



Vlaanderen
is milieu



Oriënterend onderzoek naar diffuse verspreiding van PFAS in het freatisch grondwater in Vlaanderen

2022

DOCUMENTBESCHRIJVING

Titel

Oriënterend onderzoek naar diffuse verspreiding van PFAS in het freatisch grondwater in Vlaanderen - 2022

Samenstellers

Planning Integraal Waterbeleid, VMM
Dienst Stroomgebiedbeheer
Team Grondwaterbeheer

Inhoud

Dit rapport geeft de resultaten weer van een eerste oriënterend onderzoek naar diffuse verspreiding van PFAS in grondwater in het freatisch grondwater in Vlaanderen.

Wijze van refereren

Vlaamse Milieumaatschappij (2022), Oriënterend onderzoek naar diffuse verspreiding van PFAS in het freatisch grondwater in Vlaanderen

Verantwoordelijke uitgever

Bernard De Potter, administrateur-generaal VMM

Vragen in verband met dit rapport

Vlaamse Milieumaatschappij
Dokter De Moorstraat 24-26
9300 Aalst
Tel: 053 72 62 10
info@vmm.be

Depotnummer

D/2022/6871/014

LIJST VAN TABELLEN

tabel 1: de 45 gemeten PFAS-verbindingen (aanvullend: vertakte en lineaire vorm van PFOS en PFOA)	6
tabel 2: resultaten van de onderzochte PFAS: al dan niet gedetecteerd boven rapporteringsgrens.....	11
tabel 3: synthese analyseresultaten van gedetecteerde PFAS boven rapporteringsgrens (RG) in grondwater (17 gedetecteerde stoffen op een totaal van de 45 onderzochte PFAS: 12 van PFAS-20 (*) en 10 van facilitating list (**)).....	14
tabel 4: toetsing resultaten aan 4 voorgestelde normenkaders	22

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: de 194 meetlocaties, met aanduiding van diepte van de filter in meter onder het maaiveld (m-mv) waaruit grondwater werd bemonsterd.....	10
figuur 2: procentueel aantal locaties waar PFAS werd vastgesteld boven de rapporteringsgrens (RG) in het freatisch ondiep grondwater	15
figuur 3: boxplots concentratie PFAS in ng/l voor de frequentst voorkomende PFAS in ondiep freatisch grondwater: PFBA, PFBS, PFOA en PFOS	16
figuur 4: aantal gedetecteerde PFAS-parameters per meetlocatie in Vlaanderen (op de achtergrond zijn de no regretzones weergegeven).....	17
figuur 5: verspreiding en concentratie (ng/l) PFBA in ondiep freatisch grondwater in Vlaanderen.....	18
figuur 6: verspreiding en concentratie (ng/l) PFBS in ondiep freatisch grondwater in Vlaanderen.	19
figuur 7: verspreiding en concentratie (ng/l) PFOA in ondiep freatisch grondwater in Vlaanderen.	20
figuur 8: verspreiding en concentratie (ng/l) PFOS in ondiep freatisch grondwater in Vlaanderen.....	21
figuur 9: toetsing meetresultaten PFAS aan 4 voorgestelde normenkaders.	22
figuur 10: toetsing voorgestelde norm van 0,5 µg/l voor som van alle gemeten PFAS	23
figuur 11: toetsing voorgestelde norm van 0,1 µg/l voor som van 20 PFAS van de Drinkwaterrichtlijn (EU Richtlijn 2020/2184)	24
figuur 12: toetsing voorgestelde norm van 4 ng/l voor som van EFSA-4 stoffen (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS).....	24
figuur 13: toetsing voorgestelde norm van 4,4 ng/l PFOA-equivalent voor som van PFAS Drinkwaterrichtlijn berekend op basis van 'Relative Potency Factor' (kort RPF) per stof (indien niet gekend: RPF=1) (met PFAS Drinkwaterrichtlijn worden de 20 PFAS-parameters van de Drinkwaterrichtlijn (EU Richtlijn 2020/2184) bedoeld)	25

1 INLEIDING

Het rapport bevat de resultaten van een screeningsonderzoek naar diffuse PFAS- verspreiding in het ondiepe freatische grondwater in Vlaanderen.

Momenteel is er nauwelijks informatie beschikbaar over het algemene voorkomen van per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS) in het grondwater in Vlaanderen. De verspreiding van PFAS-verontreiniging vindt plaats via lucht, bodem en water (oppervlaktewater en grondwater). PFAS zijn chemische stoffen die door de mens gemaakt zijn en niet van nature voorkomen in het milieu. Van een aantal PFAS is gekend dat ze toxisch zijn, zich zeer gemakkelijk verspreiden en niet afbreken als ze in het milieu terechtkomen. Meer over PFAS via <https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling>.

Midden 2021 werd de PFAS- verspreiding beperkt gescreend in het ondiepe grondwater op verschillende meetlocaties van het grondwatermeetnet van de VMM in de ruime omgeving van de 3M-site (Zwijndrecht), waar zich een gekende PFAS-vervuiling bevindt. De resultaten van deze meetcampagne vind je in de [PFAS-verkenner](#).

De VMM voerde daarna een ruimere screening uit om de diffuse verspreiding door PFAS- in het grondwater in Vlaanderen na te gaan.

In het voorjaar van 2022 zette de VMM daarvoor een meetcampagne op. Die bepaalde de aanwezigheid van 45 PFAS-verbindingen in het freatisch grondwater in bijna 200 putten op ad-random gekozen meetlocaties van het grondwatermonitoringnetwerk van de VMM.

In voorliggend rapport wordt op basis van de resultaten nagegaan of er sprake is van diffuse verspreiding van PFAS in het ondiepe freatische grondwater in Vlaanderen. Voor PFAS is voor grondwater nog geen normenkader vastgelegd. Eenmaal dat is vastgelegd kunnen we nagaan in hoeverre sprake is van diffuse verontreiniging. Met diffuse verontreiniging wordt een verspreiding bedoeld waarbij geen directe vervuiliingsbron kan worden aangeduid. Dat is in tegenstelling tot een puntverontreiniging waarbij bv. sprake is van een hotspot aan verontreinigingen afkomstig van een gekende puntbron. Dergelijke puntverontreinigingen worden verder opgevolgd door de OVAM, die hiervoor bevoegd is.



2 PFAS-METINGEN IN ONDIEP GRONDWATER

2.1 Opvolging van 45 PFAS-verbindingen

Er werden 45 PFAS-verbindingen geselecteerd die voor een deel bestaan uit kwantitatieve stoffen en een deel indicatieve stoffen die opgenomen zijn in het WAC-ontwerp (WAC/IV/A/025-Versie maart 2022)¹. Aanvullend hieraan werden een bijkomend aantal PFAS-verbindingen geselecteerd.

Voor zowel PFOS als PFOA werd de concentratie van zowel de lineaire als de vertakte vorm bepaald, waaruit de totale concentratie van deze twee stoffen werd berekend.

Tabel 1 geeft een overzicht van de gemeten PFAS-verbindingen met omschrijving, afkorting en CAS-nummer. De geselecteerde stoffen bevatten ook de 20 meest relevante PFAS-parameters die werden vastgelegd door Europa voor het monitoringsprogramma in kader van de Drinkwaterrichtlijn², de PFAS-20. Onder deze 20 PFAS-parameters zitten ook de 10 PFAS-parameters die opgenomen werden in de 'List facilitating Annex I and II review process of the GWD³' – gebaseerd op de 'Voluntary Groundwater Watch List Concept & Methodology (GWWL)'. Deze 10 stoffen werden in meer dan 4 Europese landen teruggevonden op minstens 10 locaties.

tabel 1: de 45 gemeten PFAS-verbindingen (aanvullend: vertakte en lineaire vorm van PFOS en PFOA)

PFAS	Afkorting	CAS-nr.	PFAS-20 ⁴	stoffen opgenomen in 'List facilitating Annex I/II review process' – GWWL
Kwantitatieve stoffen				
perfluor-n-butaanzuur	PFBA	375-22-4	x	x
perfluor-n-pentaanzuur	PFPeA	2706-90-3	x	x
perfluor-n-hexaanzuur	PFHxA	307-24-4	x	x
perfluor-n-heptaanzuur	PFHpA	375-85-9	x	x
perfluor-n-octaanzuur	PFOA	335-67-1	x	x
perfluor-n-octaanzuur-lineair	PFOA-lineair		x	

¹ WAC-ontwerp (Versie maart 2022): WAC/IV/A/025 - Bepaling van per- en polyfluoralkylverbindingen (PFAS) in water met LC-MS/MS) - https://reflabos.vito.be/2022/WAC_IV_A_025.pdf (Kwantitatieve stoffen: stoffen die op een kwantitatieve manier kunnen worden bepaald vanaf een concentratie van 10 ng/l voor grondwater. Indicatieve stoffen: stoffen die kunnen worden bepaald vanaf 50 ng/l. Afhankelijk van de toegepaste methode kunnen hiervoor minder betrouwbare gehalten gekregen worden omdat ze weinig worden terug gevonden, verloren worden door door adsorptie of mogelijke interferentie).

