	0,22	0,10	0,22
L-PFOS	0,1	100	1,1	5,0	1,1	5,0
V-PFOS	0,1	100	0,66	1,9	0,66	1,9
T-PFOS[g]			1,9	6,7	1,9	6,7
PFDS	0,1	0	0	0	0,10	0,10
HFPO-DA	0,1	0	0	0	0,10	0,10

LOD: detectielimiet, LOQ: bepaalbaarheidsgrens, PFAS: per- en polyfluoralkylstoffen, , P50: 50ste percentiel, P95: 95ste percentiel

[a] De namen van de PFAS zijn te vinden in Tabel 1.

[b] Percentages (afgerond op hele getallen) van de monsters met een concentratie >LOQ.

[c] Bij het LB-scenario zijn alle meetwaarden onder de bepaalbaarheidgrens vervangen door de waarde 0.

[d] Bij het UB-scenario zijn alle meetwaarden onder de bepaalbaarheidgrens vervangen door de waarde van de bepaalbaarheidsgrens. Voor alle PFAS bedroeg de bepaalbaarheidsgrens 0.1 µg/L.

[e] T-PFOA is verkregen door V-PFOA en L-PFOA bij elkaar op te tellen.

[f] T-PFHxS is verkregen door V-PFHxS en L-PFHxS vertakt bij elkaar op te tellen.

[g] T-PFOS is verkregen door V-PFOS en L-PFOS vertakt bij elkaar op te tellen.

[h] afgerond naar 0, dus percentage is niet 0.

Bijlage 6 Herschalen opleidingsniveau ten behoeve van de wegingsfactoren

Bij het bepalen van de wegingsfactoren is naast de kenmerken leeftijd, sekse, provincie en de mate van verstedelijking rekening gehouden. Deze informatie is gehaald uit de censusdata van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS, op 1 januari 2017). De censusdata gaat uit van 3 opleidingsniveaus. Voor het wegen naar opleiding moest de 8-cijferige schaal uit de vragenlijst (Zie Bijlage 4) herschaald worden naar de 3 opleidingsniveaus van de censusdata. Tabel B6.1 geeft aan hoe dit is gedaan.

Tabel B6.1 Herschalen van de 8-cijferige schaal uit de vragenlijst van de bloeddonorstudie naar de 3 opleidingsniveau van de Censusdata

Opleidingsniveau vragenlijst	**Opleidingsniveau Censusdata**
Geen opleiding	Niveau 1: Basisonderwijs, VBMO, MBO1
Lager onderwijs (basisschool, speciaal basisonderwijs)	Niveau 1: Basisonderwijs, VBMO, MBO1
Lager of voorbereidend beroepsonderwijs (zoals LTS, LEAO, LHNO, LBO, VMBO-(BB, KB, GL))	Niveau 1: Basisonderwijs, VBMO, MBO1
Middelbaar algemeen voortgezet onderwijs (zoals MAVO, (M)ULO, MBOkort, VMBO-TL)	Niveau 1: Basisonderwijs, VBMO, MBO1
Middelbaar beroepsonderwijs en beroepsbegeleidend onderwijs (zoals MBOlang, MTS, MEAO, BOL, BBL, INAS)	Niveau 2: HAVO, VWO, MBO2-4
Hoger algemeen en voorbereidend wetenschappelijk onderwijs (zoals HAVO, VWO, Atheneum, Gymnasium, HBS, MMS)	Niveau 2: HAVO, VWO, MBO2-4
Hoger beroepsonderwijs (zoals HBO, HTS, HEAO, kandidaatswetenschappelijk onderwijs)	Niveau 3: HBO, WO
Wetenschappelijk onderwijs (universiteit)	Niveau 3: HBO, WO

Bijlage 7 Resultaten verkregen met de gewogen data

Tabel B7.1 Overzicht van het percentage metingen boven de bepaalbaarheidsgrens (LOQ), de mediaan (P50), en het 95ste percentiel voor 17 typen PFAS in bloedserum (µg/L) van de bloeddonorstudie voor het LB- en UB-scenario voor de Nederlandse volwassen bevolking (N=967) en voor vrouwen in de vruchtbare leeftijd (18-45 jaar, N=235).

