



Vlaanderen  
is bodembewust



# AANWEZIGHEID VAN PFAS IN GROND EN GRONDWATER OP BRANDWEERLOCATIES

TRENDS EN INZICHTEN- VERKENNENDE BODEMONDERZOEKEN DEEL 2



SAMEN MAKEN WE  
MORGEN MOOIER

**OVAM**

[WWW.OVAM.BE](http://WWW.OVAM.BE)

# **AANWEZIGHEID VAN PFAS IN GROND EN GRONDWATER OP BRANDWEERLOCATIES**

trends en inzichten- verkennende bodemonderzoeken

deel 2

publicatiedatum / 20.12.2022



## DOCUMENTBESCHRIJVING

- |   |  |
|---|--|
| 1 <i>Titel van publicatie:</i><br>Aanwezigheid van PFAS in grond en grondwater op brandweer(oefen)locaties/branden: trends en inzichten verkennende bodemonderzoeken deel 2 | 2 <i>Verantwoordelijke Uitgever:</i><br>OVAM                       |
| 3 <i>Wettelijk Depot nummer:</i>  | 4 <i>Trefwoorden:</i><br>PFAS, brandweer, brand, bodem, grondwater |

### *Samenvatting:*

Dit rapport geeft een reeks inzichten in algemene trends van PFAS op brandweer(oefen)terreinen of branden uitgaande van reeds uitgevoerde verkennende bodemonderzoeken, verkregen via de OVAM. Trends van PFAS, fingerptinging, voorkomen van PFAS in grond en grondwater, concentraties, impact van verharding, grondwaterstand, exploitatie-periode en type locatie waar brandblusschuim gebruikt werd, worden geëvalueerd.

- |   |  |
|---|--|
| 5 <i>Aantal bladzijden:</i> 66  | 6 <i>Aantal tabellen en figuren:</i> /     |
| 7 <i>Datum publicatie:</i>  | 8 <i>Prijs*:</i> /                         |
| 9 <i>Begeleidingsgroep en/of auteur:</i><br>Steve Arnou (Arcadis), Karen Van Geert (Arcadis), Griet Van Gestel (OVAM), Sam Fonteyne (OVAM), Kristel Declercq (OVAM), Patrick Cassier (OVAM) | 10 <i>Contactpersonen:</i><br>Sam Fonteyne |

- 11 *Andere titels over dit onderwerp:*  
Aanwezigheid van PFAS in grond en grondwater op brandweer(oefen)locaties/branden: eerste trends en inzichten

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 en de Vlaamse publicatiedatabank:

<http://www.vlaanderen.ovam.be>

<http://www.vlaanderen.be/publicaties>

\* Prijswijzigingen voorbehouden.

## Inhoud

1	Inleiding.....	8
2	Werkwijze evaluatie trends .....	9
2.1	Inventarisatie .....	9
2.2	Uitgangspunten.....	9
3	Evaluatie.....	11
3.1	Inventarisatie algemeen .....	11
3.1.1	Aantal dossiers en type activiteit.....	11
3.1.2	DAEB (duidelijke aanwijzing van een ernstige bodemverontreiniging).....	12
3.1.3	Inventarisatie van PFAS-parameters in vaste deel van de aarde en grondwater.....	13
3.2	Effecten .....	27
3.2.1	Type activiteit + verharding .....	27
3.2.2	Grondwaterstand.....	30
3.2.3	Exploitatieperiode.....	31
3.3	Fingerprinting.....	35
3.3.1	Algemene fingerprinting .....	35
3.3.2	Fingerprinting per periode.....	41
4	Conclusie .....	62
4.1	Algemene trends.....	62
4.1.1	PFAS-parameters.....	62
4.1.2	Effecten .....	64
4.1.3	Indicatieve fingerprinting.....	64
4.2	Antwoorden op onderzoeksvragen .....	65

## TABELLEN

Tabel 1: Aantal rapporten beschikbaar per type activiteit (voorliggend rapport) .....	11
Tabel 2: Aantal rapporten met DAEB in vaste deel van de aarde en grondwater.....	12
Tabel 3: Aantal en percentage rapporten met DAEB in vaste deel van de aarde en grondwater per type activiteit (voorliggend rapport).....	12
Tabel 4: Aantal en percentage rapporten met DAEB in vaste deel van de aarde en grondwater per type activiteit (alle rapporten= deelrapport 1+ voorliggend rapport) .....	13
Tabel 5: Gemiddelde van de maximale concentraties van elke PFAS-parameter doorheen alle rapporten, aantal rapporten met gemeten maximale concentratie hoger dan gekozen waarde, aantal rapporten met gemeten maximale concentratie boven DL en hoogste waarde van de maximaal gemeten concentraties per PFAS-parameter. ....	15
Tabel 6: Veel voorkomende parameters met duidelijke verhoogde concentraties in het vaste deel van de aarde .....	23
Tabel 7: Veel voorkomende parameters met duidelijke verhoogde concentraties in grondwater .....	24
Tabel 8: Zelden voorkomende parameters met zelden verhoogde concentraties in vaste deel van de aarde .....	25
Tabel 9: Zelden voorkomende parameters met zelden verhoogde concentraties in grondwater.....	26

## FIGUREN

Figuur 1: Overzicht van totaal aantal rapporten (=deelrapport 1 + voorliggend rapport) waarbij de detectielimiet in het vaste deel van de aarde wordt overschreden, gerangschikt per parameter.....	17
Figuur 2: Overzicht van totaal aantal rapporten (=deelrapport 1 + voorliggend rapport) waarbij de indicatieve waarde van 3 µg/kg ds wordt overschreden gerangschikt per parameter.....	18
Figuur 3: Overzicht van totaal aantal rapporten (=deelrapport 1 + voorliggend rapport) waarbij de detectielimiet in het grondwater wordt overschreden gerangschikt per parameter. ....	19
Figuur 4: Overzicht van totaal aantal rapporten (deelrapport 1 + voorliggend rapport) waarbij 100 ng/l wordt overschreden gerangschikt per parameter. ....	20
Figuur 5: Overzicht van gemiddelde concentratie per parameter in het vaste deel van de aarde voor totaal aantal rapporten (= alle rapporten = deelrapport 1 + voorliggend rapport) .....	21
Figuur 6: Overzicht van gemiddelde concentratie per parameter in het grondwater voor totaal aantal rapporten (= alle rapporten = deelrapport 1 + voorliggend rapport).....	22
Figuur 7 (a): Gemiddelde van de maximale concentraties van som PFAS in het vaste deel van de aarde (µg/kg ds) in functie van activiteit (brand, brandweerkazerne, brandweerkazerne + oefenplaats of brandweer oefenplaats) en type verharding (deels (on)verhard, onverhard, verhard) met n = aantal rapporten.....	27
Figuur 8 a: Gemiddelde van de maximale concentraties van som PFAS in het grondwater (ng/l) in functie van activiteit (brand, brandweerkazerne, brandweerkazerne + oefenplaats of brandweer oefenplaats) en type verharding (deels (on)verhard, onverhard, verhard) met n = aantal rapporten. ....	28
Figuur 9 a: Maximale concentratie van de som PFAS uit elk rapport waar grondwater gemeten (aantal = 57) in functie van de grondwaterstand (m-mv).....	30
Figuur 10 a: Maximale concentraties van som PFAS in het vaste deel van de aarde (µg/kg ds) in functie van de duur van de bluswerken (jaar).....	32
Figuur 11 a: Maximale concentraties van som PFAS in het grondwater (ng/l) in functie van de duur van de bluswerken (jaar). ....	33
Figuur 12 a: Maximale concentraties en fingerprinting van de individuele PFAS-parameters gemeten in elk rapport in het vaste deel van de aarde. ....	36
Figuur 13: Percentage dat de concentraties van de individuele PFAS-parameters innemen van de totale PFAS-concentratie gemeten in elk rapport in het vaste deel van de aarde.....	38
Figuur 14: Concentraties van alle PFAS-parameters per rapport gemeten in het grondwater (ng/l) per type activiteit en per dossiernummer. ....	39
Figuur 15: Percentage dat de concentraties van de individuele PFAS-parameters innemen van de totale PFAS-concentratie gemeten in elk rapport in het grondwater, per type activiteit en per dossiernummer. ....	40
Figuur 16: Concentratie van PFAS-parameters in vaste deel van de aarde (µg/kg ds) per onderzoekslocatie in exploitatie voor 2011.....	42
Figuur 17: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie in het vaste deel van de aarde per onderzoekslocatie in exploitatie voor 2011.....	43
Figuur 18: Concentratie van PFAS-parameters in grondwater (ng/l) per onderzoekslocatie in exploitatie voor 2011. ....	44
Figuur 19: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie in het grondwater per onderzoekslocatie in exploitatie voor 2011. ....	45
Figuur 20: Concentratie van PFAS-parameters in het vaste deel van de aarde (µg/kg ds) per onderzoekslocatie in exploitatie na 2011. ....	47
Figuur 21: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie in het vaste deel van de aarde per onderzoekslocatie in exploitatie na 2011. ....	48
Figuur 22: Concentratie van PFAS-parameters in het grondwater (ng/l) per onderzoekslocatie in exploitatie na 2011. ....	49

Figuur 23: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie in het grondwater per onderzoekslocatie in exploitatie na 2011. ....	50
Figuur 24: Concentratie van PFAS-parameters in het vaste deel van de aarde per onderzoekslocatie in exploitatie voor en na 2011. ....	52
Figuur 25: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie in het vaste deel van de aarde per onderzoekslocatie in exploitatie voor en na 2011. ....	53
Figuur 26: Concentratie van PFAS-parameters van de totale PFAS concentratie in het grondwater per onderzoekslocatie in exploitatie voor en na 2011. ....	54
Figuur 27: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie in het grondwater per onderzoekslocatie in exploitatie voor en na 2011. ....	55
Figuur 28: Concentratie PFAS in het vaste deel van de aarde per onderzoekslocatie. ....	57
Figuur 29: Percentage van PFAS-concentraties in het vaste deel van de aarde van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie. ....	58
Figuur 30: Concentratie PFAS in het grondwater per onderzoekslocatie. ....	59
Figuur 31: Percentage van PFAS-concentraties in het grondwater van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie. ....	60

# 1 INLEIDING

In juli 2021 startte de OVAM met het uitvoeren van specifiek op PFAS-gerichte verkennende bodemonderzoeken op de brandweerlocaties (brandweeroefenterreinen, -kazernes) en locaties waar branden plaatsvonden die geïnventariseerd werden.

In een verkennend bodemonderzoek wordt met een beperkte veld- en analysecampagne onderzocht of en in welke concentraties PFAS op een bepaalde locatie aanwezig is in bodem en grondwater. Ook wordt in dit specifiek op PFAS-gericht onderzoek een eerste inzicht verworven over de mogelijke blootstelling, zodat prioriteiten kunnen worden gesteld voor verder onderzoek. Om de verkennende bodemonderzoeken op mogelijke risicolocaties voor PFAS zo uniform mogelijk te laten uitvoeren en evalueren, werd een onderzoeksprotocol opgesteld.

In het rapport “Aanwezigheid van PFAS in grond en grondwater op brandweerlocaties: eerste trends en inzichten” (OVAM, 10/01/2022 – verder “deelrapport 1” genoemd) werd een eerste reeks inzichten in algemene trends van PFAS op brandweer(oefen)terreinen of branden geëvalueerd uitgaande van 68 reeds uitgevoerde verkennende bodemonderzoeken in de periode vanaf augustus 2021 tot en met november 2021.

Aanvullend werd meer specifiek getracht een eerste antwoord te geven op volgende onderzoeksvragen:

- Kunnen we op basis van het type blusschuim weten welke PFAS-componenten er inzitten?
- Kunnen we op basis van het jaar van de bluswerken weten welke PFAS-componenten er inzitten?
- Is er onderscheid tussen eenmalige en langdurige bluswerken?
- Kan op basis van de hoeveelheid schuim een conclusie getrokken worden?
- Speelt verharding een duidelijke rol?
- Zijn er deelzones op de locaties die een goede indicator zijn voor het karakter van de verontreiniging? Is er extra aandacht nodig voor het lozingspunt?
- Zijn er indicaties dat waszones een risico inhouden?
- Zijn er fingerprints te herkennen in de PFAS-concentraties in bodem/grondwater die aan een bepaalde activiteit gelinkt kunnen worden?
- Welke PFAS komen vaak voor en in welke concentraties?

**Voorliggend rapport betreft een evaluatie van een tweede reeks verkennende bodemonderzoeken op brandweer(oefen)terreinen of branden (70 uitgevoerde onderzoeken) uitgevoerd in de periode januari 2022 tot en met augustus 2022. Aanvullend werd een revisie van de trends beschreven, rekening houdend met alle geëvalueerde rapporten (= onderzoeken uit deelrapport 1 + voorliggend deelrapport).**



## 2 WERKWIJZE EVALUATIE TRENDS

### 2.1 INVENTARISATIE

OVAM heeft een tweede reeks van 70 rapporten van verkennende bodemonderzoeken ter beschikking gesteld. Deze rapporten werden *ad random* door OVAM geselecteerd uit de uitgevoerde onderzoeken.