² [Nieuwe DWRL \(2020/2184\)](https://circabc.europa.eu/ui/group/9ab5926d-bed4-4322-9aa7-9964bbe8312d/library/b746afc1-3169-4135-95ec-312a4359676f/details)

³ <https://circabc.europa.eu/ui/group/9ab5926d-bed4-4322-9aa7-9964bbe8312d/library/b746afc1-3169-4135-95ec-312a4359676f/details>

⁴ PFAS-20: lijst van 20 meest relevant geachte PFAS uit Drinkwaterrichtlijn - EU Richtlijn 2020/2184

PFAS	Afkorting	CAS-nr.	PFAS-20 ⁵	stoffen opgenomen in 'List facilitating Annex I/II review process' – GWWL
Kwantitatieve stoffen (vervolg)				
perfluor-n-octaanzuur-vertakt	PFOA-vertakt		x	
perfluor-n-nonaanzuur	PFNA	375-95-1	x	x
perfluor-n-decaanzuur	PFDA	335-76-2	x	X
perfluor-n-undecaanzuur	PFUnDA	2058-94-8	x	
perfluor-n-dodecaanzuur	PFDoDA	307-55-1	x	
perfluor-n-tetradecaanzuur	PFTeDA	376-06-7		
perfluor-n-hexadecaanzuur	PFHxDA	67905-19-5		
perfluor-n-butaansulfonzuur	PFBS	375-73-5	x	X
perfluor-n-pentaansulfonzuur	PFPeS	2706-91-4	x	
perfluor-n-hexaansulfonzuur	PFHxS	355-46-4	x	X
perfluor-n-heptaansulfonzuur	PFHpS	375-92-8	x	
perfluor-n-octaansulfonzuur	PFOS	1763-23-1	x	X
perfluor-n-octaansulfonzuur-lineair	PFOS-lineair		x	
perfluor-n-octaansulfonzuur-vertakt	PFOS-vertakt		x	
perfluor-n-nonaansulfonzuur	PFNS	68259-12-1	x	
perfluor-n-decaansulfonzuur	PFDS	335-77-3	x	
4:2 fluortelomeersulfonzuur	4:2 FTS	757124-72-4		
6:2 fluortelomeersulfonzuur	6:2 FTS	27619-97-2		
8:2 fluortelomeersulfonzuur	8:2 FTS	39108-34-4		
perfluor-1-octaansulfonamide	PFOSA	754-91-6		
N-methylperfluorooctaansulfonamide	MePFOSA	31506-32-8		
N-ethylperfluorooctaansulfonamide	EtPFOSA	4151-50-2		
N-methylperfluorooctaansulfonamido-azijnzuur	MePFOSAA	2355-31-9		
N-ethylperfluorooctaansulfonamido-azijnzuur	EtPFOSAA	2991-50-6		
8:2 fluortelomeerfosfaatdiester	8:2 diPAP	678-41-1		
Hexafluorpropyleenoxidedimeerzuur	HFPO-DA/GenX	13252-13-6		
4,8-dioxa-3H-perfluornonaanzuur	ADONA	919005-14-4		
perfluor-4-ethylcyclohexaansulfonzuur	PFECHS	646-83-3		

⁵ PFAS-20: lijst van 20 meest relevante PFAS uit Drinkwaterrichtlijn - EU Richtlijn 2020/2184

PFAS	Afkorting	CAS-nr.	PFAS-20 ⁶	stoffen opgenomen in 'List facilitating Annex I/II review process' – GWWL
Indicatieve stoffen				
perfluor-n-tridecaanzuur	PFTTrDA	72629-94-8	x	
perfluor-n-octadecaanzuur	PFODA	16517-11-6		
perfluor-1-dodecaansulfonzuur	PFDoDS	79780-39-5	x	
perfluor-n-undecaansulfonzuur	PFUnDS	749786-16-1	x	
perfluor-n-tridecaansulfonzuur	PFTTrDS	791563-89-8	x	
10:2 fluortelomeersulfonzuur	10:2 FTS	120226-60-0		
6:2 fluortelomeerfosfaat diester	6:2 diPAP	57677-95-9		
6:2/8:2 fluortelomerfosfaat diester	6:2/8:2 diPAP	943913-15-3		
Perfluorbutaansulfonamide	PFBSA	30334-69-1		
Extra stoffen				
F-53B	9Cl-PF3ONS	73606-19-6		
11Cl-F53B	11Cl-PF3OUdS	763051-92-9		
7H-perfluorheptaanzuur	HPFHpA	1546-95-8		
perfluor-3,7-dimethyloctaanzuur	P37DMOA	172155-07-6		
2H,2H,3H,3H-perfluorundecaanzuur	4H-PFUnDA	34598-33-9		
8:2 fluortelomeer onverzadigd carbonzuur	8:2 FTUCA	70887-84-2		

2.2 Geselecteerde toetsingswaarden

Voor PFAS zijn er vandaag in Vlaanderen nog geen normen vastgelegd voor het grondwater.

Om een beter beeld te krijgen van de aard en grootte van de mogelijke diffuse verspreiding van het onderzochte grondwater met PFAS wordt in voorliggend rapport rekening gehouden met 4 voorgestelde normenkaders:

1. Norm van 0,5µg/l voor totaal PFAS – uit de Drinkwaterrichtlijn (EU Richtlijn 2020/2184)
2. Norm van 0,1µg/l voor de som van 20 meest relevant geachte stoffen – uit de Drinkwaterrichtlijn (EU Richtlijn 2020/2184), de PFAS-20
3. Som van 4 stoffen (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS) getoetst aan de maximum getolereerde inname door de mens via drinkwater: gezondheidkundige toetsingswaarde van 4ng/l - EFSA (2020)

⁶ PFAS-20: lijst van 20 meest relevante PFAS uit Drinkwaterrichtlijn - EU Richtlijn 2020/2184

4. Som van PFOA-equivalenten met humaan-toxicologische impact berekend voor 20 stoffen van de Drinkwaterrichtlijn (EU Richtlijn 2020/2184) naar analogie met het SCHEER-voorstel voor 24 prioritaire PFAS in oppervlaktewater – grenswaarde 4,4ng/l (zgn. RPF-methode⁷)

2.3 Meetlocaties

PFAS zijn chemische verbindingen die door de mens gemaakt zijn. Het zijn dus stoffen die niet van nature voorkomen in ons milieu. De stoffen verspreiden zich via lucht, bodem en water (oppervlaktewater en grondwater). Daarom wordt verwacht dat de ondiepe freatische watervoerende lagen kwetsbaarder zijn voor eventuele verspreiding ervan, in tegenstelling tot de diepere al dan niet afgesloten watervoerende lagen. In het voorliggend oriënterend onderzoek werd daarom gekozen om de focus te leggen op het ondiepe freatische grondwater.

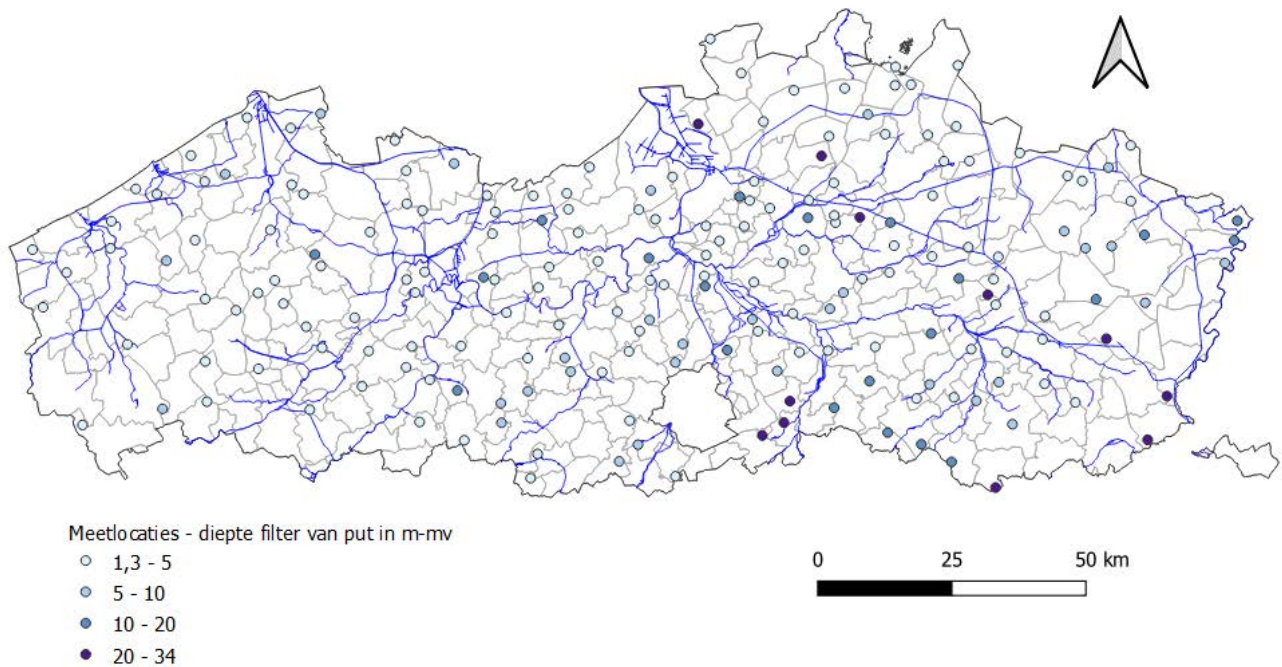
De VMM heeft 2 grondwatermeetnetten⁸, die een goed beeld geven van de grondwaterkwaliteit van de watervoerende lagen in Vlaanderen. Het grondwater uit 194 willekeurig geselecteerde ondiepe putten, vooral uit meetnet 8 en ook een minderheid uit meetnet 1, werd geanalyseerd op 45 PFAS-verbindingen. Door gebruik te maken van beide meetnetten wordt zowel de grondwaterkwaliteit om en rond landbouw- en natuurgebied als van gebieden erbuiten gescreend. Het overgrote deel van de putten hebben meerdere filters op verschillende dieptes. In deze meetcampagne werd telkens maar 1 filter per put bemonsterd, meestal de ondiepste filter. In figuur 1 wordt de ligging van deze putten weergegeven met de diepte van de

⁷ RPF-methode: RPF is de Relative Potency Factor die een maat is voor de hoeveelheid die mensen van een individuele stof binnen mogen krijgen zonder negatieve effecten op de gezondheid te veroorzaken. Door de RPF voor elke respectievelijke stof in rekening te brengen wordt de blootstelling aan een PFAS-mengsel uitgedrukt in een vergelijkbare hoeveelheid PFOA. Dat geeft een beeld van de gecombineerde blootstelling van al deze stoffen samen.

⁸ Meetnet 8: freatisch meetnet, vooral ondiepe meetputten in de eerste (freatische) watervoerende laag en hoofdzakelijk in landbouwgebied, maar ook in natuurgebieden, meetnet 1: primair meetnet, vooral diepere meetputten in hoofdzaak in functie van kwantiteitsbeheer



bemonsterde filter. De dieptes van de filters variëren op de meeste meetlocaties binnen de range van 1,3 m tot 10 m. Er werden ook een aantal diepere filters bemonsterd.



Figuur 1: de 194 meetlocaties, met aanduiding van diepte van de filter in meter onder het maaiveld (m-mv) waaruit grondwater werd bemonsterd.

