



BEPALEN VAN
STREEFWAARDEN VOOR
PFAS IN GROND EN
GRONDWATER

publicatiedatum / 26.02.2024



DOCUMENTBESCHRIJVING

- | | |
|---|---|
| 1 <i>Titel van publicatie:</i>
BEPALEN VAN STREEFWAARDEN VOOR PFAS IN GROND
EN GRONDWATER | 2 <i>Verantwoordelijke Uitgever:</i>
OVAM |
| 3 <i>Wettelijk Depot nummer:</i> D/2024/5024/07 | 4 <i>Trefwoorden:</i>
streefwaarde, PFAS, grondwater |
| 5 <i>Samenvatting:</i>
Dit rapport omvat een studie uitgevoerd voor het bepalen van streefwaarden van PFAS in grondwater in Vlaanderen. Omdat PFAS van nature niet voorkomen in het milieu, gaat het hier om de diffuse antropogene aanwezigheid van PFAS in het grondwater. Het afleiden van streefwaarden voor PFAS gebeurde aan de hand van grondwaterstaalnames op onverdachte locaties verspreid over Vlaanderen, meer bepaald zones waar geen gekende PFAS verdachte bronnen aanwezig zijn of aanwezig waren in het verleden. Tegelijk werden ook stalen van het vaste deel van de aarde geanalyseerd op PFAS om de reeds gepubliceerde streefwaarde te valideren. | |
| 6 <i>Aantal bladzijden:</i> 112 | 7 <i>Aantal tabellen en figuren:</i> / |
| 8 <i>Datum publicatie:</i>
2024 | 9 <i>Prijs*:</i> / |
| 10 <i>Begeleidingsgroep en/of auteur:</i>
Auteurs: Dorien Gorteman (Arcadis), Karen Van Geert (Arcadis), Sigrid Willems (Witteveen + Bos), Joachim Jacobs (Witteveen+Bos).
Begeleidingsgroep: OVAM, VMM | 11 <i>Contactpersonen:</i>
Griet Van Gestel , Laetitia Six |
| 12 <i>Andere titels over dit onderwerp:</i> / | |

U hebt het recht deze brochure te downloaden, te printen en digitaal te verspreiden. U hebt niet het recht deze aan te passen of voor commerciële doeleinden te gebruiken.

De meeste OVAM-publicaties kunt u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website: ovam.vlaanderen.be

* Prijswijzigingen voorbehouden.

INHOUD

Verklaringen en definities	9	
Samenvatting	11	
Summary	15	
1	Inleiding	19
2	Beknopte literatuurstudie	20
2.1	Voornaamste toepassingen PFAS	20
2.2	Gekende productielocaties in Vlaanderen	21
2.3	Analysemethoden voor PFAS in vaste deel van de aarde en grondwater	22
2.3.1	Methoden in Vlaanderen (WAC en CMA)- target analyses	22
2.3.2	Alternatieve methoden	22
2.3.3	Samenvattende vergelijking analysemethoden en toepassing in voorliggende studie	23
2.4	Beschikbare nationale en internationale informatie met betrekking tot diffuse PFAS verontreiniging	25
2.4.1	Internationale bevraging	25
2.4.2	Internationale studies en data	25
2.4.3	Beschikbare PFAS data in het Waals en Brussel Hoofdstedelijk Gewest	29
3	Plan van aanpak: verzamelen & selectie datasets	31
3.1	Opmaak staalnameplan verzamelen nieuwe data (dataset 1)	31
3.2	Aanvullende beschikbare meetgegevens pfas in vlaanderen (dataset 2)	35
3.2.1	Beschikbare gegevens VMM (dataset 2- deel grondwater)	35
3.2.2	Beschikbare gegevens VITO ter bepaling streefwaarden PFAS in het vaste deel van de aarde (dataset 2- vaste deel van de aarde)	37
4	Bemonsteringen en Analyses (dataset 1)	38
4.1.1	Bemonstering (dataset 1)	38
4.1.2	Laboratoriumanalyses (dataset 1)	39
5	Methodiek bepaling streefwaarden	41
6	Evaluatie PFAS in grondwater en afleiding streefwaarden	42
6.1	Resultaten grondwater - dataset 1	42
6.1.1	Statistische kengetallen individuele PFAS-componenten in grondwater	42
6.1.2	Statistische kengetallen "Som PFAS"	45
6.1.3	Cartografische weergave	48
6.1.4	Outlier analyse	50
6.1.5	Berekening 90 percentielen o.b.v. dataset 1 en outlier-analyse	52
6.2	Resultaten grondwater gecombineerde dataset (dataset 1+ 2)	54
6.2.1	Vergelijking resultaten high flow -low flow bemonstering	54
6.2.2	Statistische kengetallen individuele PFAS-componenten in grondwater	56
6.2.3	Statistische kengetallen "som PFAS"	59
6.2.4	Cartografische weergave	61
6.2.5	Outlier analyse	63
6.2.6	Berekening P90 grondwater o.b.v. gecombineerde database	66
6.3	Voorstel streefwaarden grondwater en evaluatie	68
6.3.1	Voorstel streefwaarden	68
6.3.2	Streefwaarden in vergelijking met bestaande toetsingskaders en internationale studies	69
6.4	Vergelijking met voorstel Europese milieukwaliteitsnorm grond- en oppervlaktewater	70
7	Evaluatie PFAS in vaste deel van de aarde en afleiding streefwaarden	73
7.1	Resultaten vaste deel van de aarde - dataset 1	73
7.1.1	Statistische kengetallen individuele PFAS-componenten in vaste deel van de aarde	73
7.1.2	Statistische kengetallen "som PFAS"	75

7.1.3	Cartografische weergave	77
7.1.4	Outlier analyse	79
7.1.5	Berekening P90 o.b.v. dataset 1	79
7.2	Resultaten vaste deel van de aarde gecombineerde dataset	81
7.2.1	Statistische kengetallen individuele PFAS componenten--dataset 2 (VITO)	81
7.2.2	Statistische kengetallen gecombineerde dataset (dataset 1 en 2)	82
7.2.3	Cartografische weergave	83
7.2.4	Outlier analyse	86
7.2.5	Berekening P90 o.b.v. gecombineerde dataset 1 + 2	88
7.3	Evaluatie streefwaarden vaste deel van de aarde	89
8	Evaluatie correlaties PFAS componenten	91
9	Evaluatie TOP analyses	94
10	Besluit en aanbevelingen	97
10.1	Voorstel streefwaarden grondwater	97
10.2	Som PFAS	97
10.3	Voorstel streefwaarden vaste deel van de aarde	98
10.4	Invloed van bestemmingstype	98
10.5	Toepassing in bodemonderzoek	99
11	Bibliografie	100
12	Bijlagen	101
Bijlage 1	Resultaten Enquete	102
Bijlage 2	Checklists	105
Bijlage 3	kwantificatielimiten voor het vaste deel van de aarde en grondwater	106
Bijlage 4	Staalnamelocaties	107
Bijlage 5	Kaarten	108
Bijlage 5.1.		Kaarten dataset
1	grondwater	109
Bijlage 5.2.		Kaarten
gecombineerde dataset	grondwater	110
Bijlage 5.3.		Kaarten dataset
1	Vaste deel van de aarde	111
Bijlage 5.4.		kaarten
gecombineerde dataset	vaste deel van de aarde	112

Overzicht tabellen

Tabel 2-1: Vergelijking methoden (aangepast o.b.v. (Environment Agency - UK, 2021))	24
Tabel 2-2: Geanalyseerde PFAS in studie (Swedish University of Agricultural Sciences, 2016)	26
Tabel 2-3: Statistieken van aangetroffen (>rapportagegrens, >RG) PFAS in het freatische grondwater in ng/L. In totaal zijn 16 van de 30 geanalyseerde PFAS aangetroffen. De dikgedrukte stoffen zijn niet aangetroffen in het diepere grondwater. (RIVM, 2021)	27
Tabel 2-4: samenvatting resultaten PFAS in het grondwater – Zwitserland (Federal Office for the Environment (FOEN, Switzerland), 2023)	29
Tabel 3-1: Staalnamelocaties dataset 1 op minder dan 100 en 200 m van een PFAS verdachte locatie	34
Tabel 3-2: Peilbuizen uit dataset VMM op minder dan 100 en tussen de 100 en 200 m van een potentiële PFAS-bron	36
Tabel 3-3: Staalnamelocaties dataset 2 VDA op minder dan 100 m en 200 m van een PFAS verdachte locatie	37
Tabel 4-1: Foutenmarges op de laboratoriumanalyses (Eurofins)	39
Tabel 6-1: Samenvatting analyseresultaten grondwater (ng/L) – dataset 1. De PFAS componenten werden gerangschikt volgens % van stalen met resultaten boven de kwantificatielimit. De PFAS componenten die in meer dan 50% van de stalen werden gemeten, zijn in het groen aangeduid.	44
Tabel 6-2: Samenvatting som PFAS grondwater (ng/L) – dataset 1	46
Tabel 6-3: Outliers grondwater dataset 1	50
Tabel 6-4: Percentielen op basis van dataset 1	53
Tabel 6-5: samenvatting statistische kengetallen gecombineerde dataset	58
Tabel 6-6: Samenvatting somparameters grondwater (ng/L) – gecombineerde dataset	60
Tabel 6-7: Outliers grondwater gecombineerde dataset	63
Tabel 6-8: Percentielen op basis van de gecombineerde dataset	66
Tabel 6-9: Overzicht berekende P90 waarden in ng/L (dataset 1 en gecombineerde dataset, al dan niet met outliers)	68
Tabel 6-10: Voorgestelde streefwaarden grondwater voor PFBA, PFBS en PFOAtotaal en indicatieve P90 waarde voor PFOS	69
Tabel 6-11: Vergelijking P90 en 95 percentiel voor Vlaanderen met Nederlandse en Zwitserse data	70
Tabel 6-12: PFAS-componenten en hun RPF gebruikt voor toetsing aan de voorgestelde milieukwaliteitsnorm	70
Tabel 6-13: Berekening Som 24 PFAS voor toetsing aan voorstel milieukwaliteitsnorm	72
Tabel 7-1: Samenvatting analyseresultaten vaste deel van de aarde (µg/kg ds) – dataset 1	74
Tabel 7-2: Samenvatting analyseresultaten vaste deel van de aarde (µg/kg ds) – dataset 1	76
Tabel 7-3: Outliers vaste deel van de aarde	79
Tabel 7-4: percentielen vaste deel van de aarde op basis van dataset 1	80
Tabel 7-5: Percentielen vaste deel van de aarde op basis van dataset 2	81
Tabel 7-6: Samenvatting resultaten vaste deel van de aarde dataset 1+2 (µg/kg ds)	83
Tabel 7-7: outliers gecombineerde dataset vaste deel van de aarde	86
Tabel 7-8: Percentielen vaste deel van de aarde op basis van gecombineerde dataset	88
Tabel 7-9: Samenvatting percentielen vaste deel van de aarde	89
Tabel 7-10: voorstel streefwaarden PFOS en PFOA in het vaste deel van de aarde	90
Tabel 8-1: Samenvatting correlatiecoëfficiënten voor grondwater en vaste deel van de aarde – geen correlatie, zwakke en matige correlatie zijn aangeduid in resp. rood, geel en groen)	91
Tabel 10-1: Voorgestelde streefwaarden grondwater	97

Overzicht figuren

Figuur 1: overzicht PFAS resultaten in Denemarken (Geological survey of Denmark and Greenland, 2023).....	26
Figuur 2: overzicht PFAS in Grondwater – Zwitserland (Federal Office for the Environment (FOEN, Switzerland), 2023)	28
Figuur 3: Kaart ter identificatie van potentiële staalnamelocaties.	32
Figuur 4: Selectie staalnamelocatie grond en grondwater	33
Figuur 5: Histogram – som kwantitatieve PFAS – o.b.v. rapportagegrenzen uit WAC.....	47
Figuur 6: Histogram – som kwantitatieve PFAS – o.b.v. kwantificatielimieten uit Bijlage 3.....	47
Figuur 7: PFOS _{totaal} in het grondwater - dataset 1.....	49
Figuur 8: PFBS in het grondwater (ng/L) – dataset 1.....	49
Figuur 9: PFOA _{totaal} in het grondwater (ng/L) – dataset 1.....	49
Figuur 10: PFBA in het grondwater (ng/L) – dataset 1.....	49
Figuur 11: Ligging outliers grondwater	50
Figuur 12: Boxplot resultaten dataset 1, inclusief waarden onder kwantificatielimiet. (x: gemiddelde waarde, -kwartielen).....	51
Figuur 13: Boxplot resultaten dataset 1, enkel voor waarden boven de kwantificatielimiet. (x: gemiddelde waarde, -kwartielen)	51
Figuur 14: Histogram resultaten PFBA – inclusief resultaten onder kwantificatielimiet	52
Figuur 15: Histogram resultaten PFBS – inclusief resultaten onder kwantificatielimiet.....	52
Figuur 16: Histogram resultaten PFOA _{totaal} – inclusief resultaten onder kwantificatielimiet	52
Figuur 17: Histogram resultaten PFOS _{totaal} – inclusief resultaten onder kwantificatielimiet	52
Figuur 18: Vergelijking concentraties PFAS in het grondwater gemeten na high flow (HF) vs. low flow (LF) staalname – per component gesommeerd over 13 peilbuizen.....	55
Figuur 19: Vergelijking concentraties PFAS in het grondwater gemeten na high flow (HF) vs low flow (LF) staalname - per peilbuis.....	55
Figuur 20: Vergelijking van PFAS fingerprints in het grondwater na high flow (HF) vs. low flow (LF) staalname – relatief aandeel van elke component per peilbuis	56
Figuur 21: PFOS totaal in het grondwater - dataset 1 en 2	62
Figuur 22: PFBS in het grondwater (ng/L) – dataset 1 en 2	62
Figuur 23: PFOA totaal in het grondwater (ng/L) – dataset 1 en 2.....	62
Figuur 24: PFBA in het grondwater (ng/L) – dataset 1 en 2.....	62
Figuur 25: Ligging outliers gecombineerde dataset.....	64
Figuur 26: Boxplot resultaten gecombineerde dataset, inclusief waarden onder kwantificatielimiet. (x: gemiddelde waarde, -kwartielen)	65
Figuur 27: Histogram resultaten PFBA – inclusief resultaten onder kwantificatielimiet. (x: gemiddelde waarde, -kwartielen).....	65
Figuur 28: Histogram resultaten PFBS – inclusief resultaten onder kwantificatielimiet. (x: gemiddelde waarde, -kwartielen) ..	65
Figuur 29: histogram resultaten PFOA totaal – inclusief resultaten onder kwantificatielimiet . (x: gemiddelde waarde, -kwartielen)	66
Figuur 30: histogram resultaten PFOS totaal – inclusief resultaten onder kwantificatielimiet. (x: gemiddelde waarde, -kwartielen)	66
Figuur 31: PFOS totaal in het vaste deel van de aarde – dataset 1.....	77
Figuur 32: PFOA in het vaste deel van de aarde - dataset 1.....	77
Figuur 33: PFBA in het vaste deel van de aarde - dataset 1.....	78
Figuur 34: Ligging outlier vaste deel van de aarde.....	79
Figuur 35: Samenvatting resultaten vaste deel van de aarde -dataset 2 – (KL= kwantificatielimiet).....	81
Figuur 36: PFOS totaal in het vaste deel van de aarde – dataset 1 en 2.....	84
Figuur 37: PFOA in het vaste deel van de aarde - dataset 1 en 2	84
Figuur 38: PFBA in het vaste deel van de aarde - dataset 1.....	85
Figuur 39: Boxplot PFOA, PFOS en PFBA in het vaste deel van de aarde – gecombineerde dataset	87
Figuur 40: ligging outliers vaste deel van de aarde - gecombineerde dataset.....	88
Figuur 41: Correlogrammen grondwater	92

Figuur 42: Correlogrammen vaste deel van de aarde en-grondwater	93
Figuur 43: Analyseresultaten PFAS per grondwaterstaal voor en na oxidatie.....	95
Figuur 44: Procentueel aandeel PFAS per grondwaterstaal voor en na oxidatie.....	95
Figuur 45: Analyseresultaten PFAS per staal van het vaste deel van de aarde voor en na oxidatie.....	96
Figuur 46: Procentueel aandeel PFAS per staal van het vaste deel van de aarde voor en na oxidatie.....	96

VERKLARINGEN EN DEFINITIES

Rapportagegrens	De waarde beneden welke een component als niet kwantificeerbaar ('<') wordt gerapporteerd
Aantoonbaarheidsgrens	Het uitgangssignaal of de concentratie waarboven met een vermeld betrouwbaarheidsniveau kan worden gesteld dat een monster verschilt van een blanco monster dat geen relevante te bepalen grootte bevat.
Kwantificatielimiet of bepalingsgrens	Een vermeld veelvoud van de aantoonbaarheidsgrens bij een concentratie van de te bepalen grootte die redelijkerwijs met een aanvaardbaar nauwkeurigheds- en precisieniveau kan worden bepaald. De bepalingsgrens kan met behulp van een geschikte standaard of een geschikt monster worden berekend en kan vanaf het laagste kalibratiepunt op de kalibratiecurve, met uitzondering van de blanco, worden verkregen. De kwantificatielimieten voor de analyses uitgevoerd in kader van deze studie zijn opgenomen in Bijlage 3.
Som PFAS kwantitatief	<p>Som van individuele PFAS die volgens het CMA (voor het vaste deel van de aarde) of het WAC (voor grondwater) kwantitatief kunnen worden bepaald. Bij de uitvoering van de analyses ikv voorliggende studie betrof dit volgende componenten:</p> <p>Vaste deel van de aarde: PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHPA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, PFTeDA, PFHxDA, PFBS, PFPeS, PFHxS, PFHpS, PFOS, PFNS, PFDS, PFOSA, MePFOSA, EtPFOSA, MePFOSAA, EtPFOSAA, 4:2 FTS, 6:2 FTS, 8:2 FTS, 8:2 diPAP, HFPO-DA, DONA, PFECHS, PFBSA, MePFBSA, PFHxSA</p> <p>Grondwater: PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHPA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTeDA, PFHxDA, PFBS, PFPeS, PFHxS, PFHpS, PFOS, PFNS, PFDS, PFOSA, MePFOSA, EtPFOSA, MePFOSAA, EtPFOSAA, 4:2 FTS, 6:2 FTS, 8:2 FTS, 8:2 diPAP, HFPO-DA, DONA, PFECHS, PFBSA, MePFBSA, MePFBSAA, PFHxSA</p>
Som PFAS indicatief	<p>Som van individuele PFAS die volgens het CMA (voor het vaste deel van de aarde) of het WAC (grondwater) indicatief kunnen worden bepaald. Bij de uitvoering van de analyses ikv voorliggende studie betrof dit volgende componenten:</p> <p>Vaste deel van de aarde: PFODA, PFDoDS, 6:2 diPAP, 6:2/8:2 diPAP, 10:2 FTS, MePFBSAA</p> <p>Grondwater: PFTrDA, PFODA, PFDoDS, PFUnDS, PFTrDS, 10:2 FTS, 6:2 diPAP, 6:2/8:2 diPAP</p>
Som PFAS totaal	Som van de kwantitatieve en indicatieve PFAS zoals hier boven gedefinieerd.

Som PFAS (EU DWRL 20)	Som van 20 individuele PFAS componenten in grondwater, die opgenomen zijn in de drinkwaterrichtlijn van de EU. Het gaat om volgende componenten: PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, PFBS, PFPeS, PFHxS, PFHpS, PFOS, PFNS, PFDS, PFUnDS, PFDoDS, PFTrDS
Som PFAS efsa-4	Som van PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS

SAMENVATTING

Voorliggende studie werd uitgevoerd voor het bepalen van streefwaarden van PFAS in het vaste deel van de aarde en grondwater in Vlaanderen. ‘Streefwaarden’ zoals gedefinieerd in het Bodemdecreet zijn “gehalten aan verontreinigde stoffen die als achtergrond in niet-verontreinigde bodems worden aangetroffen” waarbij, volgens het Bodemdecreet, grondwater deel uitmaakt van de bodem. Omdat PFAS van nature niet voorkomen in het milieu, gaat het hier om de diffuse antropogene aanwezigheid van PFAS in grond en grondwater.

Het afleiden van streefwaarden voor PFAS gebeurde aan de hand van grond- en grondwaterstaalnames op onverdachte locaties verspreid over Vlaanderen, dit wil zeggen, zones waar geen bij OVAM gekende PFAS verdachte bronnen aanwezig zijn of aanwezig waren in het verleden.

Om meetlocaties te selecteren op onverdachte locaties werden volgende ruimtelijke gegevens verzameld en als verschillende kaartlagen samengevoegd in 1 kaartbeeld:

- Gekende zones met no regret maatregelen (zie PFAS verkenner DOV)
- Inventaris van gekende brandweeroefenterreinen en incidenten (zie PFAS-verkenner DOV)
- Gekende analyseresultaten voor PFAS uit de PFAS-verkenner (laag resultaten grondwater)
- De meetresultaten PFAS in afvalwater (zie PFAS-verkenner DOV)
- De gekende stortplaatsen in Vlaanderen (data laag OVAM)
- De gronden waar, op basis van het grondeninformatieregister, PFAS-verdachte activiteiten werden uitgevoerd
- Voor het bepalen van streefwaarden is het ook belangrijk om contaminatie met andere stoffen te vermijden. Andere verontreinigingen kunnen mogelijk een impact hebben op de rapportagegrenzen voor PFAS. Daarom werden ook volgende kaartlagen toegevoegd:
 - o Kaartlaag met alle gronden waar een activiteit wordt of werd uitgevoerd die aanleiding kan geven tot een verhoogde kans op waterboderverontreiniging zoals gehanteerd in de studie “identificeren van hotspots met waterboderverontreiniging gelinkt aan risico-activiteiten” (OVAM.be). Deze lijst met risico-activiteiten werd uitgebreid met activiteiten verdacht voor gebromeerde vlamvertragers en PFAS.
 - o Kaartlaag van de gronden met een OVAM-dossier nummer.
 - o Ligging van de rioolwaterzuiveringsinstallaties.

Om tot een gebiedsdekkend onderzoek te komen werden 147 meetpunten geselecteerd verspreid over Vlaanderen, uit het meetnet van VMM. De geselecteerde peilbuizen voldoen aan volgende voorwaarden:

- Filter in het freatisch grondwater
- niet gelegen in een no regret zone en niet gelegen op een afstand van minder dan 100 m van gronden met een gekend OVAM-dossiernummer, stortplaatsen, gronden met activiteiten gerelateerd aan PFAS, potentiële hotspotgronden voor waterbodem, rioolwaterzuiveringsinstallaties en gekende lozingen van afvalwater met PFAS.

Ter hoogte van 73 van deze peilbuizen werd eveneens een staal genomen van het vaste deel van de aarde.

De geselecteerde locaties werden bemonsterd en geanalyseerd in de periode van februari 2023 tot juni 2023.

Grondwater

Het grondwater werd geanalyseerd op PFAS volgens de WAC/IV/A/025 (versie 12/2022, staatsblad 6/7/2023), dit wil zeggen 34 kwantitatieve PFAS en 8 indicatieve PFAS. De kwantificatielimiet gebruikt in deze studie is voor de meeste componenten lager dan de maximale rapportagegrens vermeld in het WAC (Bijlage 3).

Gelijktijdig met de bemonsteringen in opdracht van OVAM werden door VMM eveneens peilbuizen van het grondwatermeetnet bemonsterd en geanalyseerd op PFAS. De resultaten van peilbuizen uit het freatisch grondwater, op voldoende afstand van mogelijke PFAS-bronnen, werden ook meegenomen in deze studie. Voor elk van de in de studie opgenomen resultaten van VMM werd eveneens nagegaan of deze meetlocaties op onverdachte locaties liggen (op basis van de kaartlagen en voorwaarden zoals hoger vermeld).

In totaal zijn van de OVAM dataset en VMM dataset **387 meetlocaties** in onverdachte zone weerhouden voor de afleiding van de streefwaarden PFAS in het grondwater.

In 341 van de 387 peilbuizen op niet verdachte locaties wordt minstens 1 PFAS-component gemeten boven kwantificatielimiet.

De top 4 van meest voorkomende PFAS in de 387 peilbuizen zijn opgenomen in tabel A. PFBA en PFBS worden in meer dan 50% van de stalen gemeten boven de kwantificatielimiet. PFOA wordt in 49% van de stalen gerapporteerd boven de kwantificatielimiet en PFOS in 34% van de stalen. De overige PFAS-componenten worden in minder dan 33% van de stalen geanalyseerd boven kwantificatielimiet.

Tabel A: Meest gedetecteerde componenten boven de kwantificatielimiet van 1 ng/L

component	% metingen boven kwantificatielimiet
PFBA	59%
PFBS	57%
PFOA Totaal	49%
PFOS Totaal	34%

Voor de bovenstaande 4 meest voorkomende PFAS in onverdacht gebied, werd vervolgens de P90 waarde (90 percentielwaarde) bepaald. Hierbij werd aanvullend ook een controle op outliers doorgevoerd en waar nodig bijgesteld. Tabel B geeft de afgeleide P90 waarden weer.

Voor de componenten die in minder dan de helft van de gevallen voorkomen boven de kwantificatielimiet, zijn er onvoldoende data om streefwaarden af te leiden. Indien een component in minder dan de helft van de staalnamelocaties wordt aangetroffen kan gesteld worden dat er geen algemene verhoogde antropogene achtergrondwaarde aanwezig is. PFBA en PFBS werden in ruim de helft van de meetlocaties vastgesteld. Voor PFOA wordt deze waarde benaderd (49%). Bijgevolg wordt enkel voor PFBA, PFBS en PFOA een voorstel gedaan tot streefwaarde. De P90 voor PFOS in grondwater wordt ter informatie eveneens vermeld in Tabel B, gezien deze parameter vaak voorkomt in bodemonderzoeken en hiervoor ook een streefwaarde in grond beschikbaar is.

Tabel B: Voorstel streefwaarden voor PFBA, PFBS en PFOAtotaal in het grondwater en indicatieve P90 waarde voor PFOS in grondwater

	P90 in ng/L
PFBA	21,0
PFBS	9,4
PFOAtot	8,0
<i>PFOS_{tot}**</i>	5,0

**Voor PFOS wordt de P90 enkel ter informatie vermeld, deze wordt niet voorgesteld als streefwaarde.

Ook werd de P90 waarde berekend voor PFAS som kwantitatief, PFAS som 20 (20 PFAS opgenomen in de Europese drinkwaterrichtlijn) en PFAS totaal. Deze worden weergegeven in tabel C. Componenten onder de rapportagegrenzen/kwantificatielimieten worden niet meegeteld in de sommen. Wanneer de analyseresultaten tot een lagere waarden kunnen bepaald worden, resulteert dit in hogere 90-percentielen voor de somparameters, gezien in dit geval ook resultaten tussen 1 en 10 ng/l worden meegenomen in de som.

Tabel C: Berekende P90 waarde voor de Som Parameters

	P90 in ng/L**	P90 in ng/L bij rapportagegrens WAC *
Som PFAS kwantitatief	48,0	30,5
Som PFAS (EU DWRL20)	47,0	27,0
Som PFAS totaal	48,4	30,5

*rekening houdend met rapportagegrenzen van het WAC (10 of 50 ng//L) – componenten onder deze grenzen worden niet meegeteld in de som (https://reflabos.vito.be/2023/WAC_IV_A_025.pdf)

** rekening houdend met lagere gerapporteerde kwantificatielimieten die lager liggen dan de maximale rapportagegrenzen (10 of 50 ng/L) (1 ng/l voor de meeste componenten), - componenten onder deze grenzen worden niet meegeteld in de som

De huidige norm voor PFAS som EU DWRL20 is 100 ng /L. Uitgaande van de streefwaarde van PFBA is al een aanzienlijk deel ingevuld door deze streefwaarde namelijk 21%.

De streefwaarde voor PBFA overschrijdt ook reeds de lozingsnorm (20 ng PFAS/L).

Indien vergeleken wordt met de door de Europese commissie voorgestelde milieukwaliteitsnorm voor grondwater en oppervlaktewater van 4,4 ng/L PFAS-24 uitgedrukt als PFOA-equivalenten (https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-amending-water-directives_en), waarbij 24 componenten via aan relatieve toxiciteitsfactor gesommeerd worden en waarbij PFOA factor 1 heeft en PFOS een factor 2, stellen we vast dat de voorgestelde streefwaarden (P90) van PFOA en PFOS, reeds deze waarde van 4,4 ng/L individueel overschrijden. Hoewel 3 van de 24 componenten in deze som niet geanalyseerd werden in voorliggende studie, wordt de voorgestelde kwaliteitsnorm van 4,4 ng/L reeds in 37% van de bemonsterde locaties in onverdacht gebied overschreden.

Vaste deel van de aarde

Ter hoogte van een deel van de meetreeks die voor grondwaterstaalnames werden geselecteerd, werden ook stalen van het vaste deel van de aarde geanalyseerd. In totaal werden 73 stalen geanalyseerd op PFAS. Daarnaast werd ook rekening gehouden met de stalen die in het kader van een voorgaande studie (OVAM, 2021) voor het afleiden van PFAS streefwaarden voor het vaste deel van de aarde werden gebruikt.

Het 90-percentiel van de geanalyseerde stalen in voorliggende studie en de voorgaande studie geven een waarde van 1,4 µg/kg ds voor PFOS_{totaal}. Dit is dezelfde grootteorde als de huidige streefwaarde in Vlaanderen (1,5 µg/kg ds). Voor PFOA_{totaal} worden in deze studie lagere waarden gemeten dan de huidige streefwaarde van 1,0 µg/kg ds. Als P90 waarde voor PFOA_{totaal} wordt 0,8 µg/kg ds berekend.

Gezien de beperkte verschillen tussen de huidige gepubliceerde streefwaarden voor PFOS en PFOA (OVAM, 2021) en de 90-percentielwaarden berekend in deze studie, wordt geadviseerd om de bestaande waarden te behouden. Voor de overige PFAS zijn onvoldoende gegevens boven de kwantificatielimiet beschikbaar om een representatieve streefwaarde statistisch af te leiden.

Aanbevelingen

De stalen in voorliggende studie zijn afkomstig uit landbouw- of natuurgebied en zijn niet noodzakelijk representatief voor verstedelijkt gebied of industriegebied. Gezien het gebruik van PFAS in de dagdagelijkse omgeving kan ook een verhoogde diffuse aanwezigheid van PFAS in verstedelijkt gebied verwacht worden. De antropogene achtergrondconcentratie ligt hier vermoedelijk hoger dan in landbouw- of natuurgebied, omwille van lokale aanrijking door diffuse PFAS bronnen. Het gaat hier dan om regionaal verhoogde concentraties die niet meer toewijsbaar zijn aan een specifieke bron.

Bijkomend onderzoek in de stedelijke gebieden en in omgevingsgebieden rondom industriezones kan meer inzicht geven in welke mate er in deze gebieden een antropogene verhoogde diffuse aanwezigheid is van PFAS.

De resultaten uit voorliggende studie en meer bepaald de afgeleide streefwaarden (PFOA, PFBA en PFBS) kunnen gebruikt worden bij de interpretatie van resultaten in een bodemonderzoek. De streefwaarden nemen reeds een belangrijk deel in van de waarde die momenteel gebruikt wordt om een verontreiniging af te perken (100 ng/L voor som PFAS EU DWRL 20). Een eBSD kan de resultaten van voorliggende studie gebruiken in het kader van de interpretatie van de afperking van de verontreiniging. De waarden kunnen gebruikt worden als motivatie om aan te tonen tot waar een verontreiniging met grote waarschijnlijkheid aan de onderzochte bron kan worden toegewezen.

SUMMARY

This study was conducted to determine anthropogenic background values of PFAS in soil and groundwater in Flanders. 'Background values' as defined in the Soil Decree are "levels of contaminants found as background in unpolluted soils" where, according to the Soil Decree, groundwater is part of soil. As PFAS do not naturally occur in the environment, this refers to the diffuse anthropogenic presence of PFAS in soil and groundwater.

The derivation of anthropogenic background values for PFAS was done based on soil and groundwater sampling at unsuspected locations spread over Flanders, i.e., zones where no known PFAS suspected sources are present or were present in the past.

To select sampling locations at unsuspected sites, the following spatial data were collected and merged as different map layers into one map image:

- Known zones with no regret measures (see PFAS explorer DOV)
- Inventory of known firefighting training sites and fires (see PFAS explorer DOV)
- Known analytical results for PFAS from the PFAS explorer (layer results groundwater)
- PFAS measurement results in wastewater (see PFAS explorer DOV)
- The known landfills in Flanders (OVAM data layer)
- Land on which PFAS suspicious activities were carried out according to the land information register.
- For determining background values, it is also important to avoid contamination with other substances. Other contaminants could potentially impact the reporting limits for PFAS. Therefore, the following map layers were also added:
 - o Map layer with all sites where an activity is or was carried out that may give rise to an increased risk of sediment contamination as used in the study "identifying hotspots of sediment contamination linked to risk activities" (OVAM.be). This list of risk activities was expanded to include activities suspicious for brominated flame retardants and PFAS.
 - o Map layer of sites with an OVAM file number.
 - o Locations of sewage treatment plants.

To arrive at a survey with good coverage, 147 monitoring wells were selected across Flanders from the VMM (Flanders Environment Agency) monitoring network. The selected monitoring wells meet the following conditions:

- Filter present in the phreatic groundwater
- Sampling site not located in a no regret zone and not located at a distance less than 100 m from sites with a known OVAM file number, landfills, land with PFAS-suspicious activities, potential hotspot sites for sediments, sewage treatment plants and known discharges of PFAS-containing wastewater .

Soil samples were also taken near 73 of these monitoring wells.

The selected sites were sampled and analysed from February 2023 to June 2023.

Groundwater

Groundwater was analysed for PFAS according to WAC/IV/A/025 (version 12/2022, Official journal 6/7/2023), i.e. 34 quantitative PFAS and 8 indicative PFAS. For most components, the quantification limit used in this study is lower than the maximum reporting limit mentioned in the WAC (Annex 3).

Simultaneously with the sampling commissioned by OVAM, VMM also conducted its annual monitoring program. Results from VMM for the monitoring wells matching above selection criteria (zones where no known PFAS suspected sources are present or were present in the past) were also included in this study.

In total 387 monitoring sites were retained for the derivation of background values of PFAS in groundwater.

In 341 of the 387 monitoring wells, at least 1 PFAS component is measured above quantification limit (LOQ).

The top 4 most common PFAS in the 387 monitoring wells are listed in Table A. PFBA and PFBS are analysed above the quantification limit in more than 50% of the samples. PFOA is reported above the quantification limit in 49% of samples and PFOS in 34% of samples. The remaining PFAS compounds are analysed above quantification limit in less than 33% of samples.

Table A: most commonly detected compounds above quantification limit of 1 ng/L

component	% measurements above LOQ Frequency of quantification (%)
PFBA	59%
PFBS	57%
PFOA Total	49%
PFOS Total	34%

For the above 4 most common PFAS in unsuspected areas, the P90 value (90 percentile value) was determined. Data was additionally checked for outliers and adjusted where necessary. Table B shows the derived values.

For the components that are found above the quantification limit in less than half of the samples, there are insufficient data to derive target values. If a component is found in less than half of the sampling locations, it can be said that no general elevated anthropogenic background value is present. PFBA and PFBS were detected in more than half of the sampling sites. For PFOA, this value is approached (49%). Consequently, target values are proposed only for PFBA, PFBS and PFOA. The P90 for PFOS in groundwater is also mentioned in Table B for information purposes, as this parameter often occurs in soil studies and a background value in soil is also available.

Table B: Proposed background value for PFBA, PFBS, and PFOA_{total} in groundwater and indicative P90 value for PFOS in groundwater

	P90 in ng/L
PFBA	21,0
PFBS	9,4
PFOA _{tot}	8,0
PFOS _{tot} **	5,0

**For PFOS, the P90 is listed for informational purposes only, it is not proposed as a background value.

The P90 value was also calculated for PFAS sum quantitative, PFAS sum 20 (20 PFAS included in the European Drinking Water Directive) and PFAS total. These are shown in Table C. Components below the reporting limits/quantification limits are not included in the sums. If the analytical results can be determined to lower values, this results in higher 90-percentiles for the sum parameters, as in this case results between 1 and 10 ng/l are also included in the sum.

Table C: Calculated P90 value for the Sum Parameters

	P90 in ng/L**	P90 in ng/L using reporting limits of the WAC *
Sum PFAS quantitative	48,0	30,5
Sum PFAS (EU DWRL20)	47,0	27,0
Sum PFAS total	48,4	30,5

*Considering WAC reporting limits (10 or 50 ng/L) - components below these limits are not included in the sum (https://reflabos.vito.be/2023/WAC_IV_A_025.pdf)

** Considering reported quantification limits (1 ng/L for most components) which are lower than the maximum reporting limits - components below these limits are not included in the sum

The current standard for Sum EU DWD20 is 100 ng/L in the Drinking Water Directive (DWD). It is to be noted that a significant part of this Sum EU DWD20 of 100 ng/L has already been filled by the anthropogenic background value of PFBA, namely 21%.

The anthropogenic background value PBFA also exceeds the discharge standard of 20 ng/L.

If compared to the European Commission's proposed environmental quality standard for groundwater and surface water of 4.4 ng/L PFOA-equivalents (https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-amending-water-directives_en), where 24 components are summed via relative toxicity factor, where PFOA has factor 1 and PFOS factor 2, we find that the proposed anthropogenic background values (P90) of PFOA and PFOS, already exceed this value of 4.4 ng/L individually. Although 3 of the 24 components in this sum were not analysed in the present study, the proposed quality standard of 4.4 ng/L is already exceeded in 37% of sampled sites in unsuspected areas.

Soil

At a selection of 73 monitoring sites used for the groundwater sampling, soil samples were also taken and analysed for PFAS. In addition, results from a previous study with the aim of deriving anthropogenic background PFAS values were also taken into account for the results analysis (OVAM, 2021).

The 90-percentile of the samples analysed in the present study and those in the previous study combined, result in an anthropogenic background value of 1.4 µg/kg dw for PFOS_{total}. This is the same order of magnitude as the current anthropogenic background value in Flanders derived in the previous study (1.5 µg/kg dw). For PFOA_{total}, lower values than the current anthropogenic background value derived by VITO (1.0 µg/kg dw) are measured in this study. As a P90 value for PFOA_{total}, 0.8 µg/kg dw is calculated.

Given the limited differences between the currently published anthropogenic background values for PFOS and PFOA (OVAM, 2021) and the 90-percentile values calculated in this study, it is recommended to keep the existing values for PFOS and PFOA.

For the other PFAS compounds, insufficient data above the reporting limit are available to derive a statistically sound and representative anthropogenic background value.

Recommendations

The samples in the present study originate from agricultural or natural areas and are not necessarily representative for urbanised or industrial areas. Given the use of PFAS in the every-day environment, an increased diffuse presence of PFAS can also be expected in urbanised areas. The anthropogenic background concentration here is probably higher than in agricultural or natural areas because of local enrichment by diffuse PFAS sources. These are regionally elevated concentrations that cannot be linked to a specific source.

Additional research in urban areas and in ambient areas around industrial zones can provide more insight into the extent to which there is an anthropogenic increased diffuse presence of PFAS in these areas. The results from the present study and, more specifically, the derived background values (PFOA, PFBA and PFBS) can be used when interpreting results in a soil investigation. The target values already take up a significant part of the value currently used to constrain a contamination (100 ng/L for sum PFAS EU DWRL 20). An eBSD can use the results of the present study in the context of delineating contaminations. The values can be used as motivation to demonstrate to which extent a contaminant can be assigned with high probability to the investigated source.

1 INLEIDING

Het doel van deze opdracht is het bepalen van streefwaarden voor PFAS in het grondwater en het verzamelen van aanvullende data voor het actualiseren van de reeds bepaalde streefwaarden PFAS in het vaste deel van de aarde.

'Streefwaarden' zoals gedefinieerd in het Bodemdecreet zijn "gehalten aan verontreinigde stoffen die als achtergrond in niet-verontreinigde bodems worden aangetroffen" waarbij, volgens het Bodemdecreet, ook grondwater deel uitmaakt van de bodem. Omdat PFAS van nature niet voorkomen in het milieu, gaat het hier om de diffuse antropogene aanwezigheid van PFAS in het vaste deel van de aarde en in het grondwater.

Het afbakenen van een verontreiniging met PFAS in het grondwater, afkomstig van een bepaalde bron blijkt in praktijk niet eenvoudig te zijn. Enerzijds kunnen verontreinigingspluimen met PFAS zeer omvangrijk zijn. Anderzijds is er het vermoeden dat het grondwater diffuus is aangerijkt met PFAS, zodat het in de praktijk zeer moeilijk is uit te maken tot waar de verontreinigingspluim reikt.

Het doel van voorliggende studie is om na te gaan of in Vlaanderen PFAS algemeen in het freatisch grondwater wordt teruggevonden, en hoe deze data kunnen worden gebruikt bij de beoordeling van verkennende en decretale bodemonderzoeken (VBO/OBO) uitgevoerd op locaties waar PFAS als verdachte stof wordt beschouwd of wordt teruggevonden (BBO). Er dient namelijk een onderscheid te worden gemaakt tussen de grondwaterpluim die van een bron afkomstig is, en (eventuele) (regionale) verhogingen. Het onderscheiden van verontreiniging gerelateerd aan een bron versus diffuse verontreiniging is cruciaal in de juridisch-administratieve context van het Bodemdecreet, waar onderzoeks- en saneringsverplichtingen worden toegekend aan exploitanten, eigenaars, gebruikers of andere partijen.