PFAS	**Volwassenen**					**Vrouwen 18-45 jaar[a]**				
	% > LOQ	**LB**		**UB**		**% > LOQ**	**LB**		**UB**	
		P50	**P95**	**P50**	**P95**		**P50**	**P95**	**P50**	**P95**
PFBA	1	0	0	0,10	0,10	1	0	0	0,10	0,10
PFPeA	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFHxA	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFHpA	2	0	0	0,10	0,10	0,4	0	0	0,10	0,10
L-PFOA	100	0,85	2,0	0,85	2,0	100	0,69	1,6	0,69	1,6
V-PFOA	0,4	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
T-PFOA		0,85	2,0	0,95	2,1		0,69	1,6	0,79	1,7
PFNA	91	0,18	0,40	0,18	0,40	83	0,15	0,30	0,15	0,30
PFDA	37	0	0,21	0,10	0,21	28	0	0,16	0,10	0,16
PFUnDA	12	0	0,11	0,10	0,11	7	0	0	0,10	0,10
PFDoDA	0[h]	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFTrDA	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFTeDA	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFBS	0[h]	0	0	0,10	0,10	0[h]	0	0	0,10	0,10
L-PFHxS	99	0,39	1,1	0,39	1,1	98	0,31	0,80	0,31	0,80
V-PFHxS	0,[h]	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
T-PFHxS		0,39	1,1	0,49	1,2		0,31	0,80	0,41	0,90
PFHpS	19	0	0,16	0,10	0,16	5	0	0	0,10	0,10
L-PFOS	100	1,0	3,0	1,0	3,0	100	0,86	2,1	0,86	2,1
V-PFOS	100	0,68	2,0	0,68	2,0	100	0,48	0,86	0,48	0,86
T-PFOS		1,7	4,7	1,7	4,7		1,4	2,9	1,4	2,9
PFDS	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
HFPO-DA/GenX	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10

LOQ: bepaalbaarheidsgrens, PFAS: per- en polyfluoralkylstoffen, P50: 50ste percentiel, P95: 95ste percentiel

[a] De namen van de PFAS zijn te vinden in Tabel 1.
[b] Percentages van de monsters met een concentratie >LOQ.
[c] Bij het LB-scenario zijn alle meetwaarden onder de LOQ vervangen door de waarde 0.
[d] Bij het UB-scenario zijn alle meetwaarden onder de LOQ vervangen door de waarde van de bepaalbaarheidsgrens. Voor alle PFAS bedroeg de LOQ 0.1 µg/L.
[e] T-PFOA is verkregen door V-PFOA en L-PFOA vertakt bij elkaar op te tellen.
[f] T-PFHxS is verkregen door V-PFHxS en L-PFHxS vertakt bij elkaar op te tellen.
[g] T-PFOS is verkregen door V-PFOS en L-PFOS vertakt bij elkaar op te tellen.
[h] afgerond naar 0, dus percentage is niet 0.

Tabel B7.2 Overzicht van het percentage metingen boven de kwantificeerbaarheidsgrens (LOQ), de mediaan (P50)), en het 90ste percentiel (P90) voor 17 typen PFAS in bloedserum (µg/L) van de bloeddonorstudie voor het LB- en UB-scenario voor volwassenen in de regio Dordrecht (N=41) en in de rest van Nederland (N=687)

PFAS	**Regio Dordrecht**					**Rest Nederland**				
	% > LOQ	**LB**		**UB**		**% > LOQ**	**LB**		**UB**	
		P50	**P90**	**P50**	**P90**		**P50**	**P90**	**P50**	**P90**
PFBA	5	0	0	0,10	0,10	1	0	0	0,10	0,10
PFPeA	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFHxA	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFHpA	2	0	0	0,10	0,10	1	0	0	0,10	0,10
L-PFOA	100	1,0	1,8	1,0	1,8	100	0,84	1,6	0,84	1,6
V-PFOA	0	0	0	0,10	0,10	0[h]	0	0	0,10	0,10
T-PFOA[a]		1,0	1,8	1,1	1,9		0,84	1,6	0,94	1,7
PFNA	93	0,18	0,34	0,18	0,34	91	0,18	0,31	0,18	0,31
PFDA	27	0	0,17	0,10	0,17	32	0	0,16	0,10	0,16
PFUnDA	10	0	0	0,10	0,10	7	0	0	0,10	0,10
PFDoDA	0	0	0	0,10	0,10	0,1	0	0	0,10	0,10
PFTrDA	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFTeDA	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFBS	0	0	0	0,10	0,10	0[h]	0	0	0,10	0,10
L-PFHxS	100	0,45	0,88	0,45	0,88	98	0,39	0,89	0,39	0,89
V-PFHxS	0	0	0	0,10	0,10	0[h]	0	0	0,10	0,10
T-PFHxS[b]		0,45	0,88	0,55	0,98		0,39	0,89	0,49	0,99
PFHpS	17	0	0,14	0,10	0,14	14	0	0,11	0,10	0,11
L-PFOS	100	1,2	2,0	1,2	2,0	100	1,0	2,4	1,0	2,4
V-PFOS	100	0,72	1,9	0,72	1,9	100	0,67	1,4	0,67	1,4
T-PFOS[c]		2,1	3,7	2,1	3,6		1,7	3,8	1,7	3,8
PFDS	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
HFPO-DA/GenX	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10

LOQ: bepaalbaarheidsgrens, PFAS: per- en polyfluoralkylstoffen, P50: 50ste percentiel, P90: 90ste percentiel

[a] De namen van de PFAS zijn te vinden in Tabel 1.