Van deze onderzoeken werd volgende informatie geïnventariseerd per onderzoekslocatie:

- PFAS-activiteit: PFAS-verdachte brand, brandweerkazerne, brandweeroefenterrein (of combinatie)
- grondwaterdiepte
- periode van activiteiten
- type verharding op locatie
- duurtijd van de activiteiten
- DAEB
- bodem op onderzoekslocatie werd al dan niet afgegraven
- grond en/of grondwater onderzocht

Aanvullend heeft OVAM een Excel-bestand ter beschikking gesteld (uit MISTRAL database) met de hoogste concentraties van individuele PFAS in respectievelijk het vaste deel van de aarde en het grondwater per onderzoekslocatie (afkomstig uit verschillende boringen/peilbuizen).

### 2.2 UITGANGSPUNTEN

Voor de evaluatie van trends werden dezelfde uitgangspunten & aannames gehanteerd als deze in deelrapport 1 (OVAM, 10/01/2022), meer bepaald:

- Verharding opgedeeld als: verhard / onverhard / deels (on)verhard
  - o Deels (on)verhard: oefenplaats op verharde ondergrond, maar bijvoorbeeld omgeven door gras (afwatering)
  - o Onverhard: volledig onverharde oefenzone
  - o Verhard: volledig verhard en omliggende zones ook verhard (vb. parking vooraan aan brandweerkazerne)
- Periode: voor en/of na 2011
  - o 2011 wordt vooropgesteld als datum van uitfasering van PFOS  
*Overeenkomstig Richtlijn 2006/122/EG 1 jo. Richtlijn 76/769/EEG 2 mocht vanaf 27 juni 2008 geen nieuwe PFOS-houdende blusschuimen meer op de markt worden gebracht of gebruikt. Enkel blusschuimen met PFOS-componenten die vóór 27 december 2006 (datum van inwerkingtreding van Richtlijn 2006/122/EG) op de markt werden gebracht, mochten nog tot 27 juni 2011 gebruikt worden indien deze uiterlijk op 27 december 2008 aan de Europese Commissie werden gemeld. Deze verplichting werd in het Belgische recht omgezet bij artikelen 3 en 4 van het Koninklijk besluit van 2 november 2007 tot wijziging van het Koninklijk besluit van 25 februari 1996 tot beperking van het op de markt brengen en van het gebruik van bepaalde gevaarlijke stoffen en preparaten. Zodoende dient te worden vastgesteld dat de uiterste datum waarop PFOS-houdende blusschuimen konden worden gebruikt - en, daarmee samenhangend, PFOS-verontreiniging kon worden veroorzaakt gesitueerd dient te worden op 27 juni 2011.*
- PFAS-concentraties voor het vaste deel van de aarde en het grondwater:
  - o Er werd enkel rekening gehouden met concentraties boven de detectielimiet (> DL)

- Concentraties onder de DL werden gelijkgesteld aan nul. Deze DL verschilt tussen verschillende labo's en binnen eenzelfde labo omwille van matrixstoringsen.
- De maximale concentraties per PFAS-parameter werden opgenomen (= aangeleverd Excel-bestand van OVAM). Deze maximale concentratie kan per PFAS-parameter afkomstig zijn uit verschillende boringen/peilbuizen.  
Voor het onderzoek naar trends in de PFAS-concentraties in functie van verschillende factoren (type verharding, type locatie...), zijn onder andere de gemiddeldes genomen van deze maximale concentraties van elke PFAS-parameter al dan niet in verschillende boringen/peilbuizen, dus de gemiddeldes hiervan moeten voorzichtig geïnterpreteerd worden.
- Voor het berekenen van het gemiddelde van de maximale concentraties per dossier is er onderscheid gemaakt tussen:
  - medium niet onderzocht en concentratie in medium kleiner dan detectielimiet
    - medium niet onderzocht: vb. bij grondwaterstand dieper dan 5 meter werd in een aantal onderzoeken het grondwater niet onderzocht. In dat geval werd het dossier niet meegenomen in de berekening van het gemiddelde van de maximale concentraties voor dat medium.
    - concentraties onder detectielimiet: deze krijgen een concentratie gelijk aan 0 en deze 0 µg/kg ds of 0 ng/l wordt wel meegerekend in de gemiddelde concentratie.
  - bodem afgegraven en niet afgegraven:
    - indien in het verkennend bodemonderzoek vermeld wordt dat de bodem is afgegraven alvorens het bodemonderzoek plaatsvond, zijn de concentraties gemeten in de bodem uit dat rapport niet meegenomen bij de berekening van het gemiddelde over alle rapporten.
- Som PFAS is steeds de som van kwantitatieve en indicatieve PFAS cfr. de bij staalname van toepassing zijnde CMA/WAC. Het PFAS-analysepakket werd meerdere keren aangepast in de periode 2020-2022, bijgevolg kan het geanalyseerde PFAS-pakket variëren in de database en is dus vooral een vergelijking in grootteorde mogelijk.

## 3 EVALUATIE

### 3.1 INVENTARISATIE ALGEMEEN

#### 3.1.1 Aantal dossiers en type activiteit

In de beschikbaar gestelde dossiers kan onderscheid gemaakt worden tussen volgende PFAS-verdachte locaties:

- PFAS-verdachte brand
- brandweerkazerne
- brandweer oefenplaats gelegen op brandweerkazerne
- brandweer oefenplaats (zonder kazerne)
- brandweer opslagplaats

Tabel 1 geeft overzicht van het aantal onderzoeken per type activiteit. De dossiers werden *ad random* geslecteerd.

Tabel 1: Aantal rapporten beschikbaar per type activiteit (voorliggend rapport)

	Aantal onderzoeken
brand	11
brandweerkazerne	6
oefenplaats gelegen op brandweerkazerne	34
brandweer oefenplaats	17
brandblusschuim opslagplaats	2
<b>Totaal aantal dossiers</b>	<b>70</b>

In totaal werden 70 dossiers geëvalueerd, waarbij in 8 dossiers noch het vaste deel van de aarde noch het grondwater onderzocht werden. In de niet onderzochte dossiers werd op basis van visuele inspectie besloten dat de kans op PFAS verontreiniging klein was waardoor besloten werd geen stalen te nemen (bv. opslag van blusschuim op verharding).

Van de resterende 62 dossiers werd het **vaste deel van de aarde** onderzocht in **62 dossiers**, en werd in **58 dossiers** het **grondwater** onderzocht.

### 3.1.2 DAEB (duidelijke aanwijzing van een ernstige bodemverontreiniging)

In Tabel 2 wordt het aantal rapporten met DAEB in de vaste deel van de aarde en het grondwater weergegeven.

Tabel 2: Aantal rapporten met DAEB in vaste deel van de aarde en grondwater

Wel of geen DAEB	Aantal rapporten in vaste deel van aarde (totaal aantal= 62)	% dossiers	Aantal rapporten in grondwater (totaal aantal= 58)	% dossiers
DAEB	24	39%	45	78%
Geen DAEB	38	61%	13	22%

Van de 38 rapporten waar geen DAEB werd besloten voor het vaste deel van de aarde:

- is er in 23 rapporten wel een DAEB grondwater
- is er in 13 rapporten ook geen DAEB grondwater besloten
- werd in 2 rapporten geen grondwater onderzocht dus is er geen uitspraak over DAEB grondwater beschikbaar

Van de 13 rapporten waar geen DAEB werd besloten voor het grondwater:

- is er in 13 rapporten ook geen DAEB voor het vaste deel van de aarde besloten

#### Algemene interpretatie DAEB:

Er zijn minder dossiers waar DAEB besloten werd in het vaste deel van de aarde dan dossiers waar DAEB besloten werd in het grondwater. In 78% van dossiers wordt een DAEB grondwater besloten terwijl er slechts in 39% van de dossiers een DAEB voor het vaste deel van de aarde wordt besloten. Eenzelfde percentage DAEB grondwater (85%) en DAEB voor het vaste deel van de aarde werd vastgesteld in de eerste reeks verkennende bodemonderzoeken (deelrapport 1, OVAM, 01/2022). Bijgevolg is het belangrijk om steeds beide media in een beschrijvend bodemonderzoek verder te onderzoeken wanneer er sprake is van DAEB voor één van beide media.

In Tabel 3 wordt het aantal rapporten met DAEB in het vaste deel van de aarde en het grondwater weergegeven per type activiteit.

Tabel 3: Aantal en percentage rapporten met DAEB in vaste deel van de aarde en grondwater per type activiteit (voorliggend rapport)

Activiteit	Aantal rapporten met DAEB in vaste deel van de aarde	Totaal aantal rapporten vaste deel van de aarde (62)	% rapporten met DAEB in vaste deel van de aarde	Aantal rapporten met DAEB in grondwater	Totaal aantal rapporten grondwater (58)	% rapporten met DAEB in grondwater
brand	1	10	10%	8	9	89%
brandweerkazerne	1	2	50%	1	2	50%
brandweer kazerne + oefenplaats	18	34	53%	27	32	84%
brandweer oefenplaats (niet op locatie van kazerne)	4	15	27%	8	14	57%
Brandblusschuim opslagplaats	1	1	0%	1	1	100%

### Interpretatie DAEB op verschillende locaties:

De hoogste percentages van DAEB komen voor bij brandweerkazernes met oefenplaats, vermoedelijk als gevolg van de hogere frequentie van het gebruik van blusschuim en dus ook grotere hoeveelheden gebruikt schuim. Ook bij eenmalige branden komt een hoog percentage van DAEB in grondwater voor. Bij branden is echter het verschil tussen het percentage DAEB voor vaste deel van de aarde (19%) opvallend lager dan het % DAEB voor het grondwater (91%). Een mogelijke hypothese hiervan kan zijn dat de exacte locatie waar een belangrijk aandeel aan schuim in de bodem is geïnfilteerd moeilijk te localiseren is in een verkennend onderzoek en dus (nog) niet bemonsterd werd.

De DAEB grondwater bij de brandblus- opslagplaats komt van een locatie waarbij vermeld werd dat de locatie als opslagplaats diende en vermoedelijk niet als oefenplaats door de kleine oppervlakte van de ruimte. Mogelijk is deze locatie dus niet enkel als opslagplaats gebruikt.

Deze trends bevestigen ook de evaluatie van de eerst reeks verkennende bodemonderzoeken (deelrapport 1 dd 10/01/2022). Tabel 4 geeft een overzicht van alle geëvalueerde dossiers van deelrapport 1 en van voorliggend rapport samen. In totaal betreft dit 121 rapporten waar vaste deel van de aarde werd onderzocht en 113 rapporten waar grondwater werd onderzocht.

Tabel 4: Aantal en percentage rapporten met DAEB in vaste deel van de aarde en grondwater per type activiteit (alle rapporten= deelrapport 1+ voorliggend rapport)

Activiteit	Aantal rapporten met DAEB in vaste deel van de aarde	Totaal aantal rapporten in vaste deel van de aarde (59+62)	% rapporten met DAEB in vaste deel van de aarde	Aantal rapporten met DAEB in grondwater	Totaal aantal rapporten grondwater (55+58)	% rapporten met DAEB in grondwater
brand	4	21	19%	21	23	91%
brandweerkazerne	3	6	50%	5	7	71%
brandweer kazerne + oefenplaats	32	64	50%	49	55	89%
brandweer oefenplaats (niet op locatie van kazerne)	8	27	30%	14	25	56%
Brandblusschuim-opslagplaats	1	2	50%	2	2	100%

### 3.1.3 Inventarisatie van PFAS-parameters in vaste deel van de aarde en grondwater

Tabel 5 omvat volgende informatie:

- de gemiddeldes van de maximale concentraties van de PFAS-parameters over alle rapporten in vaste deel van de aarde en grondwater.
- het aantal rapporten waarin de gemeten maximale concentratie van de PFAS-parameters boven een indicatief gekozen waarde van 3 µg/kg ds voor elke parameter ligt in het vaste deel van de aarde en boven 100 ng/l voor elke parameter ligt in het grondwater. *Deze gekozen waarden zijn indicatief gekozen om inzicht te krijgen in trends en grootteordes en zijn dus geen officiële toetsingswaarde voor elk van deze parameters.*
- de grootste maximale concentratie per PFAS-parameter gegeven

Door de concentraties gemeten in het vaste deel van de aarde en het grondwater naast elkaar te leggen, kan een eerste indicatie verkregen worden van de meest aanwezige parameters, alsook de parameters die weinig voorkomen.

Tabel 5 omvat de 2 meetreeksen, deze van deelrapport 1 werden overgenomen (linkse deel van de tabel) en deze van voorliggend rapport werden in de rechterkolommen toegevoegd naar analogie met deelrapport 1.

Tabel 5: Gemiddelde van de maximale concentraties van elke PFAS-parameter doorheen alle rapporten, aantal rapporten met gemeten maximale concentratie hoger dan gekozen waarde, aantal rapporten met gemeten maximale concentratie boven DL en hoogste waarde van de maximaal gemeten concentraties per PFAS-parameter.