In het vaste deel van de aarde werden in opdracht van OVAM reeds streefwaarden afgeleid voor PFOA en PFOS op een beperkte dataset (OVAM, 2021). Met betrekking tot het PFAS-gehalte in het vaste deel van de aarde, heeft deze voorliggende studie ook tot doel extra metingen te doen in het vaste deel van de aarde ter verificatie of bijstelling van de reeds afgeleide streefwaarden.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een beknopt overzicht gegeven van mogelijke bronnen en toepassingen van PFAS evenals een overzicht van analysemethodes van PFAS. Daarnaast wordt ook een samenvatting gemaakt van beschikbare internationale informatie met betrekking tot diffuse aanwezigheid van PFAS.

Op basis van de inzichten in hoofdstuk 2 wordt vervolgens een methodologie opgesteld voor de selectie van PFAS-onverdachte locaties en wordt een staalnameplan opgemaakt.

Hoofdstuk 4 geeft de bemonstering- en analyseresultaten weer. In hoofdstuk 5 en 6 worden respectievelijk streefwaarden voor grondwater en voor vaste deel van de aarde afgeleid door middel van statistische evaluatie. Hierbij wordt aanvullend ook gebruik gemaakt van ter beschikking gestelde data van VMM (grondwater) en VITO (vaste deel van de aarde).

In hoofdstuk 7 en 8 worden aanvullende vaststellingen gerapporteerd met betrekking tot het gecombineerd voorkomen van PFAS componenten en met betrekking tot meer specifieke TOP-analyses.

Hoofdstuk 9 omvat het besluit en aanbevelingen.

2 BEKNOPTE LITERATUURSTUDIE

In dit hoofdstuk wordt een beknopt overzicht gegeven van mogelijke bronnen en toepassingen van PFAS. Op basis van deze inzichten wordt vervolgens een methodologie opgesteld voor de **selectie van PFAS-onverdachte locaties**.

Aanvullend wordt een overzicht van **analysemethodes van PFAS** gemaakt. Daarnaast wordt ook een samenvatting gemaakt van **beschikbare internationale informatie** met betrekking tot diffuse aanwezigheid van PFAS om bij de afleiding van streefwaarden in Vlaanderen te kunnen vergelijken met eventuele andere beschikbare internationale data.

2.1 VOORNAAMSTE TOEPASSINGEN PFAS

Inzet fluorhoudend blusschuim

Fluorhoudende blusschuimen komen voor in de klasse B blusschuimen gebruikt bij vloeistofbranden. Vanaf de periode 1960-1970 werden PFOS-verbindingen gebruikt in deze blusschuimen. In 2011 is het toevoegen van PFOS aan blusschuim verboden en is er in eerste instantie overgeschakeld naar het toevoegen van PFOA en vervolgens overgeschakeld naar korte ketens (C6 ketens i.p.v. C8 ketens; bv PFHxS, PFHxA, 6:2 FTS, ...). Vanaf 2022 mag ook PFOA niet meer gebruikt mogen worden als het blusschuim niet opgevangen kan worden. Vanaf 2025 zal PFOA-houdend blusschuim helemaal niet meer gebruikt mogen worden. Momenteel wordt op EU -niveau een voorstel geëvalueerd om alle PFAS in blusschuimen uit te faseren.

De PFAS gebaseerde brandblusschuimen voor het blussen van brandbare vloeistoffen (vloeibare koolwaterstoffen) kunnen gebruikt zijn bij incidenten op vliegvelden, militaire oefenplaatsen/vliegvelden, raffinaderijen en bij bulkopslag van chemicaliën en op oefenterreinen van de brandweer. (OVAM, 2022)

Galvanisatie

Bij galvanisatie wordt PFOS vooral gebruikt om de blootstelling van medewerkers aan chroom-VI te reduceren bij het verchromen. PFOS wordt gebruikt om de oppervlaktespanning van het bad met chroomzuur te verlagen, waardoor de grootte van de bellen vermindert en minder bellen op het grensvlak barsten, waardoor minder chroom-VI in de lucht vrijkomt (i.e. mist surpressant). (OVAM, 2022)

Toepassing voor water- en vuilafstotend maken

PFAS worden gebruikt bij het water- en vuilafstotend maken van o.a. kleding, schoenen, tenten, paraplu's, tapijten en meubels. Vaak worden polymeren van PFAS toegepast. Deze polymeren kunnen residuen van PFAS vanuit het productieproces bevatten of ze kunnen worden afgebroken tot fluortelomeren zoals FTOH's, maar ook tot geperfluoreerde carbonzuren zoals PFOA en perfluorhexaanzuur (PFHxA). (OVAM, 2022)

Papierindustrie

PFAS worden gebruikt bij de productie van vet- en waterafstotend papier dat bijvoorbeeld gebruikt wordt voor het verpakken van voedsel. Tijdens de productie worden voornamelijk polyfluoralkyl fosforzuren (PAP's en diPAP's) gebruikt. Ook andere PFAS worden of werden in de papierindustrie gebruikt. (OVAM, 2022)

Cosmetica

In de cosmetica-industrie worden PFAS gebruikt om diverse redenen. Het kan in zonnebrandcrème en bodylotion zitten om de crème waterafstotend te maken. PFAS worden in cosmetica ook gebruikt als antiklontermiddel, antistatica, stabilisatoren, emulgatoren, oppervlakte-actieve stoffen, filmvormers, viscositeitsregelaars en oplosmiddelen. (OVAM, 2022).

Huishoudelijke producten en artikelen

PFAS kunnen aanwezig zijn in hydraulische vloeistoffen, insecticiden, schoonmaakmiddelen, smeermiddelen, verf en lak en in was/wax voor vloeren, auto's, vliegtuigen en snowboards. Ook anti-aanbak pannen kunnen PFAS bevatten (Teflon). (OVAM, 2022)

Foto-industrie

In de foto-industrie werden PFAS-producten als oplosmiddel, pigmenten en ontwikkelvloeistof gebruikt. (OVAM, 2022)

Stortplaatsen en waterzuiveringsinstallaties

Stortplaatsen kunnen een bron van PFAS zijn vanwege het desintegreren van PFAS-houdende materialen zoals tapijten, meubels, kleding, impregneermiddelen etc.

In waterzuiveringsinstallaties komen de afvalstromen samen van de verwerkende industrieën, restanten van blusactiviteiten en huishoudelijk afvalwater, aangerijkt door het gebruik van huishoudelijk PFAS-houdende producten. (OVAM, 2022)

Grondrecyclagecentra, slibverwerking en afvalverbranding

Ook grondrecyclagecentra (GRC's), tijdelijke opslagplaatsen (TOP's), slibverwerkings- en afvalverbrandingsinstallaties kunnen verdacht zijn voor PFAS, wanneer gronden, slib of afval afkomstig van PFAS-verdachte activiteiten verwerkt wordt. (OVAM, 2022)

2.2 GEKENDE PRODUCTIELOCATIES IN VLAANDEREN

3M-locatie te Zwijndrecht

De PFAS-productie vóór 2001 werd voornamelijk gedomineerd door het elektrochemische fluoreringsproces van 3M, waarbij als belangrijkste product 30-45% perfluorocyclohexaan sulfonylfluoride (PFOSF) werd gevormd, met daarnaast een verzameling van andere PFCA's en PFSA's. Dit proces is ook op de 3M locatie in Zwijndrecht toegepast. Sinds 2001, is de productie van PFAS door elektrochemische fluorering sterk verminderd vanwege zorgen rondom de milieueffecten van PFOS en werd telomerisatie de voornaamste manier van PFAS-productie. Hierbij worden geen PFOS of precursoren van PFOS gevormd (OVAM, 2018).

DuPont (de Nemoers) te Mechelen

De activiteiten van DuPont in Mechelen werden opgestart in 1958 en bestonden aanvankelijk uit de productie van harsen, coatings en kunststoffen. Sinds 1966 bevond onder andere ook de productie van Teflon coatings hier plaats. In de productie van Teflon (PTFE) wordt PFOA gebruikt als hulpstof.

Midden 2015 splitste DuPont de afdeling "Performance Chemicals" (hoogwaardige chemicaliën) af in een afzonderlijk bedrijf, The Chemours Company. Onder andere de site te Mechelen (en Dordrecht) staat in voor de ontwikkeling en productie van fluorproducten werden Chemours Company.

2.3 ANALYSEMETHODEN VOOR PFAS IN VASTE DEEL VAN DE AARDE EN GRONDWATER

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van zowel target als non-target analyses voor PFAS in het vaste deel van de aarde en in grondwater.

2.3.1 Methoden in Vlaanderen (WAC en CMA)- target analyses

De huidige normmethode voor PFAS in het grondwater in Vlaanderen is een target analyse beschreven in het WAC/IV/A/025 (ISO 25101:2009) (https://reflabos.vito.be/2021/WAC_IV_A_025.pdf)

De huidige normmethode voor PFAS in het vaste deel van de aarde in Vlaanderen is een target analyse beschreven in het CMA/3/D. (https://reflabos.vito.be/2023/CMA_3_D.pdf)

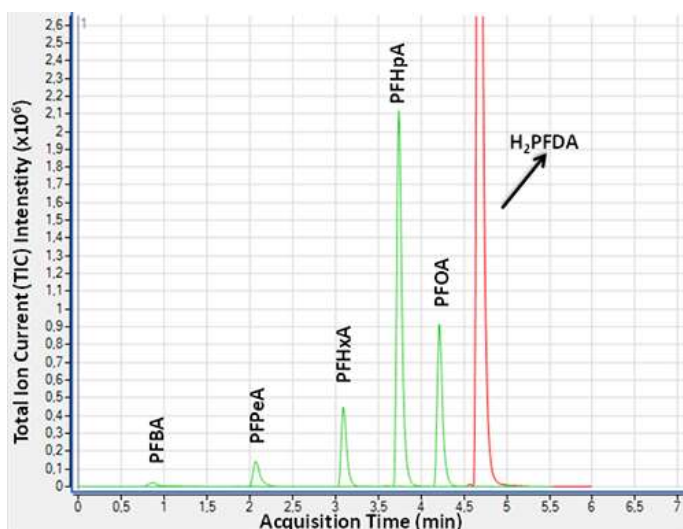
2.3.2 Alternatieve methoden

Met de huidige analysemethoden is het mogelijk 34 verschillende PFAS-componenten te kwantificeren in grondwater en in het vaste deel van de aarde. Er zijn echter vele andere PFAS-componenten die met deze methode niet gedetecteerd kunnen worden. Het gebruik van EOF (Extraheerbaar OrganoFluor) en AOF (Adsorbeerbaar OrganoFluor) technieken kunnen helpen om de totale hoeveelheid fluor in een staal te bepalen als proxy voor de totale PFAS hoeveelheid. Verder kunnen ook PFAS precursoren in het milieu omgezet worden tot persistente perfluorkoolwaterstoffen. De aanwezigheid van deze precursoren kan aangetoond worden met een TOP analyse (Totaal Oxideerbare Precursoren).

TOP-analyses (Total Oxidizable Precursor) (ook TOPA genoemd, Total Oxidizable Precursor Assay)

De TOP analyse maakt gebruik van hydroxyl-radicaal gebaseerde oxidatiereacties, waarbij precursoren omgezet worden tot perfluoralkylzuren (PFAAs) die wel gedetecteerd kunnen worden in een target analyse.

In onderstaand voorbeeld werden verschillende PFAS-precursoren toegevoegd aan water. De concentraties werden gemeten voor en na TOP-analyse. Hier kan duidelijk gezien worden hoe de precursoren omgezet worden tot meetbare eindproducten. Via de TOP-analyse kan er niet aangetoond worden welke precursor er aanwezig is, enkel dat ze aanwezig zijn (Eurofins, 2023).



Rode lijn: Water met precursor H₂PFDA voor TOP-assay

Groene lijn: Water met precursor H₂PFDA na TOP-assay: PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA en PFOA worden gedetecteerd, H₂PFDA niet.

EOF (Extraheerbaar OrganoFluor) en AOF (Adsorbeerbaar OrganoFluor)

EOF- of AOF-analyse kan worden gebruikt om de hoeveelheid PFAS-precursoren en PFAS-verbindingen in een staal in te schatten op basis van gemeten fluor. Dit is dan inclusief de PFAS-verbindingen die niet worden geanalyseerd volgens de huidige target CMA/WAC methode.

Bij EOF worden de fluorverbindingen geëxtraheerd en het extract wordt verbrand bij een hoge temperatuur. De totale hoeveelheid vrijgekomen fluor kan hierbij bepaald worden. Bij AOF wordt het adsorbens, gebruikt voor het capteren van de fluorverbindingen, verbrand. Zowel EOF als AOF maken gebruik van verbranding ion chromatografie (Combustion IC). Hierbij kan de totale hoeveelheid PFAS-componenten in een staal geschat worden, maar zonder de moleculaire structuren en eigenschappen te bepalen. Het wordt daarom ook wel als een 'non-target analyse' vermeld. Ook wordt er geen onderscheid gemaakt tussen anorganisch en organisch gebonden fluor. Een grondige staal-voorbereiding is in dit geval heel belangrijk. (Aro, et al., 2022)

2.3.3 Samenvattende vergelijking analysemethoden en toepassing in voorliggende studie

Zowel TOP en EOF/AOF bieden enkele voordelen en nadelen in vergelijking met de huidige CMA/WAC target analyses. Tabel 2-1 geeft een korte samenvatting.

In voorliggende studie zal naast de klassieke WAC/CMA target analyse ook de TOP assay gebruikt worden omdat deze techniek een relatief hoge sensitiviteit (lage kwantificatielimiet) heeft wat belangrijk is om streefwaarden te bepalen, de te verwachten concentraties zijn immers laag op PFAS-onverdachte terreinen.

Tabel 2-1: Vergelijking methoden (aangepast o.b.v. (Environment Agency - UK, 2021))

EOF/AOF		TOPA		Target-analyse	
Voordelen	Nadelen	Voordelen	Nadelen	Voordelen	Nadelen
Genereert ΣPFAS-waarde	Non-target analysemethode – geen eenduidige interpretatie van resultaten	Inschatting van PFAS precursoren	Geen eenduidige interpretatie van resultaten door hoge variabiliteit in geoxideerde eindproducten	Gestandaardiseerde methode	Meet enkel specifieke vooraf bepaalde PFAS componenten obv een “interne standaard per component”
Relatief lage kostprijs in vergelijking met de target analyse (CMA/WAC)	Interferentie van ‘non PFAS’ zoals medicijnen en pesticiden mogelijk	Bezorgt indicatieve data over de ketenlengte van de aanwezige PFAS, wat kan helpen bij de identificatie van de bron.	Houdt geen rekening met non-PFAA precursoren en next-generation PFAS (bv. Gen-X).	Nauwkeurig en sensitief	Geen indicaties over mogelijke precursoren
Goede algemene screening van de aanwezige PFAS-verontreiniging	Gebrek aan gestandaardiseerde methoden leidt tot variabele resultaten tussen labo’s.	Sensitief (0,1 – 1ng/L)			
/	Mogelijk niet sensitief genoeg (0,1-0,5 µg/L)	/	Welke precursor geoxideerd is, kan niet exact achterhaald worden		
/	EOF – alle matrices AOF – enkel waterachtige stalen	/	Variatie mogelijk door verschil in staalvoorbereiding		

2.4 BESCHIKBARE NATIONALE EN INTERNATIONALE INFORMATIE MET BETREKKING TOT DIFFUSE PFAS VERONTREINIGING

2.4.1 Internationale bevraging

Er werd een beknopte internationale bevraging gedaan om informatie te bekomen over beschikbare data en onderzoeken met betrekking tot diffuse PFAS-verontreinigingen in het grondwater. De bevraging werd verzonden naar verschillende internationale contacten in Europa.

In de enquête werd gevraagd naar relevante informatie met betrekking tot diffuse PFAS-verontreinigingen in het grondwater:

- wordt de aanwezigheid van een diffuse PFAS-verontreiniging in het grondwater onderzocht? Of zal dit in de toekomst gebeuren?
- welke maatregelen worden momenteel genomen?
- welke data zijn beschikbaar? Zijn er regionale/nationale/Europese data beschikbaar?
- zijn er specifieke achtergrondwaarden bepaald?
- wordt onderscheid gemaakt tussen verdachte en niet-verdachte locaties?
- wordt onderscheid gemaakt tussen types bodemgebruik en/of bodemtypes?
- welke PFAS worden voornamelijk teruggevonden in diffuse verontreinigingen?
- wat zijn de inzichten m.b.t. verspreiding van PFAS in het grondwater?
- worden non-target analyses zoals TOP, AOF, EOF gebruikt?

Er werd een antwoord ontvangen uit Nederland, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk, Denemarken, Duitsland en Italië. Uit de antwoorden blijkt dat er weinig internationale data met betrekking tot achtergrondwater of diffuus voorkomen van PFAS in grondwater beschikbaar zijn.

Een beknopt overzicht van de verkregen antwoorden wordt bijgevoegd in Bijlage 1.

De relevante studies met betrekking tot beschikbare data worden in de volgende paragraaf verder toegelicht.

2.4.2 Internationale studies en data

Een review van beschikbare studies over de wereldwijde aanwezigheid van PFAS in grondwater toont aan dat PFAS wereldwijd voorkomt in water en afvalwater (Kurwadkar, et al., 2022). Hieruit blijkt dat PFAS gedetecteerd wordt in verschillende continenten, onafhankelijk van het niveau van industriële ontwikkeling. De aanwezigheid van PFAS ver van potentiële bronnen duidt dat atmosferisch transport over grote afstand een belangrijke verspreidingsroute is en bepalend kan zijn voor de diffuse antropogene achtergrondwaarde in de bodem (vaste deel van de aarde). PFAS in bodem kan vervolgens door uitloging ook in grondwater terecht komen en zo voor diffuse grondwaterverontreiniging zorgen. Ook het hergebruik van afvalwater bij irrigatie kan aanleiding geven tot een diffuse PFAS-verontreiniging in grond en grondwater. PFAS verontreinigingen in grondwater kunnen eveneens grote pluimzones vormen en zo bijdragen aan diffuse verontreiniging.

Zweden

In Zweden werd een studie uitgevoerd waarbij de aanwezigheid van PFAS in 502 van waterstalen, afkomstig uit Zweeds grondwater, oppervlaktewater en waterzuiveringsinstallaties werd onderzocht (Swedish University of Agricultural Sciences, 2016). Het doel van deze studie was om referentiewaarden van PFAS in het aquatische milieu vast te stellen en deze waarden te gebruiken als basis voor het evalueren van potentiële bronnen. Er werd hoofdzakelijk gefocust op regio's die belangrijk zijn voor de drinkwatervoorziening. De concentratie van de som PFAS (26 componenten) bedroeg in het grondwater gemiddeld 49 ng/L met een mediaan van 0,4 ng/L. De 26 componenten zijn ook in het pakket gebruikt in Vlaanderen de voornaamste componenten, 9 ervan kunnen beschouwd worden als precursoren (zie Tabel 2-2).

Tabel 2-2: Geanalyseerde PFAS in studie (Swedish University of Agricultural Sciences, 2016)

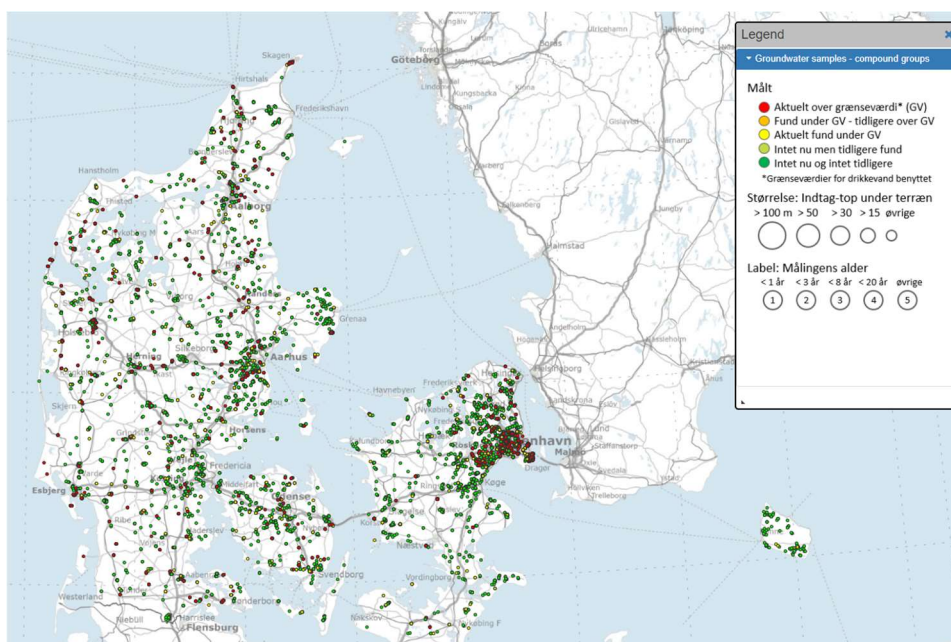
PFBA	PFUnDA	PFHxS	MeFOSA*
PFPeA	PFDoDA	PFOS	MeFOSE*
PFHxA	PFTTrDA	PFDS	EtFOSA*
PFHpA	PFTeDA	FOSAA*	6:2 FTSA*
PFOA	PFHxDA	MeFOSAA*	EtFOSE*
PFNA	PFOcDA	EtFOSAA*	
PFDA	PFBS	FOSA*	

*in de studie beschouwd als precursoren

De hoge gemiddelde waarde kan gerelateerd worden aan enkele uitschieters. Daarnaast werden ook de concentraties in het oppervlaktewater in enkele meren bepaald waarbij de antropogene PFAS impact laag is. De concentraties die hier worden gemeten, zijn vermoedelijk veroorzaakt door atmosferische depositie. Uit 10 stalen werd een gemiddelde concentratie som PFAS van 3,4 ng/L aangetroffen. De samenstelling van de som PFAS in het grondwater toonde bijdragen van zowel PFSA's, PFCA's en PFAS-precursoren. In het oppervlaktewater werd de som PFAS grotendeels bepaald door korte keten PFAS. Daarentegen werd in grondwater algemeen een grote verhouding PFHxS ten opzichte van PFOS vastgesteld terwijl in het oppervlaktewater de concentraties in dezelfde grootte orde lagen. Dit zou te wijten kunnen zijn aan de sterkere sorptie van PFOS aan bodemdeeltjes in vergelijking met PFHxS wat kan leiden tot een toenemende fractie van PFHxS in grondwater door sorptie van PFOS aan bodemdeeltjes tijdens het uitlogingsproces.

Denemarken

In Denemarken worden analyses van PFAS in het grondwater bewaard in een nationale database 'JUPITER' (Geological survey of Denmark and Greenland, 2023), gelijkaardig aan DOV in Vlaanderen. Hieruit blijkt dat overschrijdingen van de drinkwaternorm (0,1 µg/L) hoofdzakelijk waargenomen worden in stedelijke gebieden. In landbouwgebieden of meer afgelegen regio's worden bijna geen concentraties boven de drinkwaternorm aangetroffen. Het onderzoek naar diffuse PFAS-verontreinigingen is nog steeds lopende en meer informatie wordt verzameld over de mogelijke bronnen en verspreidingsroutes. Momenteel kunnen hierover nog geen concrete conclusies opgesteld worden.



Figuur 1: overzicht PFAS resultaten in Denemarken (Geological survey of Denmark and Greenland, 2023)

Nederland

In Nederland werd in 2021 een studie gepubliceerd met analyseresultaten voor PFAS in het grondwater. De resultaten werden opgedeeld in freatisch (< 10 m-maaiveld (mv)) en middeldiep tot diep grondwater (10-25 m-mv). (RIVM, 2021). In de Nederlandse studie werd niet nagegaan in hoeverre de staalnelocaties zich in de buurt van potentiële PFAS-bronnen bevinden. De stalen uit het freatisch grondwater zijn wel afkomstig uit stedelijk of industriegebied. In het freatisch grondwater werden hogere waarden gemeten dan in het diepere grondwater. Ook werden er dieper minder verschillende stoffen aangetroffen. Dit komt overeen met het huidige beeld van de stofgroep waarbij een deel van de PFAS verbindingen mobiel is en zich verspreidt in het grondwater, terwijl een ander deel minder mobiel is omdat ze makkelijker binden aan de bodem. De resultaten voor het freatisch grondwater worden samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 2-3: Statistieken van aangetroffen (>rapportagegrens, >RG) PFAS in het freatische grondwater in ng/L. In totaal zijn 16 van de 30 geanalyseerde PFAS aangetroffen. De dikgedrukte stoffen zijn niet aangetroffen in het diepere grondwater. (RIVM, 2021)

ID	PFAS	PFAS code	CAS-nummer	n	% <RG	RG [ng/l]	Metingen [ng/l]			
							min	P50 ₁	P95 ₁	max
1	6:2.FTS.(6:2.fluortelomeer.sulfonzuur)	6:2.FTS	27619-97-2	101	87	0,3	0,3	0,3	1,2	6,6
2	8:2.DiPAP.(8:2.fluortelomeer.fosfaat.diestere)	8:2.DiPAP	678-41-1	101	99	2,0	2,0	2,0	2,0	14,0
3	PFBA.(perfluorbutaanzuur)	PFBA	375-22-4	101	15	0,6	0,6	5,5	21,0	23,0
4	PFBS.(perfluorbutaansulfonzuur)	PFBS	375-73-5	101	11	0,3	0,3	3,2	20,0	48,0
5	PFDA.(perfluordecaanzuur)	PFDA	335-76-2	101	95	0,6	0,6	0,6	0,6	2,1
6	PFHpA.(perfluorheptaanzuur)	PFHpA	375-85-9	101	25	0,3	0,3	1,4	10,0	16,0
7	PFHpS.(perfluorheptaansulfonzuur)	PFHpS	375-92-8	101	94	0,3	0,3	0,3	0,3	12,0
8	PFHxA.(perfluorhexaanzuur)	PFHxA	307-24-4	101	24	0,3	0,3	1,8	15,0	99,0
9	PFHxS.(perfluorhexaansulfonzuur)	PFHxS	355-46-4	101	39	0,3	0,3	0,6	7,0	300,0
10	PFNA.(perfluornonaanzuur)	PFNA	375-95-1	101	80	0,6	0,6	0,6	1,5	3,8
11	PFOA.lineair.(perfluorocetaanzuur)	PFOA.lineair	335-67-1	101	11	0,3	0,3	6,0	35,0	63,0
12	PFOA.vertakt.(perfluorocetaanzuur)	PFOA.vertakt	-	101	18	0,3	0,3	1,6	8,1	22,0
13	PFOS.lineair.(perfluorocetaansulfonzuur)	PFOS.lineair	1763-23-1	101	44	0,2	0,2	0,3	6,7	960,0
14	PFOS.vertakt.(perfluorocetaansulfonzuur)	PFOS.vertakt	-	101	36	0,2	0,2	0,7	13,0	820,0
15	PFPeA.(perfluorpentaanzuur)	PFPeA	2706-90-3	101	37	0,6 - 6,0	0,6	1,7	15,0	110,0
16	PFPeS.(perfluorpentaansulfonzuur)	PFPeS	2706-91-4	101	60	0,3	0,3	0,3	1,2	32,0

1) 50 en 95 percentielen van de metingen

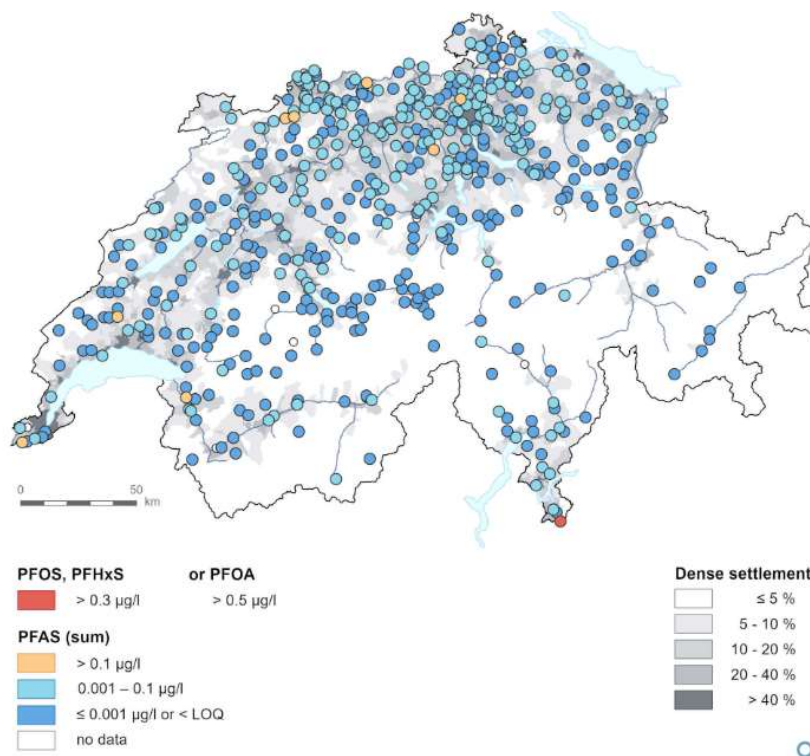
Verenigd Koninkrijk

In het Verenigd Koninkrijk wordt het grondwater momenteel ook gemonitord op PFAS. De kwantitatieve data zijn beschikbaar op een online platform (Environment Agency - UK). In een eerste samenvattende studie (Environment Agency - UK, 2021) wordt geconcludeerd dat PFAS wijd verspreid aanwezig zijn in het grond- en oppervlaktewater van het Verenigd Koninkrijk. Korte keten PFAS (PFBS en PFHxS) worden tot in 39% van de stalen teruggevonden. PFOS en PFOA in respectievelijk 26% en 29% van de stalen. De aanwezigheid van PFOS in zoetwater dieren en accumulatie in mariene dieren (vissen, otters) duidt op de aanwezigheid van een diffuse PFAS-verontreiniging in de Engelse wateren. Verdere monitoring moet hier nog een duidelijker beeld over geven.

PFAS worden er gemonitord in een landelijk grondwatermonitoringsnetwerk. Elk punt wordt driejaarlijks bemonsterd. Gezien PFAS nog niet lang is opgenomen in het programma is voor de meeste punten slechts 1 resultaat beschikbaar. Tot nu toe werden de grondwaterstalen enkel met een semi-kwantitatieve methode geanalyseerd, waardoor in het rapport geen concentraties worden vermeld.

Zwitserland

Zwitserland publiceerde eveneens data betreffende PFAS in het grondwater verspreid over het hele grondgebied (Federal Office for the Environment (FOEN, Switzerland), 2023). Het gaat om 519 resultaten uit het grondwatermonitoringsnetwerk. Er wordt aangegeven op hoeveel van de locaties een PFAS-component boven de kwantificatielimiet, 1 ng/L, 10ng/L of 100 ng/L werd aangetroffen. 26 componenten werden geanalyseerd. In 25% van de stalen werd voor de som van deze stoffen de waarde van 10 ng/L overschreden. 2 % van de stalen overschreed een waarde van 100 ng/L, voor hetzelfde percentage van locaties (2%) werd 100 ng/L ook overschreden wanneer de som werd genomen van de 20 componenten uit de EU drinkwaterrichtlijn. De waarde van 4.4 ng/L voor de gewogen som van 24 PFAS zoals voorgesteld als nieuwe milieukwaliteitsnorm werd in 25% van de locaties overschreden.



Figuur 2: overzicht PFAS in Grondwater – Zwitserland (Federal Office for the Environment (FOEN, Switzerland), 2023)

Tabel 2-4: samenvatting resultaten PFAS in het grondwater – Zwitserland (Federal Office for the Environment (FOEN, Switzerland), 2023)

National Groundwater Monitoring NAQUA

hydrogeologie@bafu.admin.ch

PFAS in groundwater

Period of time 2021
 Monitoring site Module SPEZ and TREND
 Statistics Maximum value per monitoring site

Substance		Monitoring sites [number]				Monitoring sites [%]	
		sampled	Concentration			Concentration	
			≥LOQ	>0.001 µg/l	>0.01 µg/l	>0.1 µg/l	>0.1 µg/l
Perfluorinated carboxylic acids							
PFBA	Perfluorbutansäure	519	145	145	18	-	-
PFPeA	Perfluorpentansäure	519	101	101	10	-	-
PFHxA	Perfluorhexansäure	519	148	123	12	-	-
PFHpA	Perfluorheptansäure	519	121	80	2	-	-
PFOA	Perfluoroctansäure	519	163	133	7	-	-
PFNA	Perfluoronansäure	519	13	4	-	-	-
PFDA	Perfluordecansäure	519	1	1	-	-	-
PFUnDA	Perfluorundecansäure	519	-	-	-	-	-
PFDoDA	Perfluordodecansäure	519	-	-	-	-	-
PFTrDA	Perfluortridecansäure	100	-	-	-	-	-
PFTeDA	Perfluortetradecansäure	3	-	-	-	-	*
Perfluorinated sulfonic acids							
PFBS	Perfluorbutansulfonsäure	519	161	160	9	-	-
PFPeS	Perfluorpentansulfonsäure	519	18	18	2	-	-
PFHxS (linear + branched isomers)	Perfluorhexansulfonsäure	519	137	137	19	2	0.4
PFHpS	Perfluorheptansulfonsäure	519	9	9	1	-	-
PFOS (linear + branched isomers)	Perfluoroctansulfonsäure	519	128	128	29	3	0.6
PFNS	Perfluoronansulfonsäure	519	-	-	-	-	-
PFDS	Perfluordecansulfonsäure	519	-	-	-	-	-
PFUnDS	Perfluorundecansulfonsäure	100	-	-	-	-	*
PFDoDS	Perfluordodecansulfonsäure	100	-	-	-	-	*
PFTrDS	Perfluortridecansulfonsäure	100	-	-	-	-	*
Polyfluorinated substances							
4:2-FTS	4:2-Fluortelomersulfonsäure	519	-	-	-	-	-
6:2-FTS	6:2-Fluortelomersulfonsäure	519	21	9	1	-	-
8:2-FTS	8:2-Fluortelomersulfonsäure	519	-	-	-	-	-
PFPrOPrA	Perfluor-2-propoxypropansäure	519	-	-	-	-	-
6:2-Cl-PFESA	9-Chlorhexadecafluor-3-oxanonan-1-sulfonsäure	519	-	-	-	-	-
DONA	Perfluor-4,8-dioxa-3H-nonansäure	519	-	-	-	-	-
PFOSA	Perfluoroctansulfonamid	3	2	2	-	-	*

LOQ limit of quantification

* lack of statistical reliable data at the national scale

2.4.3 Beschikbare PFAS data in het Waals en Brussel Hoofdstedelijk Gewest

Door het Brussel Hoofdstedelijk Gewest werden drie meetcampagnes voor PFAS uitgevoerd. De eerste campagne was een indicatieve campagne waarbij de onderzochte terreinen werden gekozen op basis van de milieuvergunning. In de tweede meetcampagne werden de locaties bepaald op basis van een PFAS-verdachte risico-activiteit. In de derde meetcampagne werden er locaties opgenomen zonder PFAS verdachte risico-activiteit. De derde meetcampagne is geëindigd in november 2023. Hiervan zijn bijgevolg nog geen resultaten beschikbaar (PFAS in het Brussel Hoofdstedelijk Gewest Update over de recente situatie, 2023).

Aangezien de resultaten van deze onderzoeken vooral gefocust zijn op risicolocatie kan hieruit geen conclusie genomen worden voor een achtergrondwaarde in het Brussel Hoofdstedelijk Gewest.

In het Waals Gewest zijn er enkele lopende onderzoeken van ISSeP die betrekkingen hebben tot PFAS zoals IMP PFAS, dat als doelstellingen heeft optimaal gebruik te maken van gegevens over PFAS (concentraties en frequentie van voorkomen) van BIODIEN, PPB-WAL en ôDiSuPer projecten, evenals van de meetnetten van ESU en Biotes.

Het ôDiSuPer project heeft als doelstelling de beschikbare kennis uit te breiden met betrekking tot de aanwezigheid van verbindingen die behoren tot de PFAS-familie in oppervlaktewater en in Waalse leidingwater.

Het PPB-Wal project doet een beoordeling van de aanwezigheid en de impact van bepaalde geperfluoreerde verbindingen, ftalaten en bisfenol A in water (L'Institut Scientifique de Service Public, 2019).

Enkel van het BIODIEN-project is een finaal rapport beschikbaar. Dit project omvat het onderzoek naar hormoonontregelende en andere opkomende stoffen in water voor de bescherming van de volksgezondheid en het milieu. In kader van dit onderzoek zijn er ongeveer 250 stalen geanalyseerd waarvan een kwart bestaat uit grondwaterstalen. Van de 250 stalen zijn er 122 geanalyseerd op 5 perfluorverbindingen (PFOA, PFOS, PFHxA, PFHpA en PFHxS) met een kwantificatielimiet van 0,5 ng/L.

De 5 geperfluoreerde verbindingen werden gedetecteerd boven de kwantificatielimiet in minstens 35% van de grondwaterstalen in Wallonië. In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest werd alleen PFOS gedetecteerd in 13% van de grondwaterstalen. De andere 4 geperfluoreerde verbindingen werden gedetecteerd in 35 tot 45% van de grondwaterstalen.

Er wordt in dit onderzoek geconcludeerd dat als er één van de 5 perfluorverbindingen wordt gedetecteerd, de 4 andere over het algemeen ook gedetecteerd wordt. De meeste meetpunten worden gekenmerkt door concentraties van minder dan 5 ng/L. Slechts enkele meetpunten hebben concentraties “som van de 5 geperfluoreerde verbindingen” hoger dan 50 ng/L. Het besluit van deze studie met beperkte staalname campagne is dat geperfluoreerde verbindingen regelmatig aangetroffen worden, maar in concentraties van minder dan 10 ng/L. Lokaal kunnen de PFAS concentraties hoger zijn, maar ze overschrijden op de meetlocaties in deze studie nergens de grens van 100 ng/L (Frippiat, 2018).

3 PLAN VAN AANPAK: VERZAMELEN & SELECTIE DATASETS

Het verzamelen van gegevens voor het bepalen van de streefwaarden in het grondwater en het vaste deel van de aarde bestaat uit volgende deelaspecten:

- opstellen van een meetstrategie voor het verzamelen van een nieuwe dataset in het grondwater en in het vaste deel van de aarde op onverdachte locaties (dataset 1, §3.1)
- selecteren van representatieve data uit de beschikbare dataset van VMM, meer bepaald selectie van resultaten PFAS in grondwater gelegen in PFAS-onverdachte zones (dataset 2, § 3.2.1)
- selecteren van representatieve data uit de beschikbare dataset van VITO, meer bepaald selectie van resultaten PFAS in het vaste deel van de aarde gelegen in PFAS-onverdachte zones (dataset 2, §3.2.2)

3.1 OPMAAK STAALNAMEPLAN VERZAMELEN NIEUWE DATA (DATASET 1)

Het doel van deze opdracht is het bepalen van streefwaarden voor PFAS in het grondwater en het verzamelen van aanvullende data voor het actualiseren van de reeds bepaalde streefwaarden voor grond. Hiervoor is het noodzakelijk om te beschikken over analyseresultaten van PFAS, afkomstig uit onverdachte zones. Dit wil zeggen, zones waar geen PFAS verdachte bronnen aanwezig zijn of aanwezig waren in het verleden.

Om meetlocaties te selecteren is ruimtelijk inzicht in de ligging van (potentiële) risicolocaties essentieel. Volgende ruimtelijke gegevens werden verzameld en als verschillende kaartlagen samengevoegd in 1 kaartbeeld:

- Gekende zones met no regret maatregelen (zie PFAS verkenner DOV)
- Inventaris van gekende brandweeroefenterreinen en incidenten (zie PFAS verkenner DOV)
- Gekende analyseresultaten voor PFAS uit de PFAS verkenner (laag resultaten grondwater)
- De meetresultaten PFAS in afvalwater (zie PFAS verkenner DOV)
- De gekende stortplaatsen in Vlaanderen (data-laag OVAM)
- De gronden waar op basis van het grondeninformatieregister PFAS verdachte activiteiten werden uitgevoerd

Voor het bepalen van streefwaarden is het ook belangrijk om contaminatie met andere stoffen te vermijden. Andere verontreinigingen kunnen mogelijk een impact hebben op de detectiegrenzen voor PFAS. Daarom werden ook volgende kaartlagen toegevoegd:

- Kaartlaag met alle gronden waar een activiteit wordt of werd uitgevoerd die aanleiding kan geven tot een verhoogde kans op waterbodemonverontreiniging zoals gehanteerd in de studie “identificeren van hotspots met waterbodemonverontreiniging gelinkt aan risico-activiteiten” (OVAM.be). Deze lijst met risico-activiteiten werd recent uitgebreid met activiteiten verdacht voor gebromeerde vlamvertragers en PFAS.
- Kaartlaag van de gronden met een OVAM-dossier nummer.
- Ligging van de rioolwaterzuiveringsinstallaties.