[b] Percentages van de monsters met een concentratie >LOQ.

[c] Bij het LB-scenario zijn alle meetwaarden onder de LOQ vervangen door de waarde 0.

[d] Bij het UB-scenario zijn alle meetwaarden onder de LOQ vervangen door de waarde van de bepaalbaarheidsgrens. Voor alle PFAS bedroeg de LOQ 0.1 µg/L.

[e] PFOA totaal is verkregen door L-PFOA en V-PFOA bij elkaar op te tellen.

[f] PFHxS totaal is verkregen door L-PFHxS en V-PFHxS bij elkaar op te tellen.

[g] PFOS totaal is verkregen door L-PFOS en V-PFOS vertakt bij elkaar op te tellen.

[h] afgerond naar 0, dus n is niet 0.

Tabel B7.3 Overzicht van het percentage metingen boven de bepaalbaarheidsgrens (LOQ), de mediaan (P50), en het 95ste percentiel (P95) voor 17 typen PFAS in bloedserum (µg/L) van de bloeddonorstudie voor het LB- en UB-scenario voor volwassenen in de regio Westerschelde-Noord (N=122) en in de rest van Nederland (N=687)

PFAS	**Westerschelde-Noord**					**Rest Nederland**				
	% > LOQ	**LB**		**UB**		**% > LOQ**	**LB**		**UB**	
		P50	**P95**	**P50**	**P95**		**P50**	**P95**	**P50**	**P95**
PFBA	2	0	0	0,10	0,10	1	0	0	0,10	0,10
PFPeA	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFHxA	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFHpA	1	0	0	0,10	0,10	1	0	0	0,10	0,10
L-PFOA	100	0,79	1,8	0,79	1,8	100	0,84	2,0	0,84	2,0
V-PFOA	0	0	0	0,10	0,10	0[h]	0	0	0,10	0,10
T-PFOA		0,79	1,8	0,89	1,9		0,84	2,0	0,94	2,1
PFNA	93	0,21	0,68	0,21	0,68	90	0,18	0,38	0,18	0,38
PFDA	42	0	0,34	0,10	0,34	32	0	0,19	0,10	0,19
PFUnDA	17	0	0,16	0,10	0,16	7	0	0,10	0,10	0,10
PFDoDA	1	0	0	0,10	0,10	0[h]	0	0	0,10	0,10
PFTrDA	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFTeDA	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFBS	0	0	0	0,10	0,10	0,4	0	0	0,10	0,10
L-PFHxS	99	0,40	1,4	0,40	1,4	98	0,39	1,0	0,39	1,1
V-PFHxS	0	0	0	0,10	0,10	0[h]	0	0	0,10	0,10
T-PFHxS		0,40	1,4	0,50	1,5		0,39	1,1	0,49	1,2
PFHpS	22	0	0,35	0,10	0,35	14	0	0,15	0,10	0,15
L-PFOS	99	1,5	8,0	1,5	8,0	100	1,00	2,80	1,0	2,8
V-PFOS	99	0,71	2,7	0,71	2,7	100	0,67	2,00	0,67	2,0
T-PFOS		2,2	9,5	2,2	9,5		1,7	4,6	1,7	4,6
PFDS	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
HFPO-DA/GenX	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10

LOQ: bepaalbaarheidsgrens, PFAS: per- en polyfluoralkylstoffen, P50: 50ste percentiel, P95: 95ste percentiel

[a] De namen van de PFAS zijn te vinden in Tabel 1.

[b] Percentages van de monsters met een concentratie >LOQ.

[c] Bij het LB-scenario zijn alle meetwaarden onder de LOQ vervangen door de waarde 0.

[d] Bij het UB-scenario zijn alle meetwaarden onder de LOQ vervangen door de waarde van de bepaalbaarheidsgrens. Voor alle PFAS bedroeg de LOQ 0.1 µg/L.

[e] T-PFOA totaal is verkregen door L-PFOA en V-PFOA vertakt bij elkaar op te tellen.

[f] T-PFHxS totaal is verkregen door L-PFHxS en V-PFHxS vertakt bij elkaar op te tellen.