2.4 Analyse van grondwater op PFAS

Voor de bepaling van PFAS in grondwater wordt verwezen naar WAC/IV/A/025. Voor de stoffen waarvan de waarde beneden de rapporteringsgrens ligt, werd voor de statistische berekening (o.a. som) een nulwaarde toegekend. De grootte van de rapportagegrenzen worden per PFAS-parameter weergegeven in tabel 2.

3 RESULTATEN PFAS IN ONDIEP FREATISCH GRONDWATER

Ter hoogte van 194 willekeurig aangeduide locaties in Vlaanderen werd in opdracht van de VMM ondiep grondwater bemonsterd en geanalyseerd op 45 PFAS-parameters. In tabel 2 staan alle gemeten stoffen met respectievelijke rapporteringsgrens en aanduiding of de stof al dan niet werd gedetecteerd boven rapporteringsgrens op minstens 1 meetlocatie. Er werden 17 stoffen gedetecteerd in het grondwater, 28 stoffen werden niet terug gevonden. De meeste stoffen die werden teruggevonden, zijn kortere koolstofketens die gekenmerkt zijn door een betere mobiliteit in water.



tabel 2: resultaten van de onderzochte PFAS: al dan niet gedetecteerd boven rapporteringsgrens

PFAS	Afkorting	CAS-nr.	Spreiding rapporteringsgrens (ng/l) ⁹	Gedetecteerd (>RG) in ondiep freatisch grondwater in Vlaanderen
Kwantitatieve stoffen				
perfluor-n-butaanzuur (*)(**)	PFBA	375-22-4	5 – 8 (29)	Ja
perfluor-n-pentaanzuur (*)(**)	PFPeA	2706-90-3	1 – 6 (12)	Ja
perfluor-n-hexaanzuur (*)(**)	PFHxA	307-24-4	1 – 3	Ja
perfluor-n-heptaanzuur (*)(**)	PFHpA	375-85-9	1	Ja
perfluor-n-octaanzuur (*)(**)	PFOA	335-67-1	1	Ja
<i>perfluor-n-octaanzuur-lineair</i>	<i>PFOA-lineair</i>		1	Ja
<i>perfluor-n-octaanzuur-vertakt</i>	<i>PFOA-vertakt</i>		1	Ja
perfluor-n-nonaanzuur (*)(**)	PFNA	375-95-1	1	Ja
perfluor-n-decaanzuur (*)(**)	PFDA	335-76-2	1	Ja
perfluor-n-undecaanzuur (*)	PFUnDA	2058-94-8	1	Nee
perfluor-n-dodecaanzuur (*)	PFDoDA	307-55-1	1	Nee
perfluor-n-tetradecaanzuur	PFTeDA	376-06-7	1	Nee
perfluor-n-hexadecaanzuur	PFHxDA	67905-19-5	1	Nee
perfluor-n-butaansulfonzuur (*)(**)	PFBS	375-73-5	1 – 6	Ja
perfluor-n-pentaansulfonzuur (*)	PFPeS	2706-91-4	1	Ja
perfluor-n-hexaansulfonzuur (*)(**)	PFHxS	355-46-4	1	Ja
perfluor-n-heptaansulfonzuur (*)	PFHpS	375-92-8	1	Ja
perfluor-n-octaansulfonzuur (*)(**)	PFOS	1763-23-1	1 – 2	Ja
<i>perfluor-n-octaansulfonzuur-lineair</i>	<i>PFOS-lineair</i>		1	Ja
<i>perfluor-n-octaansulfonzuur-vertakt</i>	<i>PFOS-vertakt</i>		1 – 2	Ja
perfluor-n-nonaansulfonzuur (*)	PFNS	68259-12-1	1	Nee
perfluor-n-decaansulfonzuur (*)	PFDS	335-77-3	1	Nee
4:2 fluortelomeersulfonzuur	4:2 FTS	757124-72-4	1	Nee
6:2 fluortelomeersulfonzuur	6:2 FTS	27619-97-2	1 – 4	Ja
8:2 fluortelomeersulfonzuur	8:2 FTS	39108-34-4	1 – 3	Nee
perfluor-1-octaansulfonamide	PFOSA	754-91-6	1	ja
N-methylperfluorooctaansulfonamide	MePFOSA	31506-32-8	2	nee
N-ethylperfluorooctaansulfonamide	EtPFOSA	4151-50-2	4	nee

⁹ Voor PFBA en PFPeA werd als rapporteringsgrens een uitschieter vastgesteld, nl. respectievelijk 29 en 12 ng/l

PFAS	Afkorting	CAS-nr.	Spreading rapporteringsgrens (ng/l)	Gedetec-teerd (>RG) in ondiep freatisch grondwater in Vlaanderen
Kwantitatieve stoffen (vervolg)				
N-methylperfluorooctaansulfonamido-azijnzuur	MePFOSAA	2355-31-9	1 – 3	ja
N-ethylperfluorooctaansulfonamido-azijnzuur	EtPFOSAA	2991-50-6	1 – 2	nee
8:2 fluortelomeerfosfaatdiester	8:2 diPAP	678-41-1	1 – 2	nee
Hexafluorpropyleenoxidedimeerzuur	HFPO-DA/GenX	13252-13-6	1 – 2	ja
4,8-dioxa-3H-perfluornonaanzuur	ADONA	919005-14-4	1	nee
perfluor-4-ethylcyclohexaansulfonzuur	PFECHS	646-83-3	1	nee
Indicatieve stoffen				
perfluor-n-tridecaanzuur (*)	PFTTrDA	72629-94-8	1	nee
perfluor-n-octadecaanzuur	PFODA	16517-11-6	2	nee
perfluor-1-dodecaansulfonzuur (*)	PFDoDS	79780-39-5	1	nee
perfluor-n-undecaansulfonzuur (*)	PFUnDS	749786-16-1	1	nee
perfluor-n-tridecaansulfonzuur (*)	PFTTrDS	791563-89-8	1	nee
10:2 fluortelomeersulfonzuur	10:2 FTS	120226-60-0	4	nee
6:2 fluortelomeerfosfaat diester	6:2 diPAP	57677-95-9	10	nee
6:2/8:2 fluortelomerfosfaat diester	6:2/8:2 diPAP	943913-15-3	10	nee
Perfluorbutaansulfonamide	PFBSA	30334-69-1	2	ja
Extra stoffen				
F-53B	9CI-PF3ONS	73606-19-6	1	nee
11CI-F53B	11CI-PF3OUdS	763051-92-9	1	nee
7H-perfluorheptaanzuur	HPFHpA	1546-95-8	10	nee
perfluor-3,7-dimethyloctaanzuur	P37DMOA	172155-07-6	10	nee
2H,2H,3H,3H-perfluorundecaanzuur	4H-PFUnDA	34598-33-9	2 – 3	nee
8:2 fluortelomeer onverzadigd carbonzuur	8:2 FTUCA	70887-84-2	2	nee

(*) PFAS-parameter van lijst PFAS-20 (lijst van 20 meest relevante PFAS uit Drinkwaterrichtlijn - EU Richtlijn 2020/2184)

(**) PFAS-parameter opgenomen in 'List facilitating Annex I/II review process' – GWWL

3.1 Welke PFAS werden gedetecteerd?

Van de 45 onderzochte PFAS-parameters werden er 17 gedetecteerd in het grondwater waaronder 12 stoffen van de PFAS-20 (lijst van 20 meest relevante PFAS uit Drinkwaterrichtlijn - EU Richtlijn 2020/2184) en alle 10 PFAS-verbindingen van de 'List facilitating Annex I/II review process' – GWWL'. De 8 stoffen van de PFAS-20 die niet werden teruggevonden, worden gekenmerkt door langere koolstofketens, die minder oplosbaar zijn in water. In tabel 3 worden de resultaten weergegeven van de 17 gedetecteerde PFAS-verbindingen.