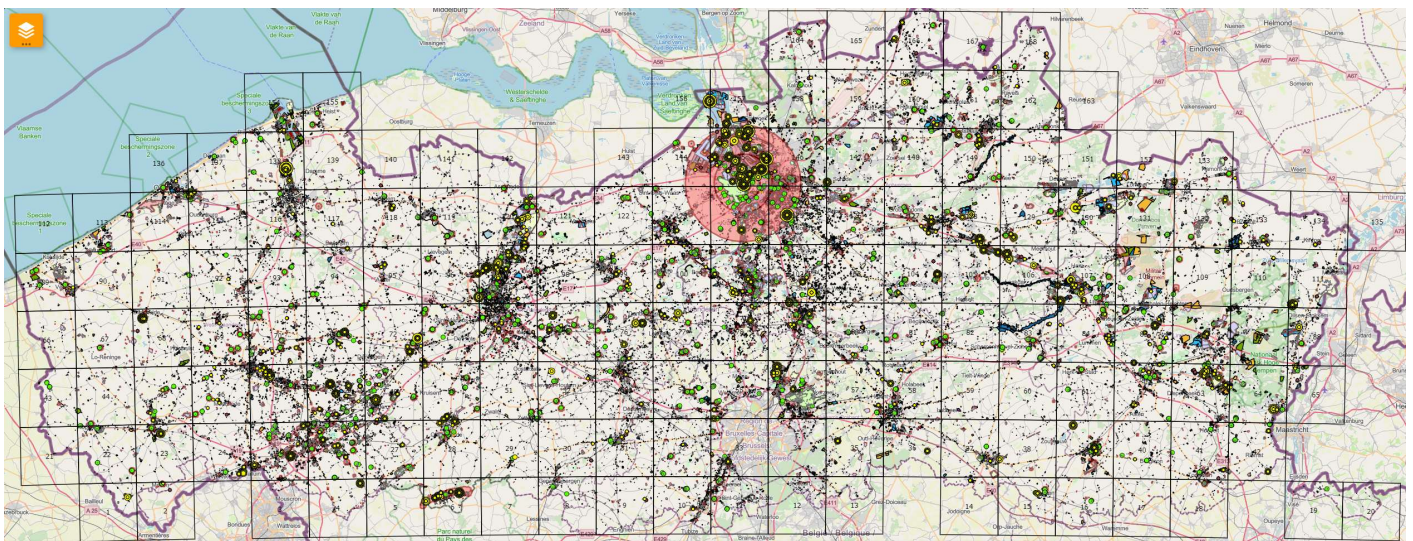
Om het meetplan ruimtelijk zo complementair mogelijk met meetgegevens uit andere studies op te maken werden ook volgende kaartlagen toegevoegd:

- Locatie van stalen op basis waarvan de streefwaarden voor PFAS in het vaste deel van de aarde werden bepaald (studie VITO, zie ook § 3.2.2)
- Database met 194 meetpunten uit het grondwatermeetnet van VMM, die in het voorjaar van 2022 werden bemonsterd op PFAS.
- Database met 400 meetpunten uit het grondwatermeetnet van VMM die in het voorjaar van 2023 werden bemonsterd op PFAS
- Bestaande grondwatermeetnetten (waaronder primair en freatisch meetnet VMM) zoals beschikbaar op DOV.

Er werd getracht om voor de nieuwe bemonsteringscampagne (dataset 1) maximaal gebruik te maken van bestaande peilbuizen uit het freatisch grondwatermeetnet van de VMM. De ligging en technische informatie van de peilbuizen uit het freatisch netwerk werd eveneens als kaartlaag toegevoegd aan bovenstaand kaartbeeld.

Om het landgebruik te kunnen evalueren werd ook het gewestplan, een kaart met de bodembedekking, een bodemgebruiksk kaart en verschillende luchtfoto's gevisualiseerd.

Vervolgens werd een raster van 10 x 10 km toegevoegd aan het kaartbeeld.



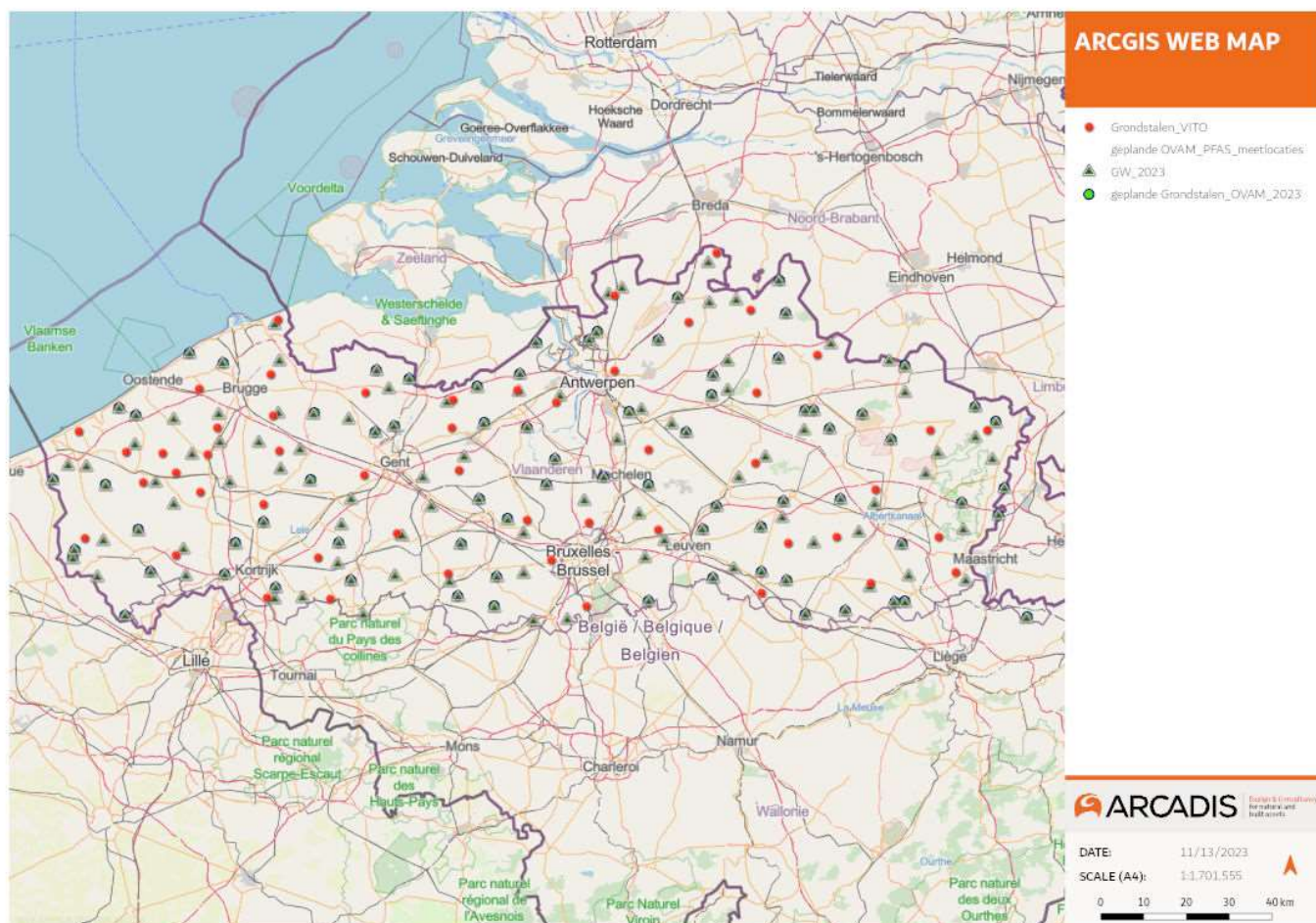
Figuur 3: Kaart ter identificatie van potentiële staalnamelocaties.

Om tot een gebiedsdekkend onderzoek te komen werd voor 149 van de 168 vakken uit het raster een peilbuis geselecteerd uit het freatisch meetnet van VMM die voldoet aan volgende voorwaarden:

- Filter in het freatisch grondwater
- Niet opgenomen in de PFAS-analysecampagne uitgevoerd door VMM in het voorjaar van 2022 en 2023 (m.u.v. van 13 peilbuizen voor vergelijking low en high flow, zie paragraaf 6.2.1)
- Niet gelegen in een no regret zone en op een afstand van min. 100 m van gronden met een gekend OVAM dossiernummer, stortplaatsen, gronden met activiteiten gerelateerd aan PFAS, potentiële hotspotgronden voor waterbodembodem, rioolwaterzuiveringsinstallaties en gekende lozingen van afvalwater met PFAS.

Op deze manier werden 149 meetpunten geselecteerd verspreid over Vlaanderen. Er werd gekozen voor peilbuizen die recent en regelmatig bemonsterd zijn en de afgelopen jaren niet regelmatig droog stonden.

Bij de helft van deze meetpunten werd ook staal van het vaste deel van de aarde genomen. Bij keuze van de locatie van deze 75 stalen van het vaste deel van de aarde werd geopteerd voor locaties afkomstig uit vakken uit het raster waar nog geen staal werd geanalyseerd i.k.v het bepalen van de huidige streefwaarden in grond (dataset VITO, zie paragraaf 3.2.2).



Figuur 4: Selectie staalnamelocatie grond en grondwater

Per geselecteerde locatie werden volgende gegevens opgenomen in de database:

- Rasternummer
- Peilbuis ID
- Filternummer van de peilbuis (vaak geneste peilbuizen)
- Op planning VMM in 2023 (ja/nee)
- Indien ja- nr bemonsterde filter door VMM
- Diepte onderkant filter
- Lengte filter
- Verbuisde boring (ja/nee)
- Type gebied (landbouw, natuur, bos)
- Link naar putfiche op DOV
- Actief/niet actief
- Jaartal laatste peilmeting volgens DOV
- Lithologische beschrijving van bodemlaag ter hoogte van de filter
- Hoofdtype bodem (o.b.v. de lithologische beschrijving)
- Coördinaten in Lambert en lengte- en breedtegraad
- Beschrijving van locatie peilbuis voor veldwerkploeg zoals opgenomen in DOV

Het overgrote deel van de geselecteerde meetpunten ligt in landbouwgebied (127), 18 in natuurgebied, 3 in recreatie of parkgebied, 1 in woonuitbreidingsgebied.

Er werd een controle uitgevoerd om na te gaan of er binnen een straal van 100 m en 200 m van de geselecteerde meetpunten kaartelementen uit de "PFAS-verdachte lagen" zoals hierboven gedefinieerd gelegen zijn.

Twee meetpunten liggen binnen de 100 m van een PFAS- verdachte locatie, 7 binnen de 200 m van een PFAS verdachte locatie. Deze punten werden bijkomend geëvalueerd, op basis van deze evaluatie werd besloten de meetpunten te behouden in de selectie.

In totaal werden 149 meetlocaties verspreid over Vlaanderen opgenomen in het bemonsteringsplan (= dataset 1).

Tabel 3-1: Staalnamelocaties dataset 1 op minder dan 100 en 200 m van een PFAS verdachte locatie

Meetpunten op < 100 m PFAS verdachte locatie	Meetpunten op < 200 m PFAS verdachte locatie	Staal vaste deel van de aarde voorzien	evaluatie
	461/73/1	neen	In de buurt van dossiernr. 67531 – enkel OBO – punt behouden
	343/32/1	Neen	In de buurt van OVAM dossiernr. 83407– enkel OBO - punt behouden
	112/73/1	Neen	In de buurt van OVAM dossiernr. 96390, 22712 (OBO) en 76460 (BBO) en potentiële hotspotlocatie waterbodem - punt behouden
	561/64/11	Neen	In de buurt van dossiernr. 95346, 18384, 1498 (OBO) en 34518 (BBO) - punt behouden
842/62/1		Ja	Binnen no regret zone 3M 5-10 km – punt behouden en achteraf evalueren – geen alternatief beschikbaar
	560/64/7	Neen	In de buurt van dossiernr. 30897 (OBO) – punt behouden
835/00/1		Neen	Binnen no regret zone 3M, 5-10 km, vlak bij baggerstortplaats – punt behouden – achteraf evalueren – geen alternatief beschikbaar

3.2 AANVULLENDE BESCHIKBARE MEETGEGEVENS PFAS IN VLAANDEREN (DATASET 2)

Er werd een evaluatie gemaakt van bijkomende beschikbare meetgegevens van PFAS in het vaste deel van de aarde en het grondwater in Vlaanderen. Volgende gegevens werden bekeken:

- Gegevens in de OVAM databank voor PFAS (beschikbaar in de PFAS-verkenner (DOV)). OVAM gegevens zijn afkomstig van locaties waar PFAS werden onderzocht als verdachte parameter in een bodemonderzoek. Deze locaties zijn daarom niet geschikt voor het bepalen van streefwaarden
- Gegevens VMM – zie onder
- Gegevens in DOV: gegevens OVAM en gegevens en VMM
- Gegevens VITO voor het berekenen van streefwaarden in het vaste deel van de aarde.

Uit deze analyse blijkt dat voornamelijk de data verzameld door VMM in het freatisch grondwater en de data verzameld door VITO betreffende PFAS in het vaste deel van de aarde relevant zijn voor deze studie. De overige gegevens zijn immers steeds afkomstig van locaties waar PFAS als verdachte parameter werd beschouwd omdat deze op de locatie werden gebruikt.

3.2.1 Beschikbare gegevens VMM (dataset 2- deel grondwater)

In het voorjaar van 2023 bemonsterde VMM peilbuizen verspreid over Vlaanderen op PFAS. De resultaten van peilbuizen uit het freatisch grondwater werden meegenomen in deze studie. Het gaat om:

- 301 locaties waarvan 57 uit het primaire meetnet en 244 uit het freatisch meetnet
- Op 75 van deze locaties werden op hetzelfde punt peilbuizen op 2 dieptes bemonsterd, enkel de resultaten van meest ondiepe filter werden meegenomen in voorliggende studie.
- Om na te gaan of deze resultaten bruikbaar zijn voor het bepalen van streefwaarden, werd nagegaan welke van deze punten op minder dan 100 m en minder dan 200 m liggen van PFAS verdachte locaties, o.b.v. de kaartlagen opgenomen in paragraaf 3.1.
 - Van de 301 locaties zijn 13 locaties gelegen binnen de 100 m van een mogelijke PFAS-bron.
 - 46 locaties liggen tussen de 100 en 200 m van een mogelijke PFAS-bron (Tabel 3-2). Deze locaties werden bijkomend geëvalueerd om na te gaan of de resultaten worden meegenomen in de analyse voor het bepalen van streefwaarden. 11 locaties werden weerhouden.
- 13 locaties werden zowel door VMM als in voorliggende studie bemonsterd (zie ook paragraaf 6.2.1). Enkel het resultaat uit voorliggende studie (dataset 1) werd meegenomen.
- Dit resulteert in **240 bijkomende staalnamepunten** die in paragraaf 5 worden meegenomen voor het bepalen van streefwaarden in het grondwater. Naar deze resultaten wordt verwezen als dataset 2 voor grondwater.
- Enkel resultaten voor componenten uit het WAC werden meegenomen in de verdere evaluatie.

Tabel 3-2: Peilbuizen uit dataset VMM op minder dan 100 en tussen de 100 en 200 m van een potentiële PFAS-bron

<100 m	evaluatie	besluit
081/21/7	Nabij terreinen waar OBO (herstelplaats landbouwvoertuigen) en een BBO (serre – nikkel in GW) is uitgevoerd	Niet geselecteerd
1-0264	Nabij terrein waar enkel een OBO is uitgevoerd. textiel recycling/inzameling	Niet geselecteerd
1-1114b	Binnen OVAM-dossier - metallurgie	Niet geselecteerd
133/21/5a	Nabij terrein met OBO – verkoop materiaal sierteelt	Niet geselecteerd
156/33/10	Nabij stortplaats	Niet geselecteerd
2-0777	Nabij verschillende PFAS-dossiers en saneringsdossiers	Niet geselecteerd
221/32/18	Nabij site met een OBO (biologisch landbouwbedrijf met smidse) en een BBO (garage/carrosseriebedrijf)	Niet geselecteerd
4-0243	Binnen no regret zone brandweerkazerne	Niet geselecteerd
422/74/8	Nabij stortplaats	Niet geselecteerd
471/21/3	Nabij terrein met OBO – productie van verkeerssignalisatie n wegmarkeringen	Niet geselecteerd
7-0556	Naast gesaneerd terrein – activiteiten onduidelijk	Niet geselecteerd
822/21/4	Nabij saneringsdossier waterloop (asbest) – waterloop grenst aan enkele no regretzones	Niet geselecteerd
932/22/2	Enkel OBO nabij – veebedrijf met garagewerkplaats	Niet geselecteerd
100-200 m		
016/74/8	Enkel OBO	geselecteerd
1-0159	Nabij stortplaats	Niet geselecteerd
1-0321	In dorpscentrum – nabij no regret zone en verschillende terreinen met onderzoeken en saneringen	Niet geselecteerd
1-0478	Naast luchthaven	Niet geselecteerd
1-0489	Nabij OBO - landbouwbedrijf met garagewerkplaats	Niet geselecteerd
1-1085	Nabij terrein met OBO en BBO (garagewerkplaats)	Niet geselecteerd
1-1105	Nabij sanering – asbestdraailingen	geselecteerd
115/21/9	Nabij stortplaats	Niet geselecteerd
135/35/5	Nabij OBO – tuincentrum	geselecteerd
2-0424b	Nabij OBO – voormalige camping	geselecteerd
3-0061	Nabij stortplaats	Niet geselecteerd
312/21/12	Nabij luchthaven	Niet geselecteerd
320/21/6	Nabij lopend PFAS-onderzoek	Niet geselecteerd
342/32/3	Nabij terrein met OBO - tuinbouwbedrijf	geselecteerd
343/74/8	Nabij terreinen met OBO's (kleine benzinetank en klein tuinbouwbedrijf)	geselecteerd
350/21/11	Tussen garagewerkplaats – voormalig stort en voormalige afvalverwerker	Niet geselecteerd
422/74/6	Nabij OBO - gasontspanningsstation	geselecteerd
423/21/4	Tussen 2 stortplaatsen	Niet geselecteerd
474/74/7	Nabij OBO (bloemisterij) en sanering (onderzoekinstelling – lekkende olietank)	geselecteerd
480/73/9a	Nabij no regret zone brand	Niet geselecteerd
521/63/8	OBO – herstelwerkplaats landbouwbedrijf	Niet geselecteerd
522/64/1a	Nabij stortplaats	Niet geselecteerd
530/52/15a	Nabij verschillende lopende PFAS onderzoeken	Niet geselecteerd
531/51/3	Nabij RWZI	Niet geselecteerd
532/62/15	Vlkbij saneringsproject carrosseriebedrijf	Niet geselecteerd
540/51/5	Vlkbij saneringsproject waterloop de grote Calie	Niet geselecteerd
552/63/12	Vlkbij terreinen met BBO (wellness-centrum) en OBO (landbouwbedrijf)	geselecteerd
610/77/1	Vlkbij stortplaats	Niet geselecteerd
662/63/4a	Nabij terrein met OBO (garage en carrosseriebedrijf)	Niet geselecteerd
700/75/6	Nabij stortplaats	Niet geselecteerd
7-0350	Nabij grote stortplaats	Niet geselecteerd
704/73/6	Nabij stortplaats	Niet geselecteerd
7-0546c	Nabij terrein met OBO/schadegeval – golfclub met lek in dieseltank – vrij grote afstand tot tank	geselecteerd
7-0550	Nabij stortplaats	Niet geselecteerd
720/21/2	Nabij locatie die deel uitmaakt van een sitebesluit	Niet geselecteerd
802/35/1	Nabij terrein met OBO (garage en carrosseriebedrijf)	Niet geselecteerd
810/21/5	Tussen terreinen met verschillende bodemonderzoeken en terreinen met lopend PFAS-onderzoek	Niet geselecteerd
831/63/1	Nabij verschillende terreinen met OBO (glastuinbouwbedrijf, opslag gevaarlijke stoffen)	Niet geselecteerd
840/64/4a	Nabij stortplaats, verschillende terreinen met bodemonderzoek en sanering en no regret zones	Niet geselecteerd
841/35/1	Nabij no regret zone	Niet geselecteerd
841/62/5	Nabij verschillende terreinen met OBO (vnl. garagewerkplaatsen en carrosserie) en no regret zone	Niet geselecteerd
922/22/34	Nabij RWZI	Niet geselecteerd
931/22/3	Nabij no regret zone brandweerterrein	Niet geselecteerd
940/40/20	Nabij no regret zone brandweerterrein	Niet geselecteerd
N/21/16	Nabij bedrijventerrein met verschillende onderzoeken, saneringen en PFAS verdachte terreinen	Niet geselecteerd
N/74h/2r	1 klein terrein met BBO nabij. Onderzoek uit 2000, enkel grondwerken	Geselecteerd.

3.2.2 Beschikbare gegevens VITO ter bepaling streefwaarden PFAS in het vaste deel van de aarde (dataset 2- vaste deel van de aarde)

In 2021 werden reeds streefwaarden bepaald voor het vaste deel van de aarde (OVAM, 2021). Hiervoor werden in maart 2020, 50 stalen van het vaste deel van de aarde geanalyseerd.

De locaties van deze meetpunten werden in voorliggende studie opnieuw geëvalueerd aan de hand van de kaartlagen met potentiële PFAS bronnen zoals vermeld in paragraaf 3.1.

De 14 meetpunten opgenomen in Tabel 3-3 liggen binnen de 100 of 200 m van een potentiële PFAS bron:

- De meetpunten op meer dan 100 m van een verdachte locatie werden behouden voor het herberekenen van de streefwaarde in het vaste deel van de aarde (zie paragraaf 6.2.1 en 6.2.2).
- De meetpunten op minder dan 100 m van een verdachte locaties worden voorlopig behouden en de berekeningen streefwaarde worden uitgevoerd met en zonder deze resultaten, aanvullend wordt hierop een statistische outlier evaluatie gedaan (zie paragraaf 6.2.2)

Tabel 3-3: Staalnamelocaties dataset 2 VDA op minder dan 100 m en 200 m van een PFAS verdachte locatie

Meetpunten op < 100 m PFAS verdachte locatie	Meetpunten op < 200 m PFAS verdachte locatie	Evaluatie
	S26 (nr 6)	Meetpunt behouden ¹
	S49 (nr 7)	Meetpunt behouden ¹
	S48 (nr 13)	Meetpunt behouden ¹
S17 (nr 17)		Meetpunt binnen no regret zone 3 M (5-10 km) ²
	S15 (nr 20)	Meetpunt behouden ¹
	S14 (nr 21)	Meetpunt behouden ¹
S3 (nr 26)		Meetpunt net naast no regret zone Merksem, heel veel PFAS verdachte locaties, bodemonderzoeken etc in de buurt ²
S4 (nr 27)		Meetpunt dichtbij potentiële hotspots waterbodem – 2.3.6.c stortplaats. ²
S34 (nr 29)		Meetpunt binnen no regret zone - brandweerkazerne Torhout - ²
	S27 (nr 30)	Meetpunt behouden ¹
	S33 (nr 33)	Meetpunt dichtbij locatie met PFAS verdachte activiteiten – dossiernr. 2785 –punt behouden ¹
S35 (nr 36)		Meetpunt thv potentiële hotspot waterbodem (grond id 2749954) – 2.2.1.c.1 sinds 1989 – opslag en sortering niet gevaarlijke afvalstoffen – geen ovam dossiernr. - ²
	S29 (nr39)	Meetpunt behouden ¹
S47 (nr 55)		Meetpunt naast OVAM dossiernr. 22465 (enkel OBO) – Aquafin – rietvelden – geen BBO noodzakelijk ²

Legende:

¹ meetpunt behouden gezien dit staalnamepunt verder dan 100 meter verwijderd ligt van een verdachte bron

² meetpunt op minder dan 100 m van een verdachte locatie: meetpunt wordt voorlopig behouden en berekeningen streefwaarde worden uitgevoerd met en zonder deze resultaten zie paragraaf 6.2.2 (statistische outlier evaluatie)

4 BEMONSTERINGEN EN ANALYSES (DATASET 1)

In voorliggende studie werd een bemonsteringscampagne uitgevoerd voor het verzamelen van een nieuwe dataset. Ter hoogte van de geselecteerde locaties werden grondwaterstalen genomen en op een gedeelte van de locaties werden ook stalen van het vaste deel van de aarde genomen. De nieuwe staalnames en analyses uit voorliggende studie vormen dataset 1.

De **bemonsteringen en analyses** werden uitgevoerd conform:

- Compendium voor Monsternamen en Analyse ter uitvoering van het afvalstoffendecreet en bodemsaneringsdecreet (CMA) (<http://www.ovam.be/code-van-goede-praktijk>)
- De geldende voorschriften voor staalname en analyse worden gevolgd, zoals beschreven in de 'Richtlijn PFAS-onderzoek' (OVAM, 2022 link: <https://ovam.vlaanderen.be/pfas>)
- Het grondwater wordt geanalyseerd op PFAS volgens de WAC/IV/A/025 (ontwerpversie 12/2022).
- De stalen van het vaste deel van de aarde werden bemonsterd en geanalyseerd volgens CMA/3/D (ontwerpversie 07/2022).

4.1.1 Bemonstering (dataset 1)

De bemonsteringscampagne werd uitgevoerd in de periode februari tot juni 2023. Een overzicht van de bemonsterde locaties is opgenomen in Bijlage 4.

Maatregelen om kruiscontaminatie te vermijden

Gezien het doel van de studie het bepalen van streefwaarden is, is het essentieel dat bijzondere aandacht gaat naar het vermijden van kruiscontaminatie. Bij de uitvoering van het veldwerk werd bijgevolg rekening gehouden met extra maatregelen in verband met PFAS-staalname. Zo dient de kledij en de persoonlijke beschermingsmiddelen die de veldwerkers dragen uit materiaal te bestaan dat niet kan interfereren met de PFAS-analyse en is het gebruik van cosmetica en crèmes niet toegestaan op de dag van staalname. Ook het veldwerkmateriaal en staalnamerecipiënten dienen uit het juiste materiaal te bestaan. De checklist opgenomen in bijlage van de OVAM-richtlijn voor PFAS-onderzoek (05/03/2021) werd hiervoor gehanteerd.

Grondwaterstaalnames

De grondwaterstaalnames werden conform CMA genomen, meer bepaald via low-flow methode. De grondwaterstaalnames werden uitgevoerd door de grondwaterstaalnemers van Eurofins. Deze grondwaterstaalnemers hebben reeds in opdracht van VMM een eerste reeks freatische peilbuizen van VMM bemonsterd in 2022 en werden ook door VMM ingeschakeld voor de VMM campagne in 2023. In het kader van uniformiteit werd daarom geopteerd om ook met deze staalnemers te werken voor de uitvoering van de nieuwe grondwater staalnamecampagne in opdracht van OVAM (dataset 1).

Arcadis/Witteveen+Bos voerden kwaliteitscontrole van de grondwaterstaalnames uit: voorafgaand aan de opstart van het veldwerk werd een startoverleg gehouden om de belangrijkste aspecten van staalname en het doel van deze studie te overlopen. Doorheen het project werden vervolgens steekproefsgewijze terreincontroles uitgevoerd om te controleren op goede uitvoering van de grondwaterstaalnames. Een aantal van de geselecteerde 149 peilbuizen bleek niet meer bemonsterbaar. Waar mogelijk werden alternatieven gezocht. Uiteindelijk werden in totaal 147 grondwaterstaalnames uitgevoerd (124 in landbouwgebied, 18 in natuurgebied, 3 in recreatiegebied, 2 in woonuitbreidingsgebied of woongebied)(Bijlage 3).

Staalname vaste deel van de aarde

De staalname van het vaste deel van de aarde werd uitgevoerd door de veldwerkploeg van Witteveen+Bos. De staalname werd uitgevoerd naar analogie met de methode die VITO gehanteerd heeft bij het bepalen van de streefwaarden voor het vaste deel van de aarde (VITO, 2021): per staalnamelocatie wordt een mengstaal genomen van 3 stalen van de bovenste 20 cm over 1 m² in niet antropogeen gemanipuleerde grond. Er werden 73 bodemstalen geanalyseerd.

4.1.2 Laboratoriumanalyses (dataset 1)

De laboratoriumanalyses werden uitgevoerd bij Eurofins, een door de OVAM erkend laboratorium, in de periode van februari tot juni 2023.

Analyses conform CMA en WAC

Het grondwater werd geanalyseerd op PFAS volgens de WAC/IV/A/025 (versie 12/2022, staatsblad 6/7/2023), dit wil zeggen 34 kwantitatieve PFAS en 8 indicatieve PFAS. De kwantificatielimieten gebruikt in deze studie, zijn opgenomen in Bijlage 3. Deze is voor de meeste componenten lager dan de maximale rapportagegrens vermeld in het WAC, namelijk (zie ook Bijlage 3):

- 4 ng/L voor EtFOSA totaal (10 ng/L in het WAC)
- 2 ng/L voor MeFOSA lineair en totaal, PFBSA en PFODA (resp. 10, 10 en 50 ng/L in het WAC)
- 10 ng/L voor MePFBSA, MePFBSAA, PFHxSA, 6:2 diPAP, en 6:2/8:2 diPAP (resp. 10,10,10, 50 en 50 ng/L in het WAC)
- 1 ng/L voor de overige PFAS componenten.

Het vaste deel van de aarde werd geanalyseerd op PFAS volgens de geldende CMA (versie 07/2022, staatsblad 22/09/2023). De gerapporteerde kwantificatielimiet is voor de stalen van het vaste deel van de aarde gelijk aan de maximale rapportagegrens vermeld in het CMA nl. 0.5µg/kg ds voor de kwantitatieve componenten. Voor de indicatieve PFAS geldt een kwantificatielimiet van 1 µg/kg ds.

Foutenmarge

Tabel 4-1 geeft de foutenmarges aan die op de laboratoriumanalyses van Eurofins van toepassing zijn (*bron: communicatie met Eurofins*).

Tabel 4-1: Foutenmarges op de laboratoriumanalyses (Eurofins)

Grondwater				Vaste deel van de aarde			
PFAS	Foutenmarge (%)	Component	Foutenmarge (%)	Component	Foutenmarge (%)	Component	Foutenmarge (%)
4:2 FTS	21	PFDODA	9	4:2 FTS	27	PFNA	9
6:2 FTS	12	PFTeDA	14	6:2 FTS	13	PFNS	10
8:2 diPAP	23	PFHxDA	14	8:2 diPAP	14	PFOA lin	9
8:2 FTS	16	EtFOSA	25	8:2 FTS	18	PFOA som	9
DONA	25	EtFOSAA	21	DONA	29	PFOS lin	9
PFBA	17	GenX	17	EtPFOSA lin	29	PFOS som	9
PFBS	12	MeFBSA	61	EtPFOSA som	29	PFOSA lin	8
PFPeA	14	MeFBSAA	44	EtPFOSAA	17	PFOSA (lin+vert)	8
PFPeS	13	MeFOSA	13	HFPO-DA	31	PFPeA	10

Grondwater				Vaste deel van de aarde			
PFAS	Foutenmarge (%)	Component	Foutenmarge (%)	Component	Foutenmarge (%)	Component	Foutenmarge (%)
PFHxA	11	6:2/8:2 diPAP	64	MePFOSA lin	28	PFPeS	13
PFHxS	15	6:2 diPAP	22	MePFOSA som	28	PFTeDA	9
PFHpA	15	10:2 FTS	17	MePFOSAA	20	PFUnDA	21
PFHpS	12	PFTTrDS	49	PFBA	21	10:2 FTS	18
PFOA	12	PFDoDS	42	PFBS	8	PFTTrDS	11
PFOS	15	PFTTrDA	20	PFDA	7	PFUnDS	7
PFNA	14	PFODA	38	PFDoDA	9	MePFBSA	44
PFNS	12	PFUnDS	25	PFDS	9	PFBSA	6
PFDA	8			PFECHS	7	PFHxSA	10
PFDS	16			PFHpA	9	PFODA	59
PFUnDA	16			PFHpS	8	6:2/8:2 diPAP	49
PFBSA	31			PFHxA	11	6:2 diPAP	57
PFECHS	13			PFHxDA	9	PFDoDS	14
PFHxSA	17			PFHxS lin	12	10:2 FTS	18
PFOSA	12			PFHxS som	12	MePFBSAA	65
MeFOSAA	22			PFTTrDA	13		

Legende: kwantitatieve PFAS worden **in vet** aangeduid

Deze foutenmarges liggen voor de meeste kwantitatieve PFAS binnen de door VITO opgenomen marges in het kader van de ringtesten, meer bepaald 10-25%.

TOP-analyse

Om een idee te krijgen van de aanwezigheid van precursoren, werd een TOP-analyse uitgevoerd op 8 geselecteerde stalen van het vaste deel van de aarde en 12 grondwaterstalen. Een TOP analyse maakt gebruik van hydroxyl-radicaal gebaseerde oxidatiereacties, waarbij precursoren omgezet worden tot perfluoralkylzuren (PFAAs) die wel gedetecteerd kunnen worden.

De selectie van deze meetlocaties gebeurde nadat de resultaten van de klassieke target analyses (CMA en WAC) gekend waren om zo een gerichte selectie te kunnen maken op basis van vastgestelde concentraties. Er werd gekozen voor stalen waar PFAS werden gemeten boven de kwantificatielimiet, waar veel verschillende PFAS-componenten werden gemeten, en er werd getracht de stalen ruimtelijk te spreiden over Vlaanderen.

5 METHODIEK BEPALING STREEFWAARDEN

De streefwaarde wordt voor de meeste stoffen gelijkgesteld aan de achtergrondwaarde van een bepaalde stof. Op basis van de publicatie “Basisinformatie voor risico-evaluaties: werkwijze voor het opstellen van bodemsaneringsnormen en toetsingswaarden, richtwaarden en streefwaarden” (OVAM, 2016) komt de streefwaarde voor van nature voorkomende stoffen, overeen met de normale achtergrond in niet-verontreinigde omstandigheden. Deze wordt gelegd op de 90-percentiel bovengrens van de beschikbare data (OVAM, 2016).

De streefwaarde voor niet van nature voorkomende stoffen wordt gelijkgesteld aan de aantoonbaarheidsgrens, zowel voor vaste deel van de aarde als grondwater (OVAM, 2016).

Gezien PFAS niet van nature voorkomen, dient de streefwaarde in principe gelijk te worden gesteld aan de aantoonbaarheidsgrens. Uit eerder onderzoek (OVAM, 2021), blijkt echter dat PFAS wijdverspreid voorkomen en werd er reeds een streefwaarde bepaald voor enkele PFAS componenten in grond. Dit betreft dan geen natuurlijke achtergrondwaarde maar een antropogene achtergrondwaarde.

Voor het bepalen van deze antropogene achtergrondwaarde van PFAS in grond werd analoog aan de aanpak voor de van nature voorkomende stoffen, gekozen voor het 90—percentiel van de beschikbare data (OVAM, 2021). In voorliggende rapport wordt dezelfde aanpak gehanteerd voor het bepalen van streefwaarden in grondwater.

Een voorwaarde voor de keuze van het 90-percentiel is dat er voldoende data voorhanden is. Indien een component slechts sporadisch boven de kwantificatielimiet wordt gemeten, wijst dit er op dat deze niet wijdverspreid voorkomt en er geen sprake is van een algemeen verhoogde antropogene achtergrondwaarde.

In voorliggende rapport wordt een streefwaarde voorgesteld voor componenten die in meer dan 50% van de meetpunten de kwantificatielimiet overschrijden. Deze evaluatie wordt gemaakt voor verschillende datasets (zoals benoemd in hoofdstuk 3), meer bepaald

- dataset 1 grondwater (nieuwe bemonsteringscampagne in opdracht van OVAM) (zie paragraaf 6.1)
- uitgebreide dataset: dataset 1 uitgebreid met data VMM (zie paragraaf 6.2)
- dataset 1 vaste deel van de aarde (nieuwe bemonsteringscampagne in opdracht van OVAM) (paragraaf 7.1).
- uitgebreide dataset: dataset 1 uitgebreid met resultaten VITO (paragraaf 7.2)

Voor de componenten die in minder dan 50% van de gevallen voorkomen boven de kwantificatielimiet, zijn er onvoldoende data om streefwaarden af te leiden. Indien een component in minder dan de helft van de staalnamelocaties wordt aangetroffen kan gesteld worden dat er geen algemene verhoogde antropogene achtergrondwaarde aanwezig is.

6 EVALUATIE PFAS IN GRONDWATER EN AFLEIDING STREEFWAARDEN

De evaluatie en afleiding van streefwaarden in het grondwater en de cartografische weergave van de resultaten werd uitgevoerd in verschillende stappen aangezien er verschillende datasets verzameld werden.

In eerste instantie wordt met de nieuw verzamelde dataset gewerkt (dataset 1, § 6.1) omdat deze bemonsteringen en analyses zeer gericht en uniform gebeurden en volgens low flow staalname (CMA conform).

In een tweede stap worden de berekeningen uitgebreid met een dataset van beschikbare analyses uit de meetcampagnes van VMM (dataset 2), deze staalnames gebeurden via high flow principe. De gecombineerde dataset bestaat dus uit dataset 1 en dataset 2 (§ 6.2).

Door de berekeningen van de streefwaarden met zowel dataset 1 als met de gecombineerde dataset uit te voeren kan inzicht verkregen worden in

- mogelijke variabiliteit/gevoeligheidsanalyse van de berekende streefwaarden
- invloed van staalnamemethode (high flow versus low flow)

Vervolgens wordt een overkoepelende evaluatie gemaakt en wordt een voorstel streefwaarden grondwater opgemaakt (§6.3).

Voor de statistische verwerking werd gewerkt met het softwarepakket ProUCL.

6.1 RESULTATEN GRONDWATER - DATASET 1

Deze paragraaf omvat de evaluatie op basis van de nieuwe dataset bemonsterd in het kader van voorliggende studie, meer bepaald dataset 1.

6.1.1 Statistische kengetallen individuele PFAS-componenten in grondwater

In totaal werden 147 grondwaterstalen geanalyseerd. De samenvattende kengetallen voor alle componenten die minstens 1 x boven de kwantificatielimiet werden gemeten, zijn in Tabel 6-1 weergegeven. Deze statistische kengetallen omvatten:

- percentielwaarden P50, P90, P95 op basis van alle resultaten
- gemiddelde, mediaan en standaarddeviatie op basis van alle resultaten boven kwantificatielimiet
- minimum en maximum gemeten concentratie.

Uit de statistische kengetallen kan het volgende samengevat worden:

- In 141 van de 147 peilbuizen werd minstens 1 component aangetroffen boven de kwantificatielimiet.
- De meerderheid van de analyseresultaten zijn lager dan de kwantificatielimiet.
- Enkel voor PFBA, PFOS_{totaal}, PFOA_{totaal} en PFBS werd in meer dan de helft van de stalen een waarde gemeten boven kwantificatielimiet:
 - PFBA wordt in 63% van de stalen geanalyseerd boven de kwantificatielimiet van 1 ng/L.
 - PFOS_{totaal}, PFOA_{totaal} en PFBS worden in respectievelijk 52%, 56% en 58% van de stalen geanalyseerd boven de kwantificatielimiet van 1 ng/L.

Voor de componenten PFOA, PFOS, PFBA en PFBS werd de verdeling van de resultaten in meer detail bekeken. De verdeling van de resultaten van deze 4 componenten voldoet niet aan een normale verdeling, lognormale verdeling of gamma verdeling. Dit geeft aan dat er een sterke spreiding in concentraties is. Deze spreiding wordt ook bevestigd door de hoge standaarddeviaties.