[g] T-PFOS totaal is verkregen door L-PFOS en V-PFOS vertakt bij elkaar op te tellen.

[h] afgerond naar 0, dus n is niet 0.

Tabel B7.4 Overzicht van het percentage metingen boven de bepaalbaarheidsgrens (LOQ), de mediaan (P50), en het 95ste percentiel (P95) voor 17 typen PFAS in bloedserum (µg/L) van de bloeddonorstudie voor het LB- en UB-scenario voor volwassenen in de regio Westerschelde-Zuid (N=117) en in de rest van Nederland (N=687)

PFAS[a]	**Westerschelde-Zuid**					**Rest Nederland**				
	% > LOQ[b]	**LB**[c]		**UB**[d]		**% > LOQ**	**LB**		**UB**	
		P50	**P95**	**P50**	**P95**		**P50**	**P95**	**P50**	**P95**
PFBA	0	0	0	0,10	0,10	1	0	0	0,10	0,10
PFPeA	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFHxA	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFHpA	7	0	0,08	0,10	0,10	1	0	0	0,10	0,10
L-PFOA	100	1,5	3,0	1,5	3,0	100	0,84	2,0	0,84	2,0
V-PFOA	2	0	0	0,10	0,10	0[h]	0	0	0,10	0,10
T-PFOA[e]		1,5	3,0	1,6	3,1		0,84	2,0	0,94	2,1
PFNA	98	0,30	1,1	0,30	1,1	90	0,18	0,38	0,18	0,38
PFDA	68	0,17	0,45	0,17	0,45	32	0	0,19	0,10	0,19
PFUnDA	33	0	0,22	0,10	0,22	7	0	0,10	0,10	0,10
PFDoDA	1	0	0	0,10	0,10	0[h]	0	0	0,10	0,10
PFTrDA	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFTeDA	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
PFBS	0	0	0	0,10	0,10	0[h]	0	0	0,10	0,10
L-PFHxS	100	0,79	2,5	0,79	2,5	98	0,39	1,1	0,39	1,1
V-PFHxS	0	0	0	0,10	0,10	0[h]	0	0	0,10	0,10
T-PFHxS[f]		0,79	2,5	0,89	2,6		0,39	1,0	0,49	1,1
PFHpS	49	0,11	1,0	0,11	1,0	14	0	0,15	0,10	0,15
L-PFOS	100	2,3	19	2,3	19	100	1,0	2,8	1,0	2,8
V-PFOS	100	0,84	3,4	0,84	3,4	100	0,67	2,0	0,67	2,0
T-PFOS[g]		3,1	23	3,1	23		1,7	4,6	1,7	4,6
PFDS	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10
HFPO-DA/GenX	0	0	0	0,10	0,10	0	0	0	0,10	0,10

LOQ: bepaalbaarheidsgrens, PFAS: per-en polyfluoralkylstoffen, P50: 50ste percentiel, P95: 95ste percentiel

[a] De namen van de PFAS zijn te vinden in Tabel 1.

[b] Percentages van de monsters met een concentratie >LOQ.

[c] Bij het LB scenario zijn alle meetwaarden onder de LOQ vervangen door de waarde 0.

[d] Bij het UB scenario zijn alle meetwaarden onder de LOQ vervangen door de waarde van de bepaalbaarheidsgrens. Voor alle PFAS bedroeg de LOQ 0.1 µg/L.

[e] T-PFOA totaal is verkregen door L-PFOA en V-PFOA vertakt bij elkaar op te tellen.

[f] T-PFHxS totaal is verkregen door L-PFHxS en V-PFHxS vertakt bij elkaar op te tellen.

[g] T-PFOS totaal is verkregen door L-PFOS en V-PFOS vertakt bij elkaar op te tellen.

[h] afgerond naar 0, dus percentage is niet 0.

Bijlage 8 Vergelijking van de cumulatieve PFAS-concentratie met de humane biomonitoringgrenswaarden voor volwassenen en vrouwen in de vruchtbare leeftijd, gebaseerd op bloedserumconcentraties (µg/L) gewogen naar de Nederlandse populatie voor het LB- en UB-scenario

Tabel B8.1 Vergelijking van de cumulatieve PFAS-concentratie met de humane biomonitoringgrenswaarde (van 6,9 µg/L EFSA-4 of PEQ voor respectievelijke aanpak 1 en aanpak 2) voor volwassenen (18 jaar en ouder, n=967) en vrouwen in de vruchtbare leeftijd (18-45 jaar, n-235), gebaseerd op bloedserumconcentraties (µg/L) gewogen naar de Nederlandse populatie voor het LB- en UB-scenario.