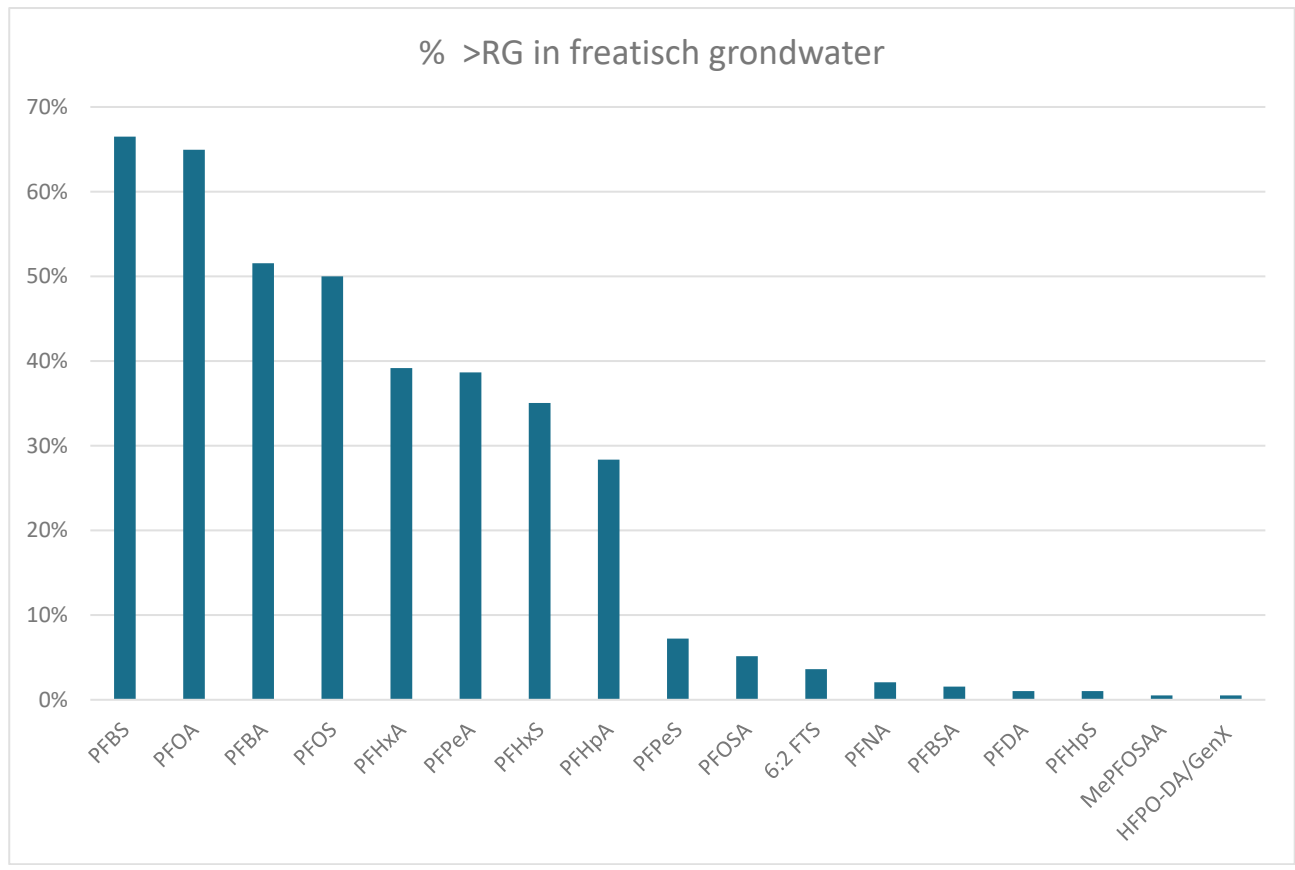


tabel 3: synthese analyseresultaten van gedetecteerde PFAS boven rapporteringsgrens (RG) in grondwater (17 gedetecteerde stoffen op een totaal van de 45 onderzochte PFAS: 12 van PFAS-20 (*) en 10 van facilitating list (**))

PFAS	Afkorting	% aantal plaatsen stof gedetecteerd > RG	aantal plaatsen stof gedetecteerd > RG	P50-concentratie (ng/l)	P95 – concentratie (ng/l)	max. concentratie (ng/l)
perfluor-n-butaansulfonzuur (*)(**)	PFBS	66%	129	3	20	280
perfluor-n-octaanzuur (*)(**)	PFOA	65%	126	1	18	110
<i>perfluor-n-octaanzuur-lineair</i>	<i>PFOA-lineair</i>	47%	91	<RG	16	96
<i>perfluor-n-octaanzuur-vertakt</i>	<i>PFOA-vertakt</i>	17%	33	<RG	2	11
perfluor-n-butaanzuur (*)(**)	PFBA	52%	100	5	50	190
perfluor-n-octaansulfonzuur (*)(**)	PFOS	50%	97	<RG	7	47
<i>perfluor-n-octaansulfonzuur-lineair</i>	<i>PFOS-lineair</i>	16%	32	<RG	3	12
<i>perfluor-n-octaansulfonzuur-vertakt</i>	<i>PFOS-vertakt</i>	31%	60	<RG	4	39
perfluor-n-hexaanzuur (*)(**)	PFHxA	39%	76	<RG	9	54
perfluor-n-pentaanzuur (*)(**)	PFPeA	39%	75	<RG	10	35
perfluor-n-hexaansulfonzuur (*)(**)	PFHxS	35%	68	<RG	4	66
perfluor-n-heptaanzuur (*)(**)	PFHpA	28%	55	<RG	4	21
perfluor-n-pentaansulfonzuur (*)	PFPeS	7%	14	<RG	1	12
perfluor-1-octaansulfonamide	PFOSA	5%	10	<RG	<RG	3
6:2 fluortelomeersulfonzuur	6:2 FTS	4%	7	<RG	<RG	21
perfluor-n-nonaanzuur (*)(**)	PFNA	2%	4	<RG	<RG	2
Perfluorbutaansulfonamide	PFBSA	2%	3	<RG	<RG	7
perfluor-n-decaanzuur (*)(**)	PFDA	1%	2	<RG	<RG	2
perfluor-n-heptaansulfonzuur (*)	PFHpS	1%	2	<RG	<RG	3
N-methylperfluorooctaansulfonamid o-azijnzuur	MePFOSA A	1%	1	<RG	<RG	1
Hexafluorpropyleenoxidedimeerzuur	HFPO-DA/GenX	1%	1	<RG	<RG	4

In figuur 2 wordt per PFAS-parameter het procentueel aantal meetlocaties weergegeven waar de gemeten waarden boven de rapporteringsgrens (RG) ligt. Volgende stoffen komen in minstens de helft van de meetlocaties voor in het ondiepe grondwater: PFBS (66%), PFOA (65%), PFBA (52%) en/of PFOS (50%). De lineaire vorm van PFOA en de vertakte vorm voor PFOS werden het frequentst gedetecteerd (zie tabel 3). Verder komen PFHxA, PFPeA, PFHxS en PFHpA op minstens 25% van de meetlocaties voor. Deze 8 meest

gedetecteerde stoffen in het freatische grondwater worden ook het meest gedetecteerd in het drinkwater¹⁰. De maximale vastgestelde concentraties die werden waargenomen in het drinkwater zijn kleiner. De andere stoffen die werden gedetecteerd in het grondwater komen op minder dan 10% van de meetlocaties voor.



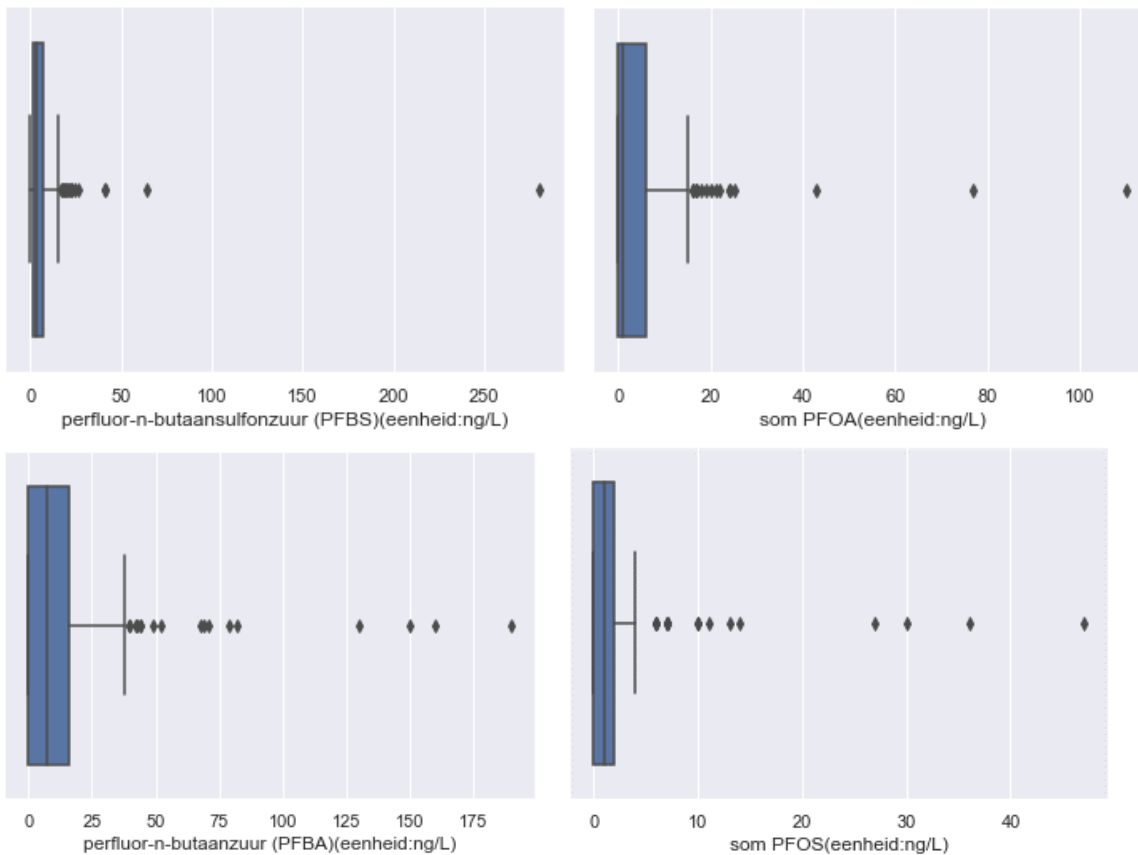
figuur 2: procentueel aantal locaties waar PFAS werd vastgesteld boven de rapporteringsgrens (RG) in het freatisch ondiep grondwater

3.2 Welke concentraties PFAS werden waargenomen?

Uit figuur 2 kan worden afgeleid dat de PFAS-parameters PFBS, PFOA, PFBA en PFOS het frequentst voorkomen op de willekeurig gekozen set van ca. 200 meetlocaties. Het gaat ook om hogere concentraties (zie tabel 3).

De verdeling van de vastgestelde concentraties in grondwater van de meest frequente PFAS worden weergegeven met boxplots in figuur 3.