Componenten die niet opgenomen zijn in Tabel 6-1 werden nooit aangetroffen boven de kwantificatielimiet. Het gaat om DONA, PFNA, PFUnDA, PFBSA, 10:2 FTS, 6:2 diPAP, 6:2/8:2 diPAP, MeFBSA, MeFBSAA, PFBSA en PFHxSA

Tabel 6-1: Samenvatting analysesresultaten grondwater (ng/L) – dataset 1. De PFAS componenten werden gerangschikt volgens % van stalen met resultaten boven de kwantificatielimiet. De PFAS componenten die in meer dan 50% van de stalen werden gemeten, zijn in het groen aangeduid.

component	KL (ng/L)	Kengetallen inclusief resultaten onder kwantificatielimiet					Kengetallen van de resultaten vanaf kwantificatielimiet							
		Aantal metingen	#>KL	#<KL	% >KL	% <KL	ng/L			ng/L				
						P50 (mediaan)	P90	P95	Min van waarden boven KL	Max van waarden boven KL	gemiddelde	P50 (mediaan)	SD	
PFBA	1	147	92	55	63%	37%	2,3	23,5	42,6	1,07	201,0	16,1	6,5	28,8
PFBS	1	147	86	61	58%	42%	1,2	7,8	11,5	1,01	48,4	5,1	2,8	6,9
PFOA totaal	1	147	82	65	56%	44%	1,2	6,5	9,6	1,02	112,9	5,7	2,5	13,1
PFOS totaal	1	147	77	70	52%	48%	1,0	4,7	7,1	1,03	18,4	3,2	1,8	3,2
PFOA lin	1	147	56	91	38%	62%	<KL	4,2	7,9	1,02	99,5	6,1	2,7	13,7
PFHxA	1	147	53	94	36%	64%	<KL	3,1	4,0	1,04	15,7	2,6	1,8	2,3
PFHxS totaal	1	147	49	98	33%	67%	<KL	2,8	3,6	1,05	38,7	3,5	1,9	5,9
PFHxS lin	1	147	42	105	29%	71%	<KL	2,4	3,4	1,05	36,6	3,4	2,2	5,7
PFHpA	1	147	40	107	27%	73%	<KL	2,0	3,0	1,01	16,9	2,6	1,7	2,8
PFOS lin	1	147	38	109	26%	74%	<KL	2,2	3,7	1,00	13,3	2,7	1,6	2,5
PFPeA	1	147	29	118	20%	80%	<KL	2,0	2,3	1,01	12,3	2,7	2,0	2,6
GEN X	1	147	29	118	20%	80%	<KL	1,4	1,8	1,00	3,3	1,6	1,4	0,6
etFOSAA	1	147	27	120	18%	82%	<KL	2,0	3,1	1,27	7,2	2,5	2,1	1,3
6:2FTS	1	147	23	124	16%	84%	<KL	1,3	1,9	1,00	7,9	2,3	1,6	1,9
8:2 FTS	1	147	23	124	16%	84%	<KL	1,4	1,5	1,04	2,0	1,4	1,5	0,2
PFOSA lin	1	147	17	130	12%	88%	<KL	1,1	1,3	1,02	3,0	1,4	1,3	0,5
PFOSA totaal	1	147	17	130	12%	88%	<KL	1,1	1,3	1,02	3,4	1,5	1,3	0,7
meFOSAA	1	147	18	129	12%	88%	<KL	1,2	2,6	1,01	4,7	2,7	2,3	1,3
PFTTrDS	1	147	16	131	11%	89%	<KL	<KL	1,4	1,05	7,8	2,2	1,3	2,0
PFPeS	1	147	15	132	10%	90%	<KL	<KL	1,3	1,08	8,1	2,2	1,3	2,0
PFDDoDS	1	147	11	136	7%	93%	<KL	<KL	1,1	1,00	1,4	1,2	1,2	0,1
MeFOSA totaal	2	147	11	136	7%	93%	<KL	<KL	2,9	2,32	7,6	3,8	3,2	1,7
8:2 diPAP	1	147	10	137	7%	93%	<KL	<KL	1,2	1,04	3,0	1,6	1,4	0,7
MeFOSA lin	2	147	9	138	6%	94%	<KL	<KL	2,3	2,14	3,9	2,9	3,0	0,7
4:2 FTS	1	147	7	140	6%	95%	<KL	<KL	<KL	1,01	1,5	1,3	1,3	0,2
PFHpS	1	147	7	140	5%	95%	<KL	<KL	<KL	1,02	2,7	1,4	1,2	0,6
PFTTrDA	1	147	7	140	5%	95%	<KL	<KL	<KL	1,01	1,4	1,2	1,2	0,1
PFHxDA	1	147	7	140	5%	95%	<KL	<KL	<KL	1,02	1,2	1,1	1,1	0,0
PFunDS	1	147	4	143	3%	97%	<KL	<KL	<KL	1,87	3,5	2,4	2,2	0,7
PFECHS	1	147	3	144	2%	98%	<KL	<KL	<KL	1,1	2,6	1,6	1,1	0,9
PFNS	1	147	2	145	1%	99%	<KL	<KL	<KL	1,1	1,2	1,1	1,1	0,1
PFDA	1	147	2	145	1%	99%	<KL	<KL	<KL	1,1	1,3	1,2	1,2	0,2
EtFOSAlin	4	147	2	145	1%	99%	<KL	<KL	<KL	4,2	12,9	8,5	8,5	6,2
EtFOSAtot	4	147	2	145	1%	99%	<KL	<KL	<KL	5,7	16,0	10,8	10,8	7,3
PFDDoDA	1	147	1	146	1%	99%	<KL	<KL	<KL	1,1	1,1	1,1	1,141	/
PFTTeDA	1	147	1	146	1%	99%	<KL	<KL	<KL	1,5	1,5	1,5	1,474	/
PFDS	1	147	1	146	1%	99%	<KL	<KL	<KL	2,3	2,3	2,3	2,3	/

KL =Kwantificatielimiet
SD =standaardafwijking
P50 = 50- percentiel
P90 = 90 - percentiel
P95 = 95 - percentiel

6.1.2 Statistische kengetallen “Som PFAS”

De “som PFAS” werd op 2 manieren berekend:

- op basis van de rapportagegrenzen voor de individuele componenten zoals opgenomen in het WAC (https://reflabos.vito.be/2023/WAC_IV_A_025.pdf). De componenten onder deze grenzen worden niet meegeteld in de som (gelijkgesteld aan 0).
- op basis van de kwantificatielimieten gehanteerd in deze studie (Bijlage 3), die lager zijn dan de maximale rapportagegrenzen uit het WAC voor de individuele componenten. De componenten onder deze grenzen worden niet meegeteld in de som (gelijkgesteld aan 0).

De statistische kengetallen “som PFAS” werden gerapporteerd zodra één van de componenten zijn resp. kwantificatielimiet of rapportagegrens uit het WAC overschrijdt.

De kengetallen van de resulterende “som PFAS” worden samengevat in Tabel 6-2 en omvatten:

- percentielwaarden P50, P90, P95 op basis van alle resultaten
- gemiddelde, mediaan en standaarddeviatie op basis van alle resultaten boven kwantificatielimiet
- minimum en maximum gemeten concentratie.

Uit deze statistische kengetallen kan het volgende samengevat worden:

- Wanneer de gerapporteerde kwantificatielimieten van de individuele componenten lager zijn dan de maximale rapportagegrenzen van het WAC kunnen voor meer locaties “som PFAS” worden berekend (141 versus 38 metingen “som PFAS”). De reden hiervan is dat ook individuele concentraties kleiner 10 ng/L gekwantificeerd en dus gerapporteerd en gesommeerd kunnen worden. Dit leidt dus tot meer somresultaten in geval de individuele componenten in de lagere concentratie-intervallen gemeten worden (en dus niet gelijkgesteld worden aan 0).
- Wanneer de rapportagegrens uit WAC wordt gehanteerd voor de individuele componenten, zijn de resultaten voor de sommen vaak hoger dan bij de berekeningsoptie met de kwantificatielimiet. Enkel waarden boven de 10 ng/L (WAC) worden immers meegeteld in de “som PFAS”, waardoor enkel voor stalen met hogere concentraties een som kan worden berekend.
- Figuur 5 en Figuur 6 geven de histogrammen weer van “som PFAS” op basis van beide berekeningsmethoden: respectievelijk rekening houdend met alle componenten boven rapportagegrens vanuit WAC en alle componenten boven de gerapporteerde kwantificatielimiet.
- Wanneer gebruik gemaakt wordt van de rapportagegrenzen voor de individuele componenten zoals opgenomen in het WAC kan voor 109 van de 147 meetpunten geen “som PFAS” berekend worden, omdat voor alle individuele componenten in dat meetpunt de concentratie onder de rapportagegrens ligt (74% van de stalen). “Som PFAS” wordt in dat geval gerapporteerd als “onder rapportagegrens”.
- Wanneer een kwantificatielimiet per individuele parameter is gehanteerd die lager is dan de maximale rapportagegrens, dan ligt de hoogst gemeten som in de dataset ook hoger dan in het geval dat er met rapportagegrenzen per individuele parameter wordt gewerkt, omdat in dat geval individuele componenten tussen 1-10 ng/L worden meegeteld in de “som PFAS”. Om dezelfde reden ligt de P90 en P95 ook hoger. Voor deze dataset betekent dit dat de P90 voor de som PFAS bij het hanteren van de lagere kwantificatiegrenzen uit deze studie ca. 50% hoger zou zijn dan wanneer de rapportagegrenzen uit het WAC worden gehanteerd.
- Er is weinig /geen verschil in P90 tussen “som PFAS kwantitatief”, “som PFAS EU DWRL20” en “som PFAS totaal”. Dit wil zeggen dat de meeste componenten die gemeten werden, vervat zitten in de beperkte groep van 20 PFAS die opgenomen zijn in “som PFAS EU DWRL20” en deze dus bepalend zijn voor P90 van “som PFAS”.

Tabel 6-2: Samenvatting som PFAS grondwater (ng/L) – dataset 1

		Kengetallen inclusief resultaten onderrapportagegrens								Kengetallen van de resultaten vanaf rapportagegrens				
	component	Aantal metingen	# met min. 1 PFAS>RG	# met alle PFAS <RG	% met min 1 PFAS >RG	% met alle PFAS <RG	Mediaan (P50)	P90	P95	Min van waarden boven RG	Max van waarden boven RG	gemiddelde	Mediaan (P50)	SD
Som PFAS met RG uit WAC (1)	Som PFAS kwantitatief	147	38	109	26%	74%	<RG	35,8	67,7	10,4	236,9	48,3	24,2	53,6
	Som PFAS (EU DWRL20)	147	37	110	25%	75%	<RG	35,8	67,7	10,4	236,9	49,2	24,4	54,0
	Som PFAS totaal	147	38	109	26%	74%	<RG	35,8	67,7	10,4	236,9	48,3	24,2	53,6
		Kengetallen inclusief resultaten onder kwantificatielimiet								Kengetallen van de resultaten vanaf kwantificatielimiet				
	component	Aantal metingen	# met min 1 PFAS>KL	# met alle PFAS<KL	% met min 1 PFAS >KL	% met alle PFAS <KL	P50	P90	P95	Min van waarden boven KL	Max van waarden boven KL	gemiddelde	mediaan	SD
Som PFAS met KL uit Bijlage 3 (2)	Som PFAS kwantitatief	147	140	7	95%	5%	10,1	58,0	92,8	1,1	265,8	25,4	12,3	39,7
	SOM PFAS (EU DWRL 20)	147	132	15	90%	10%	8,8	57,4	89,1	1,0	262,1	24,4	10,6	39,8
	SOM PFAS totaal	147	141	6	96%	4%	11,7	58,5	92,8	1,1	265,8	25,7	12,3	39,5

SD Standaardafwijking

KL kwantificatielimiet

RG Rapportagegrens uit WAC

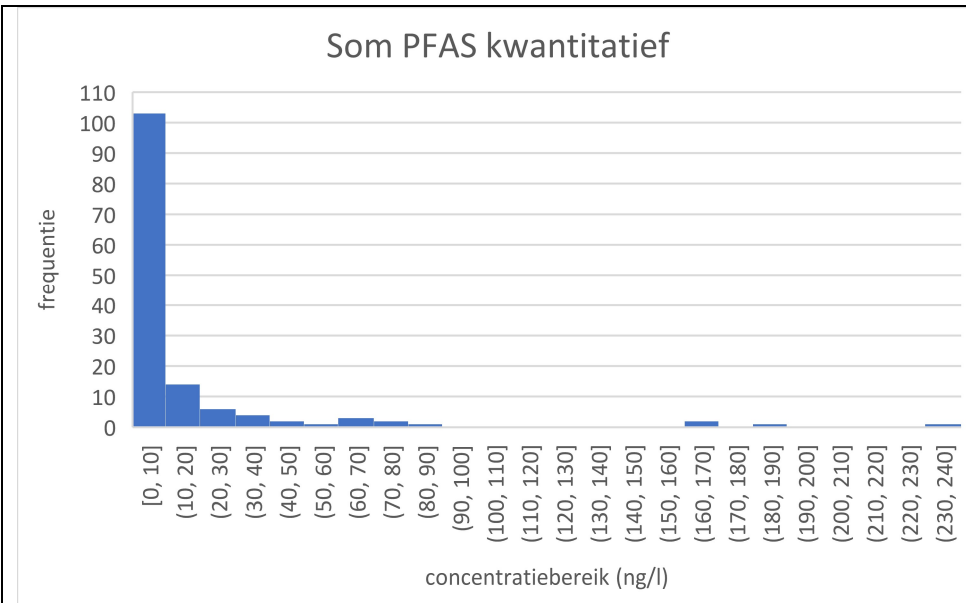
P50 = 50- percentiel

P90 = 90 - percentiel

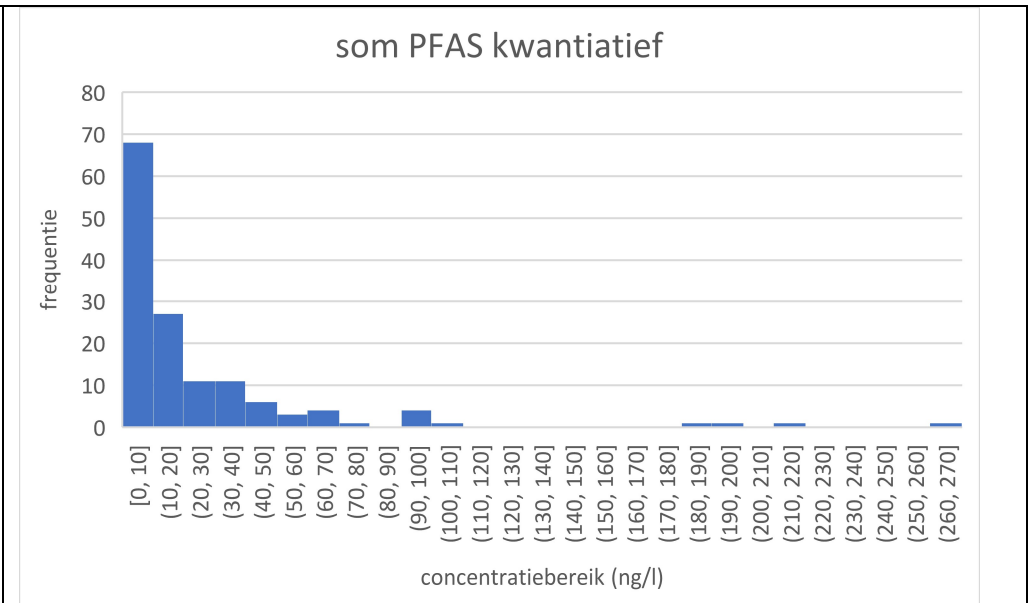
P95 = 95 - percentiel

(1) rekening houdend met rapportagegrenzen van het WAC (10 of 50 ng/L) – componenten onder deze grenzen worden niet meegeteld in de som (https://reflabos.vito.be/2023/WAC_IV_A_025.pdf)

(2) rekening houdend met kwantificatielimiten lager dan de maximale rapportagegrenzen (1 ng/L voor de meeste componenten), componenten onder deze grenzen worden niet meegeteld in de som



Figuur 5: Histogram – som kwantitatieve PFAS – o.b.v. rapportagegrenzen uit WAC



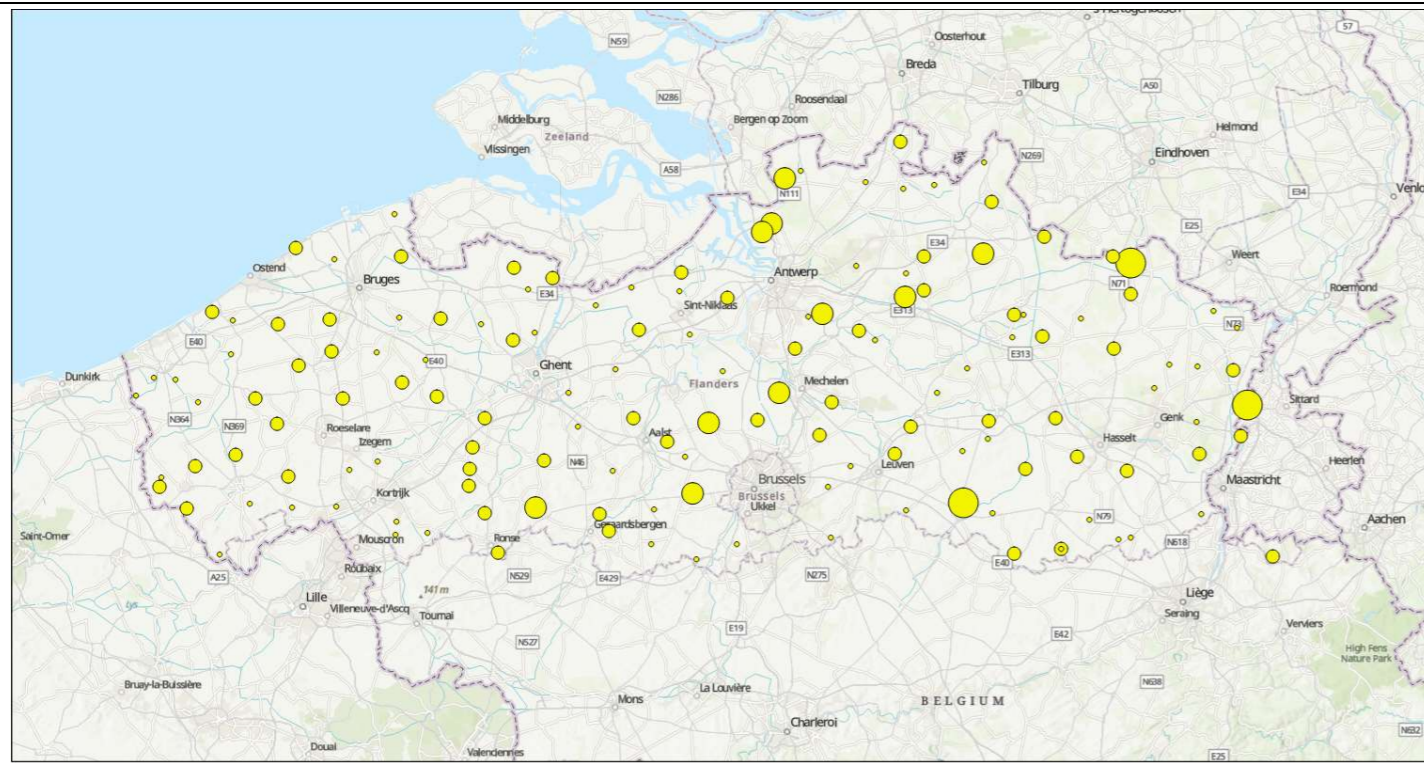
Figuur 6: Histogram – som kwantitatieve PFAS – o.b.v. kwantificatielimiten uit Bijlage 3

6.1.3 Cartografische weergave

De resultaten voor PFOS_{totaal}, PFOA_{totaal}, PFBA en PFBS worden weergegeven op Figuur 7 t.e.m. Figuur 10 en ook in Bijlage 5.

De hoogste concentraties van de 4 weerhouden componenten worden niet noodzakelijk op dezelfde locaties vastgesteld:

- PFOS komt verspreid over heel Vlaanderen voor in vrij gelijkaardige concentraties.
- Voor PFOA zien we 1 locatie met hogere concentratie aan de kust. Verder lijken de hogere concentraties voornamelijk voor te komen ten noordoosten van Antwerpen
- Voor PFBA worden hoogste concentraties vastgesteld tussen Antwerpen, Brussel en Hasselt, en ten noorden van Antwerpen
- PFBS vertoont een gelijkaardig beeld als PFBA, zij het met lagere concentraties.

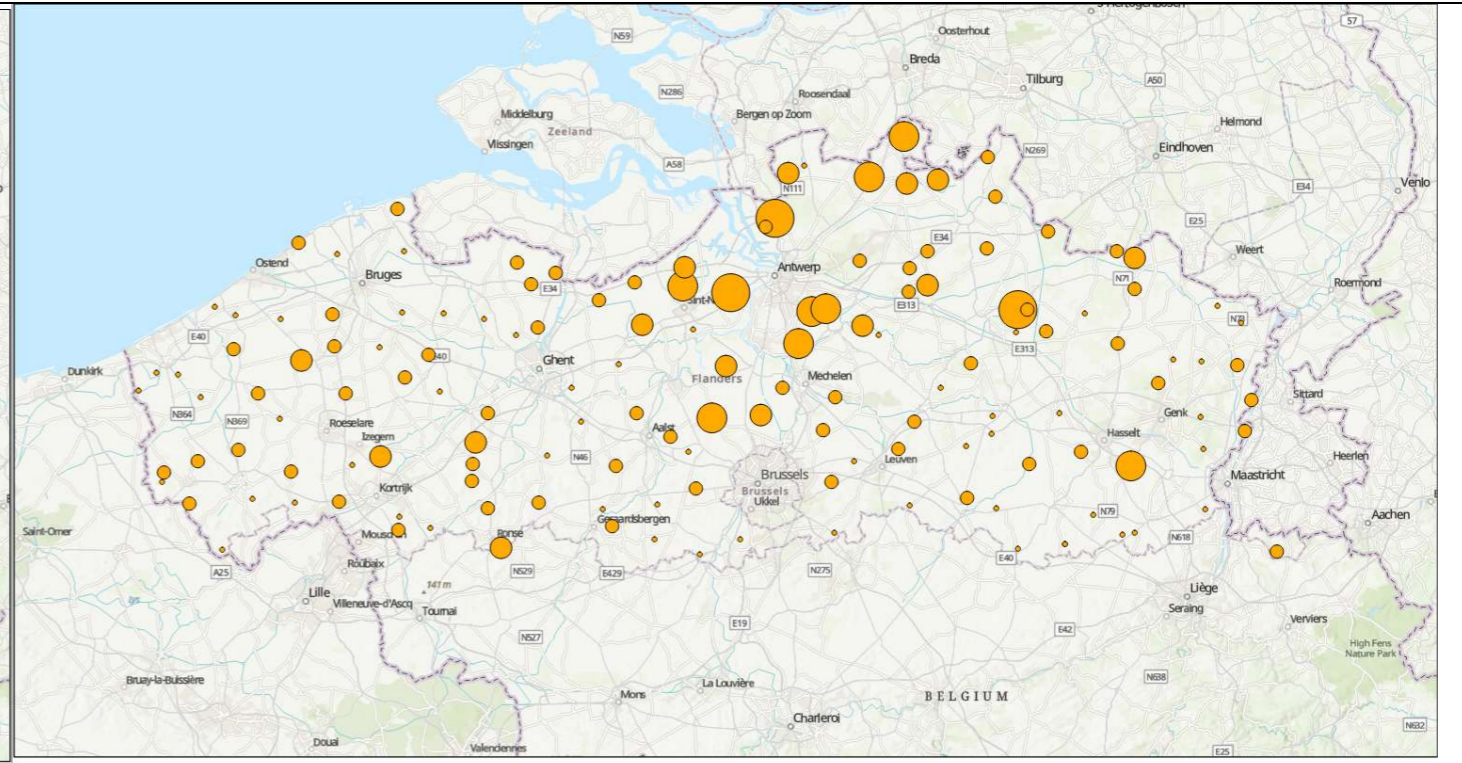


12/7/2023
 PFOS totaal - grondwater - dataset 1 (ng/l)

0 - 1	6 - 10
2 - 5	11 - 20

1:1,128,025
 0 5 10 20 mi
 0 12.5 25 50 km

Figuur 7: PFOS totaal in het grondwater - dataset 1

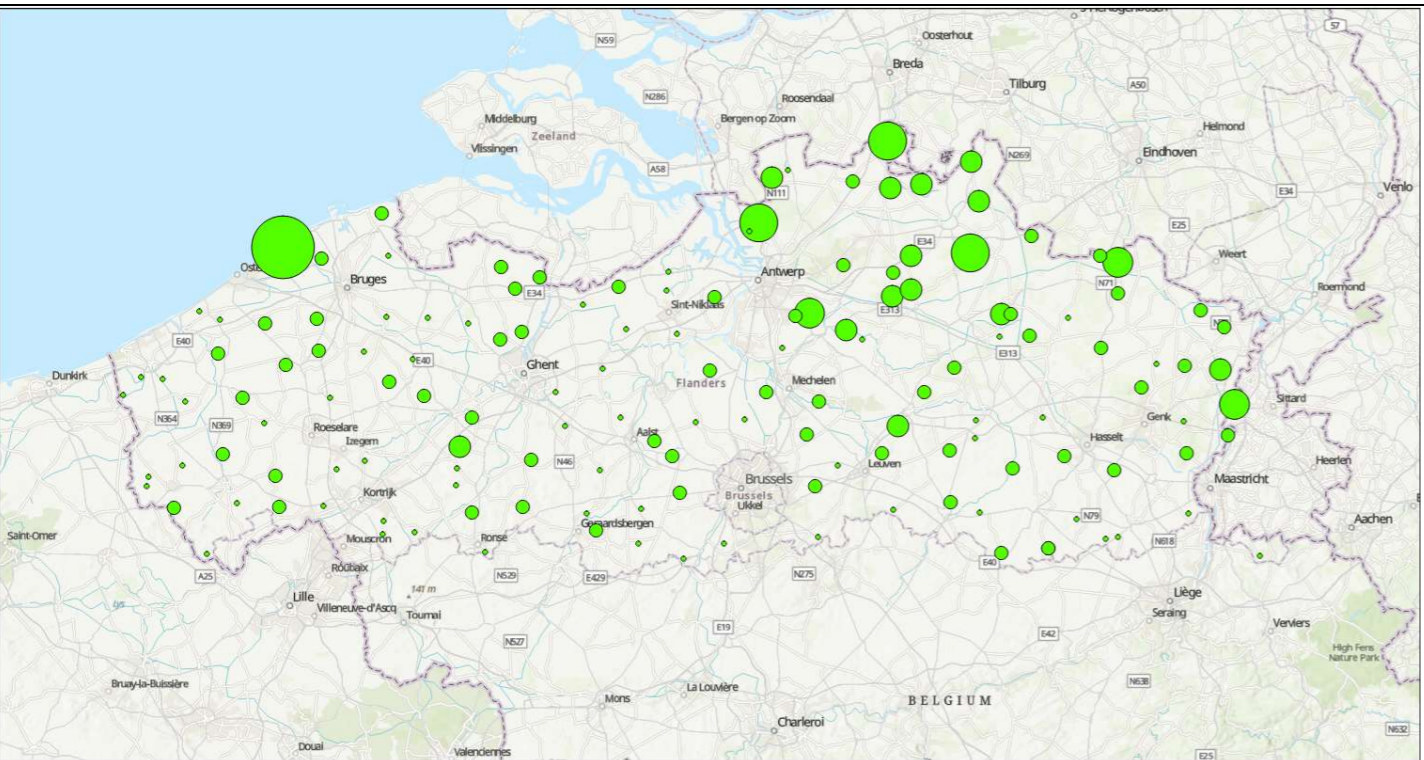


12/7/2023
 PFBS - grondwater - dataset 1 (ng/L)

0 - 1	6 - 10	21 - 50
2 - 5	11 - 20	World Hillshade

1:1,128,025
 0 5 10 20 mi
 0 12.5 25 50 km

Figuur 8: PFBS in het grondwater (ng/L) – dataset 1

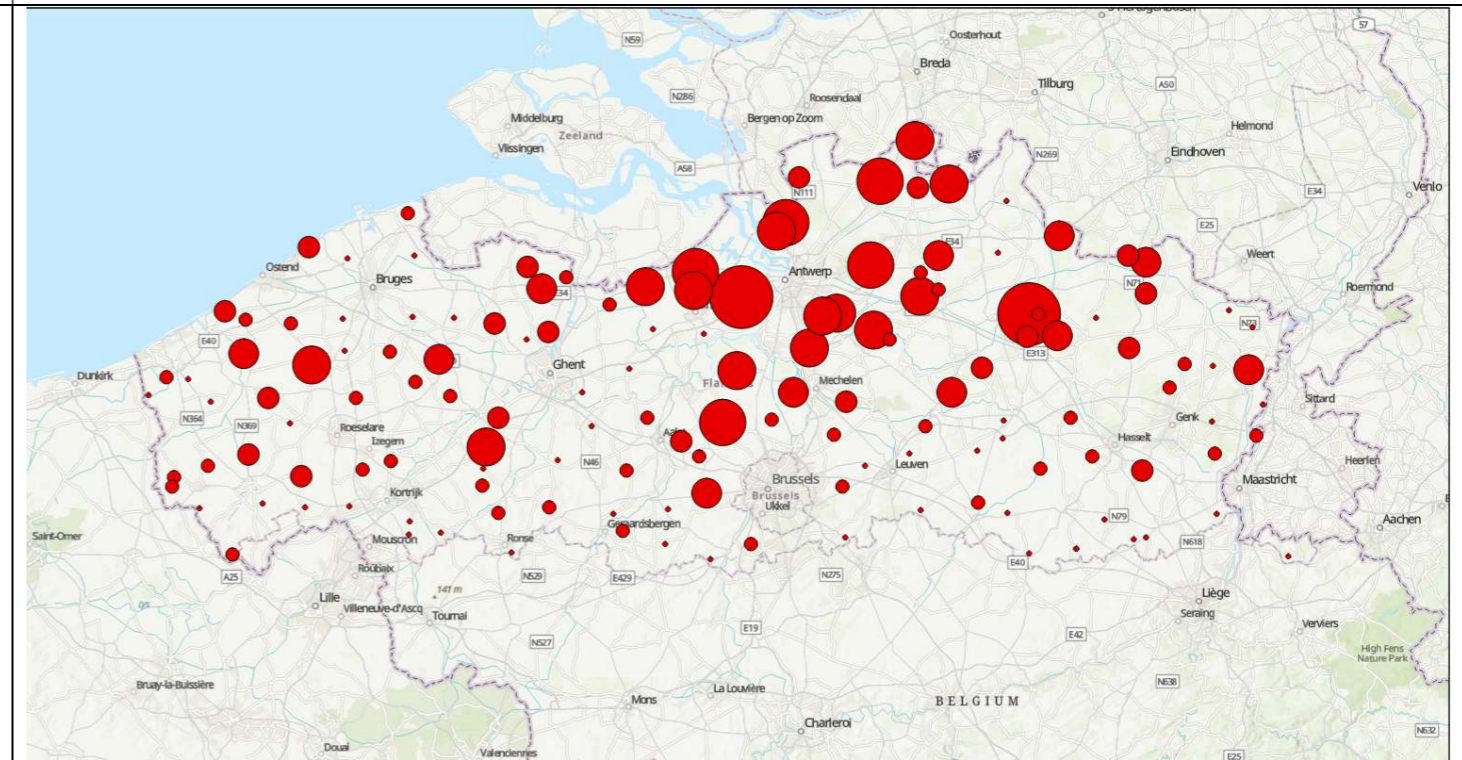


12/7/2023
 PFOA totaal - grondwater - dataset 1 (ng/L)

0 - 1	11 - 20	101 - 500
2 - 5	21 - 50	World Hillshade
6 - 10		

1:1,128,025
 0 5 10 20 mi
 0 12.5 25 50 km
 Esri, CGIAR, USGS, Kadaster, Esri, HERE, Garmin, Foursquare, FAO, METI/NASA, USGS

Figuur 9: PFOA totaal in het grondwater (ng/L) – dataset 1



12/7/2023
 PFBA - grondwater - dataset 1 (ng/L)

0 - 1	11 - 20	101 - 500
2 - 5	21 - 50	World Hillshade
6 - 10	51 - 100	

1:1,128,025
 0 5 10 20 mi
 0 12.5 25 50 km
 Esri, CGIAR, USGS, Kadaster, Esri, HERE, Garmin, Foursquare, FAO, METI/NASA, USGS

Figuur 10: PFBA in het grondwater (ng/L) – dataset 1

6.1.4 Outlier analyse

Voor PFOA, PFOS, PFBA en PFBS werd een outlieranalyse uitgevoerd met behulp van Rosner's outlier test. Op basis van de outlier test werd voor elk van deze 4 componenten 1 outlier geïdentificeerd, telkens vastgesteld in een andere peilbuis. De ligging van deze peilbuizen werd meer in detail bekeken (Tabel 6-3 en Figuur 11) om na te gaan of deze outlier kan worden verklaard.

Vervolgens werden ook boxplot en histogrammen opgesteld (Figuur 12 tem Figuur 17). Op basis van deze evaluatie werd ook de waarde voor PFBA t.h.v. peilbuis 842/62/1 als een outlier beschouwd.

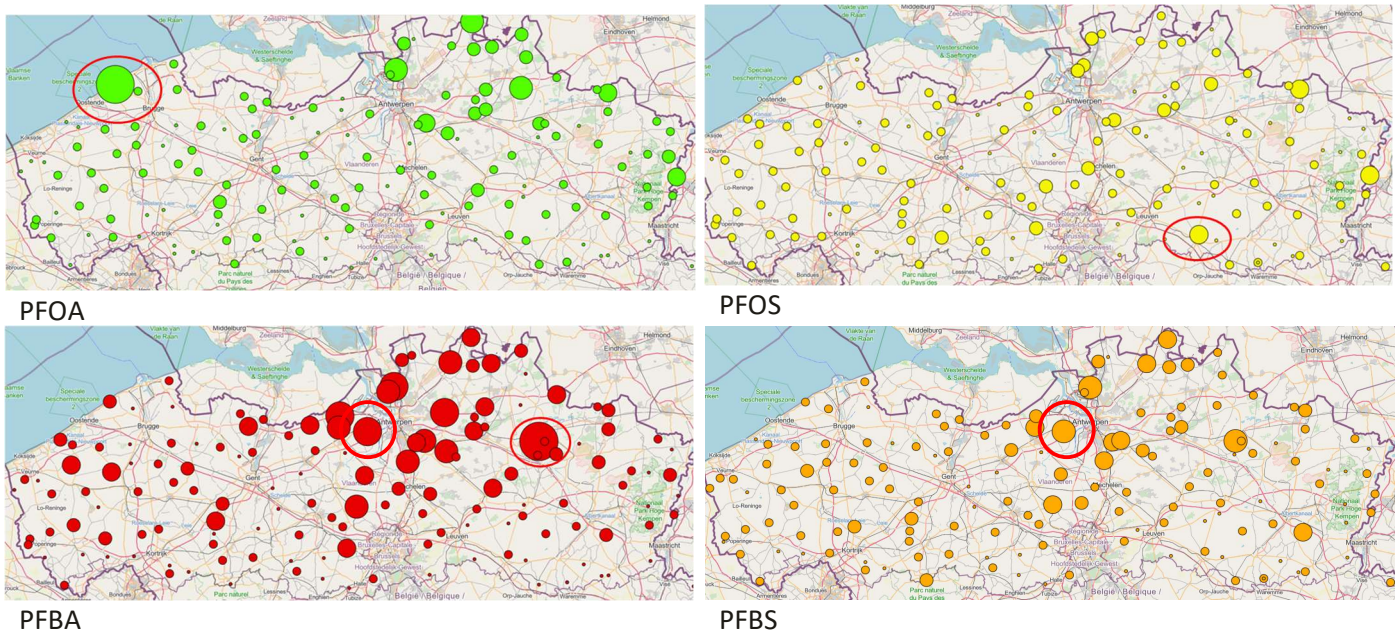
Niet alle outliers kunnen verklaard worden door de aanwezigheid van PFAS verdachte activiteiten in de buurt.

Er werd bij het selecteren van de locaties geen rekening gehouden met de grondwaterstromingsrichting en de aanwezigheid van gekende verontreinigingen in de wijdere omgeving. Ondanks de zorgvuldige keuze van de meetpunten kan nooit volledig uitgesloten worden dat sommige metingen alsnog beïnvloed zijn door een puntbron.

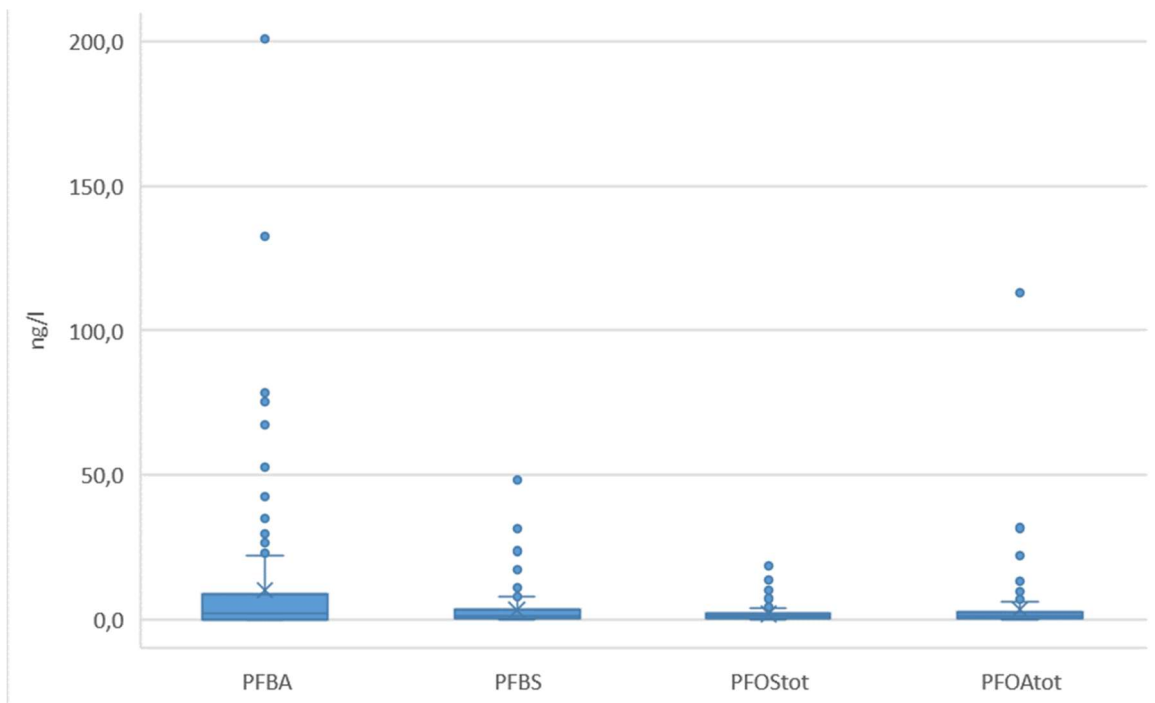
Daarom zullen bij de berekening van de streefwaarden meerdere scenario's doorgerekend worden, namelijk met en zonder outliers en zal de impact ervan op de berekende streefwaarde bekeken worden.

Tabel 6-3: Outliers grondwater dataset 1

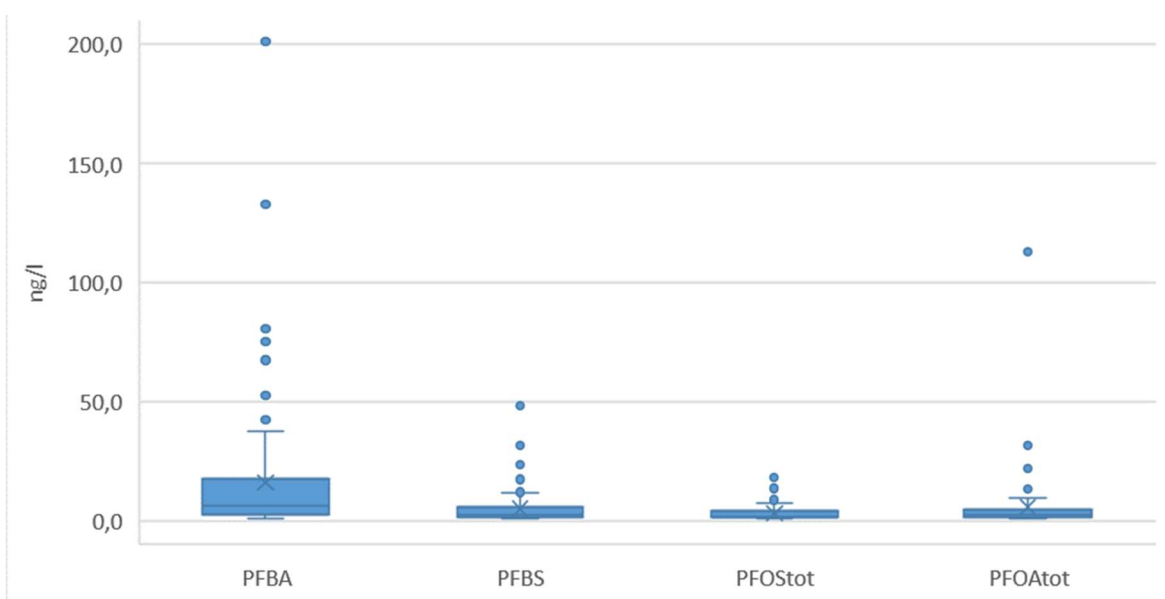
component	Outlier meetwaarde (ng/L)	peilbuis	Ligging
PFBA	201,0	502/62/2	Landbouwgebied, geen bronnen in de buurt – paar kleine storten op ruim 1 km afstand
	132	842/62/1	Op basis van boxplot en histogram. In de buurt van 3M – ook outlier voor PFBS
PFBS	48,4	842/62/1	Tussen Beveren en Kruibeke – nabij 3M
PFOA _{tot}	112,9	N/10/3	Natuurgebied/duinen
PFOStot	18,35	623/72/1	400 m van een zone met no regret maatregelen – brandweer oefenterrein



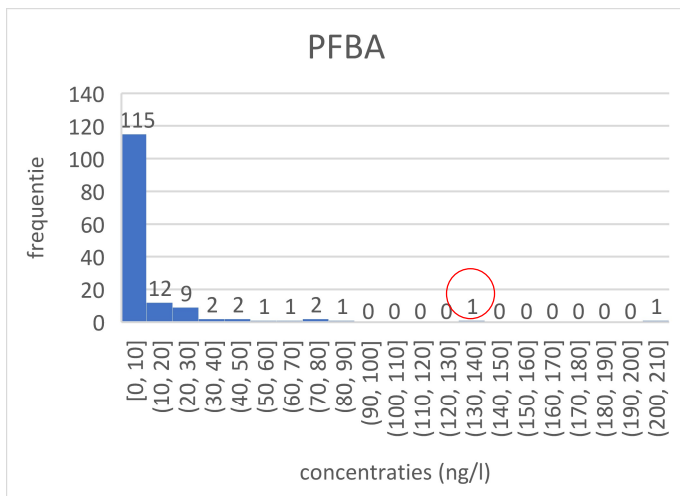
Figuur 11: Ligging outliers grondwater



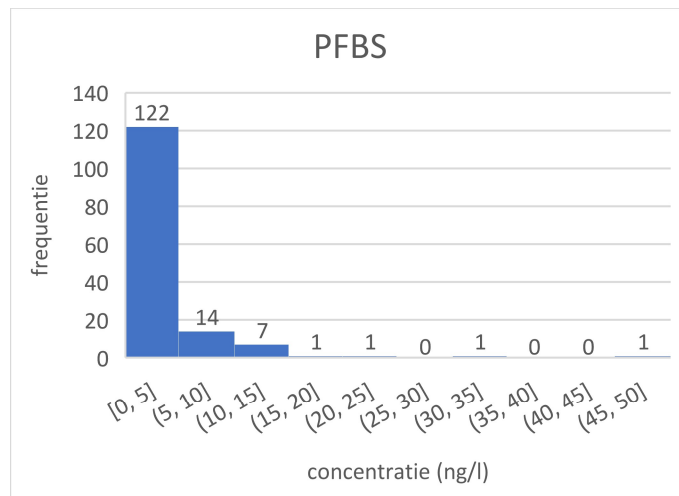
Figuur 12: Boxplot resultaten dataset 1, inclusief waarden onder kwantificatielimiet. (x: gemiddelde waarde, -kwartielen)



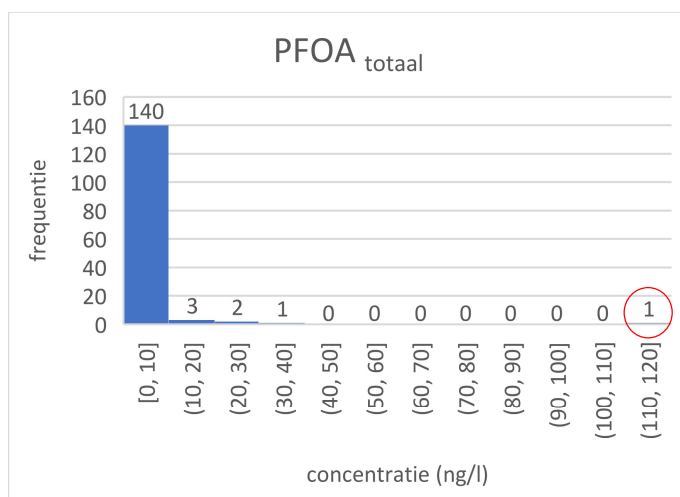
Figuur 13: Boxplot resultaten dataset 1, enkel voor waarden boven de kwantificatielimiet. (x: gemiddelde waarde, -kwartielen)



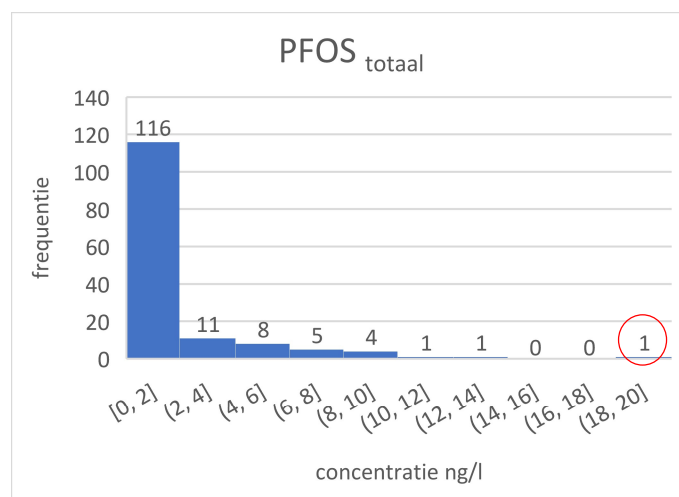
Figuur 14: Histogram resultaten PFBA – inclusief resultaten onder kwantificatielimiet



Figuur 15: Histogram resultaten PFBS – inclusief resultaten onder kwantificatielimiet



Figuur 16: Histogram resultaten PFOA totaal – inclusief resultaten onder kwantificatielimiet



Figuur 17: Histogram resultaten PFOS totaal – inclusief resultaten onder kwantificatielimiet

6.1.5 Berekening 90 percentielen o.b.v. dataset 1 en outlier-analyse

Het 90-percentiel werd berekend voor:

- alle resultaten uit de meetcampagne,
- alle resultaten uit de meetcampagne met uitzondering van de outliers,
- alle resultaten van de meetcampagne uitgezonderd de outliers en uitgezonderd de resultaten van de 2 peilbuizen die dichter dan 100 m bij een verdachte locatie liggen (zie Tabel 3-1, §3.2).
- De som PFAS, respectievelijk rekening houdend met een rapportagegrens van de individuele componenten zoals opgenomen in het WAC en kwantificatielimieten zoals opgenomen in Bijlage 3. Alle resultaten uit de peilbuizen met outliers werden niet meegenomen in de berekeningen voor de som PFAS zonder outliers.