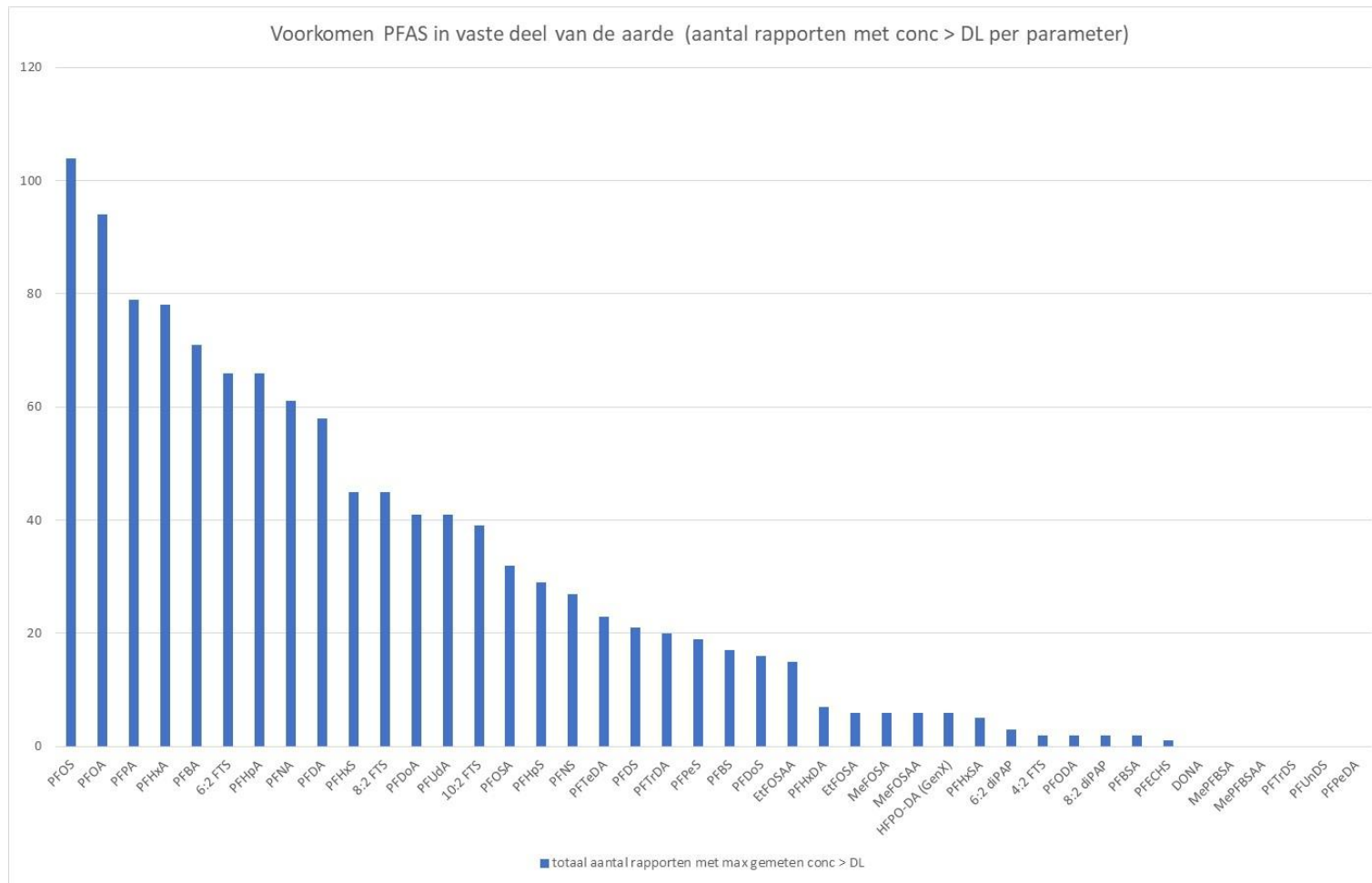
PFAS-parameters	deelrapport 1 (01/2022)								dossiers deel 2- voorliggend rapport							
	Gem. van max gemeten conc.'s per rapport (µg/kg ds)	Aantal rapporten met max gemeten conc. > DL	Aantal rapporten met max gemeten conc. > 3 µg/kg ds	Hoogste waarde van max gemeten conc.'s (µg/kg ds)	Gem. van max gemeten conc.'s per rapport (ng/l)	Aantal rapporten met max gemeten conc. > DL	Aantal rapporten met max gemeten conc. > 100 ng/l	Hoogste waarde van max gemeten conc.'s (ng/l)	Gem. van max gemeten conc.'s per rapport (µg/kg ds)	Aantal rapporten met max gemeten conc. > DL	Aantal rapporten met max gemeten conc. > 3 µg/kg ds	Hoogste waarde van max gemeten conc.'s (µg/kg ds)	Gem. van max gemeten conc.'s per rapport (ng/l)	Aantal rapporten met max gemeten conc. > DL	Aantal rapporten met max gemeten conc. > 100 ng/l	Hoogste waarde van max gemeten conc.'s (ng/l)
<b>PFOS</b>	405,38	57	37	5.700,00	6.717,75	50	22	70.000,00	92,34	47	24	1900	3775,24	41	15	130000
<b>PFHxS</b>	7,98	26	18	140	10.192,80	41	22	390.000,00	10,9	19	7	82	2707,98	43	16	92000
<b>PFOA</b>	2,81	51	13	44,6	901,84	52	22	8.900,00	13,38	43	7	510	489,2	50	19	12000
<b>PFNA</b>	1,43	32	11	10,1	52,94	28	7	800	1,7	29	6	7,2	36,58	20	3	210
<b>PFPA</b>	7,87	40	27	59	1.659,41	48	36	140.000,00	4,9	39	18	59	3778,63	51	35	49000
<b>PFBS</b>	0,25	9	2	4,3	1.525,16	47	15	36.000,00	0,39	8	0	0,7	179,94	49	10	4700
<b>PFBA</b>	1,59	35	12	10	5.025,90	47	30	38.000,00	1,93	36	5	16	722,22	51	28	7500
<b>PFHxA</b>	7,46	42	23	140	4.417,60	49	35	85.300,00	12	36	10	310	3058,67	51	33	44000
<b>PFNS</b>	4,03	20	14	47	4,25	8	0	70,5	7,01	7	3	37	<DL	0	0	<DL
<b>PFDS</b>	3,76	16	9	74,6	<DL	0	0	<DL	4,84	5	2	17	<DL	0	0	<DL
<b>PFDA</b>	2,33	35	10	34,1	6,25	17	1	110	2,02	23	7	11	8	10	0	53
<b>PFUdA</b>	2,31	27	11	35	3,84	9	0	92	0,98	14	0	2,2	8,33	3	0	17
<b>PFHpA</b>	2,15	33	12	17	567,99	47	30	12.200,00	3,88	33	4	75	734,82	49	23	7100
<b>PFHpS</b>	2,54	20	8	64	424,65	24	10	8.200,00	3,7	9	3	17	322,85	13	5	3000
<b>PFDoS</b>	2,04	12	7	51,7	<DL	0	0	<DL	1,73	4	1	4,1	2	1	0	2
<b>PFDoA</b>	2,17	26	9	79,2	0,16	1	0	9	1,72	15	2	9,2	4	2	0	5
<b>PFTrDA</b>	0,68	13	4	11,7	<DL	0	0	<DL	0,44	7	0	1,1	2	2	0	2
<b>PFPeS</b>	0,52	13	3	11	1.106,27	35	15	37.000,00	0,94	6	0	1,7	732,21	28	10	17000
<b>PFTrDS</b>									geen waarden beschikbaar	geen waarden beschikbaar	geen waarden beschikbaar	geen waarden beschikbaar	<DL	0	0	<DL
<b>PFUnDS</b>									geen waarden beschikbaar	geen waarden beschikbaar	geen waarden beschikbaar	geen waarden beschikbaar	<DL	0	0	<DL
<b>DONA</b>									<DL	0	0	<DL	<DL	0	0	<DL
<b>6:2 FTS</b>	49,1	38	26	820	24.563,62	38	27	470.000,00	97,42	28	16	1200	8795,37	41	23	81000
<b>8:2 FTS</b>	15,26	27	15	249	15,82	14	4	220	9,74	18	8	73	49,56	9	1	310
<b>10:2 FTS</b>	10,19	25	14	158	0,29	2	0	10	16,77	14	5	100	83,5	2	1	160
<b>PFOSA</b>	7,17	19	15	182	12,58	16	3	250	18,46	13	7	140	61,75	8	2	320
<b>EtFOSA</b>	3,57	2	2	118	<DL	0	0	<DL	0,95	4	0	2,2	<DL	0	0	<DL
<b>EtFOSAA</b>	2,45	6	3	96,8	28,05	5	1	1.530,00	3,28	9	2	19	16,4	5	0	41
<b>PFTeDA</b>	0,73	12	2	32,1	<DL	0	0	<DL	0,71	11	1	3,3	132,6	5	1	651
<b>HFPO-DA (GenX)</b>	0,58	6	1	32	2,24	9	0	62	<DL	0	0	<DL	27	3	0	58
<b>6:2 diPAP</b>	0,31	3	2	10	<DL	0	0	<DL	<DL	0	0	<DL	<DL	0	0	<DL
<b>PFHxDA</b>	0,15	6	1	7,69	0,51	1	0	28	1,3	1	0	1,3	3	1	0	3
<b>MeFOSA</b>	0,14	4	1	6,45	<DL	0	0	<DL	3,2	2	1	5	<DL	0	0	<DL
<b>MeFOSAA</b>	0,13	4	1	3,89	0,89	4	0	43	1,04	2	0	1,3	39,25	4	1	130
<b>8:2 diPAP</b>	0,01	2	0	0,6	1,75	5	0	90	<DL	0	0	<DL	<DL	0	0	<DL
<b>PFODA</b>	0,01	2	0	0,27	5,76	4	1	200	<DL	0	0	<DL	<DL	0	0	<DL
<b>4:2 FTS</b>	<DL	0	0	<DL	8,31	8	2	200	8,07	2	1	16	26,83	6	1	97
<b>PFECHS</b>	<DL	1	0	0,18	11,56	5	1	460	<DL	0	0	<DL	5,5	2	0	9
<b>PFBSA</b>									0,8	2	0	1,1	71,25	8	1	360
<b>PFHxSA</b>									13,26	5	4	48	118,43	7	3	350
<b>MePFBSA</b>									<DL	0	0	<DL	<DL	0	0	<DL
<b>MePFBSAA</b>									<DL	0	0	<DL	33	3	0	68
<b>PFPeDA</b>									geen waarden beschikbaar	geen waarden beschikbaar	geen waarden beschikbaar	geen waarden beschikbaar	29	1	0	29

**Legende:**

<p><i>Veel voorkomende parameters met duidelijke verhoogde concentraties in vaste deel van de aarde en/of in grondwater, zij worden hier indicatief gedefinieerd als parameters die aan volgende voorwaarden voldoen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>voorkomen in meer dan 25% van de rapporten (voor respectievelijk deelraport 1 en voorliggende rapport) voor boven 3 µg/kg ds in het vaste deel van de aarde of boven 100 ng/l in het grondwater én</i></li><li>- <i>het gemiddelde van de gemeten maximale concentraties van de parameters is &gt; 8 µg/kg ds in vaste deel van de aarde of &gt; 500 ng/l (grootteorde) in grondwater</i></li></ul> <p><i>De waarde van 3 µg/kg ds voor elke parameter in het vaste deel van de aarde en van 100 ng/l voor elke parameter in het grondwater is een indicatief gekozen waarde. Deze gekozen waarden zijn indicatief gekozen om inzicht te krijgen in trends en grootteordes en zijn dus geen officiële toetsingswaarde voor elk van deze parameters.</i></p>
<p><i>Parameters die zelden voorkomen, zij worden hier indicatief gedefinieerd als parameters die aan volgende voorwaarden voldoen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <i>voorkomen in minder dan 10 rapporten (voor respectievelijk deelraport 1 en voorliggende rapport) boven de DL én</i></li><li>- <i>het gemiddelde van de gemeten maximale concentraties van de parameters is &lt; 1 µg/kg ds in het vaste deel van de aarde of &lt; 10 ng/l in het grondwater</i></li></ul>
<p><i>Parameters die behoren tot EFSA-4 (PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS)</i></p>
<p><b>Parameters die behoren tot 20 EU DWRL</b> <i>Cursief gedrukte parameters zijn nieuw opgenomen sinds vorig rapport (dd 10/01/2022)</i></p>