¹⁰ Vlaamse Milieumaatschappij (2022), Perfluorverbindingen in drinkwater - 2021



figuur 3: boxplots concentratie PFAS in ng/l voor de frequentst voorkomende PFAS in ondiep freatisch grondwater: PFBA, PFBS, PFOA en PFOS

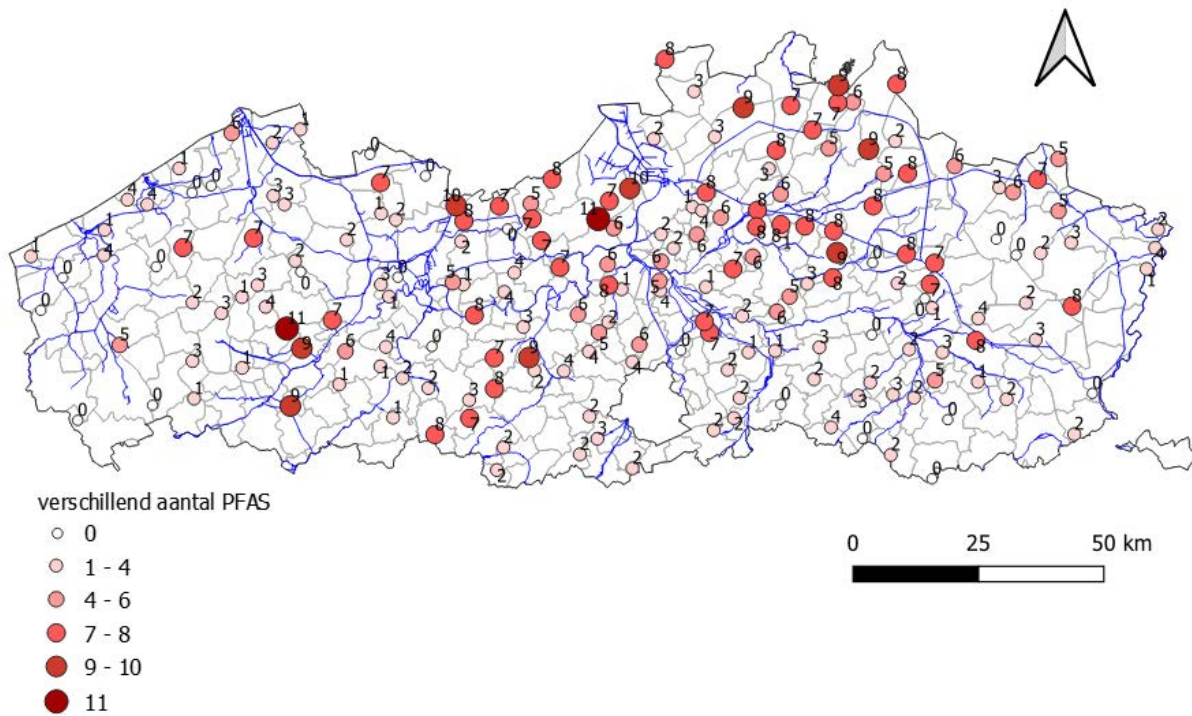
De P95-waarden uit tabel 3 tonen aan dat de maximale concentraties voor PFBA, PFBS, PFOA en PFOS grote uitschieters zijn zoals ook visueel kan worden afgeleid uit figuur 3. Verder onderzoek zal nog moeten uitwijzen of er al dan niet een verband is met al dan niet gekende puntverontreinigingen. (vb. no regretzones). Dit maakt geen deel uit van deze studie.

3.3 Verspreiding PFAS in Vlaanderen

Zoals eerder vermeld, werden in het kader van dit onderzoek 17 PFAS in het grondwater gedetecteerd. Het voorkomen van een mix verbindingen PFAS op één locatie in het grondwater in Vlaanderen werd al eerder vastgesteld (zie rapport: PFAS in de bronnen voor de productie van drinkwater¹¹). figuur 4 geeft weer hoeveel verschillende PFAS-parameters er per meetlocatie werden gedetecteerd. Het aantal varieert tot max. 11 PFAS-parameters die samen worden vastgesteld op 1 locatie. Op 24 plaatsen (12%) werd geen enkele van de geanalyseerde PFAS-parameters gedetecteerd.

¹¹ Vlaamse Milieumaatschappij (2022), PFAS in de bronnen voor de productie van drinkwater 2021



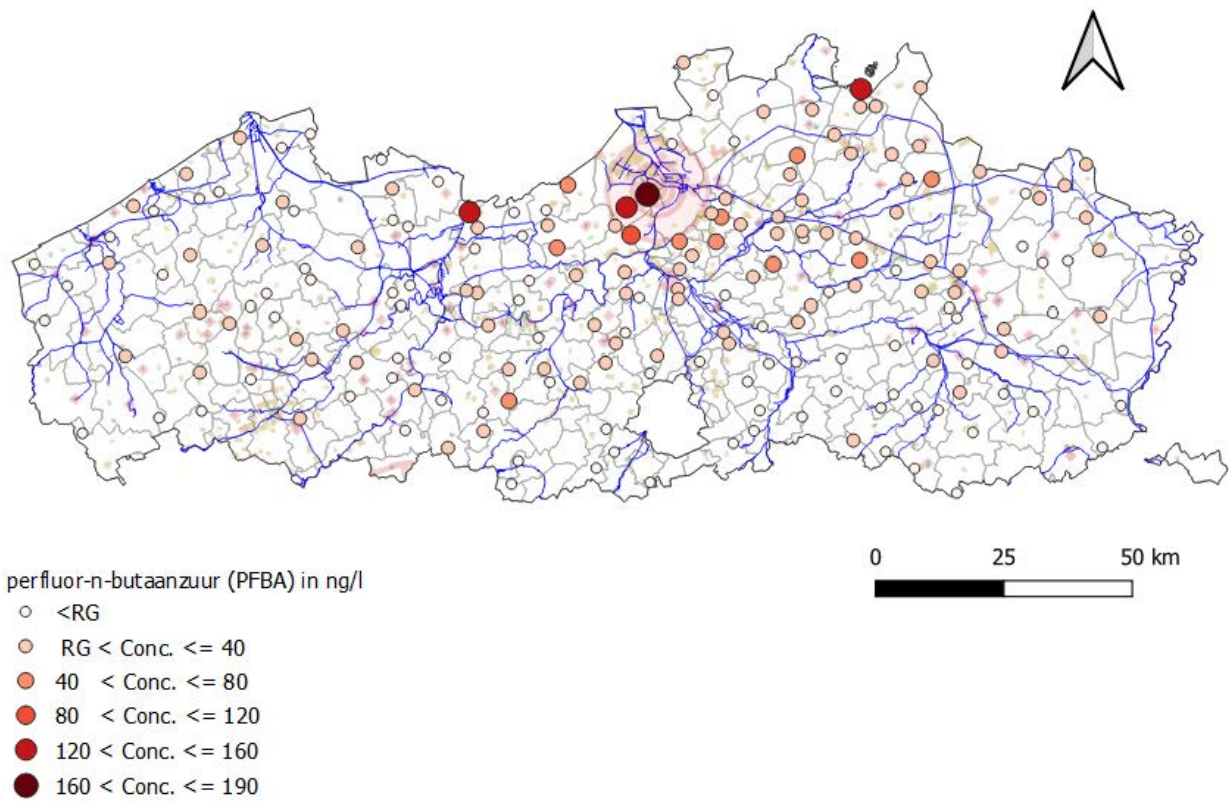


figuur 4: aantal gedetecteerde PFAS-parameters per meetlocatie in Vlaanderen (op de achtergrond zijn de no regretzones weergegeven).

De PFAS-parameters die het vaakst werden vastgesteld en gekenmerkt zijn door hogere concentraties in het ondiep grondwater zijn PFBA, PFOA, PFBS en PFOS. In onderstaande figuren wordt de concentratie van deze stoffen weergegeven op de verschillende locaties. Deze figuren tonen aan dat er locaties zijn waar meerdere van deze PFAS-verbindingen voorkomen met vaak ook hogere concentraties.

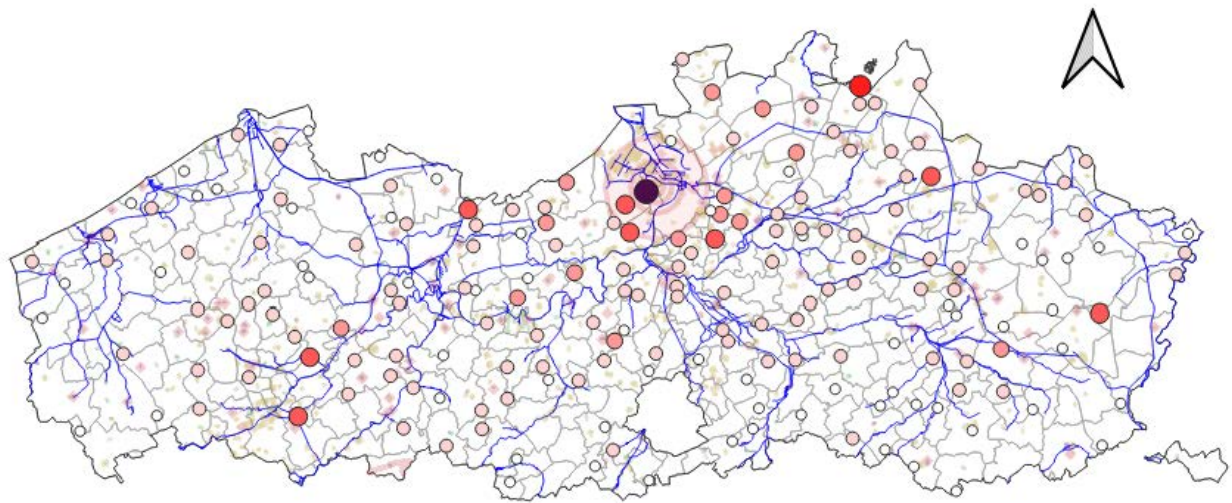
In iets minder dan de helft van de meetlocaties werden er 1 tot 4 stoffen gedetecteerd. Op de 22 locaties waar maar 1 PFAS-parameter gedetecteerd werd, gaat het in 68% van de gevallen om PFBS (perfluorbutaansulfonzuur) en in 14% van de gevallen om PFBA (perfluorbutaanzuur). Beiden zijn verbindingen met de kortste koolstofketen (C4-keten) en zijn gekenmerkt door een grotere mobiliteit t.o.v. de stoffen met langere koolstofketens. Op de 35 locaties waar er 2 PFAS-parameters werden gedetecteerd gaat het in 80% van de gevallen over een combinatie van PFOA en PFOS (57%) of PFBA en PFBS (23%). Deze plaatsen worden ook vaker gekenmerkt door een lagere concentratie PFAS. Er kan sprake zijn van een diffuse verspreiding.





figuur 5: verspreiding en concentratie (ng/l) PFBA in ondiep freatisch grondwater in Vlaanderen.