In Tabel 6-4 wordt eveneens het 95-percentiel berekend ter vergelijking.

Tabel 6-4: Percentielen op basis van dataset 1

ng/L	Alle resultaten meetcampagne	Zonder outliers	Zonder outliers en zonder peilbuizen 861/62/1 en 835/00/1
90 percentiel			
PFBA	23,5	22,9 (1 outlier) 22,5 (2 outliers)	22 (1 outlier) 21,6 (2 outliers)
PFBS	7,8	7,5	7,1
PFOA _{totaal}	6,5	6,2	6,2
PFOS _{totaal}	4,7	4,5	4,4
Som PFAS kwantitatief	35,8*	25,8*	24,0*
	58,0**	53,0**	46,1**
Som PFAS (EU20)	35,8*	25,8*	24,0*
	57,4**	49,7**	42,9**
Som PFAS totaal (kwantitatief + indicatief)	35,8*	25,8*	24,0*
	58,5**	54,6**	46,1**
95 percentiel			
PFBA	42,6	41,1 (1 outlier) 36,9 (2 outliers)	34,2 (1 outlier) 29,4 (2 outliers)
PFBS	11,5	10,9	10,4
PFOA _{totaal}	9,6	9	9,1
PFOS _{totaal}	7,1	6,8	6,8
Som PFAS kwantitatief	67,7*	52,9*	41,3*
	92,8**	69,0**	69,5**
Som PFAS (EU20)	67,7*	52,9*	41,3*
	89,1**	65,6**	66,0**
Som PFAS totaal	67,7*	52,9*	41,3*
	92,8**	69,0**	69,5**

*o.b.v. rapportagegrens WAC. Concentraties van een PFAS component kleiner dan rapportagegrens werden aan 0 gelijk gesteld in de som.

** o.b.v. kwantificatielimiet (Bijlage 3). Concentraties van een PFAS component kleiner dan de kwantificatielimiet werden aan 0 gelijk gesteld in de som.

De variatie binnen de verschillende doorgerekende scenario's met en zonder outliers is beperkt. Deze variaties tussen de verschillende berekeningen zijn kleiner dan de foutenmarges voor deze componenten in het laboratorium. De P90 waarde varieert

- voor PFBA van 21,6 tot 23,5 ng/L (variatie 8%)
- voor PFBS van 7,1 tot 7,8 ng/L (variatie 9%)
- voor PFOA totaal van 6,2 tot 6,5 ng/L (variatie 5%)
- voor PFOS totaal van 4,4 tot 4,7 ng/L (variatie 6%)

6.2 RESULTATEN GRONDWATER GECOMBINEERDE DATASET (DATASET 1+ 2)

In deze paragraaf worden de berekeningen van de resultaten uit dataset 1 uitgebreid met een dataset van beschikbare analyses uit de meetcampagnes van VMM (dataset 2). De gecombineerde dataset bestaat dus uit dataset 1 en dataset 2.

6.2.1 Vergelijking resultaten high flow -low flow bemonstering

De staalnames van grondwater van de analyses uit dataset 2 (dataset beschikbaar gesteld door VMM) gebeurden via high flow principe, in tegenstelling tot deze van dataset 1 (low flow, CMA conform). Om de mogelijke variabiliteit te kunnen evalueren, werden 13 peilbuizen zowel via *high flow* als via *low flow* bemonsterd.

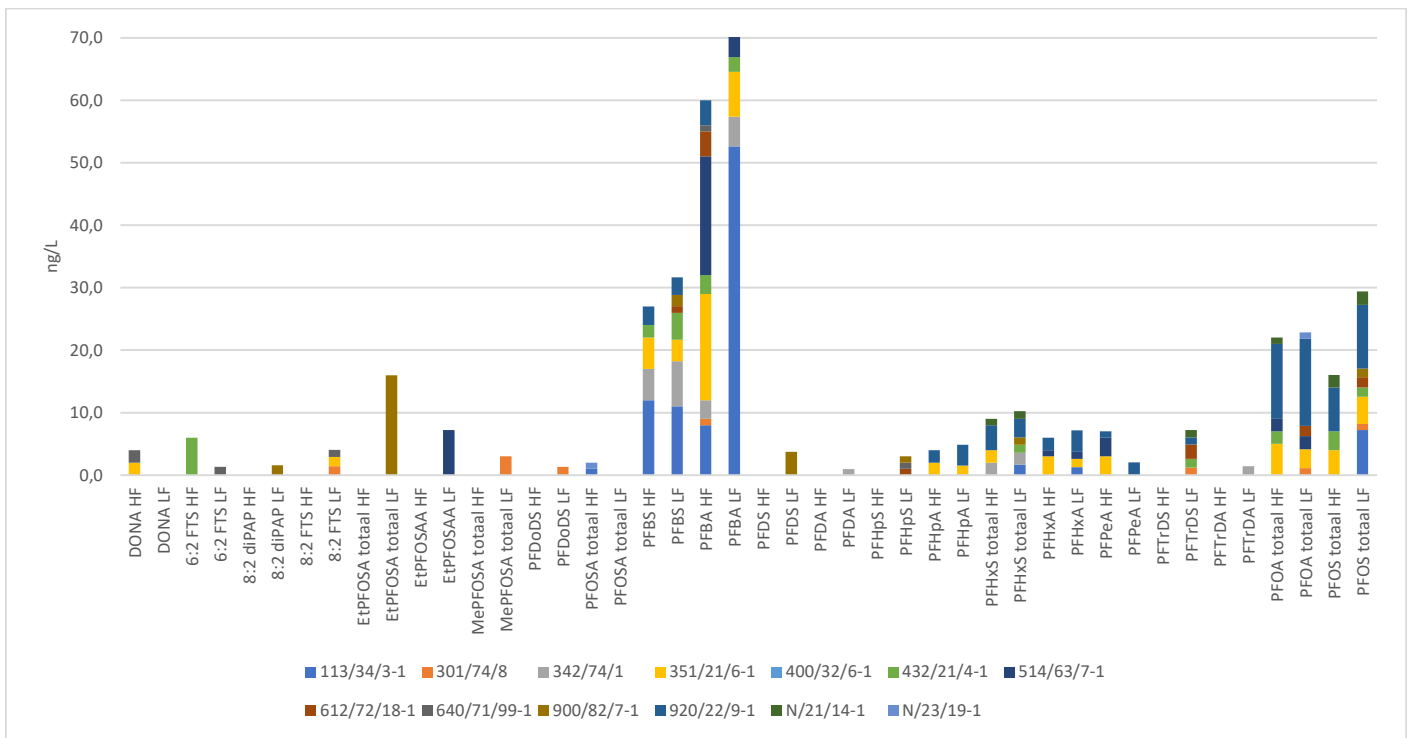
Deze 13 peilbuizen werden op dezelfde dag eerst via de *low flow* en vervolgens volgens de *high flow* methode bemonsterd.

De resultaten worden in figuren 18 t.e.m. 20 weergegeven.

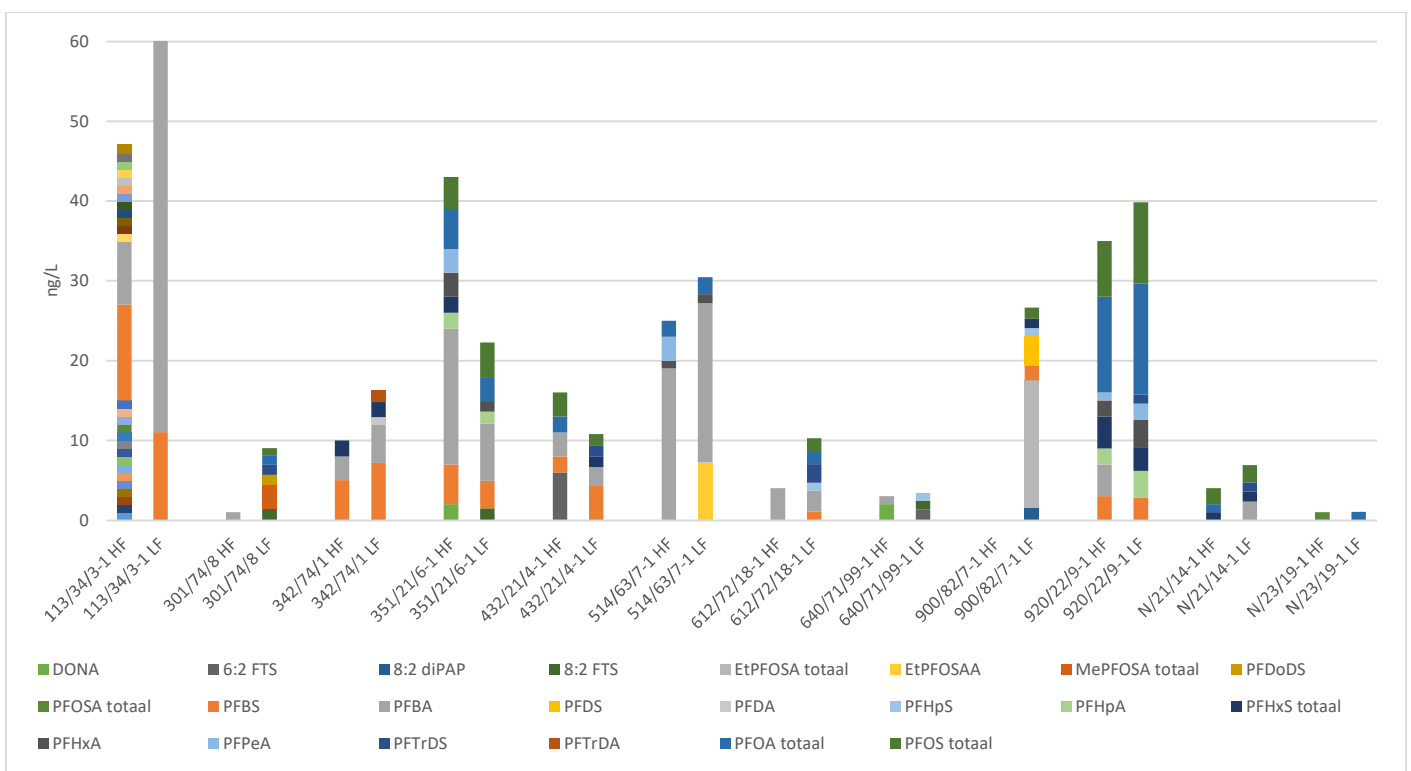
Op basis van deze resultaten kan het volgende samengevat worden:

- Ter hoogte van 1 peilbuis werd geen enkele van de componenten boven de kwantificatielimit gemeten.
- In 10 van de 12 overige grondwaterstalen geeft de *low flow* methode een hoger resultaat voor de totaal gemeten concentratie aan PFAS, dan de *high flow* methode (Figuur 19).
- Voor de individuele PFAS-componenten worden voor de ene component hogere waarden en voor de andere lagere waarden vastgesteld. Hier is geen trend in vast te stellen. De grootse variatie is te zien bij de resultaten voor PFBA, al is hier ook geen duidelijke trend waarneembaar. De gemeten concentraties PFBA zijn voor de ene peilbuis hoger met *low flow* methode en voor de andere peilbuis hoger met *high flow* methode.
- De PFAS fingerprinting (aandeel van PFAS-component op totaal en samenstelling PFAS per peilbuis) varieert: in sommige peilbuizen worden andere componenten gemeten afhankelijk van de gebruikte staalnamemethode.

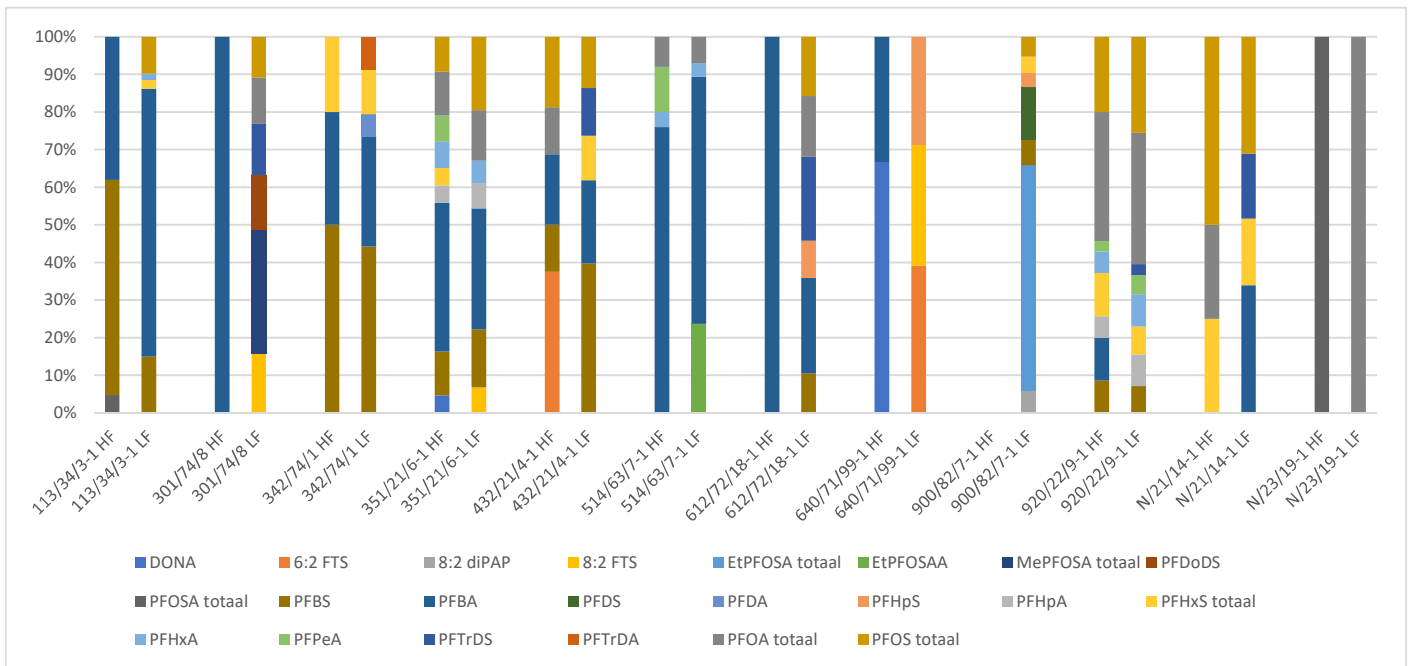
Gezien er geen eenduidig verschil is tussen low flow staalname en high flow staalname en aangezien niet systematisch meer of minder gemeten voor elk van de componenten, wordt besloten dat het samenvoegen van dataset 1 en 2 gerechtvaardigd is in het kader van de bepaling van streefwaarden PFAS.



Figuur 18: Vergelijking concentraties PFAS in het grondwater gemeten na high flow (HF) vs. low flow (LF) stalname – per component gesommeerd over 13 peilbuizen.



Figuur 19: Vergelijking concentraties PFAS in het grondwater gemeten na high flow (HF) vs low flow (LF) stalname - per peilbuis



Figuur 20: Vergelijking van PFAS fingerprints in het grondwater na high flow (HF) vs. low flow (LF) staalname – relatief aandeel van elke component per peilbuis

6.2.2 Statistische kengetallen individuele PFAS-componenten in grondwater

De gecombineerde dataset bevat 387 staalnamelocaties: 147 uit dataset 1 van OVAM en 240 uit dataset 2 afkomstig van VMM.

De dataset 2 (VMM) werd als volgt nog bijgesteld:

- Als zowel een resultaat via high flow als low flow beschikbaar is, werd het low flow resultaat opgenomen in database
- Voor een aantal resultaten uit dataset 2 (VMM) gaf het laboratorium aan dat er onzekerheid was over de gerapporteerde waarden. Deze waarden werden niet opgenomen in de database. Dit heeft als gevolg dat niet voor elke stof evenveel resultaten beschikbaar zijn.
- Voor de vertakte vorm van PFOA, PFOS, PFHxS en PFOSA zijn enkel in dataset 2 (VMM) resultaten beschikbaar.

Tabel 6-5 geeft de samenvattende resultaten weer voor alle componenten waar minstens 1 resultaat boven de kwantificatielimiet werd gemeten. Componenten uit het WAC die niet opgenomen zijn in deze tabel werden nooit aangetroffen boven de kwantificatielimiet.

De resultaten bevestigen deze van dataset 1 (§6.1). Uit de statistische kengetallen kan het volgende samengevat worden:

- In 341 van de 387 peilbuizen op niet verdachte locaties wordt minstens 1 PFAS-component gemeten boven kwantificatielimiet.
- De meerderheid van de analyseresultaten zijn lager dan de kwantificatielimiet.
- De top 4 van meest voorkomende PFAS in de 387 peilbuizen zijn PBBA, PFBS, PFOS en PFOA. PFBA en PFBS worden in respectievelijk 59% en 57% van de stalen geanalyseerd boven de kwantificatielimiet. PFOA wordt in 49% van de stalen gerapporteerd boven de kwantificatielimiet en PFOS in 34% van de stalen. De overige PFAS-componenten worden in minder dan 33% van de stalen geanalyseerd boven kwantificatielimiet.

- Enkel voor PFBA, PFOA_{totaal} en PFBS zijn er dus voldoende gegevens om verdere statistische analyses uit te voeren en een representatieve streefwaarde te berekenen. Aangezien PFOS_{totaal} een vaak voorkomende component is in bodemonderzoeken en er voor deze component eveneens een streefwaarde in grond werd bepaald, wordt PFOS ook bij de verdere evaluatie mee opgenomen.

Analoog aan dataset 1 wordt enkel voor deze 4 stoffen een cartografische weergave en outlier analyse uitgevoerd.

Tabel 6-5: samenvatting statistische kengetallen gecombineerde dataset

component	Aantal metingen	Kengetallen inclusief resultaten onder kwantificatielimiet						Kengetallen van de resultaten vanaf kwantificatielimiet (ng/L)					
		#>KL	#<KL	%>KL	% <KL	mediaan (P50) (ng/L)	P90 (ng/L)	P95 (ng/L)	Min van waarden vanaf KL	Maximaal gemeten waarde	gemiddelde	mediaan (P50)	SD
PFBA	370	220	150	59%	41%	3,0	21,1	34,5	1,0	201,0	13,4	6,8	21,4
PFBS	385	220	165	57%	43%	2,0	9,5	13,8	1,0	74,0	6,2	3,9	8,2
PFOA Totaal	387	191	196	49%	51%	< KL	8,1	13,2	1,0	112,9	6,5	3,0	12,0
PFOA lin	387	157	230	41%	59%	< KL	8,0	12,0	1,0	99,5	6,2	2,8	12,0
PFOS Totaal	387	132	255	34%	66%	< KL	5,0	8,0	1,0	26,0	3,2	2,0	3,5
PFHxA	387	128	259	33%	67%	< KL	4,2	7,0	1,0	19,0	3,1	2,0	3,0
PFHxS Totaal	387	118	269	30%	70%	< KL	4,0	7,0	1,0	38,7	3,3	2,0	4,8
PFPA	385	112	273	29%	71%	< KL	5,0	8,0	1,0	20,0	3,6	2,1	3,3
PFHxS Lin	387	100	287	26%	74%	< KL	3,0	7,0	1,0	36,6	3,0	2,0	4,5
PFHPA	387	88	299	23%	77%	< KL	3,0	7,0	1,0	18,0	3,0	1,8	3,5
PFOA ver	240	51	189	21%	79%	< KL	1,1	2,0	1,0	10,0	1,8	1,0	1,5
PFOS ver	240	48	192	20%	80%	< KL	2,0	3,0	1,0	23,0	2,8	2,0	3,4
PFOS lin	387	53	334	14%	86%	< KL	2,0	6,7	1,0	13,3	2,7	1,6	2,4
PFHxS ver	240	32	208	13%	87%	< KL	< KL	2,0	1,0	6,0	1,7	1,0	1,1
PFOSA tot	386	50	336	13%	87%	< KL	2,0	7,0	1,0	50,0	4,3	1,5	8,5
PFOSA lin	387	43	344	11%	89%	< KL	1,4	7,0	1,0	45,0	4,1	1,5	8,1
6:2 FTS	387	38	349	10%	90%	< KL	1,3	5,0	1,0	39,0	3,3	1,6	6,2
PFPS	387	33	354	9%	91%	< KL	1,7	4,0	1,0	8,1	2,2	1,6	1,7
GENX	387	32	355	8%	92%	< KL	1,3	3,0	1,0	4,0	1,7	1,4	0,7
ETFOSAA	384	29	355	8%	92%	< KL	1,5	3,2	1,3	7,2	2,5	2,1	1,3
8:2 FTS	387	24	363	6%	94%	< KL	1,1	1,7	1,0	3,0	1,5	1,5	0,4
PFOSA ver	240	14	226	6%	94%	< KL	< KL	< KL	1,0	5,0	1,6	1,0	1,2
PFHXDA	387	21	366	5%	95%	< KL	1,1	5,0	1,0	8,0	3,1	2,0	2,3
ADONA	384	19	365	5%	95%	< KL	< KL	5,0	1,0	33,0	5,5	3,0	7,5
MEFOSAA	384	18	366	5%	95%	< KL	< KL	3,0	1,0	4,7	2,7	2,3	1,3
PFTrDS	386	16	370	4%	96%	< KL	< KL	7,0	1,0	7,8	2,2	1,3	2,0
PFNA	387	13	374	3%	97%	< KL	< KL	4,0	1,0	91,0	10,0	2,0	24,5
8:2 diPAP	387	12	375	3%	97%	< KL	< KL	1,6	1,0	16,0	3,5	1,5	4,6
PFDA	387	12	375	3%	97%	< KL	< KL	3,7	1,0	28,0	5,5	3,0	7,6
PFTTrDA	387	12	375	3%	97%	< KL	< KL	2,0	1,0	7,0	2,3	1,4	1,9
MEFOSA Totaal	371	11	360	3%	97%	< KL	< KL	< KL	2,3	7,6	3,8	3,2	1,7
PFDoDS	387	11	376	3%	97%	< KL	< KL	1,3	1,0	1,4	1,2	1,2	0,1
PFUnDA	387	10	377	3%	97%	< KL	< KL	3,0	1,0	14,0	5,0	3,0	4,5
PFDoDA	387	10	377	3%	97%	< KL	< KL	2,0	1,0	10,0	3,8	2,0	3,2
MEFOSA lin	372	9	363	2%	98%	< KL	< KL	2,0	2,1	3,9	2,9	3,0	0,7
4:2 FTS	387	7	380	2%	98%	< KL	< KL	1,3	1,0	1,5	1,3	1,3	0,2
PFHpS	387	7	380	2%	98%	< KL	< KL	1,3	1,0	2,7	1,4	1,2	0,6
PFTeDA	387	7	380	2%	98%	< KL	< KL	2,5	1,0	6,0	2,8	1,5	2,3
PFUnDS	387	4	383	1%	99%	< KL	< KL	2,0	1,9	3,5	2,4	2,2	0,7
PFECHS	387	3	384	1%	99%	< KL	< KL	< KL	1,1	2,6	1,6	1,1	0,9
ETFOSA lin	371	2	369	1%	99%	< KL	< KL	< KL	4,2	12,9	8,5	8,5	6,2
ETFOSA Totaal	368	2	366	1%	99%	< KL	< KL	< KL	5,7	16,0	10,8	10,8	7,3
PFNS	387	2	385	1%	99%	< KL	< KL	< KL	1,1	1,2	1,1	1,1	0,1
PFODA	387	2	385	1%	99%	< KL	< KL	< KL	4,0	6,0	5,0	5,0	1,4
PFBSA	384	2	382	1%	99%	< KL	< KL	< KL	2,0	3,0	2,5	2,5	0,7
PFDS	387	1	386	0%	100%	< KL	< KL	< KL	2,3	2,3	2,3	2,3	N/A

KL = kwantificatielimiet
SD = standaardafwijking
P50 = 50- percentiel

P90
P95

= 90 - percentiel
= 95 - percentiel

6.2.3 Statistische kengetallen “som PFAS”

De “som PFAS” werd op 2 manieren berekend:

- op basis van de rapportagegrenzen voor de individuele componenten zoals opgenomen in het WAC (https://reflabos.vito.be/2023/WAC_IV_A_025.pdf). De componenten onder deze grenzen worden niet meegeteld in de som (gelijkgesteld aan 0).
- op basis de kwantificatielimieten die lager zijn dan de maximale rapportagegrenzen voor de individuele componenten gehanteerd in deze studie (Bijlage 3), componenten onder deze grenzen worden niet meegeteld in de som (gelijkgesteld aan 0)

De statistische kengetallen “som PFAS” werden respectievelijk gerapporteerd zodra een van de componenten zijn resp. kwantificatielimiet of rapportagegrens uit het WAC overschrijdt, dus respectievelijk vanaf 10 ng/L of 1 ng/L.

De kengetallen van de resulterende “som PFAS” worden samengevat in Tabel 6-6 en omvatten:

- percentielwaarden P50, P90, P95 op basis van alle resultaten
- gemiddelde, mediaan en standaarddeviatie op basis van alle resultaten boven kwantificatielimiet
- minimum en maximum gemeten concentratie.

De dataset 2 (VMM) werd als volgt nog bijgesteld:-

- Voor het berekenen van de som PFAS werden alle meetgegevens van peilbuizen waar er minstens 1 resultaat met onzekerheid werd gerapporteerd door het labo verwijderd uit de dataset. Dit zijn er in totaal 17.

De resultaten bevestigen deze van dataset 1 (§6.1.2):

- Wanneer de gerapporteerde kwantificatielimieten van de individuele componenten lager zijn dan de maximale rapportagegrenzen van het WAC kunnen voor meer locaties “som PFAS” worden. De reden hiervan is dat ook individuele concentraties kleiner 10 ng/L gekwantificeerd en dus gerapporteerd en gesommeerd kunnen worden. Dit leidt dus tot meer somresultaten in geval de individuele componenten in de lagere concentratie-intervallen gemeten worden (en dus niet gelijkgesteld worden aan 0).
- Wanneer de rapportagegrens uit WAC wordt gehanteerd voor de individuele componenten, zijn de resultaten voor de sommen vaak hoger dan bij de berekeningsoptie met de kwantificatielimiet. Enkel waarden boven de 10 ng/L (WAC) worden immers meegeteld in de “som PFAS”, waardoor enkel voor stalen met hogere concentraties een som kan worden berekend.
- Wanneer gebruik gemaakt wordt van de rapportagegrenzen voor de individuele componenten zoals opgenomen in het WAC kan in 269 van de 370 meetpunten geen “som PFAS totaal” berekend worden omdat voor alle individuele componenten in dat meetpunt de concentratie onder de rapportagegrens ligt (74% van de stalen). “Som PFAS” wordt in dat geval gerapporteerd als “onder rapportagegrens”.
- Wanneer een kwantificatielimiet per individuele parameter is gehanteerd die lager is dan de maximale rapportagegrens, dan ligt de hoogst gemeten som in de dataset ook hoger dan in geval met rapportagegrenzen per individuele parameter wordt gewerkt, omdat in dat geval individuele componenten tussen 1-10 ng/L worden meegeteld in de “som PFAS”. Om dezelfde reden ligt de P90 en P95 ook hoger. Voor deze dataset betekent dit dat de P90 voor de som PFAS bij het hanteren van de lagere kwantificatiegrenzen uit deze studie ca. 50% hoger zou zijn dan wanneer de rapportagegrenzen uit het WAC worden gehanteerd.
- Er is weinig /geen verschil in P90 tussen “som PFAS kwantitatief”, “som PFAS EU DWRL20” en “som PFAS totaal”. Dit wil zeggen dat de meeste componenten die gemeten werden, vervat zitten in de beperkte groep van 20 PFAS die opgenomen zijn in “som PFAS EU DWRL20” en deze dus bepalend zijn voor P90 van “som PFAS”.

Tabel 6-6: Samenvatting somparameters grondwater (ng/L) – gecombineerde dataset

		Kengetallen inclusief resultaten onder rapportagegrens								Kengetallen van de resultaten vanaf rapportagegrens				
	component	Aantal metingen	# met min. 1 PFAS>RG	# met alle PFAS <RG	% met min 1 PFAS >RG	% met alle PFAS <RG	Mediaan (P50)	P90	P95	Min van waarden boven RG	Max van waarden boven RG	gemiddelde	Mediaan (P50)	SD
Som PFAS met RG uit WAC (1)	Som PFAS kwantitatief	370	101	269	27%	73%	<RG	33,0	63,8	10,0	239,0	40,6	24,4	45,3
	Som PFAS (EU DWRL20)	370	97	273	26%	74%	<RG	31,1	63,8	10,0	239,0	40,0	24,0	45,1
	Som PFAS totaal	370	101	269	27%	73%	<RG	33,0	63,8	10,0	239,0	40,6	24,4	45,3
		Kengetallen inclusief resultaten onder kwantificatielimiet								Kengetallen van de resultaten vanaf kwantificatielimiet				
	component	Aantal metingen	# met min 1 PFAS>KL	# met alle PFAS<KL	% met min 1 PFAS >KL	% met alle PFAS <KL	P50	P90	P95	Min van waarden boven KL	Max van waarden boven KL	gemiddelde	mediaan	SD
Som PFAS met KL uit Bijlage 3 (2)	Som PFAS kwantitatief	370	323	47	87%	13%	9,0	49,2	81,0	1,0	265,8	24,4	12,0	36,07
	SOM PFAS (EU DWRL 20)	370	304	66	82%	18%	9,0	49,2	81,6	1,0	262,1	23,4	11,0	35,39
	SOM PFAS totaal	370	324	46	87%	12%	9,1	51,2	81,0	1,0	265,8	24,7	12,0	36,11

SD Standaardafwijking

KL kwantificatielimiet

RG Rapportagegrens uit WAC

P50 = 50- percentiel

P90 = 90 - percentiel

P95 = 95 - percentiel

(1) rekening houdend met rapportagegrenzen van het WAC (10 of 50 ng/L) – componenten onder deze grenzen worden niet meegeteld in de som (https://reflabos.vito.be/2023/WAC_IV_A_025.pdf)

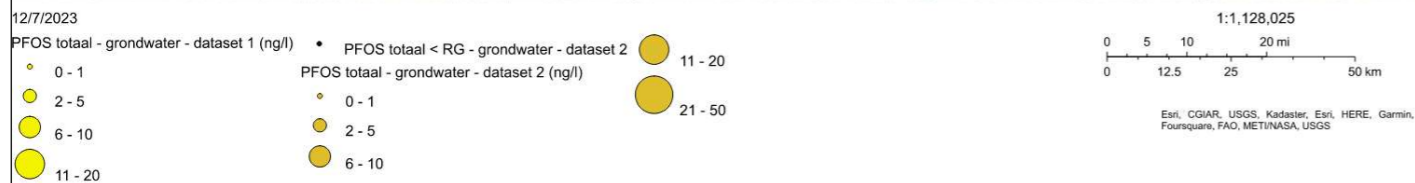
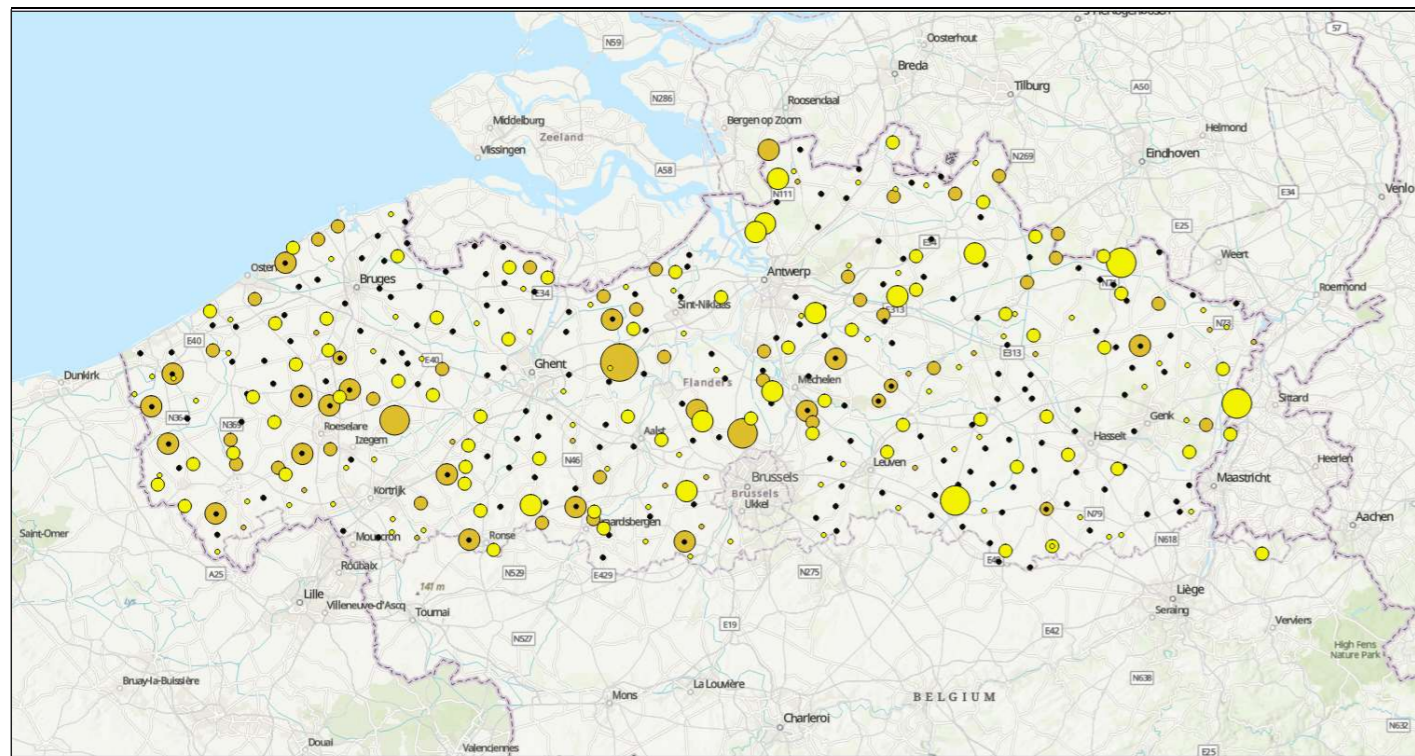
(2) rekening houdend met kwantificatielimiten lager dan de maximale rapportagegrenzen (1 ng/L voor de meeste componenten), componenten onder deze grenzen worden niet meegeteld in de som

6.2.4 Cartografische weergave

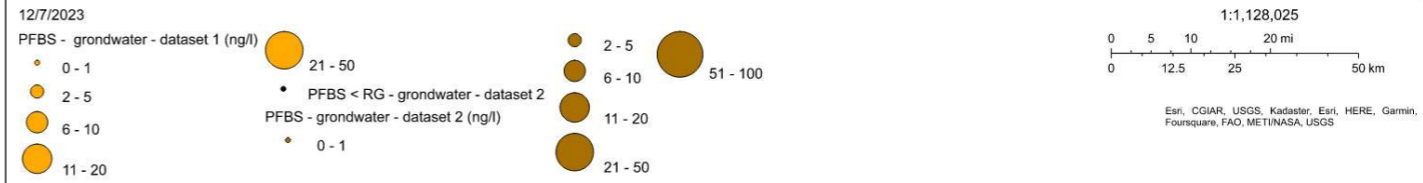
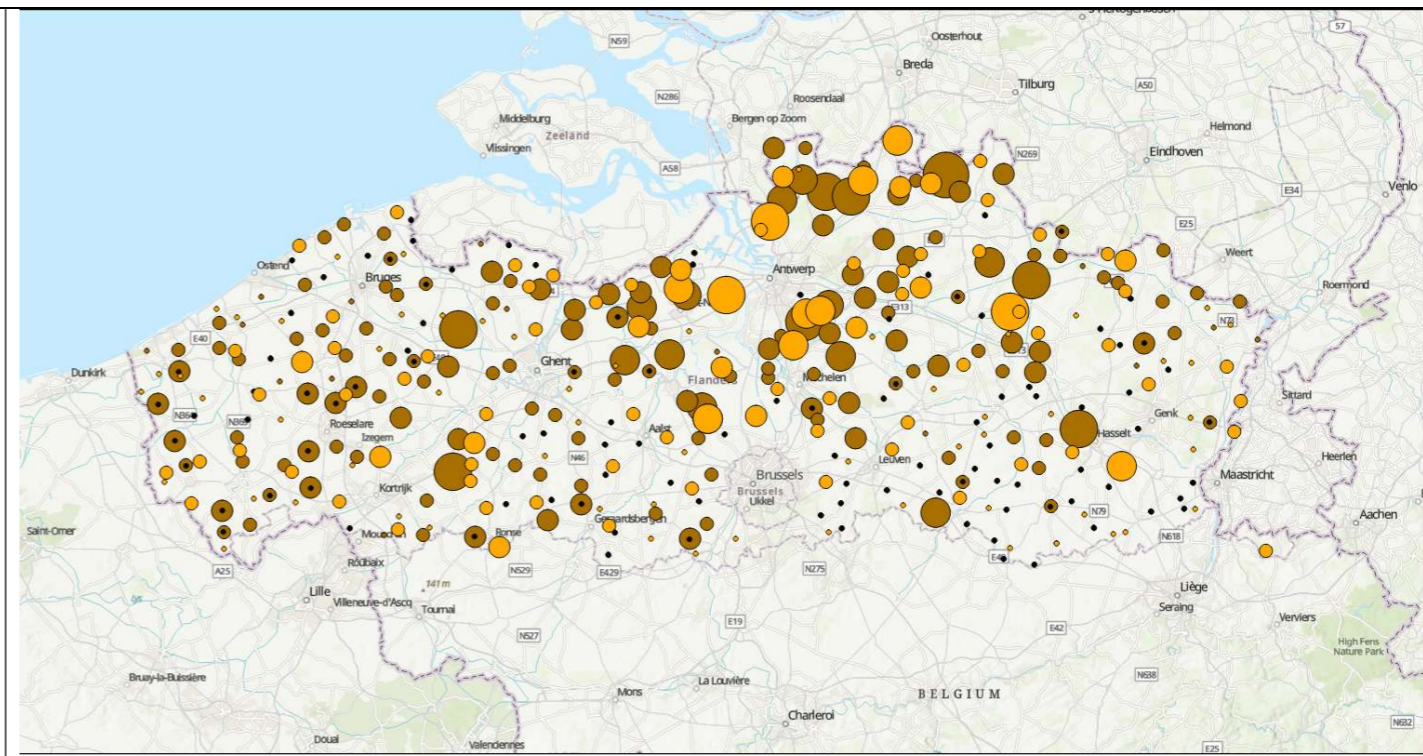
De resultaten voor PFOS_{totaal}, PFOA_{totaal}, PFBA en PFBS worden weergegeven op Figuur 21 tem Figuur 24 en in Bijlage 5.