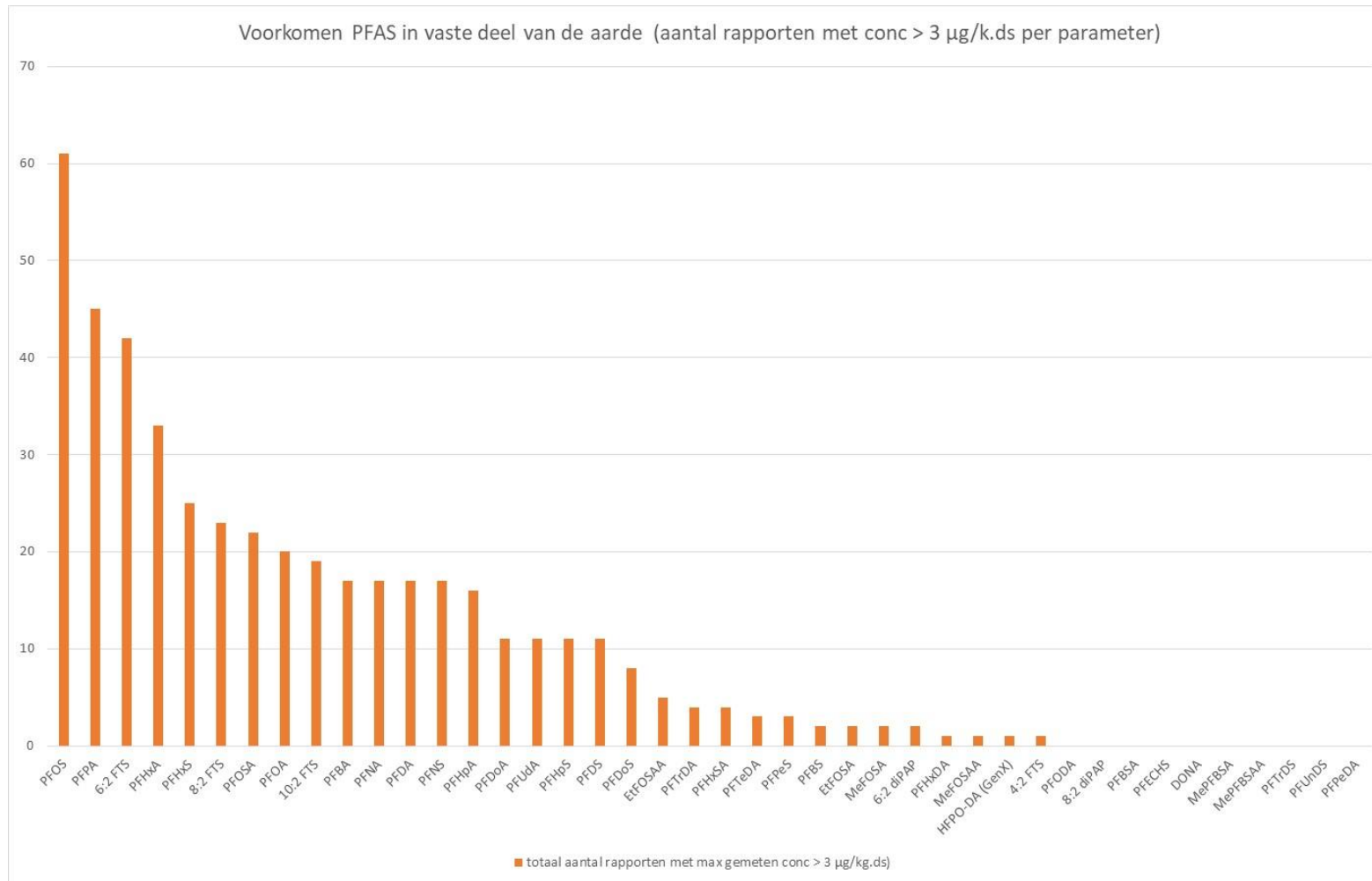


Figuur 1 geeft een overzicht van totaal aantal rapporten (= deelrapport 1 + voorliggend rapport) waarbij de detectielimiet wordt overschreden in het vaste deel van de aarde en dit per PFAS parameter (n=114).



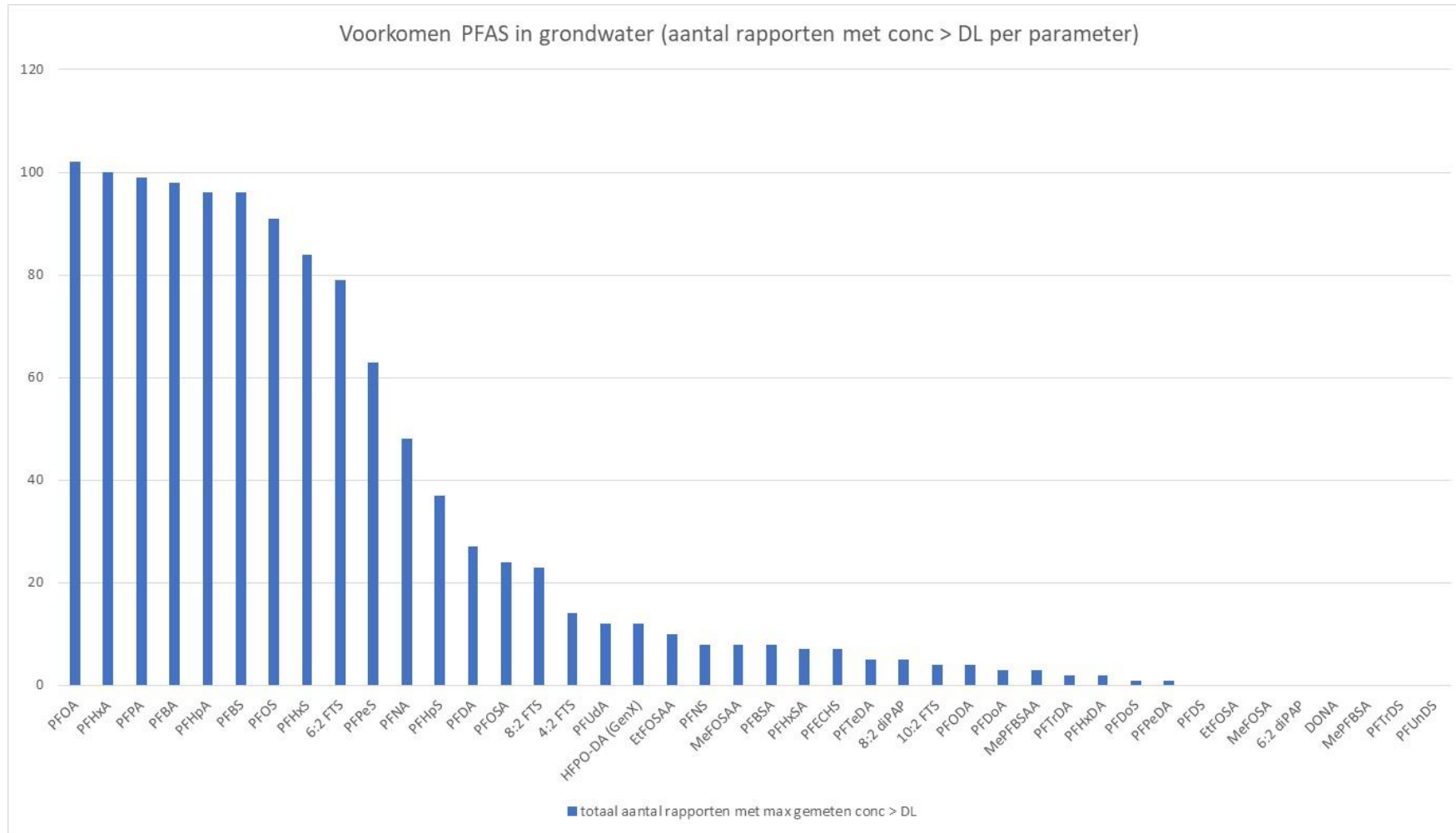
Figuur 1: Overzicht van totaal aantal rapporten (=deelrapport 1 + voorliggend rapport) waarbij de detectielimiet in het vaste deel van de aarde wordt overschreden, gerangschikt per parameter.

Figuur 2 geeft een overzicht van totaal aantal rapporten (= deelrapport 1 + voorliggend rapport) waarbij 3 µg/kg ds wordt overschreden in het vaste deel van de aarde en dit per PFAS parameter (n=114). Deze gekozen waarde van 3 µg/kg.ds is indicatief gekozen om inzicht te krijgen in de parameters die het meest voorkomen boven deze indicatieve waarde.



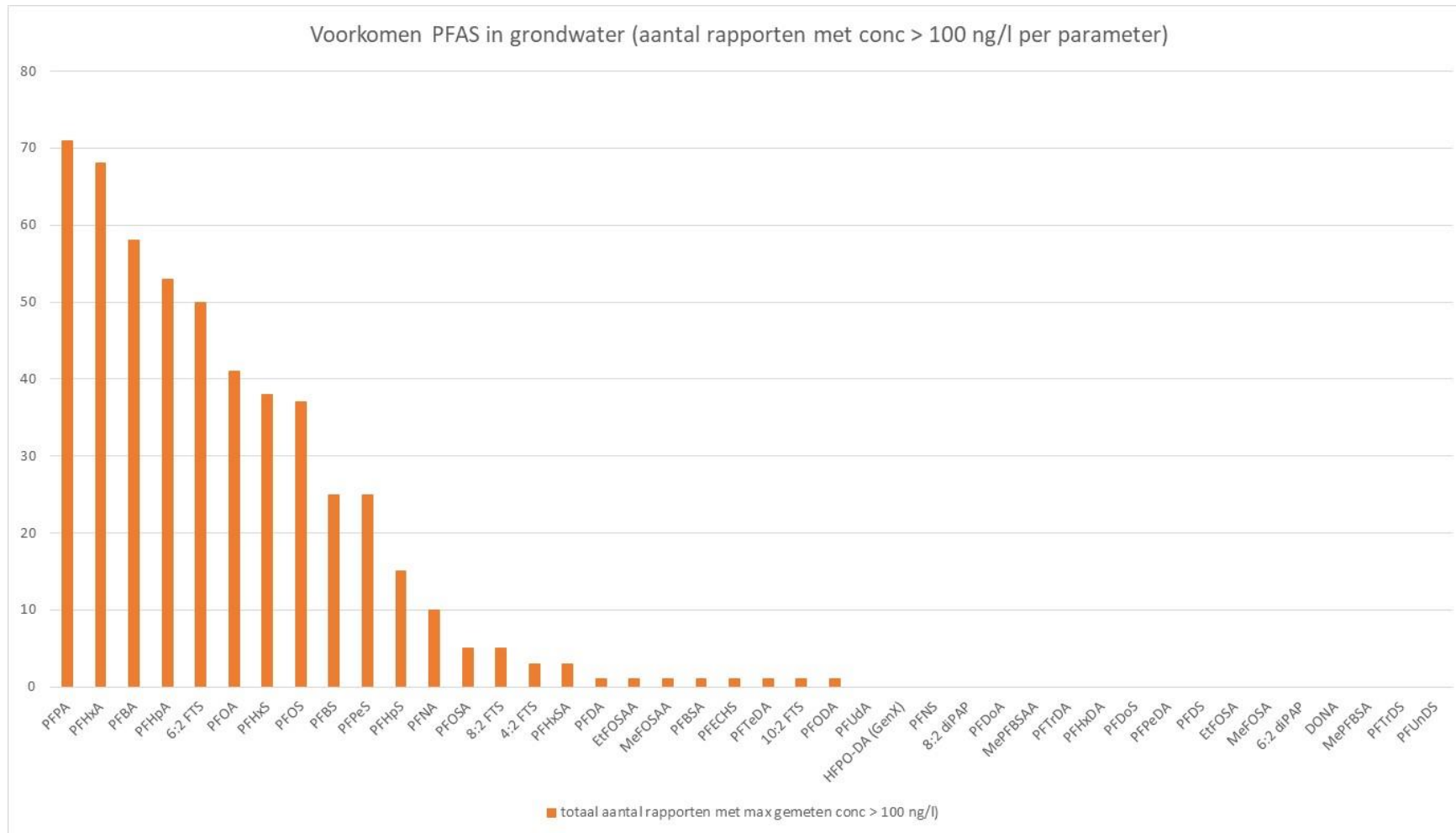
Figuur 2: Overzicht van totaal aantal rapporten (=deelrapport 1 + voorliggend rapport) waarbij de indicatieve waarde van 3 µg/kg ds wordt overschreden gerangschikt per parameter.

Figuur 3 geeft een overzicht van totaal aantal rapporten (= deelrapport 1 + voorliggend rapport) waarbij de detectielimiet wordt overschreden in het grondwater per PFAS parameter (n=120).



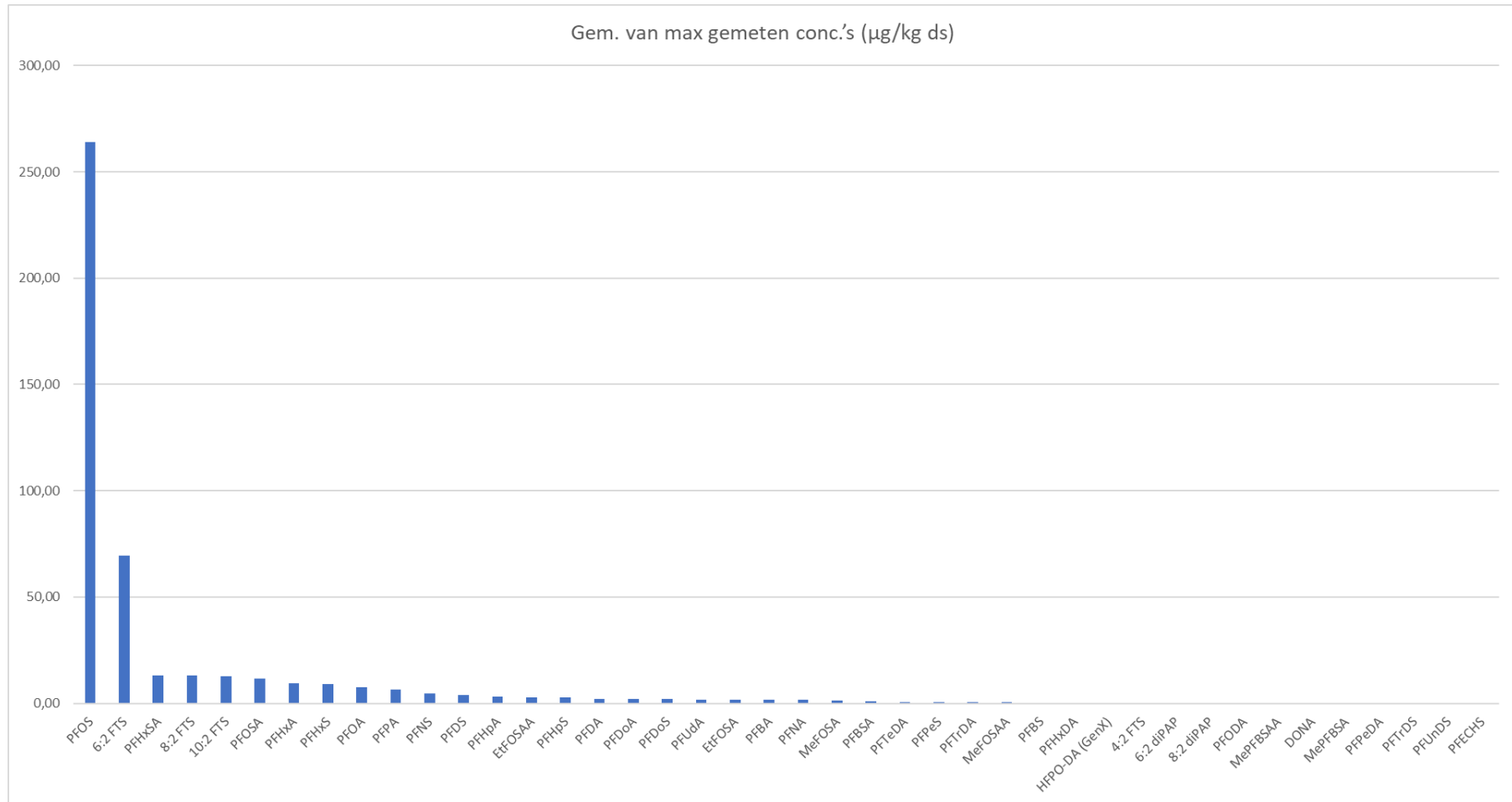
Figuur 3: Overzicht van totaal aantal rapporten (=deelrapport 1 + voorliggend rapport) waarbij de detectielimiet in het grondwater wordt overschreden gerangschikt per parameter.