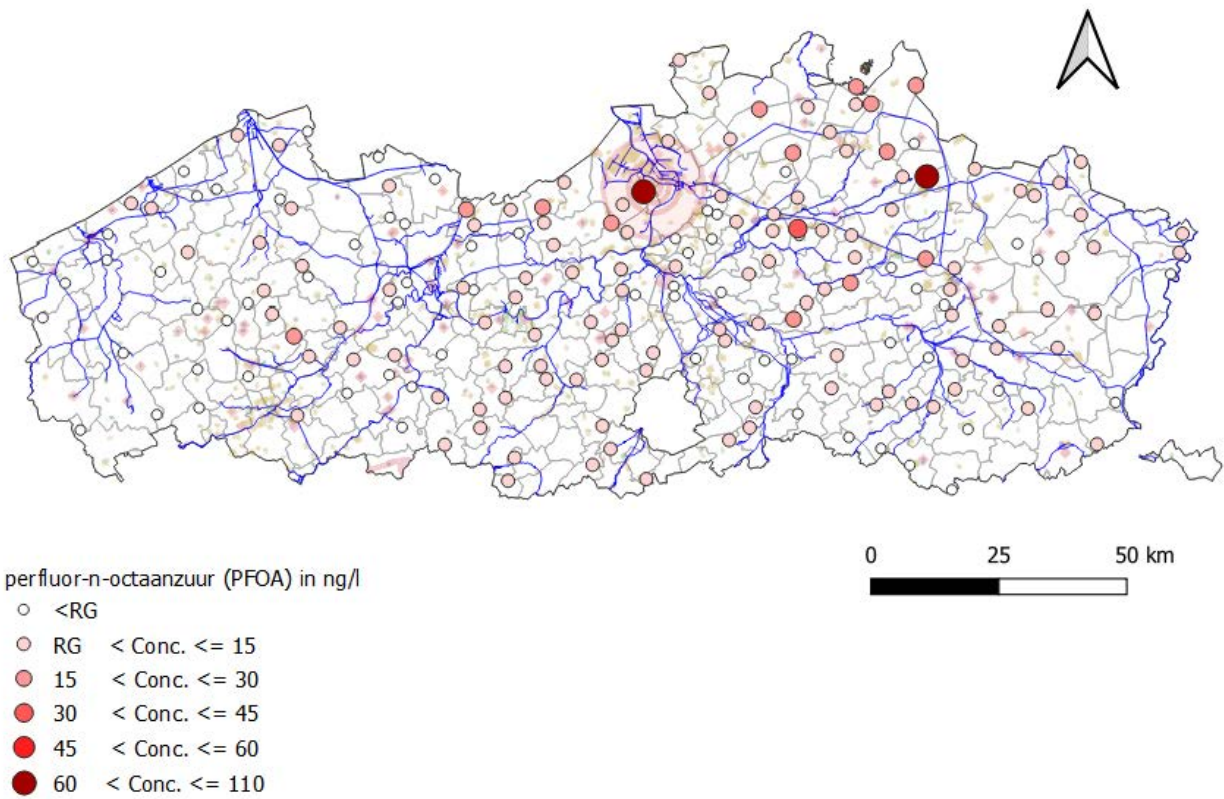
perfluor-n-butaansulfonzuur (PFBS) in ng/l

- <RG
- RG < Conc. <= 10
- 10 < Conc. <= 20
- 20 < Conc. <= 60
- 60 < Conc. <= 240
- 240 < Conc. <= 280

0 25 50 km

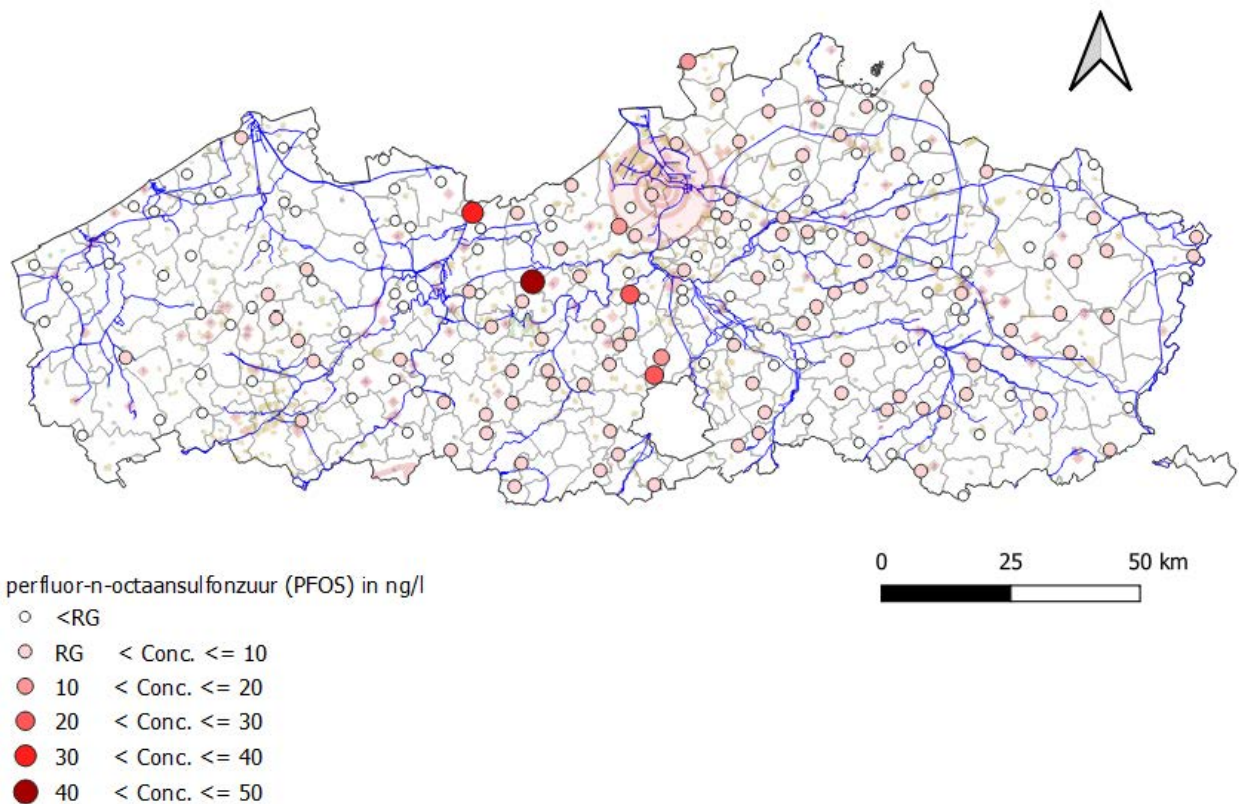
figuur 6: verspreiding en concentratie (ng/l) PFBS in ondiep freatisch grondwater in Vlaanderen.





figuur 7: verspreiding en concentratie (ng/l) PFOA in ondiep freatisch grondwater in Vlaanderen.





figuur 8: verspreiding en concentratie (ng/l) PFOS in ondiep freatisch grondwater in Vlaanderen.

figuur 5 toont aan dat de grootste concentraties aan PFBA zich bevinden op locaties in de provincie Antwerpen. De grootste uitschieter ligt rond de site van 3M in Zwijndrecht. Ook op andere plaatsen zijn er grotere concentraties waarneembaar op meer geïsoleerde plaatsen. Voor PFBS en PFOA zien we in respectievelijk figuur 6 en figuur 7 een min of meer gelijkwaardig beeld. Voor PFOS, waarvan de concentraties en het voorkomen ook lager zijn, zien we meer geïsoleerde gevallen van grotere waarden.

3.4 Toetsing resultaten PFAS aan voorgestelde normenkaders

Zoals al in hoofdstuk 2.2 wordt aangegeven, wordt getoetst aan 4 voorgestelde normenkaders gezien er nog geen normenkader is vastgesteld voor grondwater.

De toetsingsresultaten van de verschillende PFAS aan deze 4 voorgestelde normenkaders staan in tabel 4. Wanneer we de normen uit de Drinkwaterrichtlijn (EU Richtlijn 2020/2184) in beschouwing nemen, blijkt dat er op 6% van de locaties een overschrijding van de norm (0,1 µg/l) werd vastgesteld voor de som van de 'PFAS-20' en er maar op 1 locatie een overschrijding van de norm (0,5 µg/l) werd vastgesteld voor de som van alle gemeten PFAS-verbindingen.



Een toetsing aan de 2 veel strengere normenkaders, waarbij ook de gezondheidsrisico's meer in beschouwing worden genomen, toont aan dat in 39% van de gevallen de norm van 4 ng/l wordt overschreden voor de som van de 4 stoffen vooropgesteld door het EFSA, nl. de PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS. Bij de beoordeling van de som van de PFOA-equivalenten voor de stoffen van de 'PFAS-20' is te zien dat de norm van 4,4 ng/l in 46% van de locaties wordt overschreden.

tabel 4: toetsing resultaten aan 4 voorgestelde normenkaders

normenkader	norm	aantal meetlocaties: overschrijding norm	%meet locaties: overschrijding norm
1. som van alle gemeten PFAS-stoffen	0,5µg/l (500 ng/l)	1	<1%
2. som van 20 meest relevante PFAS-stoffen van drinkwaterriichtlijn (zgn. 'PFAS-20')	0,1µg/l (100 ng/l)	12	6%
3. som van EFSA-4 stoffen (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS)	4 ng/l	75	39%
4. som van PFOA-equivalenten voor meest relevante PFAS-stoffen van drinkwaterriichtlijn (zgn. 'PFAS-20') volgens RPF-methode (indien niet gekend: RPF=1)	4,4 ng/l	90	46%

aftoetsing PFOA-equivalent voor 20 PFAS Drinkwaterriichtlijn (obv RPF) tov 4,4 ng/l