Concentraties uit dataset 2 onder de kwantificatielimiet worden aangeduid met een stip en een bol. De grootte van de bol geeft voor deze punten de hoogte van de kwantificatielimiet aan – deze was immers voor een aantal punten verhoogd.

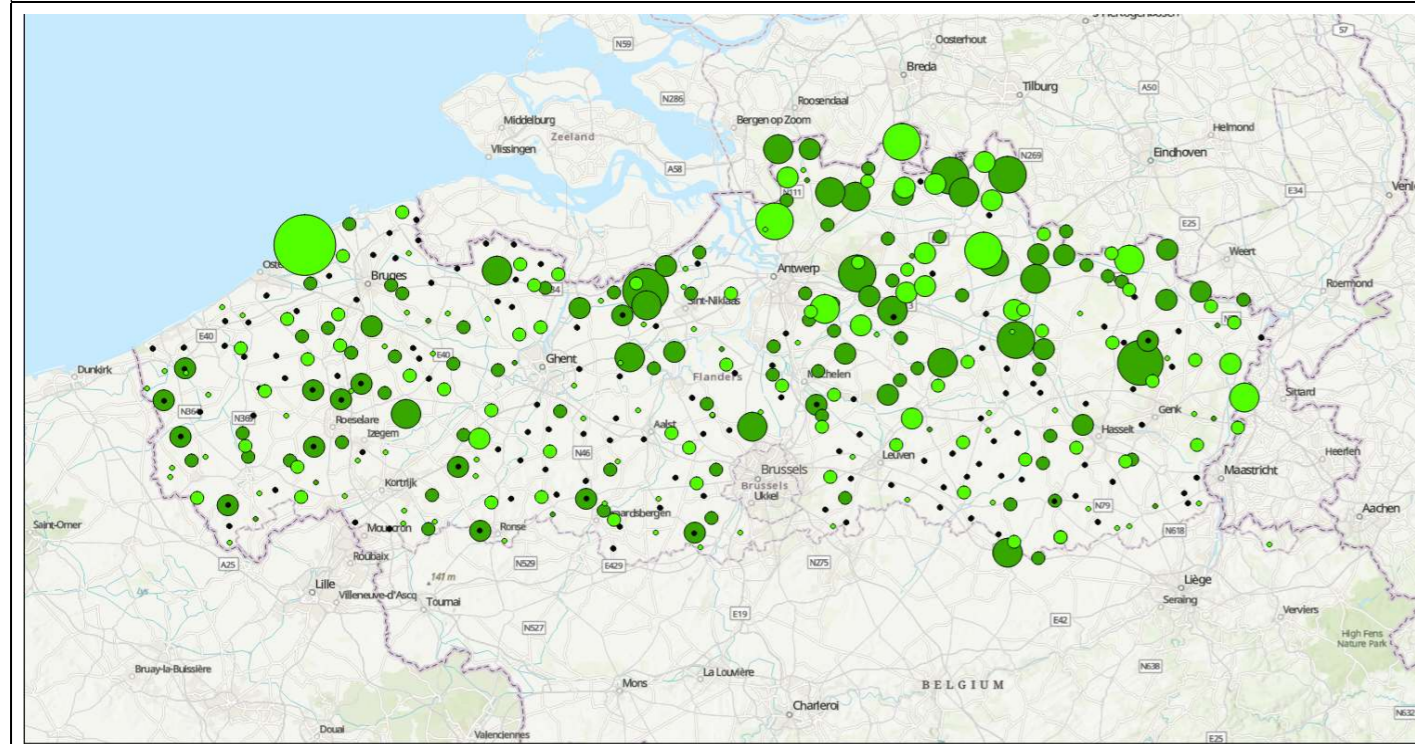
Hogere concentraties van PFBS, PFOA en PFBA worden voornamelijk aangetroffen rond, ten noorden en noordoosten van Antwerpen. PFOS komt in gelijkmatigere concentraties verspreid over Vlaanderen voor.



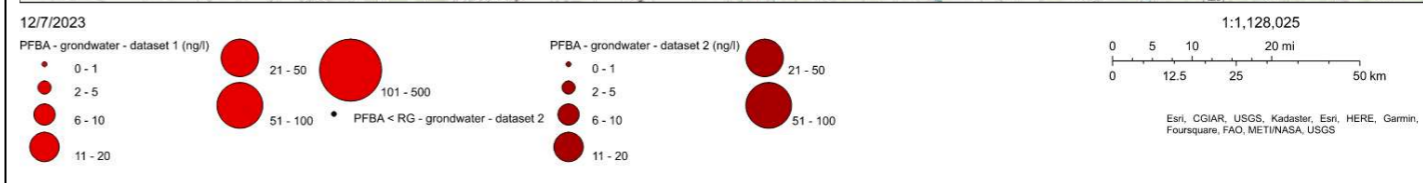
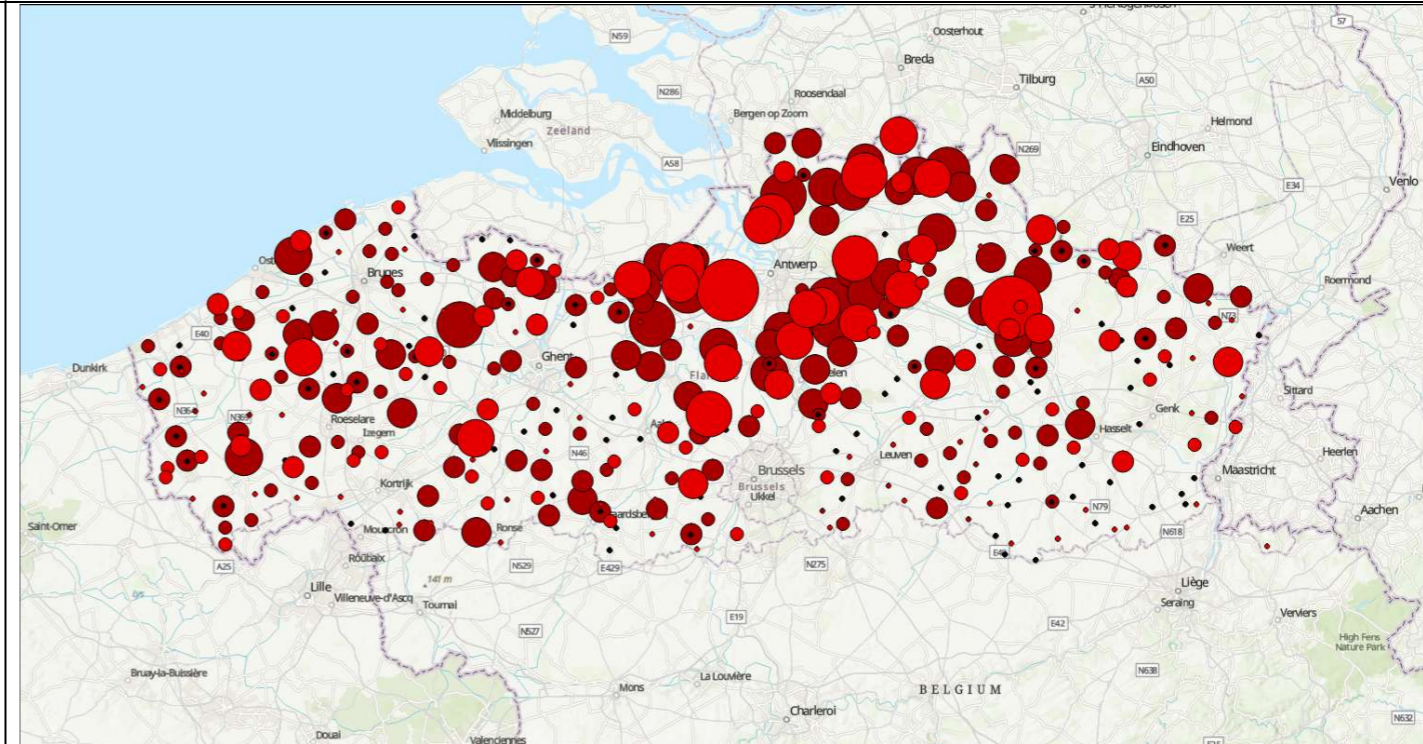
Figuur 21: PFOS totaal in het grondwater - dataset 1 en 2



Figuur 22: PFBS in het grondwater (ng/L) – dataset 1 en 2



Figuur 23: PFOA totaal in het grondwater (ng/L) – dataset 1 en 2



Figuur 24: PFBA in het grondwater (ng/L) – dataset 1 en 2

6.2.5 Outlier analyse

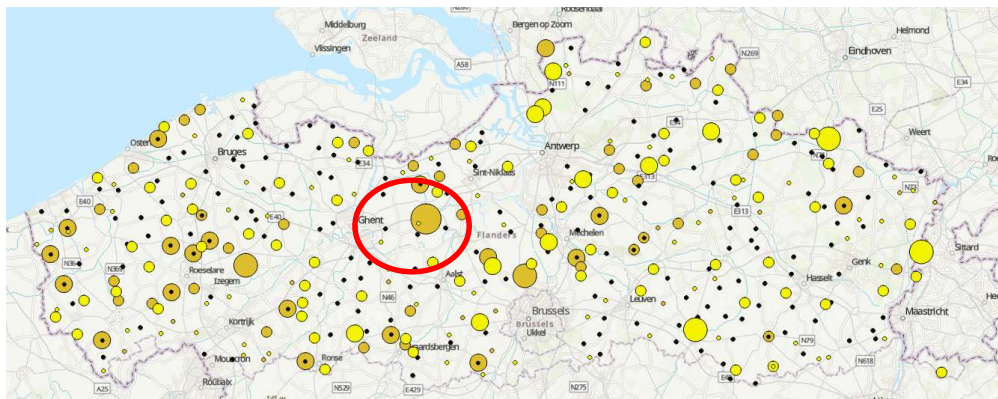
Er werd een outlier analyse uitgevoerd voor PFOS_{totaal}, PFOA_{totaal}, PFBA en PFBS met behulp van Rosner's outlier test. Op basis hiervan werd voor elk van deze componenten 1 outlier geïdentificeerd, telkens vastgesteld in een andere peilbuis. De ligging van deze peilbuizen werd meer in detail bekeken (Tabel 6-7 en Figuur 25) om na te gaan of deze outlier kan worden verklaard.

Vervolgens werden ook een boxplot en histogrammen opgesteld (Figuur 26 t.e.m. Figuur 30). Op basis van deze evaluatie werd ook de waarde voor PFBA ter hoogte van peilbuis 842/62/1 en de waarde voor PFOA ter hoogte van peilbuis 936/23/1 als een outlier beschouwd.

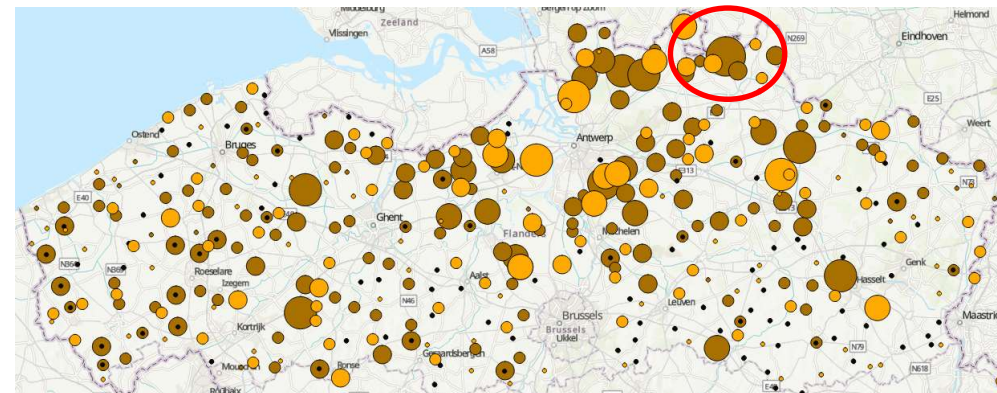
Niet alle outliers kunnen verklaard worden door de aanwezigheid van PFAS verdachte activiteiten in de buurt. Daarom zullen bij de berekening van de streefwaarden meerdere scenario's doorgerekend worden, namelijk met en zonder outliers. Er werd bij het selecteren van de locaties geen rekening gehouden met de grondwaterstromingsrichting en de aanwezigheid van gekende verontreinigingen in de wijdere omgeving. Ondanks de zorgvuldige keuze van de meetpunten kan nooit volledig uitgesloten worden dat sommige metingen alsnog beïnvloed zijn door een puntbron.

Tabel 6-7: Outliers grondwater gecombineerde dataset

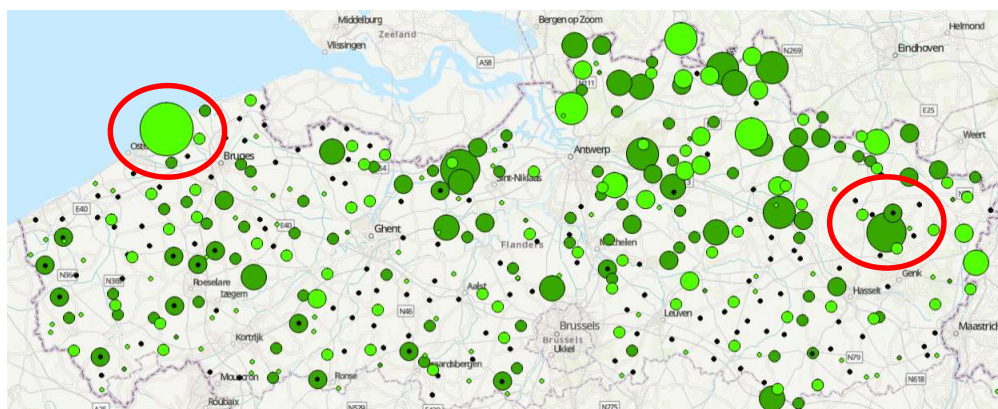
component	Outlier meetwaarde (ng/L)	peilbuis	Ligging
PFBA	201,0	502/62/2	Landbouwgebied, geen bronnen in de buurt – paar kleine storten op ruim 1 km afstand
	132	842/62/1	Op basis van boxplot en histogram. In de buurt van 3M
PFBS	74	941/40/29a	Op grens met Nederland, in Baarle-Hertog – ca. 700 van een brandweerkazerne met preventieve no regret zone – (PFBA ook 84 ng/L, maar onzeker resultaat volgens labo).
PFOAtot	112,9	N/10/3	Natuurgebied/duinen
	88	935/23/1	Houthalen-Helchteren/Peer, nabij militair domein, ca. 300 m van terrein waar een OBO werd uitgevoerd – opslag veevoeder, opslagplaats autovoertuigen en tractors, mestopslag, wasstraat voor landbouwvoertuigen. Opslagtanks diesel. Kleine werkplaats metaalbewerking, vergistingsinstallatie.
PFOStot	26	801/21/9	Berlare, langs E17, Nabij Industriepark Lokeren (ca. 400 m – chocoladefabriek, drukkerij etc)



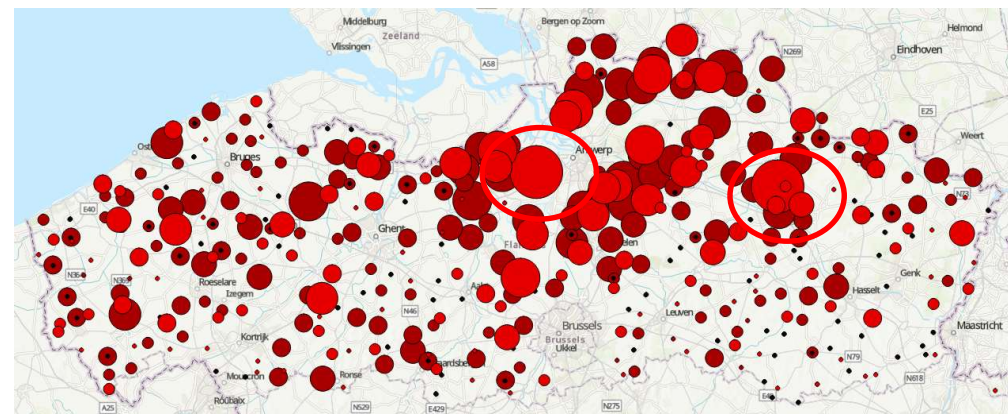
PFOS



PFBS

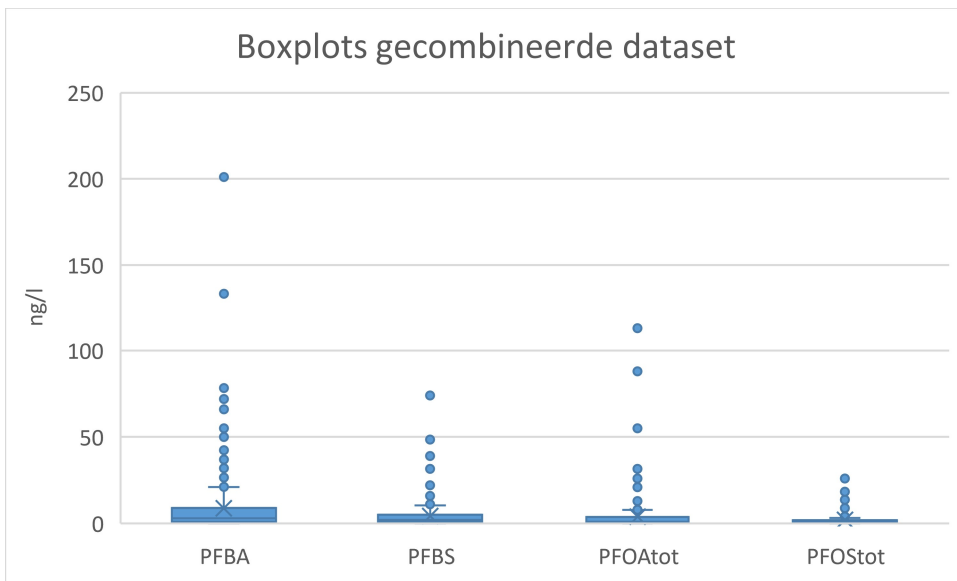


PFOA

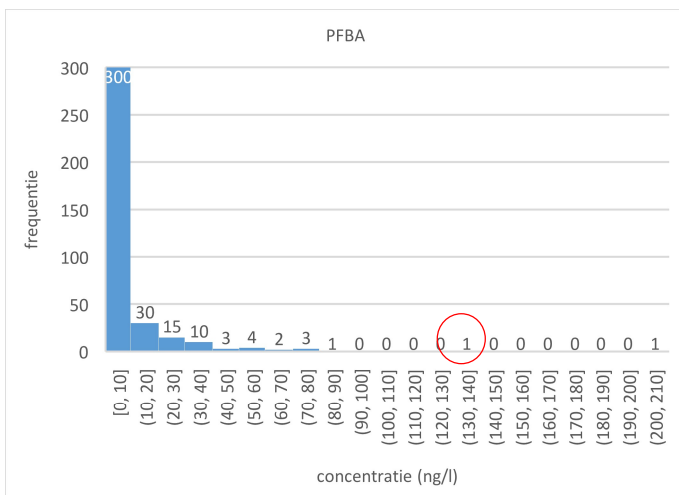


PFBA

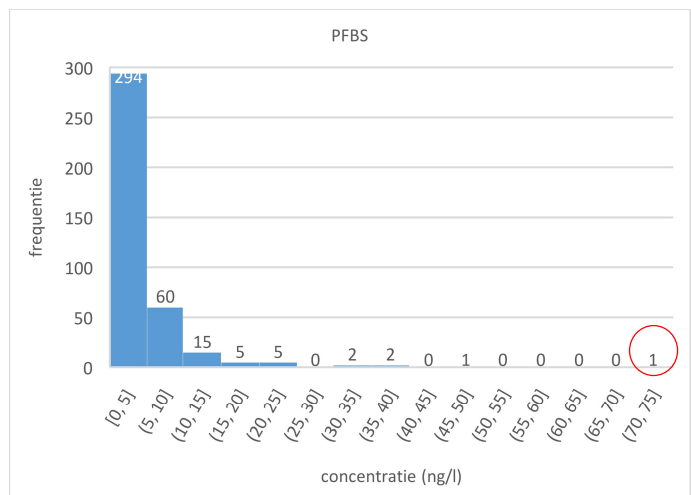
Figuur 25: Ligging outliers gecombineerde dataset



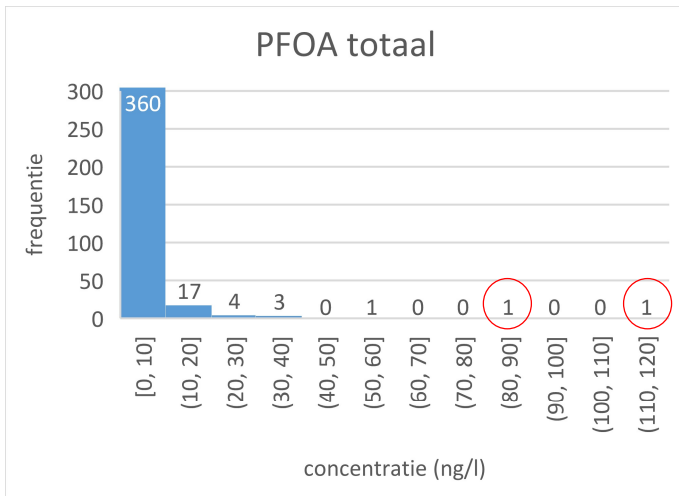
Figuur 26: Boxplot resultaten gecombineerde dataset, inclusief waarden onder kwantificatielimiet. (x: gemiddelde waarde, - kwartielen)



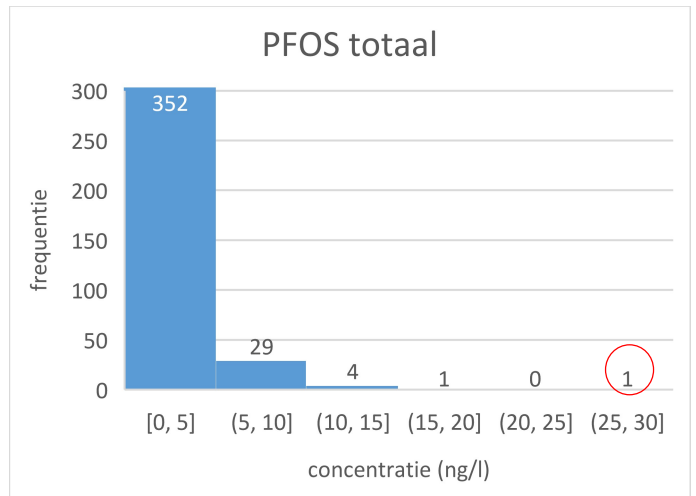
Figuur 27: Histogram resultaten PFBA – inclusief resultaten onder kwantificatielimiet. (x: gemiddelde waarde, - kwartielen)



Figuur 28: Histogram resultaten PFBS – inclusief resultaten onder kwantificatielimiet. (x: gemiddelde waarde, - kwartielen)



Figuur 29: histogram resultaten PFOA totaal – inclusief resultaten onder kwantificatielimiet. (x: gemiddelde waarde, -kwartielen)



Figuur 30: histogram resultaten PFOS totaal – inclusief resultaten onder kwantificatielimiet. (x: gemiddelde waarde, -kwartielen)

6.2.6 Berekening P90 grondwater o.b.v. gecombineerde database

Het 90-percentiel werd berekend voor:

- alle resultaten uit de gecombineerde dataset,
- alle resultaten uit de meetcampagne met uitzondering van de outliers,
- alle resultaten van de gecombineerde dataset uitgezonderd de outliers en uitgezonderd de resultaten van de 2 peilbuizen uit dataset 1 die dichterbij 100 m bij een verdachte locatie liggen (zie Tabel 3-1, §3.2).
- De som PFAS, respectievelijk rekening houdend met een rapportagegrens van de individuele componenten zoals opgenomen in het WAC en kwantificatielimieten zoals opgenomen in Bijlage 3. Alle resultaten uit de peilbuizen met outliers werden niet meegenomen in de berekeningen voor de som PFAS zonder outliers.

Het 95-percentiel werd eveneens berekend ter vergelijking, evenals de resultaten gebaseerd op dataset 1/

Tabel 6-8: Percentielen op basis van de gecombineerde dataset

ng/L	Alle resultaten gecombineerde dataset	Gecombineerde dataset zonder 6 outliers	Alle resultaten Dataset 1	Dataset 1 zonder outliers	Dataset 1 zonder outliers en zonder 861/62/1 en 835/00/1
90 percentiel					
PFBA	21,1	21,0	23,5	22,9 (1 outlier) 22,5 (2 outliers)	22 (1 outlier) 21,6 (2 outliers)
PFBS	9,5	9,4	7,8	7,5	7,1
PFOA _{tot}	8,1	8,0	6,5	6,2	6,2
PFOStot	5,0	5,0	4,7	4,5	4,4
Som PFAS kwantitatief	33,0* 49,2**	30,5* 48,0**	35,8* 58,0**	25,8* 53,0**	24,0* 46,1**
Som PFAS (EU20)	31,1* 49,2**	27,0* 47,0**	35,8* 57,4**	25,8* 49,7**	24,0* 42,9**
Som PFAS totaal	33,0* 51,2**	30,5* 48,4**	35,8* 58,5**	25,8* 54,6**	24,0* 46,1**

ng/L	Alle resultaten gecombineerde dataset	Gecombineerde dataset zonder 6 outliers	Alle resultaten Dataset 1	Dataset 1 zonder outliers	Dataset 1 zonder outliers en zonder 861/62/1 en 835/00/1
95 percentiel					
PFBA	34,5	33,0	42,6	41,1 (1 outlier) 36,9 (2 outliers)	34,2 (1 outlier) 29,4 (2 outliers)
PFBS	13,8	13,1	11,5	10,9	10,4
PFOAtot	13,2	13,0	9,6	9	9,1
PFOStot	8,0	8,0	7,1	6,8	6,8
Som PFAS kwantitatief	63,8* 81,0**	51,8* 72,1**	67,7* 92,8**	52,9* 69,0**	41,3* 69,5**
Som PFAS (EU20)	63,8* 81,6**	44* 71,2**	67,7* 89,1**	52,9* 65,6**	41,3* 66,0**
Som PFAS totaal	63,8* 81,0**	51,8* 72,1**	67,7* 92,8**	52,9* 69,0**	41,3* 69,5**

*o.b.v. rapportagegrens WAC

** o.b.v. kwantificatielimiet (Bijlage 3) lager dan rapportagegrens WAC

De variatie binnen de verschillende doorgerekende scenario's met en zonder outliers is beperkt. Deze variaties tussen de verschillende berekeningen zijn kleiner dan de foutenmarges voor deze componenten in het laboratorium.

6.3 VOORSTEL STREEFWAARDEN GRONDWATER EN EVALUATIE

In deze paragraaf wordt de P90 waarden van alle voorgaande berekende scenario's vergeleken en wordt een voorstel tot streefwaarde gedaan voor PFBA, PFBS en PFOA. Enkel deze 3 componenten hebben concentraties boven kwantificatielimiet in (grootteorde) de helft van het aantal metingen.

Voor de componenten die in minder dan de helft van de gevallen voorkomen, werd geen streefwaarde afgeleid. De P90 waarden voor PFOS worden wel ter informatie meegegeven in de tabellen, gezien er voor deze parameter ook een streefwaarde in grond beschikbaar is en dit een vaak voorkomende parameter in bodemonderzoek op PFAS-verdachte locaties is.

Vervolgens worden deze voorgestelde streefwaarden in perspectief geplaatst en vergeleken met beschikbare toetsingskaders in Vlaanderen en internationaal enerzijds en met het voorstel voor Europees voorstel voor milieukwaliteitsnorm grondwater anderzijds (WFD).

6.3.1 Voorstel streefwaarden

In Tabel 6-9 wordt een overzicht gegeven van de berekende P90 waarden rekening houdend met verschillende databases en rekening houdend met outliers. Op deze manier wordt een inzicht verkregen in de variatie in P90 waarde als gevolg van grootte van dataset en van het al dan niet aanwezig zijn van outliers in de dataset.

Tabel 6-9: Overzicht berekende P90 waarden in ng/L (dataset 1 en gecombineerde dataset, al dan niet met outliers)

ng/L	Alle resultaten meetcampagne dataset 1 (# 147)	Alle resultaten gecombineerde dataset (dataset 1 + 2) (# 370-385)	Resultaten dataset 1- Zonder outliers (# 145-146)	Resultaten dataset 1 zonder outliers en zonder peilbuizen 861/62/1 en 835/00/1 (# 143-144)	Resultaten gecombineerde dataset zonder 6 outliers (# 368-384)
PFBA	23,5	21,1	22,9 (1 outlier) 22,5 (2 outliers)	22 (1 outlier) 21,6 (2 outliers)	21,0
PFBS	7,8	9,5	7,5	7,1	9,4
PFOAtot	6,5	8,1	6,2	6,2	8,0
PFOStot (1)	4,7	5,0	4,5	4,4	5,0

(1) Voor PFOS wordt de P90 enkel ter informatie vermeld, PFOS werd in minder dan 50% van de grondwateranalyses boven detectielimiet vastgesteld.

Uit de verschillende berekende scenario's kan het volgende afgeleid worden:

- In vergelijking met de resultaten uit dataset 1, ligt de P90 waarde van de gecombineerde dataset (dataset 1+2) voor PFBS, PFOA en PFOS beperkt hoger. De P90 van PFBA ligt beperkt lager in de gecombineerde dataset.
- De variatie van P90 waarde berekend in grondwater op basis van de verschillende datasets en al dan niet met outliers, is beperkt
 - Voor PFBA tussen de 21,0 en 23,5 ng/L (variatie 11%)
 - Voor PFBS tussen de 7,1 en 9,4 ng/L (variatie 24%)
 - Voor PFOA tussen de 6,2 en 8,1 ng/L (variatie 23%)
 - Voor PFOS tussen de 4,4 en 5,0 ng/L (variatie 12%)

Deze variaties tussen de verschillende berekeningen zijn kleiner dan de toelaatbare foutenmarges voor deze componenten in het laboratorium, meer bepaald tussen 10-25% (ringtesten VITO).

Gezien de grotere dataset representatiever is voor heel Vlaanderen worden de waarden in Tabel 6-10 voorgesteld als streefwaarden.

Tabel 6-10: Voorgestelde streefwaarden grondwater voor PFBA, PFBS en PFOA_{totaal} en indicatieve P90 waarde voor PFOS

	ng/L
PFBA	21,0
PFBS	9,4
PFOA_{tot}	8,0
PFOS_{tot} (1)	5,0

(1) Voor PFOS wordt de P90 enkel ter informatie vermeld, PFOS werd in minder dan 50% van de grondwateranalyses boven detectielimiet vastgesteld.

Voor PFBS en PFOA_{totaal} liggen de voorgestelde streefwaarden onder de rapportagegrenzen van het WAC.

6.3.2 Streefwaarden in vergelijking met bestaande toetsingskaders en internationale studies

Toetsingswaarden BSN en lozingsnormen

In Vlaanderen zijn de toetsingswaarden BSN voor grondwater momenteel gelijk aan 100 ng/L voor som EU DWRL20 (OVAM, 2022) en bedraagt de lozingsnorm 20 ng/L per individuele kwantitatieve component (Vlaanderen.be/PFAS-vervuiling).

Voor PFBA wordt een relatief hoge waarde bekomen voor het 90-percentiel en voorstel streefwaarde nl. 21,0 ng/L. Hiermee is reeds een aanzienlijk deel van de toetsingswaarde BSN voor de som van de EU DWRL20 PFAS (100 ng/L) ingevuld. De voorgestelde streefwaarde PFBA ligt bovendien boven de voorgestelde lozingsnorm van 20 ng/L.

Streefwaarden Nederland en Zwitserland

In Nederland werd in 2021 een studie gepubliceerd met analyseresultaten voor PFAS in het grondwater. De resultaten werden opgedeeld in freatisch (< 10 m-mv) en middeldiep tot diep grondwater (10-25 m-mv). (RIVM, 2021)

In deze studie worden P50 en P95 percentielen gerapporteerd. Deze zijn ter vergelijking opgenomen in Tabel 6-11 samen met de P95 percentielen berekend voor de gecombineerde dataset zonder outliers in voorliggende studie. In de Nederlandse studie werd niet nagegaan in hoeverre de staalnamelocaties zich in de buurt van potentiële PFAS-bronnen bevinden. De stalen uit het freatisch grondwater zijn wel afkomstig uit stedelijk of industriegebied.

Het P95 voor het freatisch grondwater ligt in Nederland hoger voor PFOA (35 ng/L) en PFBS (20 ng/L) dan voor Vlaanderen en lager voor PFOS (6,7 ng/L) en PFBA (21 ng/L).

Zwitserland publiceerde eveneens data betreffende PFAS in het grondwater verspreid over het hele grondgebied (Federal Office for the Environment (FOEN, Switzerland), 2023). Het gaat om 519 resultaten uit het grondwater-monitoringsnetwerk. Er wordt aangegeven op hoeveel van de locaties een PFAS-component boven de kwantificatielimiet, 1 ng/L, 10ng/L of 100 ng/L werd aangetroffen. Op basis hiervan werd in Tabel 6-11 ingeschat in welk interval de P90 zich bevindt.

In Zwitserland bevindt zowel de P90 als P95 zich voor PFOA, PFBS en PFBA tussen de 1 en 10 ng/L. Voor PFOS bevindt het P90 percentiel zich tussen de 1-10 ng/L en de P95 tussen de 10-100 ng/L. De concentraties in Zwitserland zijn lager dan de Vlaamse waarden voor PFBA, PFBS (P95) en PFOA (P95). Het P95 voor PFOS in Vlaanderen is lager t.o.v de Zwitserse gegevens.

3 van de 24 componenten zijn niet geanalyseerd in de datasets gebruikt in voorliggende studie:

- (6:2 FTOH) (CAS 647-42-7, EU 211-477-1) (RPF 0,02),
- (8:2 FTOH) (CAS 678-39-7, EU 211-648-0) (RPF 0,04)
- 2,2-difluoro-2-((2,2,4,5-tetrafluoro-5- (trifluoromethoxy)-1,3-dioxolan-4-yl)oxy) azijnzuur - (C6O4) (CAS 1190931-41-9)) (RPF 0,06)

De som van de overige 21 componenten, gecorrigeerd met hun RPF, werd berekend:

- voor alle peilbuizen uit de gecombineerde dataset zonder outliers waar alle resultaten met goede betrouwbaarheid beschikbaar zijn (366 locaties).

De resultaten zijn weergegeven in Tabel 6-13.

Indien vergeleken wordt met de door de Europese commissie voorgestelde milieukwaliteitsnorm voor grondwater en oppervlaktewater van 4,4 ng/L (https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-amending-waterdirectives_en), waarbij 24 componenten via aan relatieve toxiciteitsfactor gesommeerd worden als PFOA-equivalenten, stellen we vast dat

- de voorgestelde streefwaarden (P90) van PFOA en PFOS, reeds deze waarde van 4,4 ng/L individueel overschrijden.
- Hoewel 3 van de 24 componenten in deze som niet geanalyseerd werden in voorliggende studie, wordt de voorgestelde kwaliteitsnorm van 4,4 ng/L reeds op 37% van de bemonsterde locaties in onverdacht gebied overschreden.
- De hoogste somconcentraties worden gemeten op locaties waar PFNA, PFDA en PFUnDA worden vastgesteld, de componenten met hoge RPF (resp. 10, 7 en 4). De maximale concentratie in de volledige gecombineerde dataset bedraagt bvb. 1286 ng/L PFOA-equivalenten (o.b.v. de dataset inclusief outliers). Dit is grotendeels te wijten aan een meting van 91 ng/L PFNA, wat met een RPF van 10 resulteert in een bijdrage van 910 ng/L aan de som. Ook bij de andere peilbuizen met de hoogste sommen is er telkens een bijdrage van PFNA, PFDA of PFUnDA. Merk op dat PFNA slechts in 13 van de 387 peilbuizen boven de kwantificatielimiet werd vastgesteld (PFUnDA en PFDA in resp. 10 en 12 van de 387 locaties). Een minderheid van peilbuizen met deze componenten kunnen een aanzienlijke invloed hebben op percentielen van de gewogen som.

Tabel 6-13: Berekening Som 24 PFAS voor toetsing aan voorstel milieukwaliteitsnorm

component	Kengetallen inclusief resultaten onder kwantificatielimiet				Kengetallen van de sommen > 0				
	Aantal metingen	# met som >0	# met som = 0	# > 4,4 ng/L	Min waarden >0	Max waarde	gemiddelde	Mediaan (P50)	SD
Som 24 (MKN – zonder 6 outliers)	366	300 (82%)	66 (18%)	134 (37%)	0,001	203,1	9,8	4,0	22,19

Som-parameters met KL Bijlage 3

MKN = voorstel milieukwaliteitsnorm

KL = kwantificatielimiet

SD =standaardafwijking

* Aantal metingen waar de som = 0, dwz dat elke individuele component uit de som kleiner is dan de kwantificatielimiet

7 EVALUATIE PFAS IN VASTE DEEL VAN DE AARDE EN AFLEIDING STREEFWAARDEN

De evaluatie en afleiding van streefwaarden in het vaste deel van de aarde en de cartografische weergave van de resultaten werd uitgevoerd in verschillende stappen aangezien er verschillende datasets verzameld werden. In eerste instantie wordt met de nieuw verzamelde dataset gewerkt (dataset 1, § 7.1) omdat deze bemonsteringen en analyses zeer gericht en uniform gebeurden.

In een tweede stap worden de berekeningen uitgebreid met een dataset van beschikbare analyses uit de meetcampagnes van VITO uit de initiële studie waarbij reeds streefwaarden voor het vaste deel van de aarde voor PFOS en PFOA werden afgeleid (dataset 2). De gecombineerde dataset bestaat dus uit dataset 1 en dataset 2 (§ 7.2).

De berekende streefwaarden met de nieuwe dataset worden vergeleken met de reeds voorgestelde streefwaarden van PFOA en PFOS. Vervolgens wordt een overkoepelende evaluatie gemaakt en wordt een voorstel streefwaarden vaste deel van de aarde opgemaakt (§7.3).

Voor de statistische verwerking werd gewerkt met het softwarepakket ProUCL.

7.1 RESULTATEN VASTE DEEL VAN DE AARDE - DATASET 1

7.1.1 Statistische kengetallen individuele PFAS-componenten in vaste deel van de aarde

In totaal werden 73 nieuwe stalen van het vaste deel van de aarde geanalyseerd.

De samenvattende kengetallen voor alle componenten die minstens 1 x boven de kwantificatielimiet werden gemeten, zijn in Tabel 7-1 opgenomen. Componenten die niet opgenomen zijn in de tabel werden dus in geen enkel staal aangetroffen boven de kwantificatielimiet.

Voor de stalen in het vaste deel van de aarde is de kwantificatielimiet in voorliggende studie gelijk aan de rapportagegrens van het CMA.

Deze kengetallen omvatten:

- percentielwaarden P50, P90, P95 op basis van alle resultaten
- gemiddelde, mediaan en standaarddeviatie op basis van alle resultaten boven kwantificatielimiet
- minimum en maximum gemeten concentratie.

Uit de statistische kengetallen kan het volgende samengevat worden:

- De meerderheid van de analyseresultaten zijn lager dan de kwantificatielimiet.
- Voor PFOS werd in 58% van de stalen een waarde gemeten boven kwantificatielimiet
Enkel voor PFOS zijn er dus voldoende gegevens om verdere statistische analyses uit te voeren en een representatieve streefwaarde te berekenen.

Voor PFOS totaal werd de verdeling van de resultaten bekeken. Deze resultaten volgen een lognormale verdeling.

Voor PFOS_{totaal} werd ook een outlier analyses uitgevoerd.

Tabel 7-1: Samenvatting analysesresultaten vaste deel van de aarde (µg/kg ds) – dataset 1

component	KL	Aantal metingen	Kengetallen inclusief resultaten onder kwantificatielimit							Kengetallen van de resultaten vanaf kwantificatielimit				
			#>KL	#<KL	%>KL	%<KL	Mediaan (P50)	P90	P95	Min van waarden boven KL	Max van waarden boven KL	gemiddelde	Mediaan (p50)	SD
PFOS totaal	0,5	73	42	31	58%	42%	0,6	1,4	1,8	0,5	2,6	1,1	1,0	0,5
PFOS lineair	0,5	73	36	37	49%	51%	<KL	1,2	1,5	0,5	2,0	0,9	0,9	0,4
PFOA lineair	0,5	73	14	59	29%	81%	<KL	0,7	0,9	0,5	1,9	0,8	0,7	0,4
PFOA totaal	0,5	73	14	59	29%	81%	<KL	0,6	0,9	0,5	1,9	0,8	0,7	0,4
PFBA	0,5	73	10	63	14%	86%	<KL	0,6	0,7	0,5	1,3	0,7	0,7	0,2
6:2 diPAP	1	73	3	70	4%	96%	<KL	<KL	<KL	1,1	4,2	2,6	2,4	1,6
etFOSAA	0,5	73	1	72	1%	99%	<KL	<KL	<KL	1,4	1,4	1,4	1,4	N/A
PFHxS lineair	0,5	73	1	72	1%	99%	<KL	<KL	<KL	1,1	1,1	1,1	1,1	N/A
PFHxS totaal	0,5	73	1	72	1%	99%	<KL	<KL	<KL	1,3	1,3	1,3	1,3	N/A
PFHxSA	0,5	73	1	72	1%	99%	<KL	<KL	<KL	0,8	0,8	0,8	0,8	N/A
PFHpA	0,5	73	1	72	1%	99%	<KL	<KL	<KL	0,5	0,5	0,5	0,5	N/A
meFOSAA	0,5	73	1	72	1%	99%	<KL	<KL	<KL	0,7	0,7	0,7	0,7	N/A

KL = kwantificatielimit

SD = standaardafwijking

P50 = 50- percentiel

P90 = 90 - percentiel

P95 = 95 - percentiel

7.1.2 Statistische kengetallen “som PFAS”

De “som PFAS” werd op berekend op basis van de gerapporteerde kwantificatielimieten. Deze zijn gelijk aan rapportagegrenzen zoals opgenomen in het CMA, zodat in tegenstelling tot de berekening bij grondwater slechts 1 doorrekening noodzakelijk is. De componenten onder deze grenzen worden niet meegeteld in de som (https://reflabos.vito.be/2023/WAC_IV_A_025.pdf).