	Volwassenen		**Vrouwen 18-45 jaar**	
	LB	**UB**	**LB**	**UB**
HBM-GV (6,9 µg EFSA-4/L), (aanpak 1)				
% van de populatie met HBM-GV overschrijding	7	7	3	3
Cumulatieve PFAS-concentratie (µg EFSA-4/L)				
P50	3,4	3,6	2,6	2,8
P95	7,4	7,6	4,9	5,1
Risicokarakteriseringsratio				
P50	0,49	0,52	0,38	0,41
P95	1,1	1,1	0,70	0,73
HBM-GV(6,9 µg PEQ/L), (aanpak 2)				
% van de populatie met HBM-GV overschrijding	71	100	53	100
Cumulatieve PFAS-concentratie (µg PEQ/L)				
P50	8,8	13	7,0	12
P95	22	26	15	19
Risicokarakteriseringsratio				
P50	1,3	1,9	1,0	1,7
P95	3,3	3,8	2,1	2,7
HBMII (volwassenen 10 µg PEQ/L, vrouwen 18-45 jaar 5 µg PEQ/L), (aanpak 2)				
% van de populatie met HBM-GV overschrijding	44	84	80	100
Cumulatieve PFAS-concentratie (µg PEQ/L)				
P50	8,8	13	7,0	12
P95	22	26	15	19
Risicokarakteriseringsratio				
P50	0,88	1,3	1,4	2,3
P95	2,2	2,6	3,0	3,7

Tabel 8.2 Vergelijking van de gewogen cumulatieve PFAS-concentratie met de humane biomonitoringgrenswaarde (van 6,9 µg/L EFSA-4 of PEQ voor respectievelijke aanpak 1 en aanpak 2) voor volwassenen (18 jaar en ouder) in de regio Dordrecht (N=41) en de rest van Nederland (n=687), gebaseerd op bloedserumconcentraties (µg/L) voor het LB- en UB-scenario.

	Regio Dordrecht		**Rest NL**	
	LB	**UB**	**LB**	**UB**
HBM-GV (6,9 µg EFSA-4/L), (aanpak 1)				
% van de populatie met HBM-GV overschrijding	12	12	7	7
Cumulatieve PFAS-concentratie (µg EFSA-4/L)				
P50	3,9	4,1	3,3	3,5
P90	7,0	7,2	6,3	6,5
Risicokarakteriseringsratio				
P50	0,57	0,60	0,48	0,51
P90	1,0	1,1	0,91	0,94
HBM-GV (6,9 µg PEQ/L), (aanpak 2)				
% van de populatie met HBM-GV overschrijding	80	100	71	100
Cumulatieve PFAS-concentratie (µg PEQ/L)				
P50	11	15	8,8	13
P90	19	22	18	22
Risicokarakteriseringsratio				
P50	1,6	2,2	1,3	1,9
P90	2,7	3,2	2,7	3,2
HBMII (volwassenen 10 µg PEQ/L, vrouwen 18-45 jaar 5 µg PEQ/L), (aanpak 2)				
% van de populatie met HBM-GV overschrijding	61	90	43	84
Cumulatieve PFAS-concentratie (µg PEQ/L)				
P50	11	15	8,8	13
P90	19	22	18	22
Risicokarakteriseringsratio				
P50	1,1	1,5	0,88	1,3
P90	1,8	2,2	1,8	2,2

Tabel 8.3 Vergelijking van de gewogen cumulatieve PFAS-concentratie met de humane biomonitoringgrenswaarde (van 6,9 µg/L EFSA-4 of PEQ voor respectievelijke aanpak 1 en aanpak 2) voor volwassenen (18 jaar en ouder) in de regio Westerschelde-Noord (N=122) en de rest van Nederland (n=687), gebaseerd op bloedserumconcentraties (µg/L) voor het LB- en UB-scenario.

	Regio Westerschelde-Noord		**Rest NL**	
	LB	**UB**	**LB**	**UB**
HBM-GV (6,9 µg EFSA-4/L), (aanpak 1)				
% van de populatie met HBM-GV overschrijding	22	22	7	7
Cumulatieve PFAS-concentratie (µg EFSA-4/L)				
P50	3,6	3,8	3,3	3,5
P95	13	13	7,3	7,5
Risicokarakteriseringsratio				
P50	0,53	0,56	0,48	0,51
P95	1,8	1,8	1,1	1,1
HBM-GV (6,9 µg PEQ/L), (aanpak 2)				
% van de populatie met HBM-GV overschrijding	79	100	71	100
Cumulatieve PFAS-concentratie (µg PEQ/L)				
P50	11	15	8,8	13
P95	42	46	22	26
Risicokarakteriseringsratio				
P50	1,5	2,2	1,3	1,9
P95	6,1	6,6	3,3	3,8
HBMII (volwassenen 10 µg PEQ/L, vrouwen 18-45 jaar 5 µg PEQ/L), (aanpak 2)				
% van de populatie met HBM-GV overschrijding	55	88	43	84
Cumulatieve PFAS-concentratie (µg PEQ/L)				
P50	11	15	8,8	13
P95	42	46	22	26
Risicokarakteriseringsratio				
P50	1,1	1,5	0,88	1,3
P95	4,2	4,6	2,2	2,6