Figuur 4 geeft een overzicht van totaal aantal rapporten (= deelrapport 1 + voorliggend rapport) waarbij 100 ng/l wordt overschreden in het grondwater per PFAS parameter (n=120). Deze gekozen waarde van 100 ng/l is indicatief gekozen om inzicht te krijgen in de parameters die het meest voorkomen boven deze indicatieve waarde.



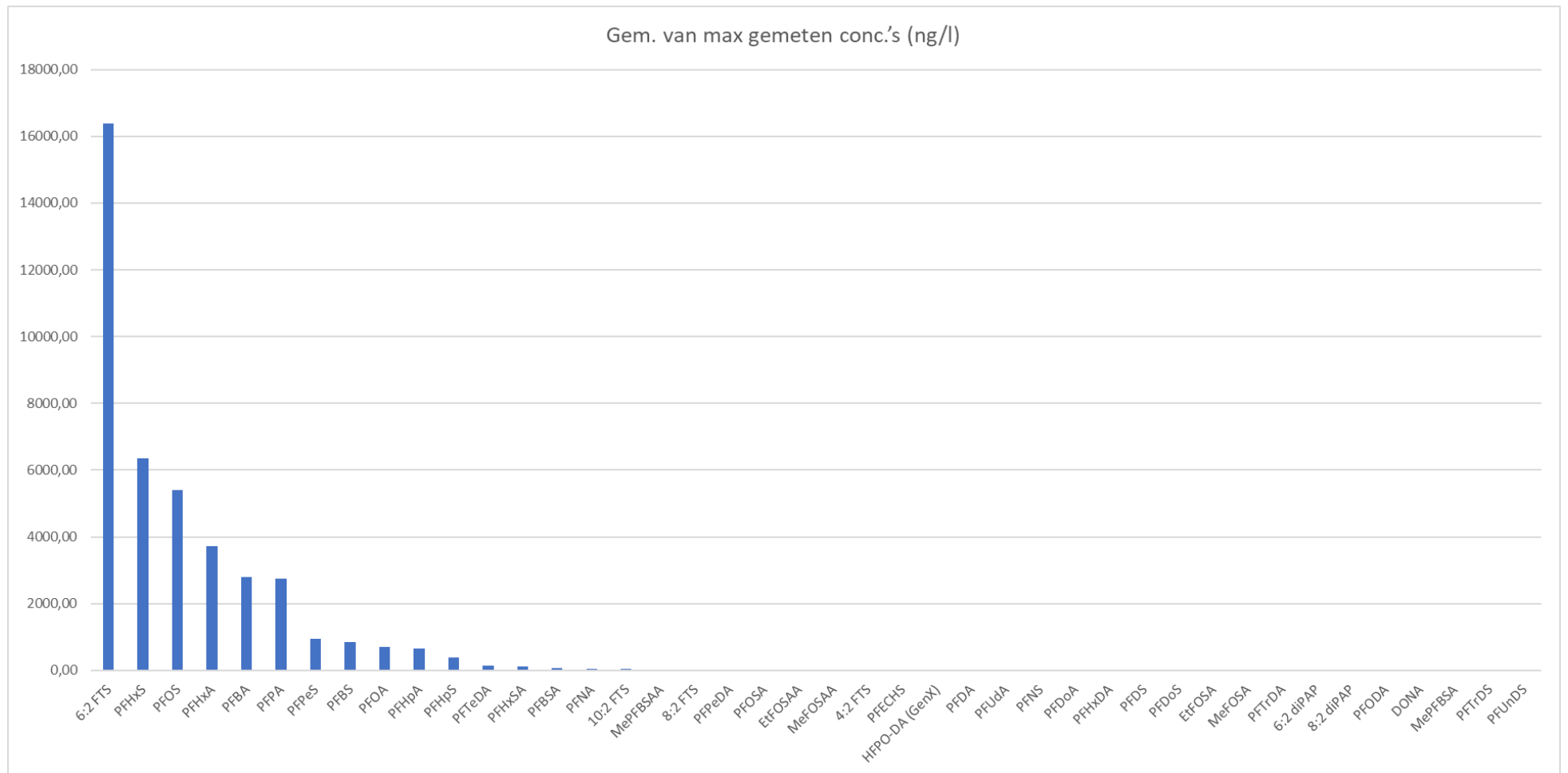
Figuur 4: Overzicht van totaal aantal rapporten (deelrapport 1 + voorliggend rapport) waarbij 100 ng/l wordt overschreden gerangschikt per parameter.

Figuur 5 geeft een overzicht van gemiddelde concentratie van de maximaal gemeten concentraties, per parameter, voor het vaste deel van de aarde in afnemende gemiddelde concentratie (n=114)



Figuur 5: Overzicht van gemiddelde concentratie per parameter in het vaste deel van de aarde voor totaal aantal rapporten (= alle rapporten = deelrapport 1 + voorliggend rapport)

Figuur 6 geeft een overzicht van gemiddelde concentratie van de maximaal gemeten concentraties, per parameter, voor het grondwater in afnemende concentratie (n=120)



Figuur 6: Overzicht van gemiddelde concentratie per parameter in het grondwater voor totaal aantal rapporten (= alle rapporten = deelrapport 1 + voorliggend rapport)

### **Veel voorkomende parameters met duidelijk verhoogde concentraties in het vaste deel van de aarde**

Op basis van tabel 5 , figuur 2 en figuur 5 definiëren we een aantal parameters die “**veel voorkomen met duidelijk verhoogde concentratie in het vaste deel van de aarde**” op basis van volgende indicatieve criteria:

- parameters die in het vaste deel van de aarde voorkomen in meer dan 20 rapporten met concentraties boven de indicatieve waarde van 3 µg/kg.ds per parameter (figuur 2) én
- parameters die in top 10 liggen obv gemiddelde concentratie van alle rapporten (figuur 5)

We beschouwen hierbij zowel de resultaten van deelrapport 1 als voorliggende resultaten.

Tabel 6 geeft de veel voorkomende parameters met duidelijk verhoogde concentraties in het vaste deel van de aarde weer. Aanvullend wordt aangegeven of deze parameter behoort tot de 4 PFAS van EFSA.

Tabel 6: Veel voorkomende parameters met duidelijke verhoogde concentraties in het vaste deel van de aarde

<b>Veel voorkomende PFAS parameters in vaste deel van de aarde</b>	<b>Parameter behoort tot EFSA-4</b>
PFOS	x
6:2 FTS	
PFHxSA (1)	
8:2 FTS	
PFOSA	
PFHxA	
PFHxS	x
PFOA	x
PFPA	

(1) deze parameter komt voor in hoge gemiddelde concentraties (top 10, figuur 5) maar komt niet voor in meer dan 20 rapporten gezien deze parameter pas recent mee in analysepakket zit.

### **Veel voorkomende parameters met duidelijk verhoogde concentraties in het grondwater**

Op basis van tabel 5 , figuur 4 en figuur 6 definiëren we een aantal parameters die “**veel voorkomen met duidelijk verhoogde concentratie in het grondwater**” op basis van volgende indicatieve criteria:

- parameters die in het grondwater voorkomen in meer dan 20 rapporten met concentraties boven de indicatieve waarde 100 ng/l per parameter (figuur 4) én
- parameters die in top 10 liggen obv gemiddelde concentratie van alle rapporten (figuur 6)

We beschouwen hierbij zowel de resultaten van deelrapport 1 als voorliggende resultaten.

Tabel 7 geeft de parameters weer die in het grondwater veel voorkomen met duidelijk verhoogde concentraties in het grondwater weer. Aanvullend wordt aangegeven of deze parameter behoort tot de EU 20 DWRL en/of tot de 4 PFAS van EFSA.

Tabel 7: Veel voorkomende parameters met duidelijke verhoogde concentraties in grondwater

<b>Veel voorkomende parameters in grondwater</b>	<b>Parameter behoort tot EU 20 DWRL</b>	<b>Parameter behoort tot EFSA-4</b>
PFOS	x	x
PFHxS	x	x
6:2 FTS		
PFPA	x	
PFBA	x	
PFHxA	x	
PFHpA	x	
PFOA	x	x
PFPeS	x	
PFBS	x	



## Zelden voorkomende parameters in vaste deel van de aarde

Op basis van tabel 5 , figuur 1 en figuur 5 definiëren we een aantal parameters die “**zelden voorkomen met zelden verhoogde concentraties in het vaste deel van de aarde**” op basis van volgende indicatieve criteria:

- parameters die in het vaste deel van de aarde voorkomen in minder dan 10 rapporten (minder dan 10% van de rapporten) met met een kwantificeerbare concentratie (groter dan de DL)
- parameters die gemiddelde concentratie van maximale concentratie lager of grootte-orde 1 µg/kg.ds hebben obv alle geëvalueerde dossiers (figuur 5)

We beschouwen hierbij zowel de resultaten van deelrapport 1 als voorliggende resultaten.

Tabel 8 geeft de zelden voorkomende parameters met zelden verhoogde concentraties in het vaste deel van de aarde weer. Geen van deze parameters behoort tot de 4 PFAS van EFSA.

Tabel 8: Zelden voorkomende parameters met zelden verhoogde concentraties in vaste deel van de aarde

Zelden voorkomende PFAS parameters in vaste deel van de aarde
PFECHS
6:2 diPAP
8:2 diPAP
PFODA
4:2 FTS
HFPO-DA (GenX)
PFHxDA
MeFOSA
MeFOSAA
MePFBSA (1)
MePFBSAA (1)
DONA (1)
PFBSA (1)

(1) *deze parameters zijn slechts recent aan het analysepakket toegevoegd – dus zeer indicatief te beoordelen op basis van beperkte dataset*

### Zelden voorkomende parameters in het grondwater

Op basis van tabel 5 , figuur 3 en figuur 6 definiëren we een aantal parameters die “zelden voorkomen met zelden verhoogde concentraties in het grondwater” op basis van volgende indicatieve criteria:

- parameters die in het grondwater voorkomen in minder dan 10 rapporten (minder dan 5% van de rapporten) met een kwantificeerbare concentratie (groter dan de DL) én
- parameters waarbij de gemiddelde concentratie van de maximale concentraties van de dossiers lager zijn dan of grootte-orde 20 ng/l (indicatief gekozen waarde) hebben (figuur 6)

We beschouwen hierbij zowel de resultaten van deelrapport 1 als voorliggende resultaten.

Tabel 9 geeft de parameters weer die in het grondwater zelden voorkomen met zelden verhoogde concentraties. In de kolommen wordt aangegeven of de parameter al dan niet behoort tot de EU 20 DWRL, of de EFSA-4. In **vet** wordt aangeduid als de parameter in geen enkel dossier een concentratie van 20 ng/l overschrijdt.