Uit de statistische kengetallen kan het volgende samengevat worden:

- De meerderheid van de analyseresultaten zijn lager dan de kwantificatielimiet.
- Voor som PFAS en som PFAS EFSA 4 werd in meer dan 50% van de stalen een waarde berekend. Dit is enkel mogelijk als minstens 1 van de individuele componenten de kwantificatielimiet overschrijdt. Dit wordt voornamelijk door PFOS bepaald.

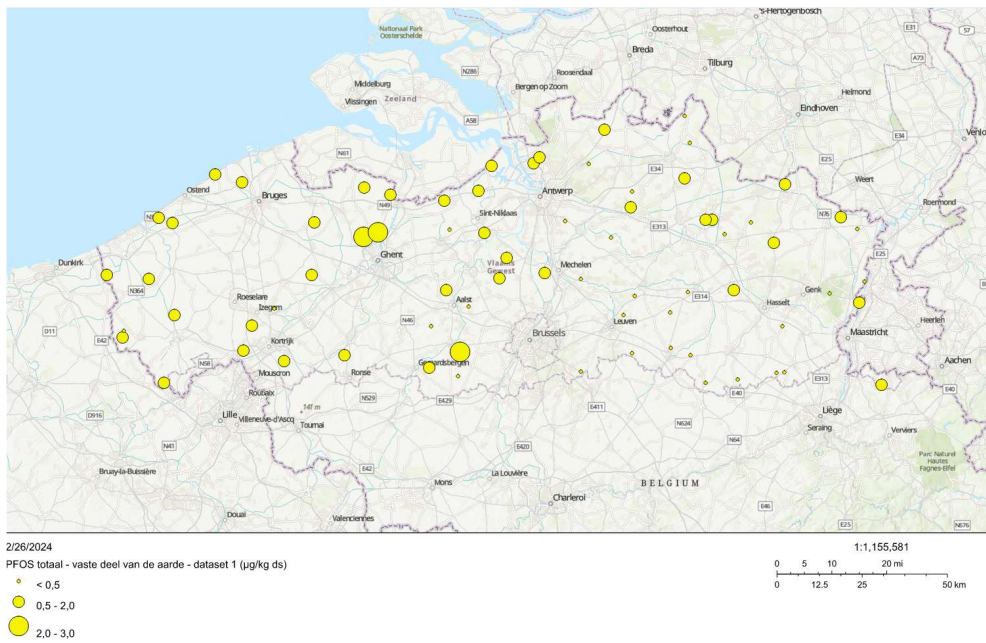
Tabel 7-2: Samenvatting analysesresultaten vaste deel van de aarde (µg/kg ds) – dataset 1

component	KL	Aantal metingen	Kengetallen inclusief resultaten onder kwantificatielimiet							Kengetallen van de resultaten vanaf kwantificatielimiet				
			#>met min 1 PFAS > KL	# met alle PFAS < KL	% met min 1 PFAS >KL	% met alle PFAS < KL	P50	P90	P95	Min van waarden boven KL	Max van waarden boven KL	gemiddelde	mediaan	SD
Som PFAS kwantitatief	0,5	73	43	30	59%	41%	0,6	2,6	3,2	0,5	6,3	1,6	1,1	1,2
Som PFAS efsa-4	0,5	73	42	31	58%	42%	0,6	2,0	2,6	0,5	4,5	1,4	1,0	0,9
PFAS (som indicatief)	1	73	3	70	4%	96%	1,0	1,0	1,0	1,1	4,2	2,6	2,4	1,6

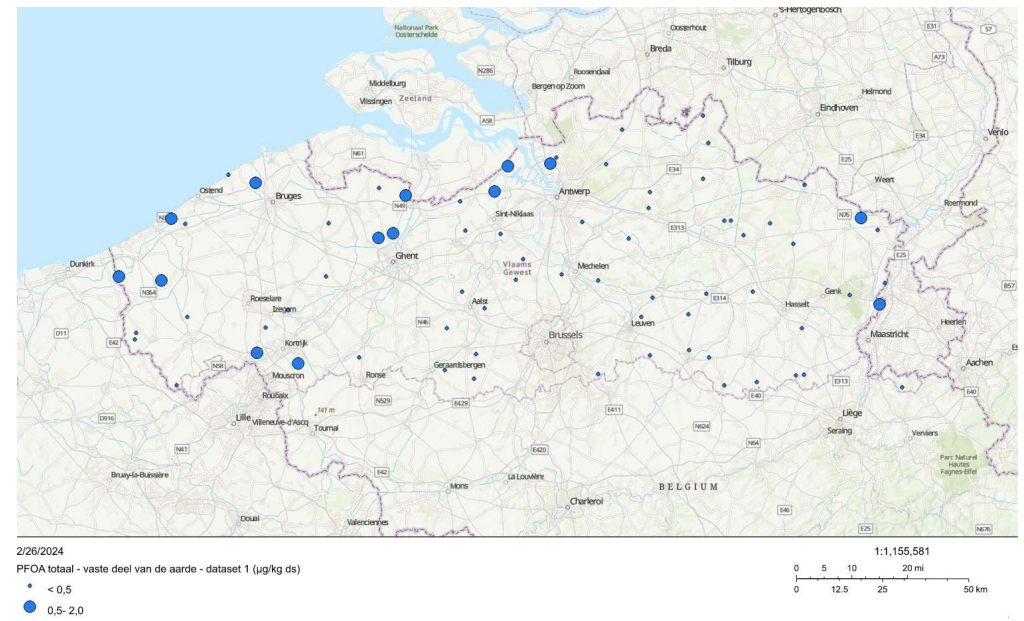
- KL Kwantificatielimiet
- SD =standaardafwijking
- P50 = 50- percentiel
- P90 = 90 - percentiel
- P95 = 95 - percentiel

7.1.3 Cartografische weergave

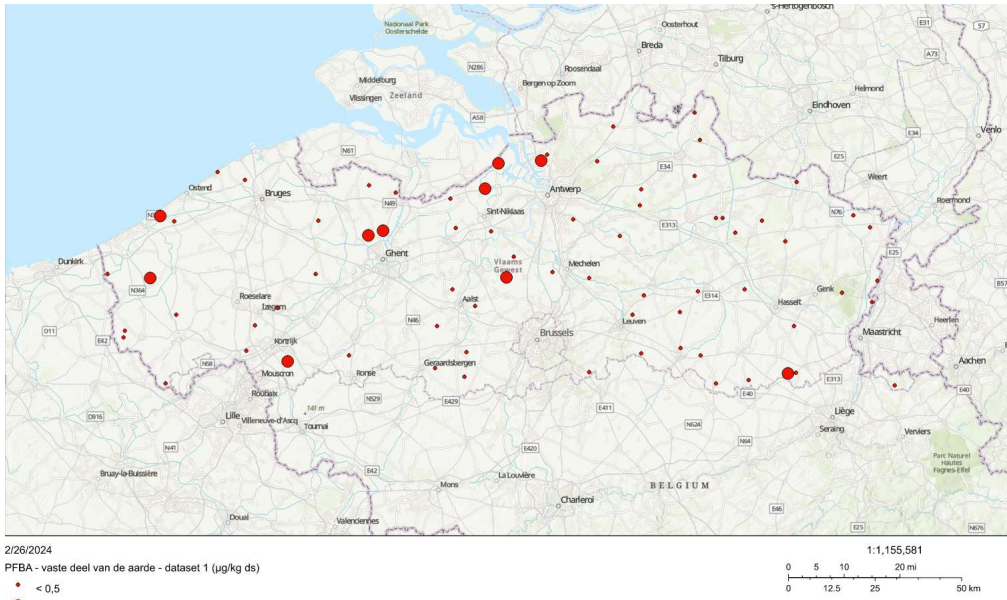
De resultaten voor PFOS totaal, PFOA totaal en PFBA (boven de kwantificatielimiet) worden weergegeven op Figuur 31 tem Figuur 33 en in Bijlage 5.



Figuur 31: PFOS totaal in het vaste deel van de aarde – dataset 1



Figuur 32: PFOA in het vaste deel van de aarde - dataset 1



Figuur 33: PFBA in het vaste deel van de aarde - dataset 1

PFOS wordt verspreid over Vlaanderen aangetroffen in lage concentraties in het vaste deel van de aarde. PFOA en PFBA zijn veel minder wijdverspreid in het vaste deel van de aarde en werden voornamelijk gemeten aan de kust, aan de grens met Nederland en rond Kortrijk.

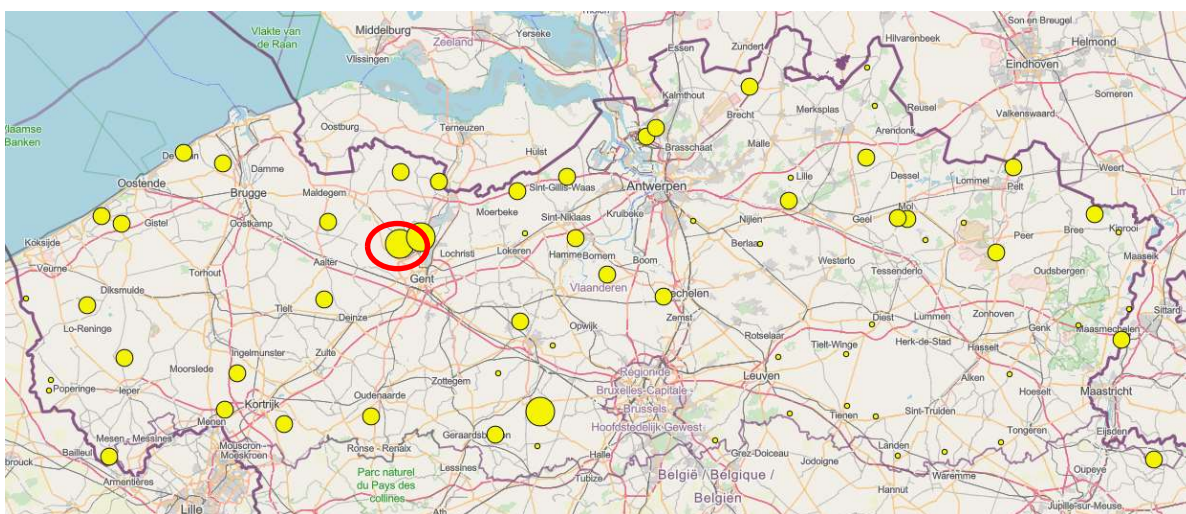
7.1.4 Outlier analyse

Er werd een outlier analyse uitgevoerd voor PFOS_{totaal} met behulp van Rosner's outlier test. Er werd 1 outlier vastgesteld. De ligging van dit data punt werd meer in detail bekeken.

De outlier kan niet verklaard worden door de aanwezigheid van PFAS verdachte activiteiten in de buurt. Daarom zullen bij de berekening van de streefwaarde meerdere scenario's doorgerekend worden, namelijk met en zonder outlier.

Tabel 7-3: Outliers vaste deel van de aarde

component	Outlier meetwaarde (µg/kg ds)	Staal genomen bij peilbuis	Ligging
PFOS totaal	2,6	131/21/2	Ten noorden van Gentse Haven – geen verdachte locaties binnen de 600 m



Figuur 34: Ligging outlier vaste deel van de aarde

7.1.5 Berekening P90 o.b.v. dataset 1

Het 90-percentiel werd berekend op basis van:

- alle resultaten uit de meetcampagne,
- zonder de outlier
- zonder de outlier en zonder het staal nabij peilbuis 835/00/1. Dit staal lag binnen de no regret zone van 3M en vlak bij een baggerstortplaats (zie Tabel 2-1).

Het 95-percentiel werd eveneens berekend ter vergelijking:

Tabel 7-4: percentielen vaste deel van de aarde op basis van dataset 1

$\mu\text{g}/\text{kg ds}$	PFOS _{totaal} 90-percentiel	PFOS _{totaal} 95-percentiel
Alle resultaten meetcampagne	1,4	1,8
Zonder outlier	1,4	1,5
Zonder outlier en zonder 835/00/1	1,4	1,6

Er is geen variatie binnen de verschillende doorgerekende scenario's met en zonder outliers bij P90. Het 90-percentiel wordt in de verschillende scenario's bepaald door resp. het 66^{ste}/73^{ste} resultaat, het 66^{ste}/72^{ste} resultaat en 64^{ste}/71^{ste} resultaat. Gezien er 3 locaties zijn waar de concentratie aan PFOS gelijk is aan 1.4 $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ (resultaat 64-66 als je de resultaten rangschikt van klein naar groot) verandert het P90 percentiel niet in de drie scenario's.

De variatie binnen de verschillende doorgerekende scenario's met en zonder outliers bij P95 is beperkt.

Deze variaties tussen de verschillende berekeningen zijn kleiner dan de foutenmarges voor deze componenten in het laboratorium.

7.2 RESULTATEN VASTE DEEL VAN DE AARDE GECOMBINEERDE DATASET

7.2.1 Statistische kengetallen individuele PFAS componenten--dataset 2 (VITO)

In 2020 werden reeds 50 stalen van het vaste deel van de aarde geanalyseerd op PFAS voor het bepalen van streefwaarden (zie rapport “afleiden van streefwaarden voor perfluorverbindingen en enkele andere “emerging contaminants” – deel 2: afleiden streefwaarden voor perfluorverbindingen”, (OVAM, 2021)).

In dit rapport werden streefwaarden afgeleid voor $PFOS_{\text{totaal}}$ en $PFOA_{\text{totaal}}$.

De analysesresultaten uit dit rapport worden in figuur 35 samengevat.

Parameter	# > KL	Min.	Max.	Gem.	Geom. gem.	Parameter	# > KL	Parameter	# > KL
PFBA	50	0.35	2.60	0.762	0.688	PFDoA	0	10:2 FTS	0
PFOS	47	0.21	2.10	0.775	0.641	PFTTrDA	0	FOSA	0
PFOA	36	0.19	2.20	0.558	0.469	PFTeDA	0	MeFOSA	0
6:2 FTS	27	0.21	1.00	0.407	0.377	PFHxDA	0	EtFOSA	0
PFPeA	11	0.20	0.36	0.265	0.260	PFODA	0	FOSAA	0
PFHpA	5	0.21	0.27	0.238	0.237	PFPeS	0	MeFOSAA	0
6:2 PAP	5	0.31	1.60	0.942	0.833	PFHxS	0	EtFOSAA	0
PFHxA	2	0.26	0.39	0.325	0.318	PFHpS	0	8:2 PAP	0
PFBS	2	0.20	0.30	0.250	0.245	PFNS	0	6:2 diPAP	0
PFNA	1	0.24	0.24	0.240	0.240	PFDS	0	6:2/8:2diPAP	0
PFDA	1	0.21	0.21	0.210	0.210	PFDoS	0	HFPO-DA	0
8:2 diPAP	1	0.70	0.70	0.700	0.700	4:2 FTS	0	ADONA	0
PFUdA	0	0	0			8:2 FTS	0	PFECHS	0

Figuur 35: Samenvatting resultaten vaste deel van de aarde -dataset 2 – (KL= kwantificatielimiet)

In de voorgaande studie werd gewerkt met een kwantificatielimiet van 0,2 µg/kg ds (vs. 0.5 µg/kg ds in deze studie). In 50 stalen werd PFBA aangetroffen boven de kwantificatielimiet. PFOS en PFOA werden in resp. 47 en 36 stalen aangetroffen.

Merk op dat in dataset 2 PFBA in alle stalen werd aangetroffen boven de kwantificatielimiet en terwijl dit in dataset 1 maar voor 10 van de 73 stalen het geval is. 38 van de 50 stalen uit dataset 2 liggen boven of gelijk aan 0,5 µg/kg ds (in vergelijking met 10 van de 73 stalen uit dataset 1). 6:2 FTS werd in dataset 2 in 27 van de 50 stalen waargenomen boven of gelijk aan 0,2 µg/kg ds en in 6 van de 50 stalen boven of gelijk aan 0,5 µg/kg ds. In dataset 1 werd 6:2 FTS niet aangetroffen boven of gelijk aan 0,5 µg/kg ds.

Uit de gegevens van dataset 2 werden in het voorgaande rapport volgende percentielen berekend:

Tabel 7-5: Percentielen vaste deel van de aarde op basis van dataset 2

µg/kg ds	90-percentiel	95-percentiel
PFBA	1,25	1,5
PFOA	0,96	1,4
PFOS	1,50	1,7

7.2.2 Statistische kengetallen gecombineerde dataset (dataset 1 en 2)

De resultaten van de 50 stalen uit dataset 2 vaste deel van de aarde werden samengevoegd met de 73 stalen uit voorliggende studie (dataset 1). De resulterende database omvat 123 stalen.

De resultaten van de gecombineerde database worden in onderstaande tabel samengevat. Deze kengetallen werden berekend voor de stoffen PFBA, PFOS_{totaal} en PFOA_{totaal}:

- voor de volledige dataset
- volledige dataset waarbij alle punten die op minder dan 100 m van een PFAS verdachte locatie liggen werden uitgesloten (zie ook Tabel 7-6).

Enkel voor PFOS_{totaal} werd in meer dan de helft van de stalen van de gecombineerde dataset een concentratie boven de kwantificatielimiet (zijnde 0,5 µg/kg ds voor dataset 1 en 0,2 µg/kg ds voor dataset 2) gemeten.

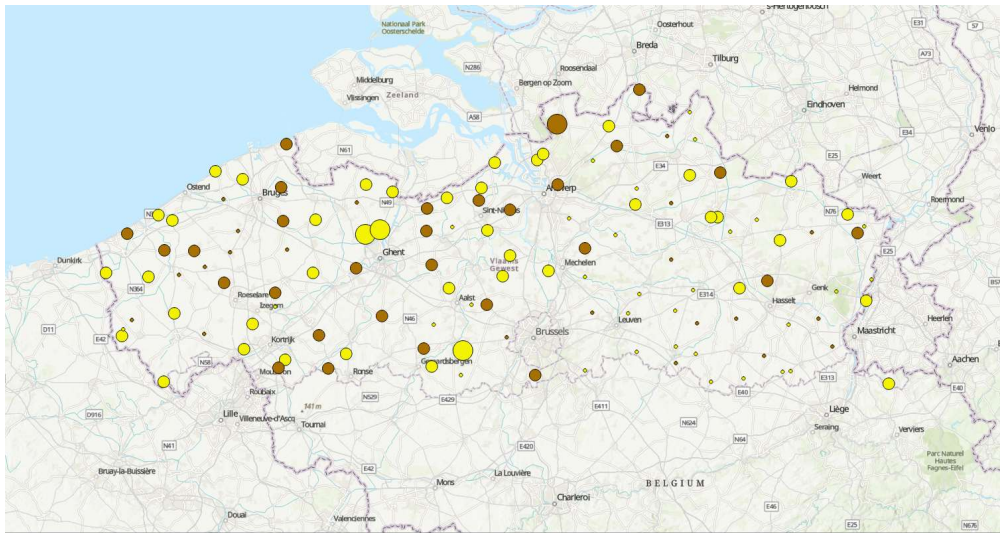
Tabel 7-6: Samenvatting resultaten vaste deel van de aarde dataset 1+2 ($\mu\text{g}/\text{kg ds}$)

scenario	component	Kengetallen inclusief resultaten onder kwantificatielimiet								Kengetallen van de resultaten boven kwantificatielimiet				
		Aantal metingen	#>KL	#<KL	%>KL	%<KL	P50	P90	P95	Min van waarden boven KL	Max van waarden boven KL	gemiddelde	mediaan	SD
Dataset 1+2	PFBA	123	60	63	49%	51%	0,5	0,9	1,1	0,4	2,6	0,8	0,7	0,4
	PFOA _{totaal}	123	50	73	43%	59%	0,5	0,8	0,9	0,2	2,2	0,6	0,5	0,4
	PFOS _{totaal}	123	89	34	72%	28%	0,6	1,5	1,7	0,2	2,6	0,9	0,8	0,5
Dataset excl. punten < 100 m risicolocatie	PFBA	116	53	63	46%	54%	0,5	0,9	1,0	0,4	1,7	0,7	0,6	0,3
	PFOA _{totaal}	116	44	72	38%	62%	0,5	0,8	1,0	0,2	2,2	0,6	0,5	0,4
	PFOS _{totaal}	116	82	34	71%	29%	0,6	1,4	1,7	0,2	2,6	0,9	0,8	0,5

KL = kwantificatielimiet
 SD = standaardafwijking
 P50 = 50- percentiel
 P90 = 90 - percentiel
 P95 = 95 - percentiel

7.2.3 Cartografische weergave

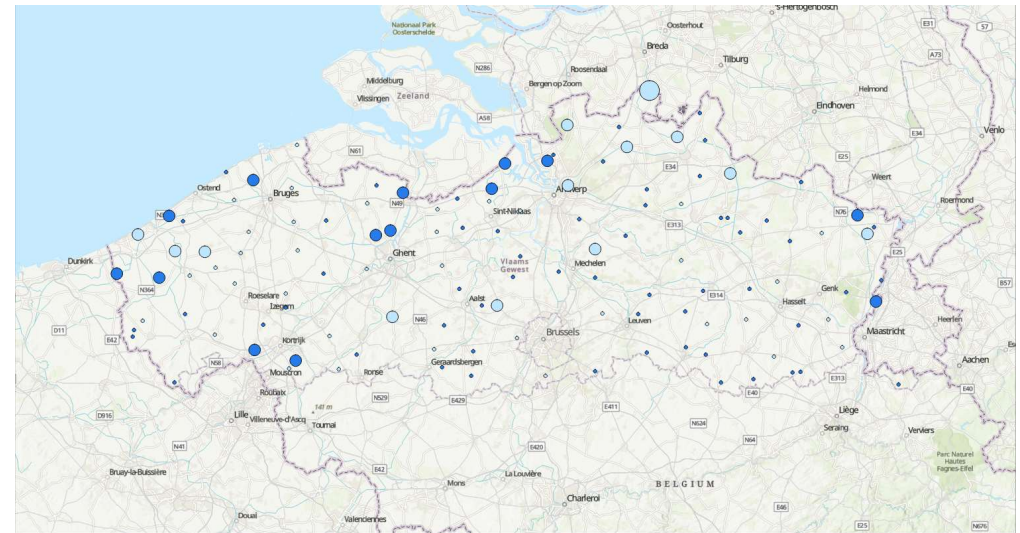
De resultaten van de gecombineerde dataset voor PFOS_{totaal}, PFOA_{totaal} en PFBA worden weergegeven in Figuur 36 t.e.m. Figuur 38.



2/26/2024
 PFOS totaal - vaste deel van de aarde - dataset 2 (µg/kg ds) PFOS totaal - vaste deel van de aarde - dataset 1 (µg/kg ds)

- <math>< 0,5</math>
- 0,5 - 2
- 2 - 3
- <math>< 0,5</math>
- 0,5 - 2,0
- 2,0 - 3,0

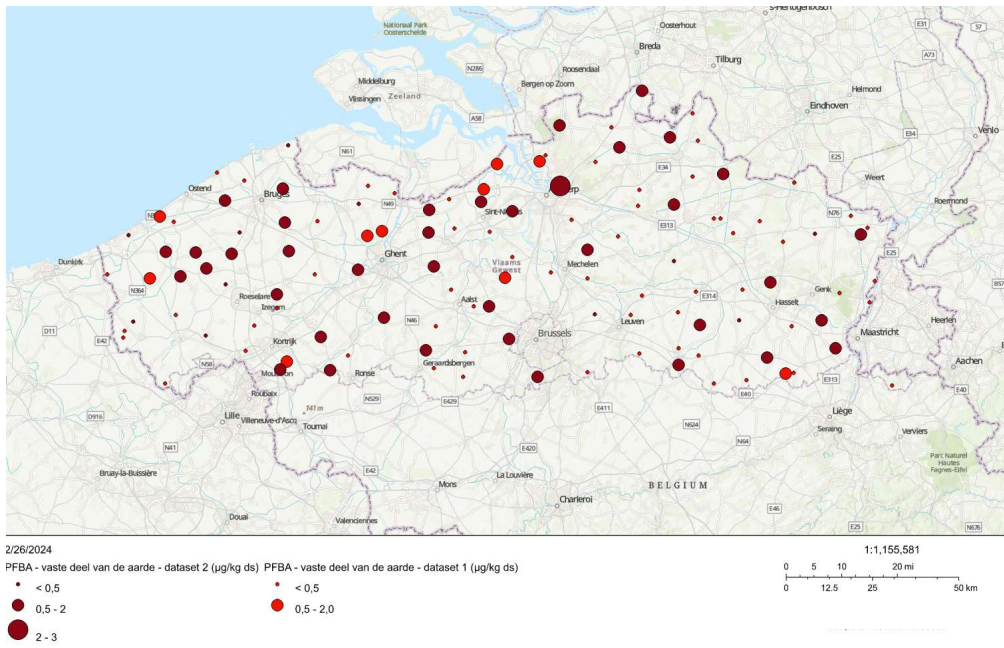
Figuur 36: PFOS totaal in het vaste deel van de aarde – dataset 1 en 2. Resultaten uit dataset 2 tussen 0,2 en 0,5 µg/kg ds worden weergegeven als <math>< 0,5</math> µg/kg ds.



2/26/2024
 PFOA totaal - vaste deel van de aarde - dataset 2 (µg/kg ds) PFOA totaal - vaste deel van de aarde - dataset 1 (µg/kg ds)

- <math>< 0,5</math>
- 0,5 - 2
- 2 - 3
- <math>< 0,5</math>
- 0,5 - 2,0
- 2,0 - 3,0

Figuur 37: PFOA in het vaste deel van de aarde - dataset 1 en 2. Resultaten uit dataset 2 tussen 0,2 en 0,5 µg/kg ds worden weergegeven als <math>< 0,5</math> µg/kg ds.



Figuur 38: PFBA in het vaste deel van de aarde - dataset 1 en 2. Resultaten uit dataset 2 tussen 0,2 en 0,5 $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ worden weergegeven als $< 0,5 \mu\text{g}/\text{kg ds}$.

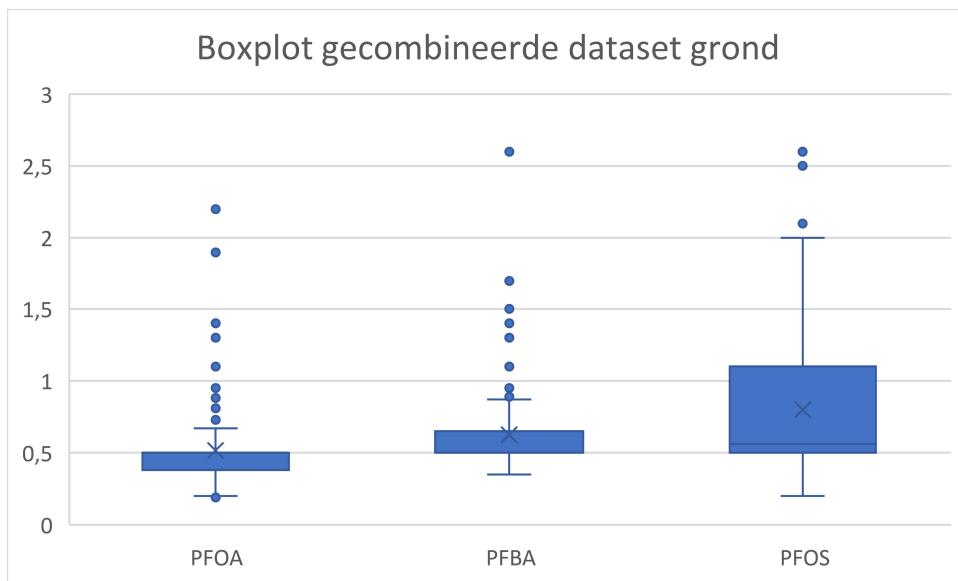
De resultaten van de gecombineerde dataset tonen een vrij gelijkmatige spreiding over Vlaanderen voor PFBA en PFOS in het vaste deel van de aarde. PFOA wordt in het vaste deel van de aarde ook in de gecombineerde dataset vooral langs de kust en grens met Nederland aangetroffen.

7.2.4 Outlier analyse

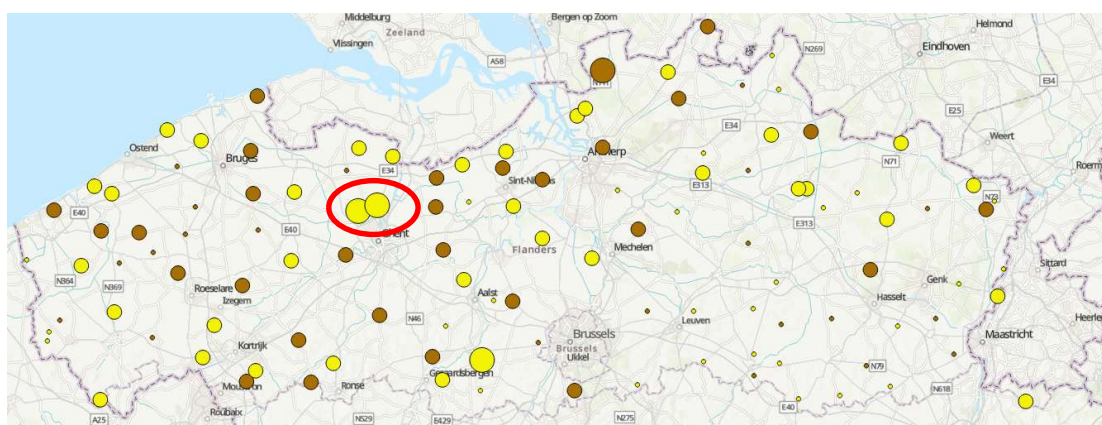
Er werd een outlier analyse uitgevoerd voor PFOS_{totaal}, PFOA_{totaal} en PFBA met behulp van Rosner's outlier test. Er werd 1 outlier vastgesteld per component. De ligging van deze punten werd meer in detail bekeken (Tabel 7-7). Op basis van de Boxplot (Figuur 39), wordt ook de waarde voor PFOA ter hoogte van 131/21/2 en PFOS ter hoogte van 132/21/5 als een outlier beschouwd.

Tabel 7-7: outliers gecombineerde dataset vaste deel van de aarde

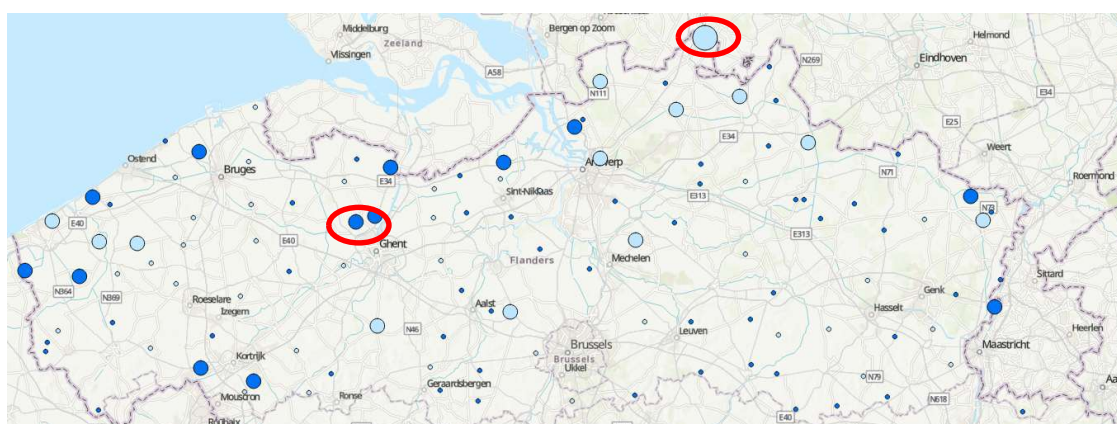
component	Concentratie (µg/kg ds)	staalnamepunt	Evaluatie
PFBA	2,6	200318-0004	Merksem/Schoten – binnen no regret zone 3 M, binnen andere no regret zones, vlakbij PFAS verdacht terrein
PFOA	2.2	200318-0007	Meerle – in dichtstbijzijnde peilbuis ook vrij veel PFOA (31 ng/L 3 km afstand)
	1.9	131/21/2	O.b.v. boxplot - Ten noorden van Gentse haven
PFOS	2,6	131/21/2	Ten noorden van Gentse haven
	2,5	132/21/5	O.b.v. boxplot - Ten noorden van Gentse haven



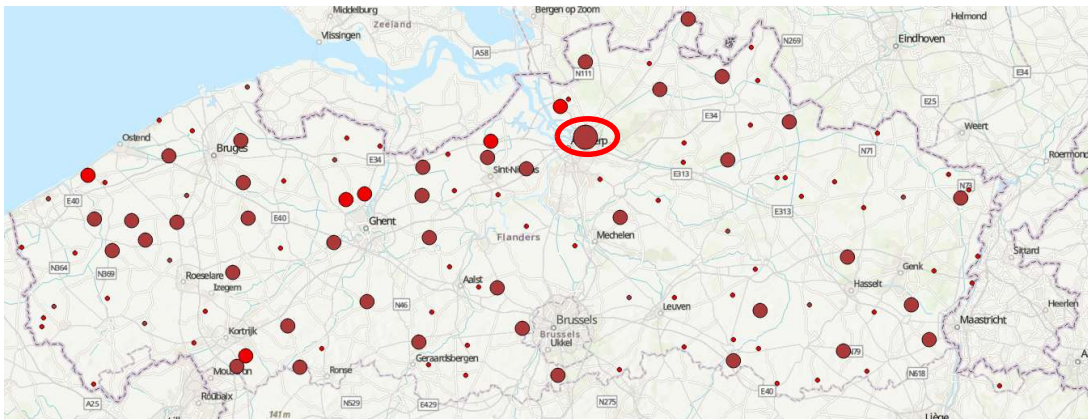
Figuur 39: Boxplot PFOA, PFOS en PFBA in het vaste deel van de aarde – gecombineerde dataset



PFOS totaal



PFOA totaal



PFBA

Figuur 40: ligging outliers vaste deel van de aarde - gecombineerde dataset

7.2.5 Berekening P90 o.b.v. gecombineerde dataset 1 + 2

Het 90-percentiel werd berekend op basis van:

- alle resultaten uit de meetcampagne,
- zonder de outliers
- zonder de outlier en zonder het staal nabij peilbuis 835/00/1. Dit staal lag binnen de no regret zone van 3M en vlak bij een baggerstortplaats (zie Tabel 3-1 in paragraaf 3.1).

Het 95-percentiel werd eveneens berekend ter vergelijking.

Tabel 7-8: Percentielen vaste deel van de aarde op basis van gecombineerde dataset

µg/kg ds	PFBA ₍₁₎	PFOA _{totaal(1)}	PFOS _{totaal}	PFBA ₍₁₎	PFOA _{totaal(1)}	PFOS _{totaal}
	90-percentiel			95-percentiel		
Dataset 1+2 (OVAM+VITO)	0,9	0,8	1,5	1,1	0,9	1,7
Dataset 1+2 – zonder locaties < 100 m	0,9	0,8	1,4	1,0	1,0	1,7
Dataset 1+2 – zonder outliers	0,9	0,8	1,4	1,1	0,9	1,6
Dataset 1+2 – zonder outliers en zonder locaties < 100 m	0,9	0,8	1,4	0,9	0,9	1,4

(1) Het aantal locaties waar PFOA en PFBA boven de kwantificatielimit werden gemeten is lager dan de helft. De percentielen worden ter informatie meegegeven.

Er is weinig tot geen variatie in de P90 binnen de verschillende doorgerekende scenario's met en zonder outliers. De variatie binnen de verschillende doorgerekende scenario's met en zonder outliers bij P95 is beperkt. Deze variaties tussen de verschillende berekeningen zijn kleiner dan de foutmarges voor deze componenten in het laboratorium.

7.3 EVALUATIE STREEFWAARDEN VASTE DEEL VAN DE AARDE

De verschillende berekende percentielen voor vaste deel van de aarde worden samengevat in Tabel 7-9 voor PFBA, PFOS_{totaal} en PFOA_{totaal}.

Tabel 7-9: Samenvatting percentielen vaste deel van de aarde

µg/kg ds	PFBA ₍₁₎	PFOA _{totaal (1)}	PFOS _{totaal}	PFBA ₍₁₎	PFOA _{totaal (1)}	PFOS _{totaal}
	90-percentiel			95-percentiel		
Dataset 1- OVAM	0,6	0,6	1,4	0,7	0,9	1,8
Dataset 1- OVAM zonder outlier PFOS	/	/	1,4	/	/	1,6
Dataset 2- VITO (OVAM, 2021)	1,25	0,96	1,5	1,5	1,4	1,7
Dataset 1+2 (OVAM+VITO)	0,9	0,8	1,5	1,1	0,9	1,7
Dataset 1+2 – zonder locaties < 100 m	0,9	0,8	1,4	1,0	1,0	1,7
Dataset 1+2 – zonder outliers	0,9	0,8	1,4	1,1	0,9	1,6
Dataset 1+2 – zonder outliers en zonder locaties < 100 m	0,9	0,8	1,4	0,9	0,9	1,4

(1) Het aantal locaties waar PFOA en PFBA boven de kwantificatielimit werden gemeten is lager dan de helft. De percentielen worden ter informatie meegegeven.

Momenteel worden in Vlaanderen streefwaarden van 1,5 µg/kg ds en 1,0 µg/kg ds voor resp. PFOS totaal en PFOA totaal gehanteerd.

De waarden voor het 90-percentiel in deze studie wijzen op een achtergrondwaarde van 1,4 µg/kg ds voor PFOS_{totaal}. Dit is dezelfde grootteorde als de huidige streefwaarde (1,5 µg/kg ds). Een aanpassing van de huidige waarde is niet noodzakelijk. Deze waarde is ook in overeenstemming met de achtergrondwaarde in Nederland (1,4 µg/kg ds).

Voor PFOA_{totaal} worden in deze studie lagere waarden aangetroffen voor de P90 dan de huidige streefwaarde van 1,0 µg/kg ds. Zowel op basis van dataset 1 als de gecombineerde datasets wordt eerder een achtergrondwaarde van 0,6 tot 0,8 µg/kg ds gemeten. Het totaal aantal meetlocaties waar de kwantificatielimit werd overschreden is kleiner dan de helft. De percentielen worden ter informatie meegegeven omdat deze parameter vaak voorkomt in bodemonderzoeken en ook in voorgaande onderzoeken een waarde voor PFOA werd berekend. In Nederland wordt een hogere achtergrondwaarde voor PFOA weerhouden van 1,9 µg/kg ds. Dit verschil is vermoedelijk te verklaren doordat de gekende productiesites in Nederland voornamelijk PFOA produceerden of verwerkten.

Gezien de beperkte verschillen met tussen de huidige streefwaarden voor PFOS en PFOA en de 90-percentielwaarden berekend in deze studie, wordt geadviseerd om de bestaande waarden te behouden.

Voor PFBA zijn er grote verschillen tussen beide datasets wat betreft het aantal stalen waarin een concentratie boven kwantificatielimit werd vastgesteld. Het is hierdoor niet aangewezen om op basis hiervan streefwaarden te bepalen. De P90 van de gecombineerde dataset bedraagt 0,9 µg/kg ds.

Tabel 7-10: voorstel streefwaarden PFOS en PFOA in het vaste deel van de aarde

Parameter	Voorgestelde streefwaarde
PFOS _{totaal}	1,4 µg/kg ds
PFOA _{totaal}	1 µg/kg ds

8 EVALUATIE CORRELATIES PFAS COMPONENTEN

Om na te gaan in welke mate de meest voorkomende componenten al dan niet gelijktijdig voorkomen in eenzelfde peilbuis en/of gelijktijdig voorkomen in het vaste deel van de aarde en het grondwater, wordt nagegaan of er tussen de componenten statistische correlaties zijn.

Voor de analyseresultaten in grondwater werd een correlatieanalyse uitgevoerd tussen de componenten PFOA totaal, PFOS totaal, PFBA en PFBS.

Voor de 73 staalnamelocaties waar zowel een grond- als grondwaterstaal werd geanalyseerd werd ook de correlatie van deze 4 componenten in het grondwater met de gemeten concentraties aan PFOS in het vaste deel van de aarde bekeken.

Deze correlaties zijn indicatief, in deze dataset zijn namelijk vooral lage concentraties aanwezig. Een bepaling van correlaties op een dataset met een groter concentratiebereik kan leiden tot een ander beeld.