Tabel 8.4 Vergelijking van de gewogen cumulatieve PFAS-concentratie met de humane biomonitoringgrenswaarde (van 6,9 µg/L EFSA-4 of PEQ voor respectievelijke aanpak 1 en aanpak 2) voor volwassenen (18 jaar en ouder) in de regio Westerschelde-Zuid (N=117) en de rest van Nederland (n=687), gebaseerd op bloedserumconcentraties (µg/L) voor het LB- en UB-scenario.

	Regio Westerschelde-Zuid		**Rest NL**	
	LB	**UB**	**LB**	**UB**
HBM-GV (6,9 µg/L), (aanpak 1)				
% van de populatie met HBM-GV overschrijding	38	38	7	7
Cumulatieve PFAS-concentratie (µg EFSA-4/L)				
P50	6,0	6,2	3,3	3,5
P95	29	29	7,3	7,5
Risicokarakteriseringsratio				
P50	0,87	0,90	0,48	0,51
P95	4,2	4,3	1,1	1,1
HBM-GV (6,9 µg PEQ/L), (aanpak 2)				
% van de populatie met HBM-GV overschrijding	92	100	71	100
Cumulatieve PFAS-concentratie (µg PEQ/L)				
P50	17	21	8,8	13
P95	99	102	22	26
Risicokarakteriseringsratio				
P50	2,5	3,1	1,3	1,9
P95	14	15	3,3	3,8
HBMII (volwassenen 10 µg PEQ/L, vrouwen 18-45 jaar 5 µg PEQ/L), (aanpak 2)				
% van de populatie met HBM-GV overschrijding	86	100	43	84
Cumulatieve PFAS-concentratie (µg PEQ/L)				
P50	17	21	8,8	13
P95	99	102	22	26
Risicokarakteriseringsratio				
P50	1,7	3,1	0,88	1,3
P95	10	15	2,2	2,6

Bijlage 9 Bijdrage van de verschillende PFAS aan de cumulatieve PFAS-concentratie voor Nederlandse volwassenen, vrouwen in de vruchtbare leeftijd (18-45 jaar) en volwassenen in de aandachtsgebieden

De bijdragen van de verschillende PFAS is berekend voor de twee verschillende aanpakken, de aanpak met de som van de EFSA-4, waarbij T-PFOS, PFNA, T-PFHxS en T-PFOS equipotent bij elkaar worden opgeteld (aanpak 1), en de aanpak met de som van de PEQ-waarden met 10 PFAS, waarbij de 10 PFAS (EFSA-4 plus PFBA, PFHxA, PFDA, PFDoDA, PFBS en HFPO-DA/GenX) op basis van hun relatieve potenties worden omgezet in PFOA-equivalenten en vervolgens worden opgeteld (aanpak 2). Berekeningen zijn uitgevoerd voor de totale populatie en voor het gedeelte van de bevolking dat een cumulatieve PFAS-concentratie heeft die hoger is dan de HBM-GV. Zowel de resultaten voor het LB- en UB-scenario zijn getoond.

Tabel B9.1 Bijdrage van de verschillende PFAS aan de cumulatieve PFAS-concentratie voor Nederlandse volwassenen (N=967) en vrouwen in de vruchtbare leeftijd (18-45 jaar, N=235) voor aanpak 1 en aanpak 2.