Tabel 9: Zelden voorkomende parameters met zelden verhoogde concentraties in grondwater

Zelden voorkomende PFAS parameters in het grondwater	Parameter behoort tot EFSA 4	Parameter behoort tot EU 20 DWRL
PFNS		X
<b>PFDS</b>		X
PFUdA		X
<b>PFDoA</b>		X
<b>PFDoS</b>		X
<b>PFTTrDA</b>		X
<b><i>PFTrDS (1)</i></b>		X
<b><i>PFUnDS (1)</i></b>		X
PFDA		X
PFHxDA		
<b>6:2 diPAP</b>		
8:2 diPAP		
HFPO-DA (GenX)		
<b>EtFOSA</b>		
<b>MeFOSA</b>		
PFECHS		
PFODA		
4:2 FTS		
<b><i>DONA (1)</i></b>		
<b><i>MePFBSA (1)</i></b>		

(1) *deze parameters zijn slechts recent aan het analysepakket toegevoegd – dus zeer indicatief te beoordelen op basis van beperkte dataset*

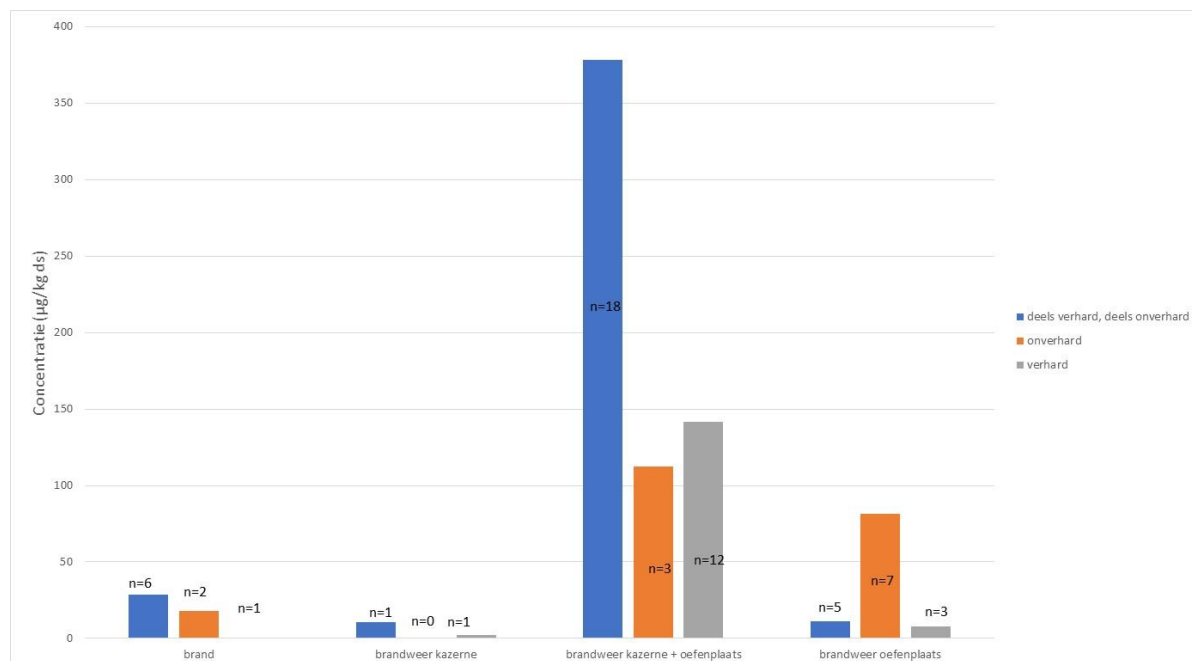
## 3.2 EFFECTEN

### 3.2.1 Type activiteit + verharding

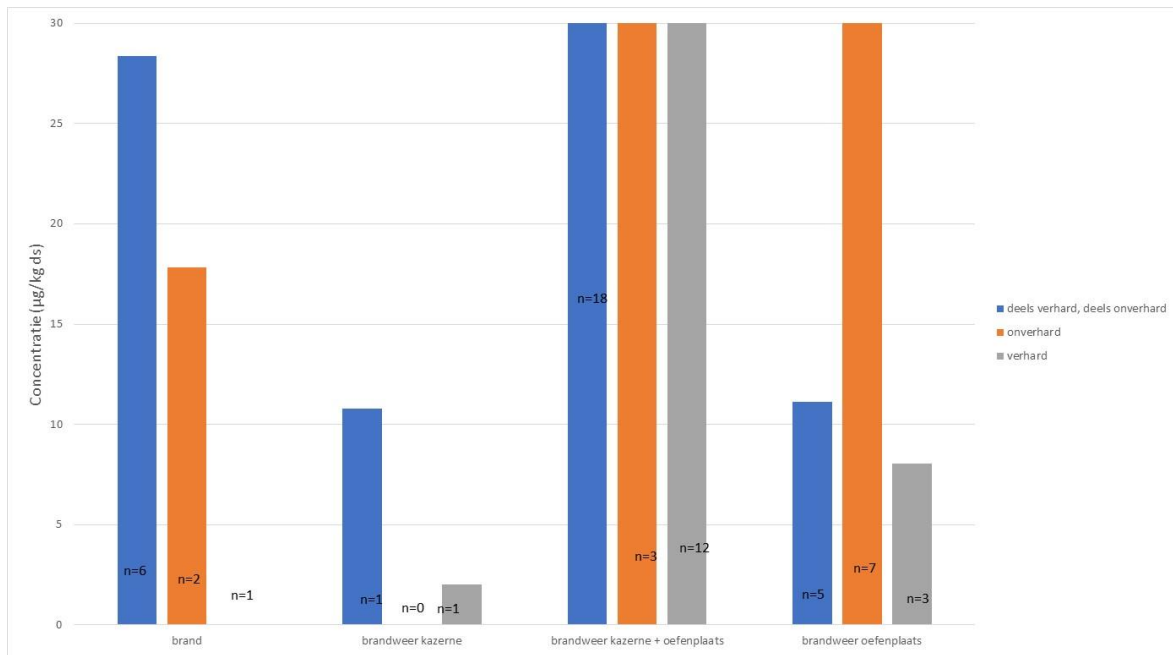
Om het effect van type activiteit waar blusschuim ingezet werd en het effect van verharding te kunnen inschatten, werd als volgt een onderscheid gemaakt in verschillende categorieën:

- Type activiteit:
  - o Branden – het betreffen steeds eenmalige bluswerken, industriële branden of het afbranden van een huis
  - o Brandweerkazerne: dit zijn brandweerkazernes waar volgens de voorstudie geen oefenplaats aanwezig is
  - o Brandweerkazerne met oefenplaats: dit zijn brandweerkazernes waar op dezelfde locatie ook een oefenterrein aanwezig is
  - o Brandweeroefenterreinen: dit zijn locaties die niet gelegen zijn aan een kazerne, soms ook tijdelijke oefenterreinen
- Verharding
  - o Verhard: dit zijn terreinen waar de oefenplaats volledig verhard is en rondom de oefenplaats volledige verharding aanwezig is, bijvoorbeeld parking aan de kazerne
  - o Deels (on)verhard: dit zijn oefenplaatsen waar de oefenplaats zelf verhard is maar waar rondom een groenzone aanwezig is
  - o Onverhard: dit zijn volledig onverharde plaatsen (gras) waar al het schuim rechtstreeks de grond kan infiltreren.

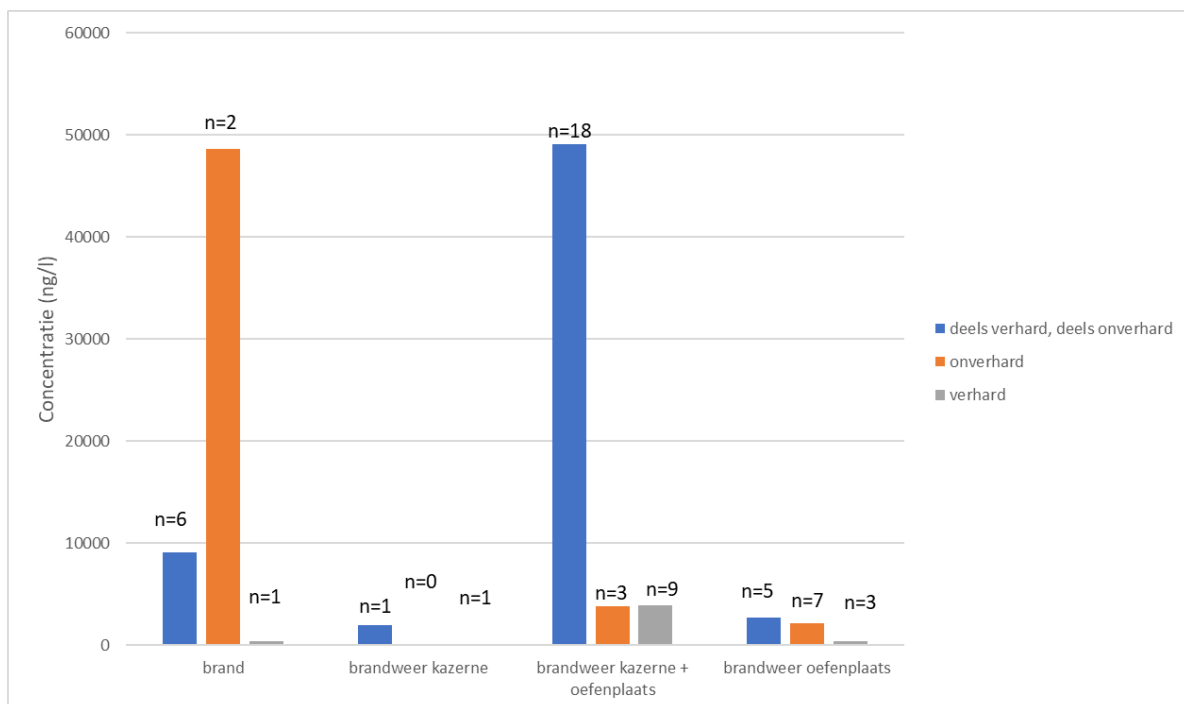
Op Figuur 7a en 7b (Y-as schaal ingezoomd) en Figuur 8a en 8b (Y-as ingezoomd) is het gemiddelde van de maximale concentraties van som PFAS in respectievelijk 62 rapporten in vaste deel van de aarde ( $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ ) en 58 rapporten in grondwater ( $\text{ng}/\text{l}$ ) weergegeven **in functie van activiteit en type verharding**.



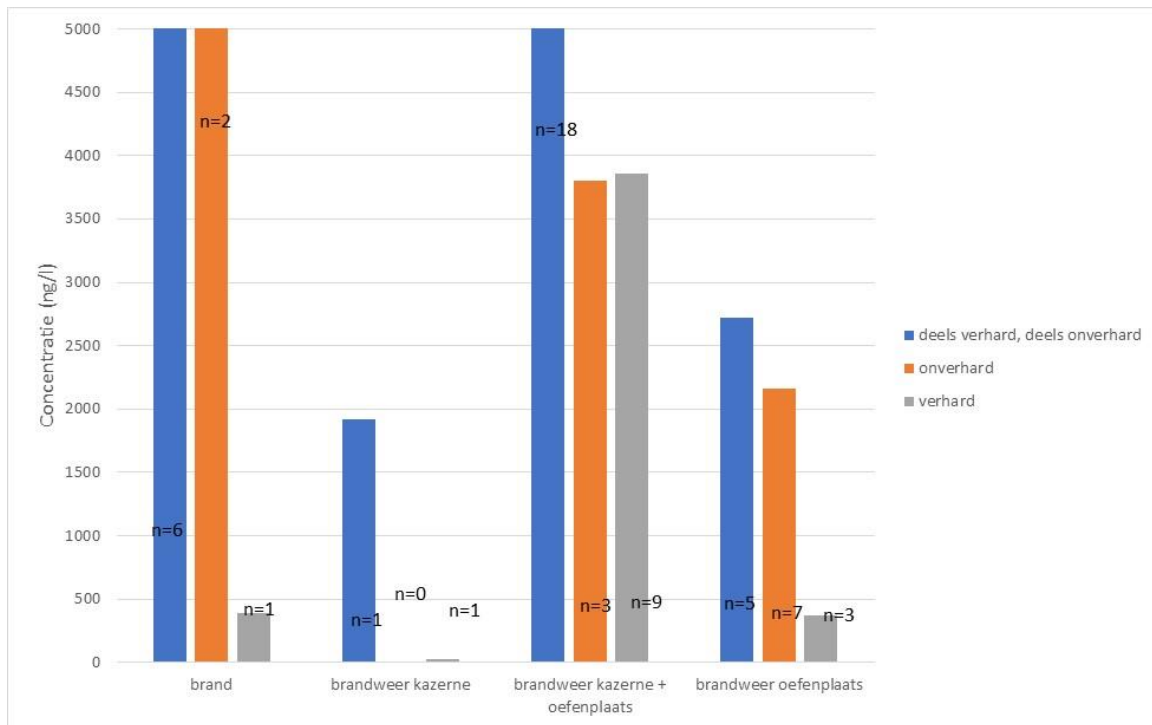
Figuur 7 (a): Gemiddelde van de maximale concentraties van som PFAS in het vaste deel van de aarde ( $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ ) in functie van activiteit (brand, brandweerkazerne, brandweerkazerne + oefenplaats of brandweeroefenplaats) en type verharding (deels (on)verhard, onverhard, verhard) met n = aantal rapporten.



Figuur 7 (b) – (Y-as schaal ingezoomd): Gemiddelde van de maximale concentraties van som PFAS in het vaste deel van de aarde ( $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ ) in functie van activiteit (brand, brandweerkazerne, brandweerkazerne + oefenplaats of brandweeroefenplaats) en type verharding (deels (on)verhard, onverhard, verhard) met n = aantal rapporten.



Figuur 8 a: Gemiddelde van de maximale concentraties van som PFAS in het grondwater (ng/l) in functie van activiteit (brand, brandweerkazerne, brandweerkazerne + oefenplaats of brandweeroefenplaats) en type verharding (deels (on)verhard, onverhard, verhard) met n = aantal rapporten.



Figuur 8 (b) (Y-as schaal ingezoomd) : Gemiddelde van de maximale concentraties van som PFAS in het grondwater (ng/l) in functie van activiteit (brand, brandweerkazerne, brandweerkazerne + oefenplaats of brandweer oefenplaats) en type verharding (deels (on)verhard, onverhard, verhard) met n = aantal rapporten.