De correlatie werd geëvalueerd op basis van de "r" waarde (correlatiecoëfficiënt)

- $0 < r < 0,3$ of $-0,3 < r < 0$: nauwelijks of geen correlatie
- $0,3 < r < 0,5$ of $-0,5 < r < -0,3$: zwakke correlatie
- $0,5 < r < 0,7$ of $-0,7 < r < -0,5$: matige correlatie
- $0,7 < r < 0,9$ of $-0,9 < r < -0,7$: sterke correlatie
- $0,9 < r < 1,0$ of $-1,0 < r < -0,9$: zeer sterke correlatie

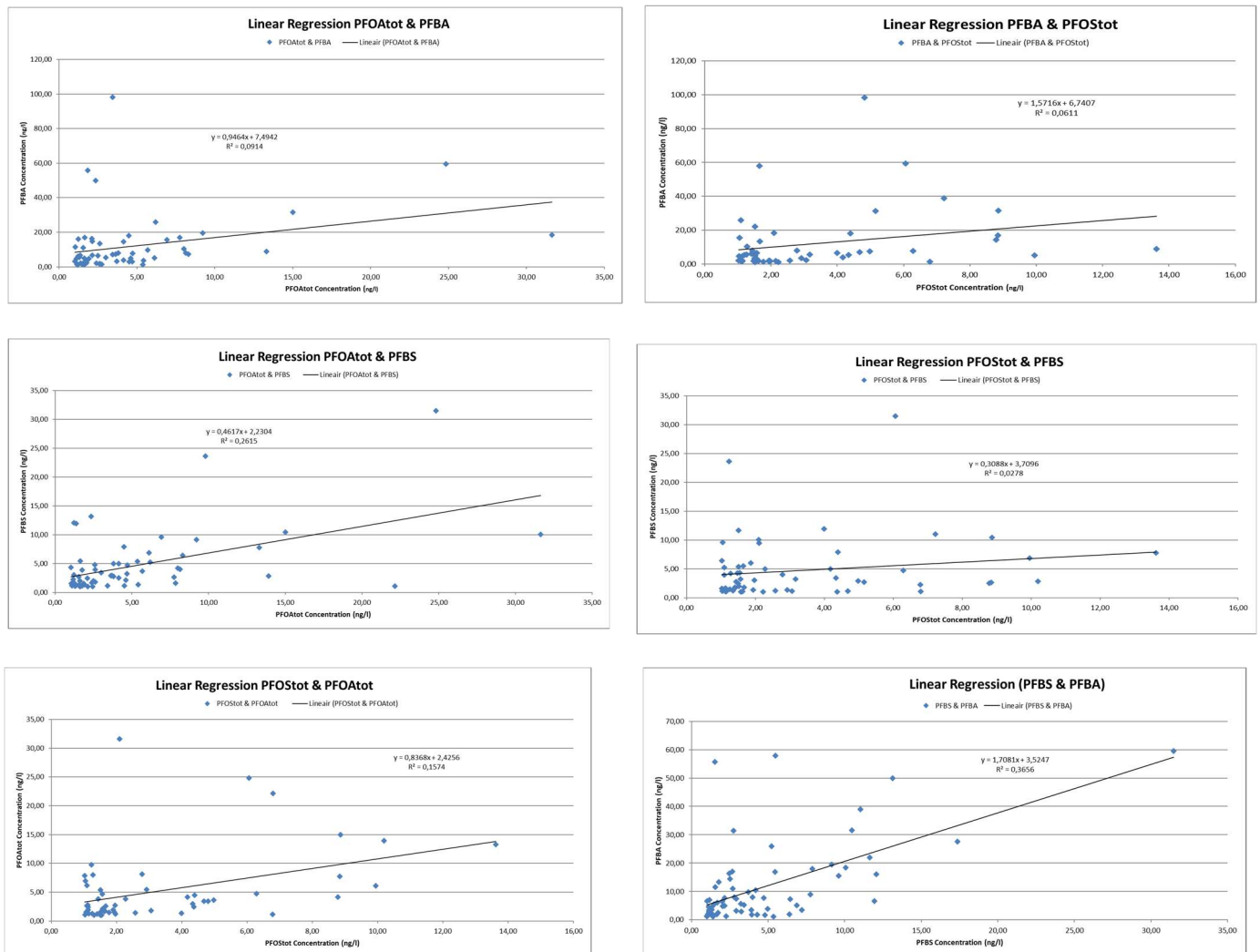
Tabel 8-1 vat de correlatiecoëfficiënten samen. Uit de correlatieanalyse kan het volgende samengevat worden:

- tussen PFBS en PFOA in het grondwater ($r=0,511$) en tussen PFBS en PFBA in het grondwater ($r=0,605$) werd een matige positieve correlatie vastgesteld. Deze componenten kunnen dus soms gelijktijdig voorkomen maar dit is zeker niet systematisch gezien de eerder "zwakke" correlatie.
- tussen de ander combinaties van componenten in het grondwater onderling en tussen de combinatie vaste deel van de aarde/grondwater worden geen of zwakke correlaties vastgesteld. Het is dus niet zo dat wanneer er PFOS gemeten wordt in het vaste deel van de aarde, ook de PFOS concentraties in het grondwater verhoogd zijn (en omgekeerd).

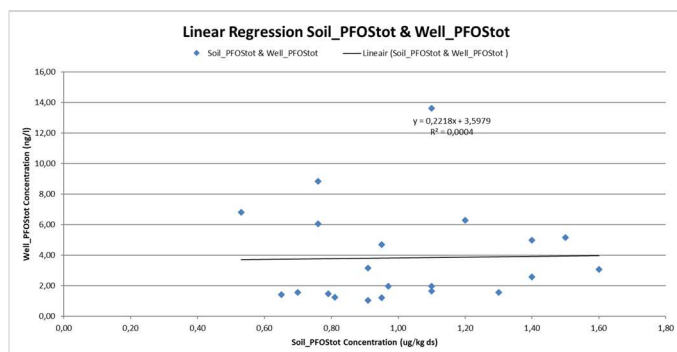
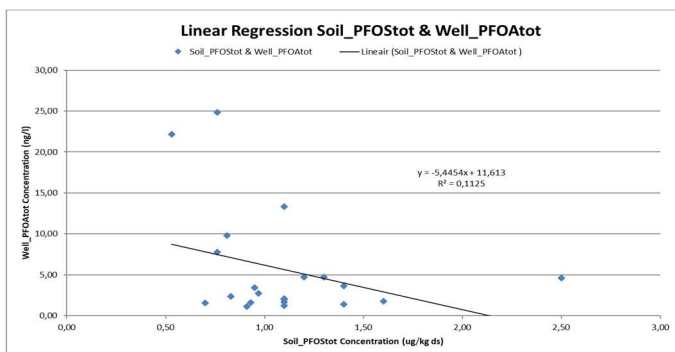
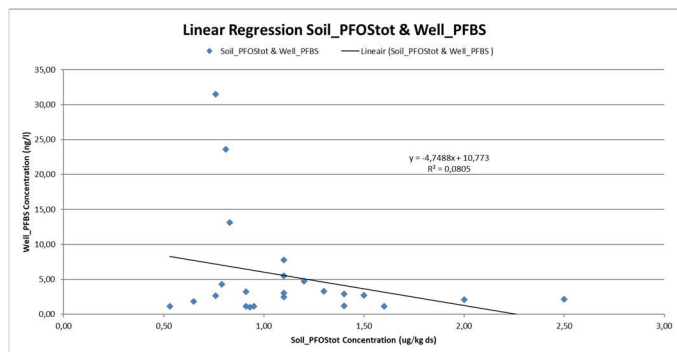
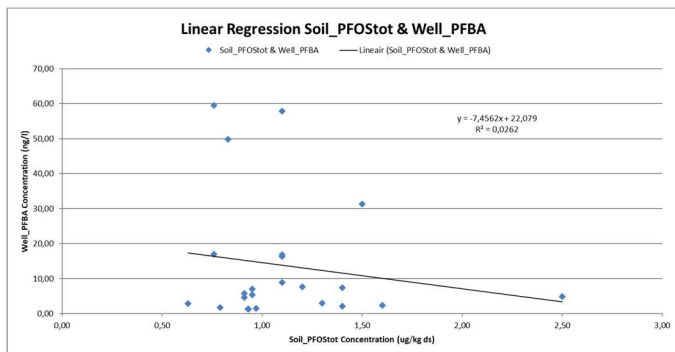
Tabel 8-1: Samenvatting correlatiecoëfficiënten voor grondwater en vaste deel van de aarde – geen correlatie, zwakke en matige correlatie zijn aangeduid in resp. rood, geel en groen)

R-waarden	PFOA grondwater	PFOS grondwater	PFBA grondwater	PFBS grondwater	PFOS Vaste deel van de aarde
PFOA grondwater	/	0.397	0.302	0.511	-0.335
PFOS grondwater	0.397	/	0.247	0.167	0.021
PFBA grondwater	0.302	0.247	/	0,605	-0.162
PFBS grondwater	0.511	0.167	0.605	/	-0.284
PFOS vaste deel van de aarde	-0.355	0.021	-0.162	-0.284	/

In een studie door het RIVM in Nederland (RIVM, 2021) werd eveneens nagegaan of er een correlatie optreedt tussen de verschillende PFAS componenten in grond en grondwater en in grondwater onderling. Er werd eveneens geen relatie gevonden tussen waarneming in de bodem en het grondwater. In het grondwater was de aantoonbaarheid van mobiele PFAS -componenten licht gecorreleerd. De samenhang was het sterkst voor PFHxA met PFHpA en PFOA en PFOS lineair met hun vertakte vorm, al werd hier het nodige voorbehoud bij gemaakt, gezien een zeer groot aantal resultaten onder de kwantificatielimiëten lag.



Figuur 41: Correlogrammen grondwater



Figuur 42: Correlogrammen vaste deel van de aarde en-grondwater

9 EVALUATIE TOP ANALYSES

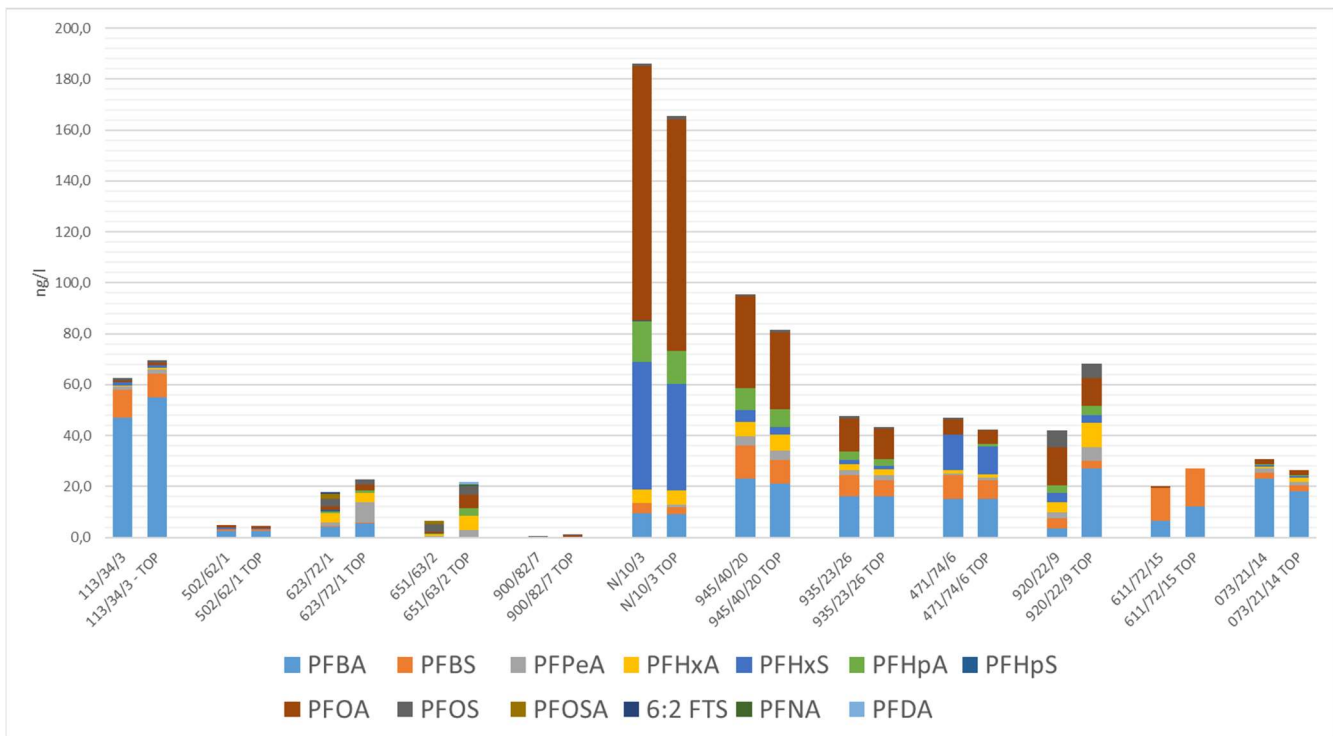
Op 12 grondwaterstalen en 8 stalen van het vaste deel van de aarde werd een TOP analyses uitgevoerd.

In Figuur 43 tem Figuur 46 worden de resultaten voor de componenten waar er een verschil werd waargenomen voor en na oxidatie weergegeven.

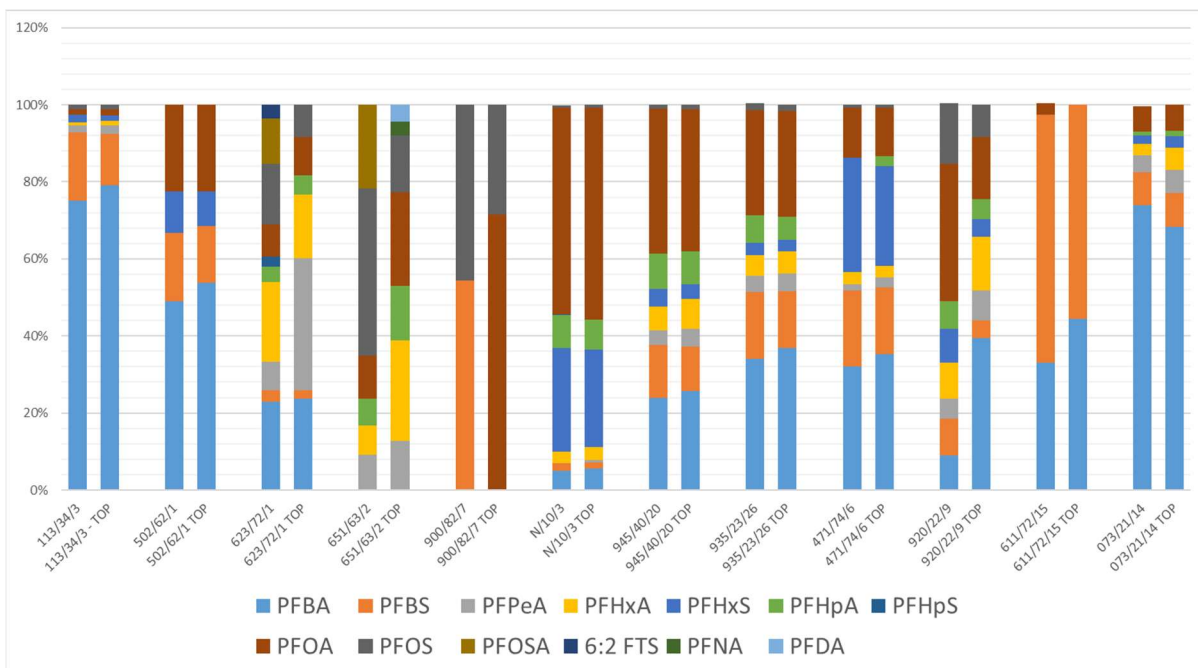
Hieruit kunnen volgende zaken worden afgeleid:

- Bij de grondwaterstalen kan de som van de PFAS na TOP analyse zowel hoger als lager liggen dan voor de oxidatie, terwijl bij het vaste deel van de aarde de som na oxidatie steeds lager ligt.
- In het grondwater stijgen de concentraties of het aandeel aan korte keten carbonzuren (PFBA, PFPeA en PFHxA) over het algemeen na oxidatie terwijl de langere keten carbonzuren dalen (PFOA). Voor de perfluorsulfonzuren is dit niet het geval, over het algemeen ligt de som perfluorsulfonzuur in alle stalen lager na oxidatie.
- in het grondwaterstaal PB 651/63/2 stijgt de concentratie voor PFNA (C9) en PFDA (C10) na oxidatie. Wat erop kan wijzen dat nog langere perfluorketens aanwezig zijn in het staal die vervolgens zijn afgebroken tot PFNA en PFDA.
- In de stalen van het vaste deel van de aarde wordt zeer weinig verschil waargenomen voor en na oxidatie. De kwantificatielimiet voor verschillende PFAS-componenten ligt na oxidatie ook hoger dan voor oxidatie waardoor kleine verschillen niet kunnen worden opgemerkt. Enkel voor PFDA, PFOA en PFOS zijn verschillen zichtbaar.

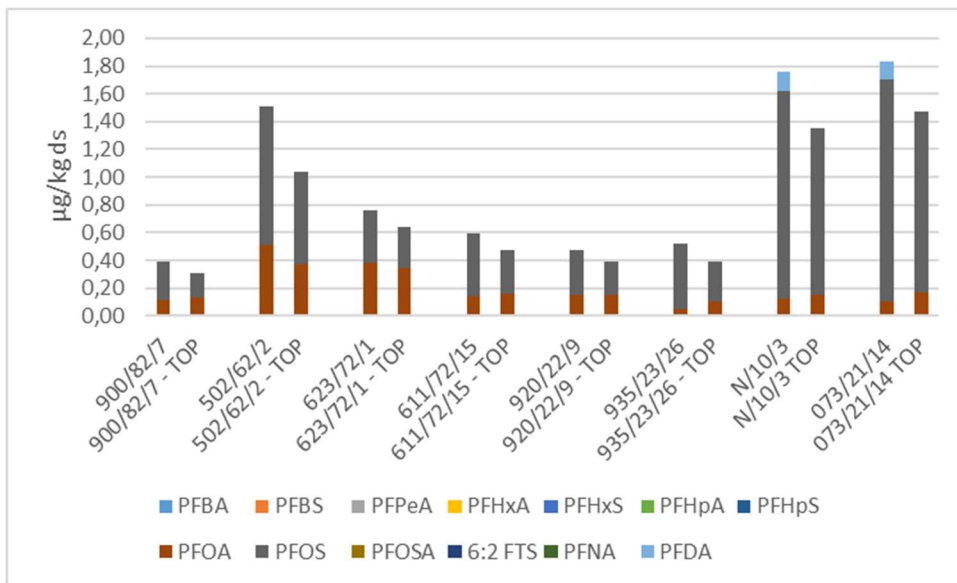
Algemeen kan gesteld worden dat rekening houdend met zeer lage concentraties, de foutenmarges in het labo en de kwantificatielimieten voor en na oxidatie, dit type analyse weinig meerwaarde biedt in deze meetrange en eerder geschikt is voor zones met hogere concentraties aan PFAS.



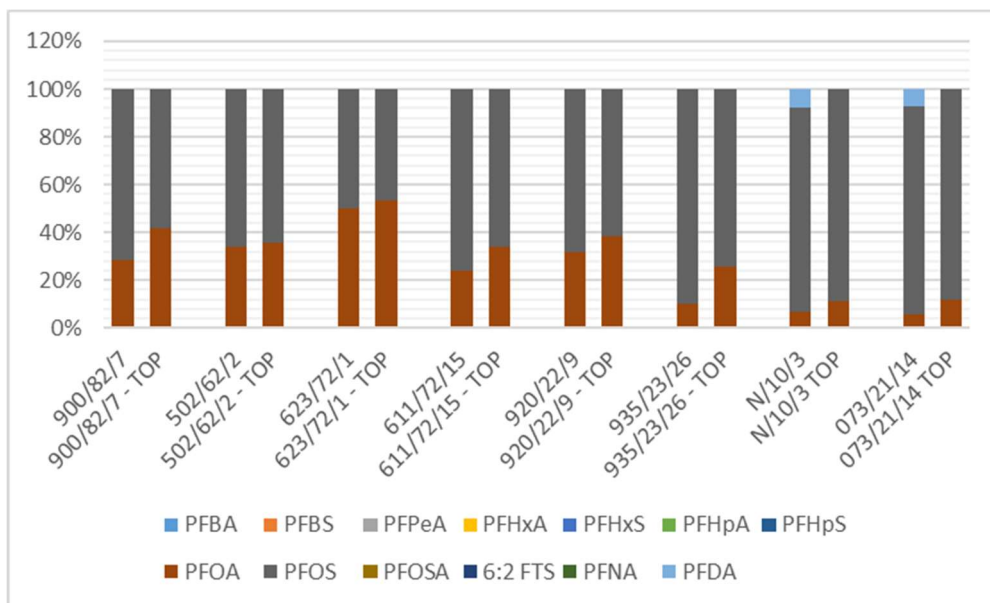
Figuur 43: Analyseresultaten PFAS per grondwaterstaal voor en na oxidatie



Figuur 44: Procentueel aandeel PFAS per grondwaterstaal voor en na oxidatie



Figuur 45: Analyseresultaten PFAS per staal van het vaste deel van de aarde voor en na oxidatie



Figuur 46: Procentueel aandeel PFAS per staal van het vaste deel van de aarde voor en na oxidatie

10 BESLUIT EN AANBEVELINGEN

PFAS komen ook op onverdachte locaties reeds wijdverspreid voor in het grondwater in Vlaanderen. In ca. 90% van de stalen genomen in onverdacht gebied werd minstens 1 component boven de kwantificatielimiet aangetroffen.

'Streefwaarden' zoals gedefinieerd in het Bodemdecreet zijn "gehalten aan verontreinigde stoffen die als achtergrond in niet-verontreinigde bodems worden aangetroffen" waarbij, volgens het Bodemdecreet, ook grondwater deel uitmaakt van de bodem. Omdat PFAS van nature niet voorkomen in het milieu, gaat het hier om de diffuse antropogene aanwezigheid van PFAS in het vaste deel van de aarde en in het grondwater.

10.1 VOORSTEL STREEFWAARDEN GRONDWATER

Op basis van voorliggende studie worden streefwaarden in het grondwater voorgesteld, zoals opgenomen in Tabel 10-1. Deze zijn gebaseerd op het 90-percentiel van de gemeten waarden. Deze worden enkel afgeleid voor de componenten waarbij 50 % van de resultaten boven de kwantificatielimiet voorkomen. Voor PFOS (34% van de locaties boven de kwantificatielimiet) wordt geen streefwaarde voorgesteld. Het 90-percentiel voor PFOS bedraagt 5,0 ng/L.

Tabel 10-1: Voorgestelde streefwaarden grondwater

	ng/L
PFBA	21,0
PFBS	9,4
PFOA_{totaal}	8,0

Voor PFBS en PFOA_{totaal} liggen de voorgestelde streefwaarden onder de rapportagegrenzen van het WAC.

Voor PFBA wordt een relatief hoge waarde bekomen voor het 90-percentiel en voorstel streefwaarde nl. 21,0 ng/L. Hiermee is reeds een aanzienlijk deel van de toetsingswaarde BSN voor de som van de EU DWRL20 PFAS (100 ng/L) ingevuld. De voorgestelde streefwaarde PFBA ligt boven de voorgestelde lozingsnorm van 20 ng/L.

10.2 SOM PFAS

De berekende P90 voor de som PFAS is sterk afhankelijk van de respectievelijk gehanteerde rapportagegrenzen of kwantificatielimiten aangezien de componenten onder deze grenzen niet worden meegeteld in de som. De 90 percentielen blijven in beide uitgevoerde berekeningen, onder de huidige toetsingswaarde BSN (resp. 500 ng/L voor som kwantitatief en PFAS totaal en 100 ng/L voor de som PFAS EU DWRL20).

	ng/L
Som PFAS kwantitatief	30,5* 48,0**
Som PFAS (EU DWRL20)	27,0* 47,0**
Som PFAS totaal	30,5* 48,4**

*rekening houdend met rapportagegrenzen van het WAC (10 of 50 ng/L) – componenten onder deze grenzen worden niet meegeteld in de som (https://reflabos.vito.be/2023/WAC_IV_A_025.pdf)

** rekening houdend met kwantificatielimiten lager dan de maximale rapportagegrenzen (1 ng/L voor de meeste componenten), componenten onder deze grenzen worden niet meegeteld in de som

Indien vergeleken wordt met de door de Europese commissie voorgestelde milieukwaliteitsnorm voor grondwater en oppervlaktewater van 4,4 ng/L, waarbij 24 componenten via een relatieve toxiciteitsfactor gesommeerd worden en waarbij PFOA factor 1 heeft, stellen we vast dat de voorgestelde streefwaarden (P90) van PFOA en PFOS, reeds deze waarde van 4,4 ng/L individueel overschrijden. Hoewel 3 van de 24 componenten in deze som niet geanalyseerd werden in voorliggende studie, wordt de voorgestelde kwaliteitsnorm van 4,4 ng/L reeds in 37% van de bemonsterde locaties in onverdacht gebied overschreden.

10.3 VOORSTEL STREEFWAARDEN VASTE DEEL VAN DE AARDE

Op basis van voorliggende studie worden streefwaarden in het vaste deel van de aarde voorgesteld. Deze zijn gebaseerd op het 90-percentiel van de gemeten waarden. Deze worden enkel afgeleid voor de componenten waarbij voldoende resultaten boven de kwantificatielimiet voorkomen. Dit is enkel het geval voor PFOS. De berekende percentielen in voorliggende studie bevestigen de reeds van toepassing zijnde streefwaarden. Voor het vaste deel van de aarde wordt bijgevolg voorgesteld om de huidige streefwaarden (1,0 µg/kg ds voor PFOA en 1,5 µg/kg voor PFOS) te behouden.

Voor PFBA werden grote verschillen vastgesteld tussen de dataset uit de voorgaande studie (2021) en de dataset uit voorliggende studie. Bijgevolg wordt op basis van de gecombineerde dataset nog geen streefwaarde voorgesteld. Het is aangewezen bijkomend onderzoek te verrichten om deze verschillen te kunnen verklaren.

10.4 INVLOED VAN BESTEMMINGSTYPE

De stalen in voorliggende studie zijn afkomstig uit landbouw- of natuurgebied en zijn niet noodzakelijk representatief voor verstedelijkt gebied of industriegebied. Gezien het gebruik van PFAS in de dagdagelijkse omgeving kan ook een verhoogde diffuse aanwezigheid van PFAS in verstedelijkt gebied verwacht worden. De antropogene achtergrondconcentratie ligt hier vermoedelijk hoger dan in landbouw- of natuurgebied, omwille van lokale aanrijking door diffuse PFAS bronnen. Het gaat hier dan om regionaal verhoogde concentraties die niet meer toewijsbaar zijn aan een specifieke bron.

Bijkomend onderzoek in de stedelijke gebieden en in gebieden rondom industriezones kan meer inzicht geven over in welke mate er in deze gebieden een antropogene verhoogde diffuse aanwezigheid is van PFAS.

Ook is het interessant om in de no-regret afgebakende zones van 100 m en 200 m na te gaan of er verhoogde diffuse concentraties van PFAS aanwezig zijn en welke perimeter relevant verhoogd is ten opzichte van de in deze studie afgeleide streefwaarde.

Bijkomend onderzoek naar de situatie in andere bestemmingstypes (verstedelijkt gebied, industriegebied) kan op verschillende manieren gebeuren:

- Op basis van beschikbare PFAS data in uitgevoerde bodemonderzoeken die reeds in de mistral databank opgenomen zijn. De gekende analyseresultaten kunnen verzameld worden en op basis van het gewestplan toegewezen aan een bepaald bestemmingstype. De P90 per bestemmingstype kan zo worden berekend met minimale extra veldwerk-inspanning:
 - De berekende waarde zal indicatief zijn en is mogelijk een overschatting van de achtergrond in deze gebieden. De data zal immers voornamelijk afkomstig zijn van gronden waar er sprake is van PFAS verdachte activiteiten of van een gekende PFAS verontreiniging. Deze overschatting kan gedeeltelijk genuanceerd worden door enkel rekening te houden met de laagste concentratie voor elke component gemeten op de site of de gemiddelde of mediaan concentratie op een bepaalde site (dossiernummer) te gebruiken.
 - Deze aanpak kan wel in grootteorde bevestigen of weerleggen dat de achtergrondwaarden hier hoger zouden liggen dan in landelijke en natuurgebied.
 - Hierbij moet rekening gehouden worden met het feit dat deze resultaten vermoedelijk gerapporteerd zullen zijn vanaf de minimale rapportagegrenzen van het WAC (10 ng/l voor kwantitatieve PFAS), waardoor achtergrondwaarden lager dan deze rapportagegrens niet kunnen bepaald worden.
- Op basis van mistral-gegevens zouden een aantal recente geplaatste peilbuizen op openbaar domein, binnen verstedelijkt en/of industriegebied verspreid over Vlaanderen kunnen worden geselecteerd en bemonsterd worden voor analyses op PFAS, ter aanvulling van de huidige dataset.

10.5 TOEPASSING IN BODEMONDERZOEK

In een bodemonderzoek zijn voornamelijk de toetsingswaarden “richtwaarden” relevant in het kader van afperking. Deze richtwaarden worden door de Vlaamse Regering vastgesteld en beantwoorden aan het gehalte aan verontreinigende stoffen of organismen op of in de bodem, dat toelaat dat de bodem al zijn functies kan vervullen zonder dat enige beperking moet worden opgelegd.

De voorgestelde streefwaarden in het vaste deel van de aarde worden gebruikt voor het afleiden van de richtwaarden voor het vaste deel van de aarde. Deze richtwaarden werden afgeleid en gepubliceerd. Aangezien in voorliggende studie de reeds gepubliceerde streefwaarden bevestigd worden, kunnen ook de gepubliceerde richtwaarden voor PFOS en PFOA in het vaste deel van de aarde behouden blijven.

Voor het grondwater zijn er nog geen toetsingswaarden “richtwaarden” bepaald. De resultaten uit voorliggende studie en meer bepaald de afgeleide streefwaarden (PFOA, PFBA en PFBS) kunnen gebruikt worden bij de interpretatie van resultaten in een bodemonderzoek:

- de streefwaarden nemen reeds een belangrijk deel in van de waarde die momenteel gebruikt wordt om een verontreiniging af te perken (100 ng/L voor som PFAS EU DWRL 20). Een eBSD kan de resultaten van voorliggende studie gebruiken in het kader van de interpretatie van de afperking van de verontreiniging. De waarden kunnen gebruikt worden als motivatie om aan te tonen tot waar een verontreiniging met grote waarschijnlijkheid aan de onderzochte bron kan worden toegewezen.
- de streefwaarden uit voorliggende studie kunnen voorlopig ook worden beschouwd als benadering van streefwaarden in verstedelijkt gebied, dit is een conservatieve benadering, gezien in verstedelijkt gebied hogere antropogene achtergrondwaarden verwacht worden door de aanwezigheid van PFAS-bronnen.

11 BIBLIOGRAFIE

Aro, R, et al. 2022. Extractable organofluorine analysis: A way to screen for elevated per- and polyfluoroalkyl substance contamination in humans? *Environment International*. 2022.

Environment Agency - UK. 2021. *Poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS): sources, pathways and environmental data*. 2021.

—. water quality data archive. <https://environment.data.gov.uk/water-quality/view/landing>. [Online] 2023.

Eurofins. 2023. PFAS TOP-assay. <https://www.eurofins.de/food-analysis/food-news/food-testing-news/pfas-top-assay/>. [Online] 2023.

Federal Office for the Environment (FOEN, Switzerland). 2023.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/water/info-specialists/state-of-waterbodies/state-of-groundwater/groundwater-quality/pfas-in-groundwater.html>. [Online] 2023.

Frippiat, C., Bémelmans, S., Burlion, N., Carbonnelle, P., Chalon, C., Delvaux, A., Galloy, A., Marneffe, . 2018.

Recherche de perturbateurs endocriniens et d'autres substances d'intérêt récent dans les eaux en vue de la protection de la santé publique et de l'environnement. Programme de Recherche « BIODIEN » - Rapport final. GISREAU. 2018. p. 199.

Geological survey of Denmark and Greenland. 2023. <https://data.geus.dk/geusmap/>. *jupiter*. [Online] 2023.

Kurwadkar, S, et al. 2022. Per- and polyfluoroalkyl substances in water and wastewater: A critical review of their global occurrence and distribution. *Science of The Total Environment*. 2022.

L'Institut Scientifique de Service Public. 2019. Le Plan ENVieS, qu'est-ce que c'est? www.issep.be. [Online] 7 3 2019. [Citaat van: 02 02 2023.] <https://www.issep.be/events/event/le-plan-envies-quest-ce-que-cest/>.

OVAM. 2021. *Afleidingswaarden voor perfluorverbindingen en enkele andere "emerging contaminants" - Deel 2: afleidingswaarden voor perfluorverbindingen*. 2021.

—. **2015.** *Afleiding en onderbouwing gemeenschappelijk normenkader voor grondstoffen en uitgegraven bodem in Vlaanderen*. 2015.

—. **2016.** *Basisinformatie voor risico-evaluaties: werkwijze voor het opstellen van bodemsaneringsnormen en toetsingswaarden, richtwaarden en streefwaarden*. 2016.

—. **2022.** *Onderzoeksprotocol verkennend bodemonderzoek naar PFAS-verontreiniging door fluorhoudend blusschuim*. 2022.

—. **2022.** *Toetsingswaarden voor PFOS en PFOA in bodem en voor PFAS in grondwater*. 2022.

PFAS in het Brussel Hoofdsteljk Gewest Update over de recente situatie. **Leefmilieu Brussel. 2023.** 2023.

RIVM. 2021. *Landsdekkend beeld van PFAS in Nederlands grondwater*. 2021.

Swedish University of Agricultural Sciences. 2016. *Screening of PFASs in groundwater and surface water*. 2016.

Vlaanderen.be/PFAS-vervuiling. <https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling/pfas-lozingsnormen-voor-bedrijven>. [Online] [Citaat van: 18 12 2023.]

12 BIJLAGEN

BIJLAGE 1 RESULTATEN ENQUETE

Er werd een beknopte internationale enquête uitgevoerd met als doel informatie te verzamelen over beschikbare gegevens en onderzoek met betrekking tot diffuse PFAS-verontreiniging in grondwater. De enquête werd verspreid onder verschillende internationale contactpersonen in Europa. Er werden antwoorden ontvangen van 10 contactpersonen Nederland, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk, Denemarken, Duitsland en Italië. De gegeven antwoorden worden hieronder samengevat.

1. Wordt er op regionaal of nationaal niveau onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van diffuse PFAS-verontreiniging in grondwater, en/of zal dit in de (nabije) toekomst worden onderzocht?

Alle tien respondenten antwoorden hierop met 'ja'.

2. Welke maatregelen worden er genomen met betrekking tot diffuse PFAS-verontreiniging in het grondwater.

- In Nederland wordt in het kader van diffuse PFAS-verontreiniging voornamelijk ingezet op het verminderen van de bronnen en het uitfasen van PFAS. Daarnaast wordt voornamelijk ingezet op aanpassingen in de productie van het drinkwater.
- In Frankrijk worden voornamelijk monitoringsmaatregelen genomen waarbij het oppervlaktewater gemonitord wordt op een beperkt aantal PFAS componenten (4 tot 6). Het grondwater wordt gemonitord op een twintigtal PFAS componenten. Er zouden ook emissiewaarden worden voorgesteld voor PFOS voor de ICPE's (Installaties geklasseerd voor milieubescherming) en later zal er ook een drempelwaarde bepaald worden voor drinkwater.
- In de regio Veneto wordt door het Regionaal Agentschap voor Milieupreventie en -bescherming van Veneto (ARPAV) PFAS gemeten in het grondwater om de hotspots te bepalen, zoals stortplaatsen. Op basis van deze metingen zullen dan vervolgens maatregelen genomen worden zoals het opnemen van specifieke voorschriften in de vergunningsdocumenten om de nadelige effecten van PFAS te verminderen.
- In Duitsland worden maatregelen genomen worden verspreiding van PFAS naar het grondwater te vermijden. Er werd niet gespecificeerd welke maatregelen. Ook worden de gekende verontreinigde regio's gemonitord.
- In Denemarken worden maatregelen genomen zoals het vastleggen van grenswaarden voor verschillende PFAS componenten in zuiveringslib dat toegepast mag worden voor bemesting van akkers. Ook moet bij nieuwe projecten een milieubeoordeling opgemaakt worden waarbij in geval van PFAS verontreiniging in grondwater deze moet aangepakt worden.

3. Zijn er PFAS data beschikbaar op regionaal of nationaal niveau.

- In Nederland is in 2021 op nationaal niveau een studie uitgevoerd. Momenteel monitoren de provincies periodiek een netwerk van peilbuizen en verzamelen ze dit in verschillende databases. Enkele provincies hebben een achtergrondwaarde bepaald voor het vaste deel van de aarde.

- In Duitsland worden in 15 federale staten PFAS geanalyseerd op een adhoc basis. Voornamelijk zijn deze gefocust op verdachte terreinen. Er is geen systematische monitoring of nationale verzameling van gegevens.
- In Denemarken is er een database die gegevens bevat van zowel vervuilde als niet vervuilde sites.
- Voor Italië wordt er enkel verwezen naar de beschikbare gegevens uit de Regione Veneto.
- In Frankrijk is er geen systematische monitoring, echter de beschikbare resultaten werden verzameld in een aantal Europese projecten zoals het eindrapport van het Project “PREMIS: Priorisation of emerging Chemical compounds in soils” en het BIODIEN rapport 2018 van ISSEP.

4. Zijn er PFAS data online beschikbaar?

Volgende links naar online openbaar beschikbare data werden gedeeld:

- Italië: <https://www.arpa.veneto.it/dati-ambientali/open-data/idrosfera/concentrazione-di-sostanze-perfluoroalchiliche-pfas-nelle-acque-prelevate-da-arpav>
- Denemarken: <https://data.geus.dk/geusmap/?mapname=jupiter>
- Frankrijk: <https://ades.eaufrance.fr/>

5. Zijn er specifieke achtergrondwaarden bepaald voor diffuse PFAS-concentraties?

In Nederland werden reeds studies uitgevoerd ter bepaling van de achtergrondwaarden in het vaste deel van de aarde. Er werden waarden goedgekeurd voor PFOS en PFOA. (<https://www.rivm.nl/publicaties/achtergrondwaarden-perfluoralkylstoffen-pfas-in-nederlandse-landbodem>). Voor het grondwater is er in Nederland ook onderzoek gebeurd naar concentraties van PFAS, maar hier werd geen achtergrondwaarde uit bepaald (RIVM, 2021).

6. Wordt er een onderscheid naar het type bodemgebruik gemaakt bij het onderzoek naar diffuse PFAS concentraties in het grondwater en welke parameters komen het meest voor?

Zowel in Italië als in Nederland werd onderscheid gemaakt in type bodemgebruik.

De bevroegde contactpersonen geven aan dat PFOA en PFBA het meest voorkomen, gevolgd door PFOS. Erna worden, PFBS PFPeA en PFhxA nog het meest vermeld.

Op de vraag of deze parameters in het diffuus verontreinigd grondwater verschillen met vastgestelde parameters in PFAS risicolocatie, wordt algemeen aangegeven dat hierover nog te weinig data beschikbaar is en dat dit afhankelijk is van de activiteit van de risicolocatie.

7. Inzichten over de verspreiding van PFAS in relatie met de bron.

Algemeen wordt vastgesteld dat

- de korte ketens PFAS eerder in het grondwater voorkomen en de langere ketens in het vaste deel van de aarde.
- de korte keten PFAS zeer mobiel zijn en niet noodzakelijk dicht bij de bron wordt vastgesteld.

Verder wordt er ook aangegeven dat de diffuse verontreiniging eerder lijkt te komen van depositie vanuit de lucht.

Algemeen wordt aangegeven dat de kennis over mogelijke bronnen van PFAS groeit en dat het daarom nog te vroeg is om op dit niveau iets te concluderen.

8. Her werd tevens gevraagd naar het gebruik van 'non-target' analyse methodes (TOP, AOF en EOF) voor het bepalen van diffuse PFAS concentraties in het grondwater.

Deze analysemethodes worden volgens de contactpersonen niet vaak of niet op een grotere schaal toegepast.

Aanvullende informatie

Volgende informatie werd aanvullend doorgegeven:

- Publicaties uit Duitsland "Significance thresholds for the assessment of contaminated groundwater"
- https://www.lawa.de/documents/03_anlage_3_bericht_gfs_fuer_pfc_endfassung_22_11_2017_2_15_52302208.pdf
- In 2023, BRGM is launching several actions on that topic supported by French ministries and research fundings
- A French "National PFAS Action Plan" has been announced on January 17, 2023
<https://www.ecologie.gouv.fr/plan-daction-ministeriel-sur-pfas>
2 actions concern monitoring:
Line of action 1: Have standards on discharges and environments to guide public action;
Line of action 3: Improve knowledge of discharges and the impregnation of environments, in particular aquatic environments, to reduce the exposure of populations"

BIJLAGE 2 CHECKLISTS

BIJLAGE 3

KWANTIFICATIELIMIETEN VOOR HET VASTE DEEL VAN DE AARDE EN GRONDWATER

BIJLAGE 4 STAALNAMELOCATIES

BIJLAGE 5 KAARTEN

BIJLAGE 5.1. KAARTEN DATASET 1 GRONDWATER

BIJLAGE 5.2. KAARTEN GECOMBINEERDE DATASET GRONDWATER

BIJLAGE 5.3. KAARTEN DATASET 1 VASTE DEEL VAN DE AARDE

BIJLAGE 5.4. KAARTEN GECOMBINEERDE DATASET VASTE DEEL VAN DE AARDE