PFAS	**Aanpak 1 Som EFSA-4 (%)**				**Aanpak 2 Som PEQ van 10 PFAS (%)**			
	Totale populatie		**Populatie met cumulatieve concentratie > HBM-GV**		**Totale populatie**		**Populatie met cumulatieve concentratie > HBM-GV**	
	LB	**UB**	**LB**	**UB**	**LB**	**UB**	**LB**	**UB**
Volwassen								
PFBA	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	1	0[a]	1
PFHxA	NVT	NVT	NVT	NVT	0	5	0	5
T-PFOA	26	27	20	21	9	7	9	7
PFNA	5	5	4	4	10	8	10	8
PFDA	NVT	NVT	NVT	NVT	4	6	4	6
PFDoDA	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	7	0[a]	7
PFBS	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	1	0[a]	1
T-PFHxS	13	15	12	13	2	2	2	2
T-PFOS	56	53	64	62	74	53	74	53
HFPO-DA/GenX	NVT	NVT	NVT	NVT	0	10	0	10
Vrouwen 18-45 jaar								
PFBA	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	1	0[a]	1
PFHxA	NVT	NVT	NVT	NVT	0	6	0	6
T-PFOA	29	31	21	22	11	8	10	8
PFNA	5	6	5	4	11	8	12	8
PFDA	NVT	NVT	NVT	NVT	4	7	5	7
PFDoDA	NVT	NVT	NVT	NVT	0	9	0	9
PFBS	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	1	0[a]	1
T-PFHxS	13	15	10	11	2	2	2	2,0
T-PFOS	52	48	64	63	72	46	70	46
HFPO-DA	NVT	NVT	NVT	NVT	0	12	0	12,0

NVT = niet van toepassing, maakt geen onderdeel uit van de EFSA-4
[a] afgerond naar 0, dus percentage is niet 0.

Tabel B9.2 Bijdrage van de verschillende PFAS aan de cumulatieve PFAS-concentratie voor Nederlandse volwassenen in de regio Dordrecht (N=41) en in de rest van Nederland (N=687) voor aanpak 1 en aanpak 2.

PFAS	**Aanpak 1 Som EFSA-4 (%)**				**Aanpak 2 Som PEQ van 10 PFAS (%)**			
	Totale populatie		**Populatie met cumulatieve concentratie > HBM-GV**		**Totale populatie**		**Populatie met cumulatieve concentratie > HBM-GV**	
	LB	**UB**	**LB**	**UB**	**LB**	**UB**	**LB**	**UB**
Regio Dordrecht								
PFBA	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	1	0[a]	1
PFHxA	NVT	NVT	NVT	NVT	0	5	0	5
T-PFOA	28	29	30	30	10	8	10	8
PFNA	5	5	4	4	10	8	10	8
PFDA	NVT	NVT	NVT	NVT	3	6	4	6
PFDoDA	NVT	NVT	NVT	NVT	0	7	0	7
PFBS	NVT	NVT	NVT	NVT	0	1	0	1
T-PFHxS	12	14	12	12	2	2	2	2
T-PFOS	55	52	55	54	74	55	74	55
HFPO-DA/GenX	NVT	NVT	NVT	NVT	0	9	0	9
Rest Nederland								
PFBA	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	1	0[a]	1
PFHxA	NVT	NVT	NVT	NVT	0	5	0	5
T-PFOA	26	27	20	20	9	7	9	7
PFNA	5	5	4	4	10	8	10	8
PFDA	NVT	NVT	NVT	NVT	4	6.4	4	6.4
PFDoDA	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	7	0[a]	7
PFBS	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	1	0[a]	1
T-PFHxS	13	15	12	13	2	2	2	2
T-PFOS	56	53	63	62	74	53	74	53
HFPO-DA	NVT	NVT	NVT	NVT	0	10	0	10

NVT = niet van toepassing, maakt geen onderdeel uit van de EFSA-4
[a] afgerond naar 0, dus percentage is niet 0.

Tabel B9.3 Bijdrage van de verschillende PFAS aan de cumulatieve PFAS-concentratie voor Nederlandse volwassenen in de regio Westerschelde-Noord (N=122) en in de rest van Nederland (N=687) voor aanpak 1 en aanpak 2.

PFAS	**Aanpak 1 Som EFSA-4 (%)**				**Aanpak 2 Som PEQ van 10 PFAS (%)**			
	Totale populatie		**Populatie met cumulatieve concentratie > HBM-GV**		**Totale populatie**		**Populatie met cumulatieve concentratie > HBM-GV**	
	LB	**UB**	**LB**	**UB**	**LB**	**UB**	**LB**	**UB**
Regio Westerschelde-Noord								
PFBA	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	1	0	1
PFHxA	NVT	NVT	NVT	NVT	0	3	0	3
T-PFOA	17	19	11	12	5	5	6	5
PFNA	5	5	4	4	9	7	8	7
PFDA	NVT	NVT	NVT	NVT	5	6	5	5.9
PFDoDA	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	5	0	5
PFBS	NVT	NVT	NVT	NVT	0	0[a]	0	0
T-PFHxS	11	12	10	10	2	2	2	2
T-PFOS	67	65	75	74	79	64	79	64
HFPO-DA/GenX	NVT	NVT	NVT	NVT	0	7	0	7
Rest Nederland								
PFBA	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	1	0[a]	1
PFHxA	NVT	NVT	NVT	NVT	0	5	0	5
T-PFOA	26	27	20	20	9	7	9	7
PFNA	5	5	4	4	10	8	10	8
PFDA	NVT	NVT	NVT	NVT	4	6.4	4	6.4
PFDoDA	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	7	0[a]	7
PFBS	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	1	0[a]	1
T-PFHxS	13	15	12	13	2	2	2	2
T-PFOS	56	53	63	62	74	53	74	53
HFPO-DA	NVT	NVT	NVT	NVT	0	10	0	10

NVT = niet van toepassing, maakt geen onderdeel uit van de EFSA-4
[a] afgerond naar 0, dus percentage is niet 0.