#### Interpretatie type verharding en brandweer activiteit:

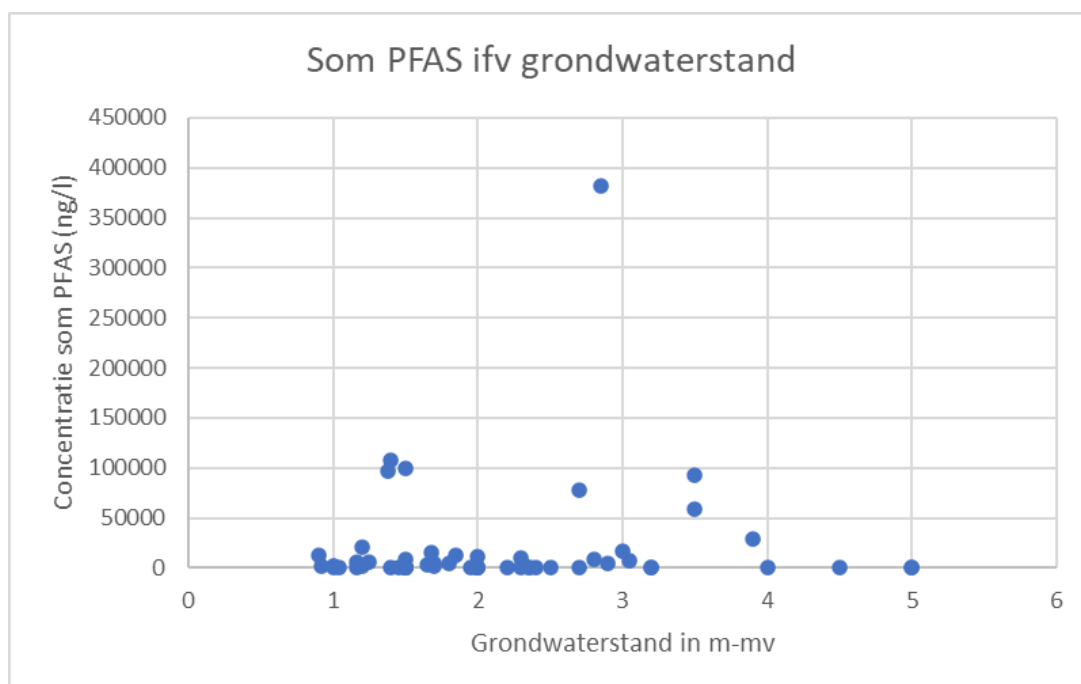
- De concentraties bij een brandweer oefenplaats op een locatie waar geen kazerne aanwezig is en op brandweerkazerne, liggen lager dan de concentraties op locaties met brandweerkazerne met oefenplaats. Op oefenterreinen gelegen op dezelfde locatie als een kazerne wordt vermoedelijk meer frequent gebruik gemaakt van het brandblusschuim waardoor de concentraties som PFAS hoger zijn. Dit geldt zowel in het vaste deel van de aarde als in het grondwater. Deze trend komt overeen met deelrapport 1.
- Er is een grote variatie op de concentraties van de verschillende types verhardingen. De concentraties som PFAS op locaties met (deels) onverharde ondergrond (blauw) zijn gemiddeld hoger zowel in het vaste deel van de aarde als het grondwater dan de verharde zones. De concentraties op verharde en onverharde ondergrond zijn in het vaste deel van de aarde en grondwater in zelfde grootteorde bij brandweerkazerne met oefenplaats (in tegenstelling tot deelrapport 1 waarbij op sites met volledige verharde oefenzones lagere gehalten PFAS werden vastgesteld). Op brandweer oefenplaats zonder kazerne worden wel hoger concentraties vastgesteld op onverharde terreinen dan op verharde, zowel in vaste deel van de aarde als in grondwater. Er is echter geen eenduidige vaststelling dat verharding leidt tot minder verontreiniging. Ook op sites met volledige verharding waar aangegeven wordt dat het bluswater opgevangen wordt en via riolering afgevoerd wordt, worden sterk verhoogde concentraties aan PFAS in het vaste deel van de aarde aangetroffen rondom de verharde oefenlocatie. Op een aantal locaties zijn klinkers aanwezig rondom het verharde oefenterrein (oefenterrein in asfalt of beton), dit zijn geen water-ondoorlatende verhardingen, waardoor ook ter hoogte van deze klinkers verhoogde gehalten in vaste deel van de aarde en grondwater voorkomen. Deze vastgestelde trend geeft aan dat verharding of opvangen van bluswater niet voldoende bodembeschermend is.

De hogere concentraties in de deels verharde deels onverharde dossiers zijn voornamelijk te verklaren door de afwatering/afspoeling van verharde naar onverharde zone waarin PFAS accumuleert en infiltreert in de bodem.

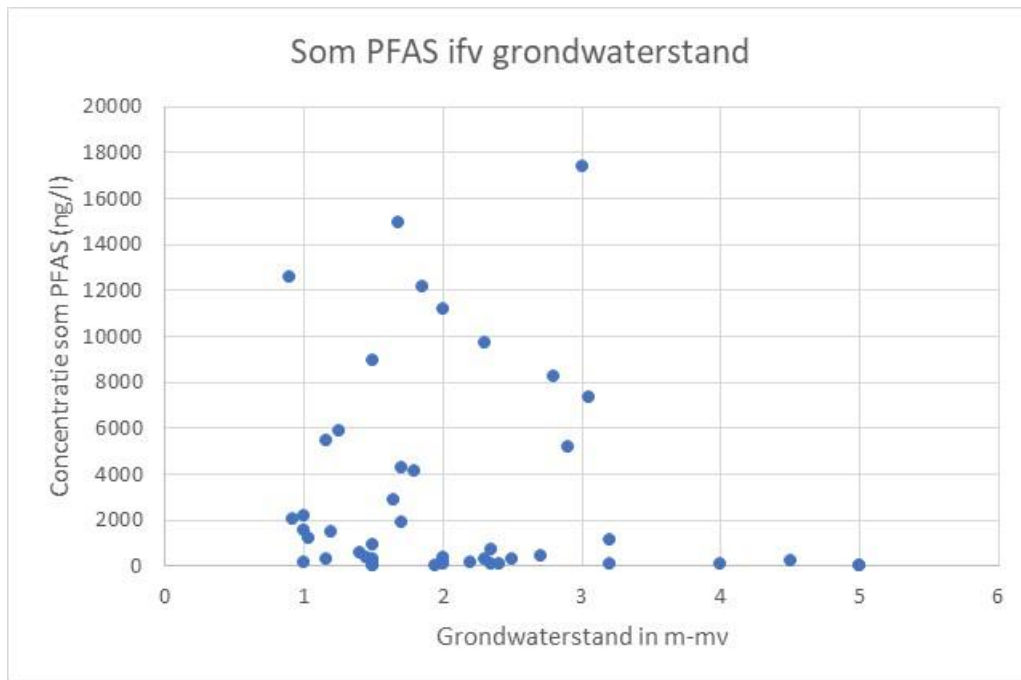
- Bij branden ligt gemiddelde concentratie in grondwater hoog. Het betreft echter een beperkte aantal dossiers met een grote variabiliteit in concentratie, vermoedelijk ook gelinkt met de omvang en duurtijd van de bluswerken. Zo zijn er bijvoorbeeld grote verschillen in concentratie te zien bij een brand van een voertuig in vergelijking met het uitbranden van een huis.

### 3.2.2 Grondwaterstand

De diepte van de grondwatertafel werd uit elk rapport in de datatabel meegenomen, om zo een mogelijk verband tussen deze grondwaterstand en de concentratie PFAS in het grondwater na te gaan. Op Figuur 9 a is dit verband weergegeven (figuur 9b- ingezoomd op Y as).



Figuur 9 a: Maximale concentratie van de som PFAS uit elk rapport waar grondwater gemeten (aantal = 57) in functie van de grondwaterstand (m-mv).



Figuur 9 b (ingezoomde Y-as) Maximale concentratie van de som PFAS uit elk rapport waar grondwater gemeten (aantal = 57) in functie van de grondwaterstand (m-mv).

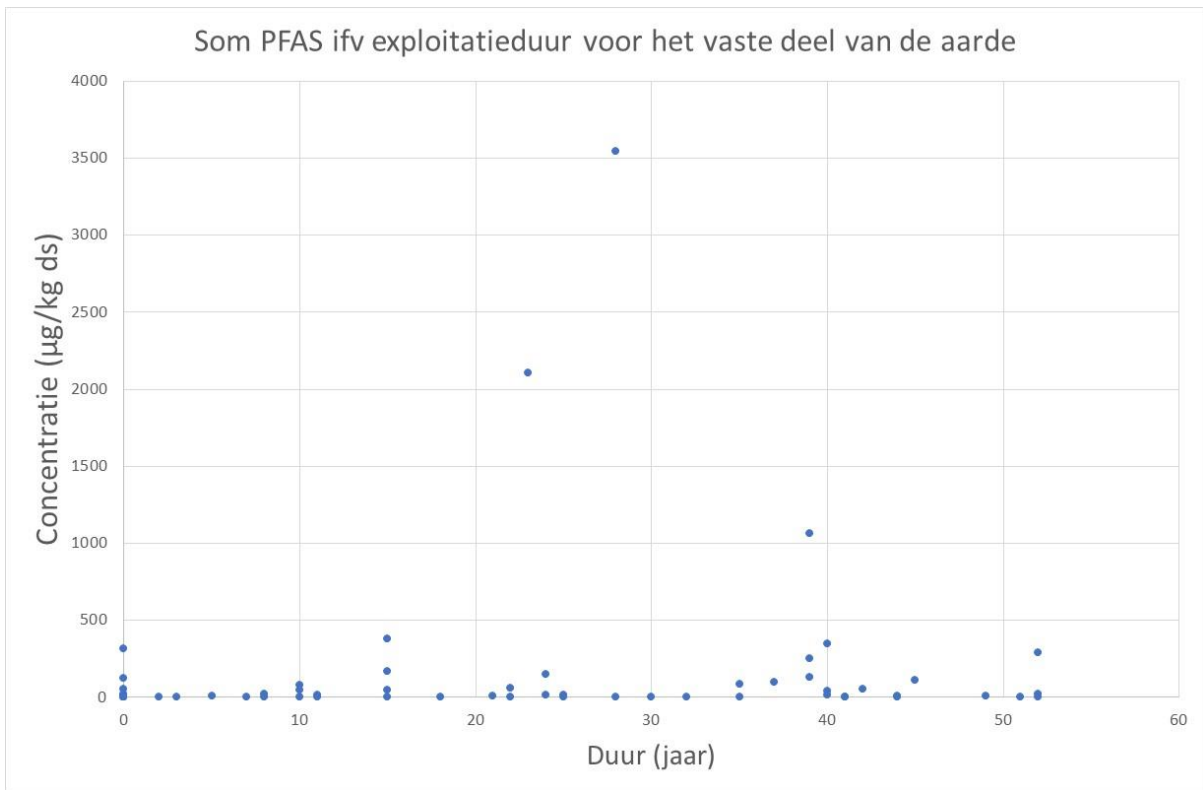
#### Interpretatie grondwaterstand:

- Er is geen eenduidige correlatie tussen concentratie som PFAS en grondwaterstand tussen 0 en 3,5 m-mv. Dit bevestigt ook de vaststelling van deelrapport 1.
- Het aantal rapporten met grondwaterstand dieper dan 3,5 m-mv is beperkt en er zijn geen rapporten met grondwaterstand dieper dan 5 m-mv geëvalueerd. In 1 dossier werd de grondwaterstand niet bepaald.

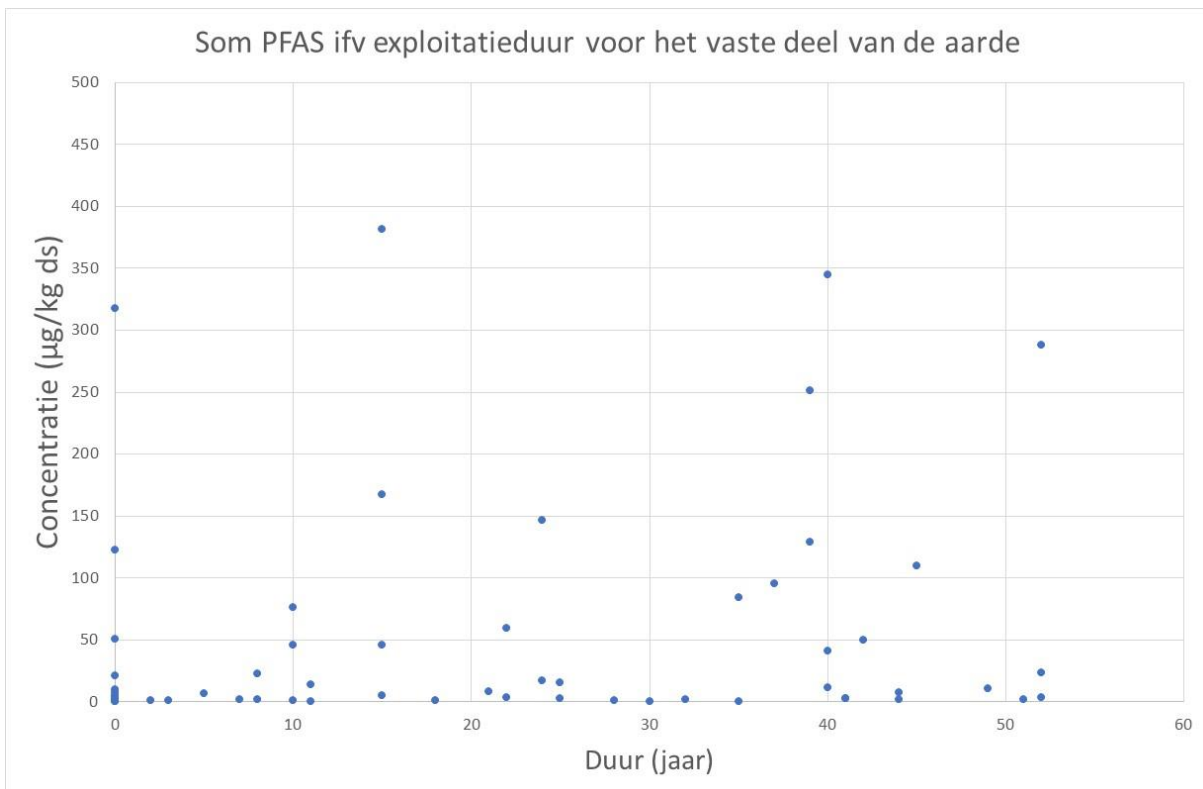
#### **3.2.3 Exploitatieperiode**

Onder exploitatieperiode wordt verstaan: de periode van uitvoering van brandblus oefeningen op het oefenterrein of de periode van aanwezigheid van kazerne waar een oefenterrein aanwezig is. De exploitatieperiode werd uit de rapporten waarin deze vermeld was meegenomen in de datatabel, om een mogelijk verband met de concentratie PFAS in vaste deel van de aarde en grondwater na te gaan. Aangezien PFAS pas frequenter gebruikt werden vanaf de jaren 1970, wordt de exploitatieduur telkens berekend zonder de jaren voor 1970 mee te tellen (onbekend startjaar in 3 dossiers en gestart voor 1970 in 2 dossiers). Dit verband is weergegeven op Figuur 10 (a en b) voor de concentraties in het vaste deel van de aarde en op Figuur 11 (a en b) voor de concentraties in het grondwater.