- voldoet aan norm (4,4 ng/l)
- voldoet niet aan norm (>4,4 ng/l)

aftoetsing som EFSA-4 stoffen tov 4 ng/l

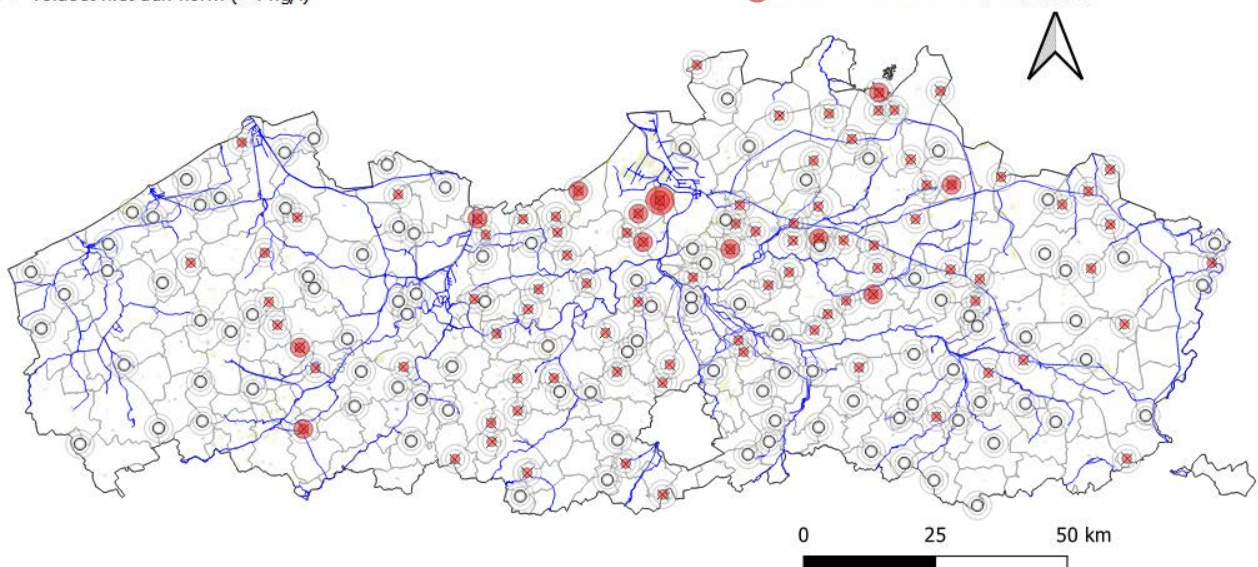
- voldoet aan norm (4 ng/l)
- × voldoet niet aan norm (>4 ng/l)

aftoetsing som 20 PFAS Drinkwaterriichtlijn tov 0,1µg/l

- voldoet aan norm (0,1µg/l)
- voldoet niet aan norm (>0,1 µg/l)

aftoetsing som alle gemeten PFAS tov 0,5µg/l

- voldoet aan norm (0,5 µg/l)
- voldoet niet aan norm (>0,5 µg/l)



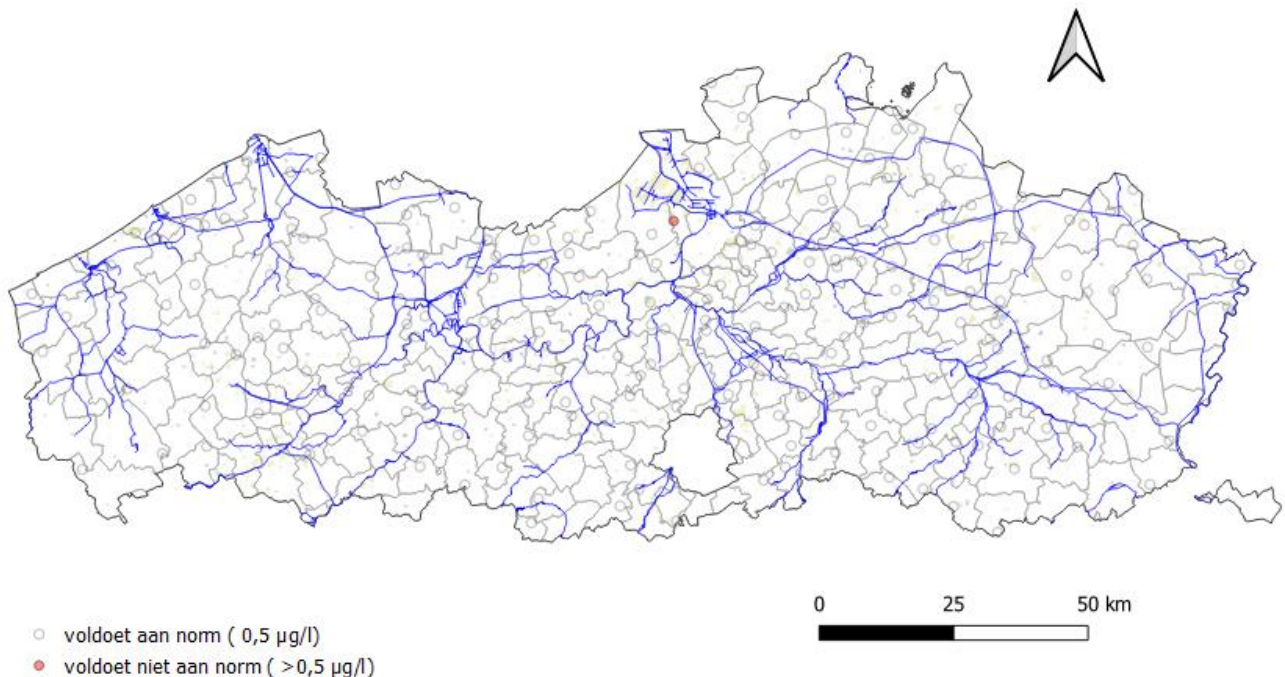
figuur 9: toetsing meetresultaten PFAS aan 4 voorgestelde normenkaders.

In figuur 9 worden de toetsingsresultaten voor de verschillende onderzochte meetlocaties op PFAS aan de 4 geselecteerde normenkaders weergegeven. Op verschillende locaties worden 1 of meerdere normen overschreden. Logischerwijs wordt ook hier opnieuw aangetoond net zoals in '3.3 Verspreiding PFAS in

Vlaanderen' dat er in de provincie Antwerpen meer meetlocaties zijn met een verhoogde PFAS- verspreiding en dus overschrijdingen van de geselecteerde normenkaders.

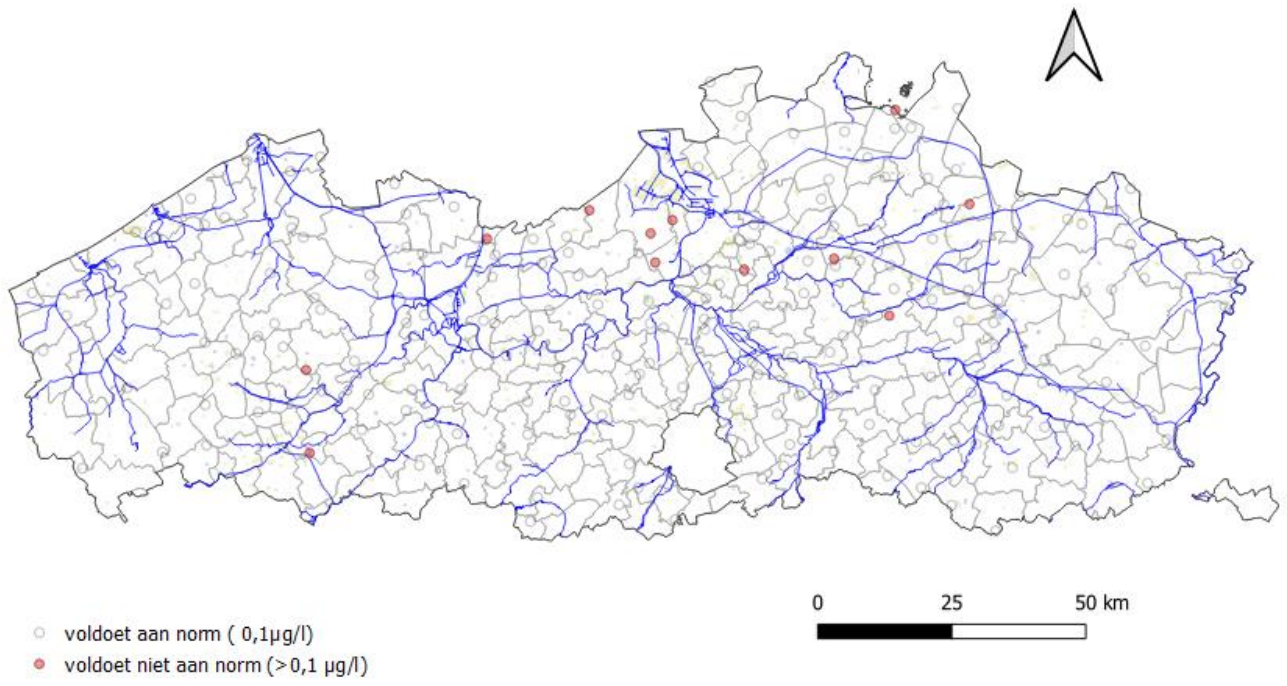
De norm van 0,5µg/l voor totaal PFAS – uit de Drinkwaterrichtlijn (EU Richtlijn 2020/2184) werd op 1 locatie overschreden, nl. rond de site van 3M in Zwijndrecht, zoals weergegeven op figuur 10. Hier worden alle voorgestelde normenkaders overschreden zoals af te leiden uit figuur 9. Op figuur 11 kan worden vastgesteld dat over heel Vlaanderen op meer geïsoleerde locaties de norm 0,1µg/l voor som 'PFAS-20' van de Drinkwaterrichtlijn (EU Richtlijn 2020/2184) werd overschreden.

Getoetst aan de 2 strengste normen die meer rekening houden met gezondheidsrisico's, zien we ook meer verspreid over heel Vlaanderen overschrijdingen zoals weergegeven in figuur 12 en figuur 13. Toch toont figuur 9 ook aan dat er in sommige regio's geen overschrijdingen zijn zoals bv. in het zuidwesten van West-Vlaanderen of delen van Vlaams-Brabant en Limburg. Er zijn dus zones waar her en der overschrijdingen vast te stellen zijn.