Tabel B9.3 Bijdrage van de verschillende PFAS aan de cumulatieve PFAS-concentratie voor Nederlandse volwassenen in de regio Westerschelde-Zuid (N=117) en in de rest van Nederland (N=687) voor aanpak 1 en aanpak 2.

PFAS	**Aanpak 1 Som EFSA-4 (%)**				**Aanpak 2 Som PEQ van 10 PFAS (%)**			
	Totale populatie		**Populatie met cumulatieve concentratie > HBM-GV**		**Totale populatie**		**Populatie met cumulatieve concentratie > HBM-GV**	
	LB	**UB**	**LB**	**UB**	**LB**	**UB**	**LB**	**UB**
Regio Westerschelde-Zuid								
PFBA	NVT	NVT	NVT	NVT	0	0[a]	0	0[a]
PFHxA	NVT	NVT	NVT	NVT	0	2	0	2
T-PFOA	20	21	15	15	6	6	6	6
PFNA	4	4	4	4	8	7	8	7
PFDA	NVT	NVT	NVT	NVT	5	5	5	5.4
PFDoDA	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	3	0[a]	3
PFBS	NVT	NVT	NVT	NVT	0	0[a]	0	0[a]
T-PFHxS	11	12	10	10	2	2	2	2
T-PFOS	65	63	72	71	79	69	79	69
HFPO-DA/GenX	NVT	NVT	NVT	NVT	0	5	0	5
Rest Nederland								
PFBA	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	1	0[a]	1
PFHxA	NVT	NVT	NVT	NVT	0	5	0	5
T-PFOA	26	27	20	20	9	7	9	7
PFNA	5	5	4	4	10	8	10	8
PFDA	NVT	NVT	NVT	NVT	4	6.4	4	6.4
PFDoDA	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	7	0[a]	7
PFBS	NVT	NVT	NVT	NVT	0[a]	1	0[a]	1
T-PFHxS	13	15	12	13	2	2	2	2
T-PFOS	56	53	63	62	74	53	74	53
HFPO-DA	NVT	NVT	NVT	NVT	0	10	0	10

NVT = niet van toepassing, maakt geen onderdeel uit van de EFSA-4
[a] afgerond naar 0, dus percentage is niet 0.

Bijlage 10 Vergelijking tussen detectiefrequentie van PFAS in bloed en de mediane en P95 bloedwaarden in omwonenden van de 3M fabriek in Zwijndrecht, België en inwoners van de regio Westerschelde-Zuid

Tabel B10.1 Vergelijking tussen de detectiefrequentie, mediane (P50) en P95 van PFAS in bloed gevonden in een studie onder omwonenden van de 3M fabriek en in de regio Westerschelde-Zuid.

	Omwonenden 3M (N = 8093)[a]			**Binnen saneringszone (oranje) (N= 2042)**	**Buiten saneringszone (N = 5365)**	**Westerschelde-Zuid. Huidige studie (N = 117)**		
	%>LOQ	**P50**	**P95**	**P95**	**P95**	**%>LOQ**	**P50**	**P95**
PFOA	100	1,57	3,61	3,88	3,47	100	1,5	3,0
PFNA	97	0,39	1,10	1,12	1,08	98	0,30	1,1
PFDA	78	0,19	0,62	-	-	68	0,17	0,45
PFUnDA	40	< LOQ	0,27	-	-	32	< LOQ	0,22
PFHxS	100	1,15	4,29	5,15	3,71	100	0,79	2,5
PFHpS	68	0,17	0,94	-	-	49	0,11	1,0
PFOS	100	4,90	28,50	40,94	21,7	100	3,1	23

[a] Deelnemers van een Belgische studie (leeftijd vanaf 12 jaar) die in een straal van 5 km rondom de 3M fabriek in Zwijndrecht wonen (Consortium Eurofins, 2025 #119). Bloedmonsters zijn verzameld in de periode 2023-2025.

Dit is een uitgave van:

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

september 2026

De zorg voor morgen begint vandaag