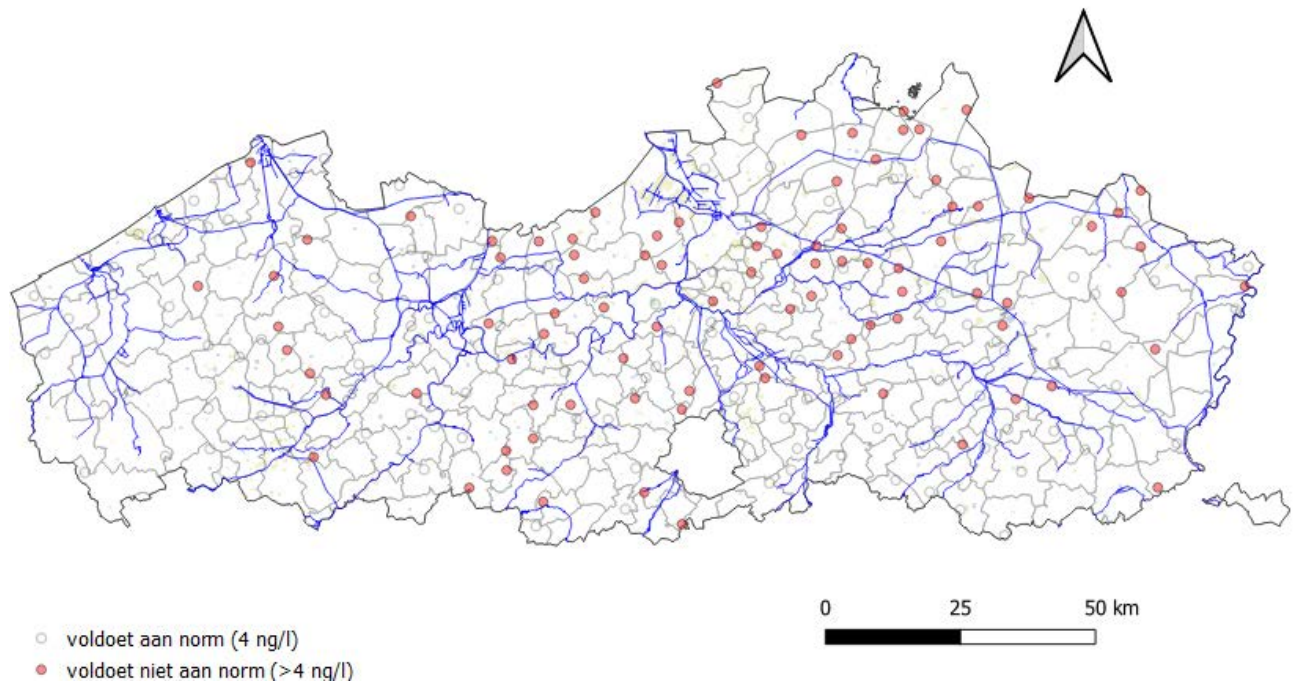


figuur 10: toetsing voorgestelde norm van 0,5 µg/l voor som van alle gemeten PFAS



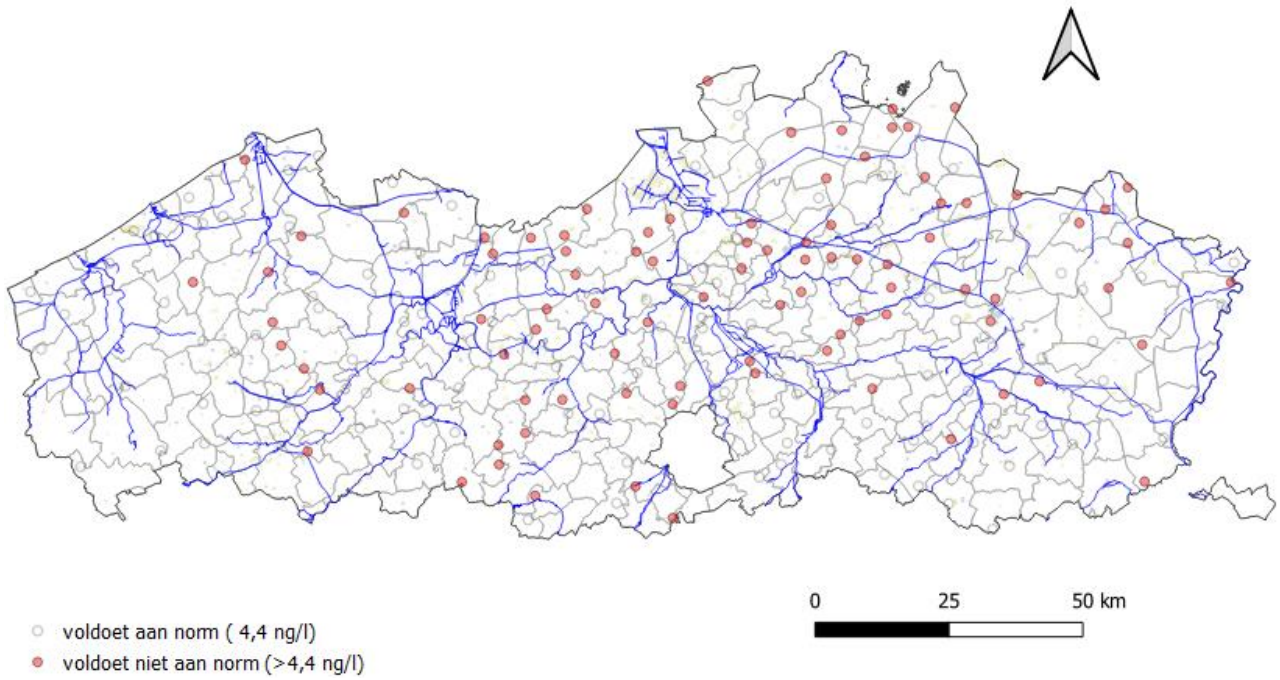


figuur 11: toetsing voorgestelde norm van 0,1 µg/l voor som van 20 PFAS van de Drinkwaterrichtlijn (EU Richtlijn 2020/2184)



figuur 12: toetsing voorgestelde norm van 4 ng/l voor som van EFS4 stoffen (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS)





figuur 13: toetsing voorgestelde norm van 4,4 ng/l PFOA-equivalent voor som van PFAS Drinkwaterrichtlijn berekend op basis van 'Relative Potency Factor' (kort RPF) per stof (indien niet gekend: RPF=1) (met PFAS Drinkwaterrichtlijn worden de 20 PFAS-parameters van de Drinkwaterrichtlijn (EU Richtlijn 2020/2184) bedoeld)



4 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Dit rapport behelst een eerste oriënterend onderzoek naar diffuse verspreiding van PFAS.

- Van de 45 PFAS-verbindingen die werden onderzocht, werden 17 stoffen gedetecteerd in het ondiep freatisch grondwater. Het gaat over verbindingen met kortere koolstofketens. 12 van deze stoffen behoren tot de PFAS-20 (lijst van 20 meest relevante PFAS-stoffen uit de Drinkwaterrichtlijn – EU Richtlijn 2020/2184). Alle 10 de PFAS-verbindingen van de ‘List facilitating Annex I/II review process’ – GWWL werden vastgesteld.
- Gespreid over heel Vlaanderen worden PFAS gedetecteerd in het ondiepe freatische grondwater. Er zijn geïsoleerde hogere concentraties waarneembaar die gelinkt kunnen zijn aan al dan niet gekende puntbronnen. Dit moet verder worden onderzocht.
- Er zijn nog plaatsen waar geen PFAS wordt gedetecteerd. Dergelijke locaties vinden we niet terug in de provincie Antwerpen.
- De vaakst voorkomende en in hogere concentraties aangetroffen PFAS zijn PFBA, PFBS, PFOA (vooral lineaire vorm) en PFOS (vooral vertakte vorm). De parameters PFBA en PFBS komen ook het vaakst voor op plaatsen waar 1 stof wordt gedetecteerd. Op plaatsen waar 2 PFAS-parameters worden gedetecteerd, vinden we meestal de combinatie van PFOA en PFOS, maar ook PFBA en PFBS. Vaak is dat op plaatsen waar de concentratie lager is. Dit zou er kunnen op wijzen dat hier een diffuse verspreiding aan de basis ligt. Verder onderzoek kan hierover uitsluitsel geven.
- In de provincie Antwerpen en nadere omgeving vinden we het grootste aantal locaties met detectie van meerdere stoffen, met hogere concentraties en uitschieters.
- In afwachting van een normenkader voor grondwater voor PFAS, kan bij toepassing van enkele voorgestelde normenkaders het volgende worden geconcludeerd:
 - norm 0,5 µg/l voor som van alle gemeten PFAS wordt overschreden op **1 locatie (minder dan 1%)**
 - norm 0,1 µg/l voor som van 20 PFAS van de Drinkwaterrichtlijn (EU Richtlijn 2020/2184) wordt op **12 locaties (6%)** overschreden
 - norm 4,0 ng/l voor som van EFSA-4 stoffen (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS) wordt op **75 locaties (39%)** overschreden
 - norm 4,4 ng/l PFOA-equivalent voor som van PFAS Drinkwaterrichtlijn¹² berekend op basis van ‘Relative Potency Factor’ (kort RPF) per stof (indien niet gekend: RPF=1) wordt op **90 locaties (46%)** overschreden

De toetsingswaarde voor som EFSA-4 en voor het PFOA-equivalent voor som van PFAS Drinkwaterrichtlijn zijn berekend op basis van ‘Relative Potency Factor’ (kort RPF) per stof, zeer laag is, namelijk respectievelijk 4 ng/l en 4,4 ng/l en dat de rapporteringsgrens (1 ng/l – 10 ng/l, excl. uitschieters rapporteringsgrens) voor de individuele PFAS zeer dicht bij deze toetsingswaarden ligt.

¹² Met “PFAS Drinkwaterrichtlijn” worden de 20 PFAS-parameters van de Drinkwaterrichtlijn (EU Richtlijn 2020/2184) bedoeld.

In dit rapport worden een aantal vaststellingen beschreven op basis van een analysecampagne op een beperkte set van ca. 200 grondwatermonitoringslocaties. Dit geeft een eerste indicatie van de aard van diffuse verspreiding van PFAS in het grondwater. Er is verder onderzoek nodig om meer inzicht te krijgen in de manier waarop de verspreiding van PFAS gebeurt. Hierbij kunnen volgende factoren belangrijk zijn:

- vergelijking meetresultaten doorheen de tijd
- vergelijking meetresultaten op verschillende dieptes op eenzelfde meetlocatie
- nabijheid van potentiële puntbronnen
- bijkomende kennis en inzicht in manier van verspreiding
- vergelijking en koppeling met meetresultaten van andere compartimenten (bodem, oppervlaktewater en lucht)
- betrekking van ander grondwateronderzoek voor PFAS bij de beoordeling



Vlaamse Milieumaatschappij
Dokter De Moorstraat 24-26
9300 Aalst
www.vmm.be

Meer info op www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling
of bel het gratis nummer 1700