Soms was de start- of eindperiode onbekend, dus konden de concentraties uit deze rapporten niet meegenomen worden in de grafiek. Ook werd in de rapporten soms 2011 als eindjaar benoemd omdat het gebruik van PFOS toen verboden werd, terwijl de bluswerken mogelijk nog langer plaatsvonden. Voor som PFAS werd de som berekend van de maximale waarden van de PFAS parameters per rapport aangezien niet voor elk dossier de som PFAS werd meegegeven. De concentraties van die PFAS parameters kunnen uit verschillende stalen komen aangezien de maximale waarden werden gerapporteerd en zijn dus een conservatieve waarde. De figuren moeten dus voorzichtig benaderd worden om algemene trends af te leiden.

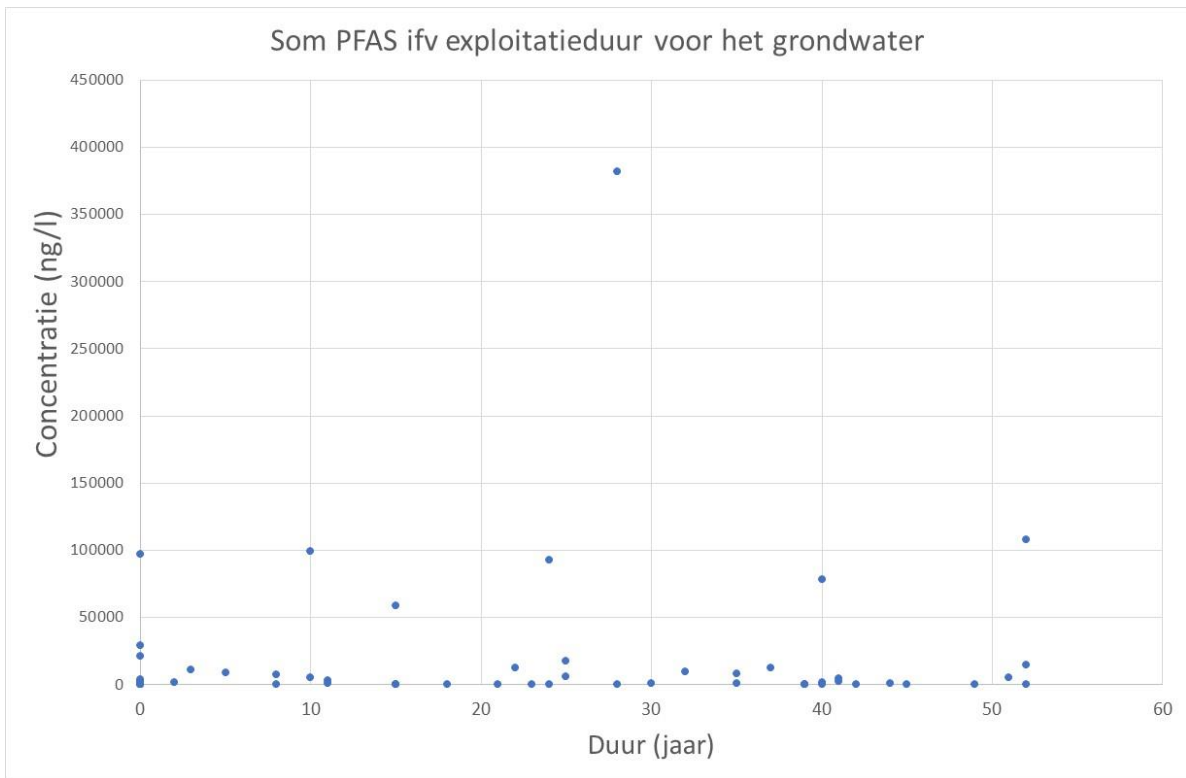


Figuur 10 a: Maximale concentraties van som PFAS in het vaste deel van de aarde (µg/kg ds) in functie van de duur van de bluswerken (jaar).

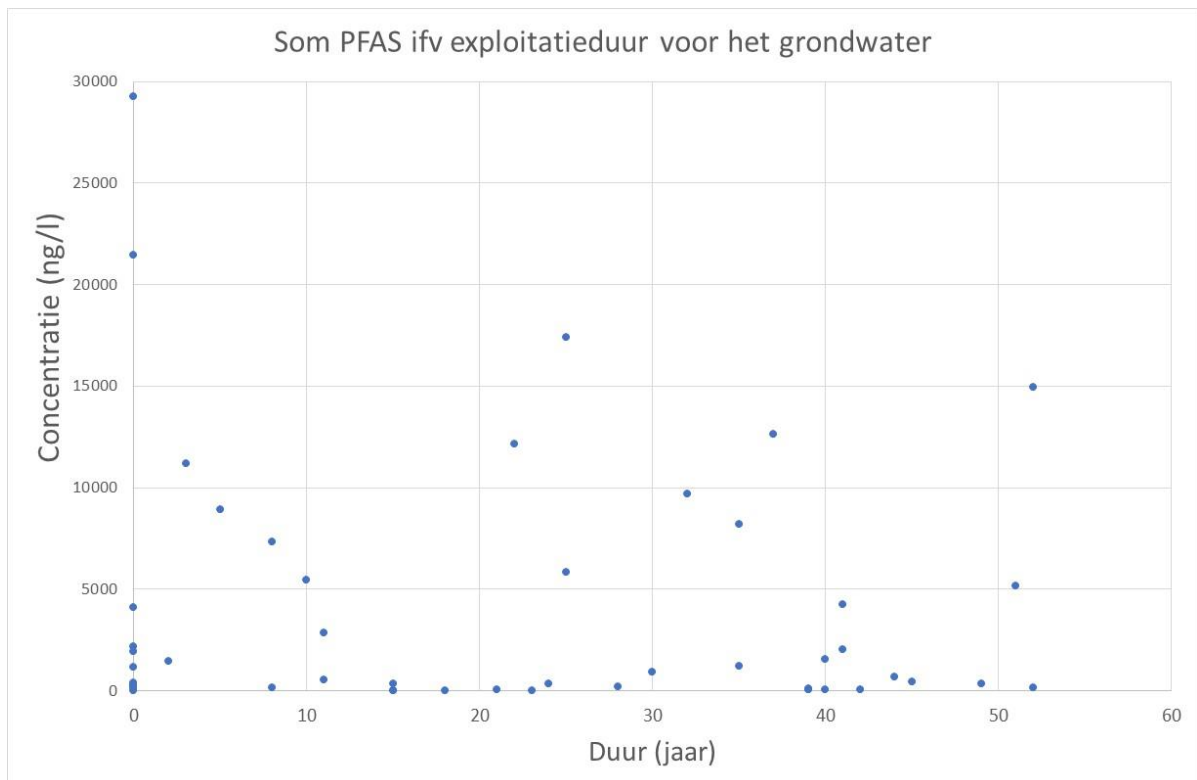


Figuur 10 b (Y-as ingezoomed): Maximale concentraties van som PFAS in het vaste deel van de aarde (µg/kg ds) in functie van de duur van de bluswerken (jaar).





Figuur 11 a: Maximale concentraties van som PFAS in het grondwater (ng/l) in functie van de duur van de bluswerken (jaar).



Figuur 11 b (Y-as ingezoomd): Maximale concentraties van som PFAS in het grondwater (ng/l) in functie van de duur van de bluswerken (jaar).

Interpretatie exploitatieduur:

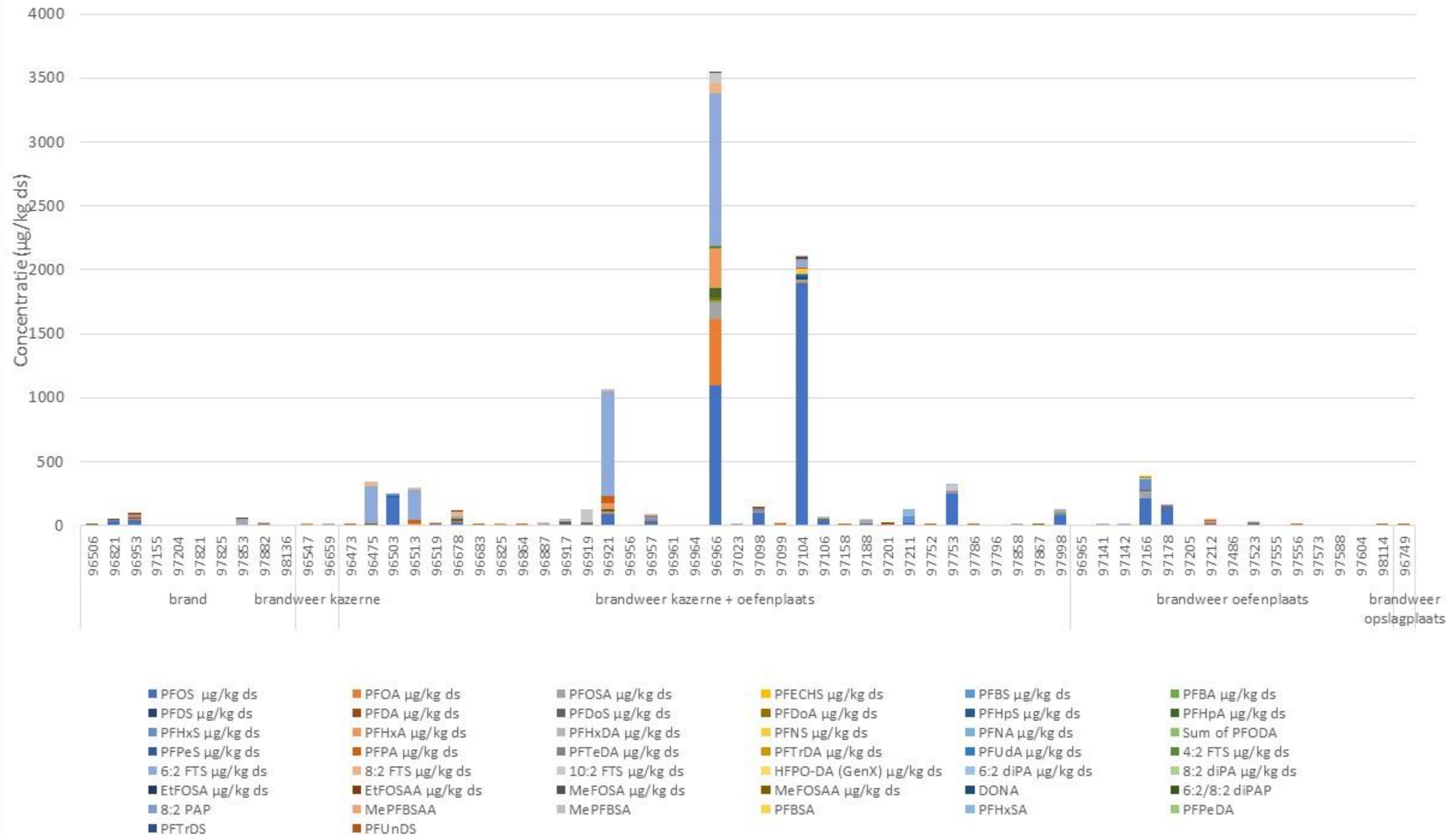
- Er is geen eenduidige link tussen PFAS-concentraties in het vaste deel van de aarde of grondwater en exploitatieduur. Dit komt ook overeen met de vaststelling in deelrapport 1.
- Hoge concentraties bij een duur van nul jaar kunnen te wijten zijn aan het zeer frequente gebruik van blusschuimen op een korte periode. In een bepaald dossier werd bijvoorbeeld 2 weken elke voor- en namiddag brandweeroefeningen gedaan .

## 3.3 FINGERPRINTING

### 3.3.1 Algemene fingerprinting

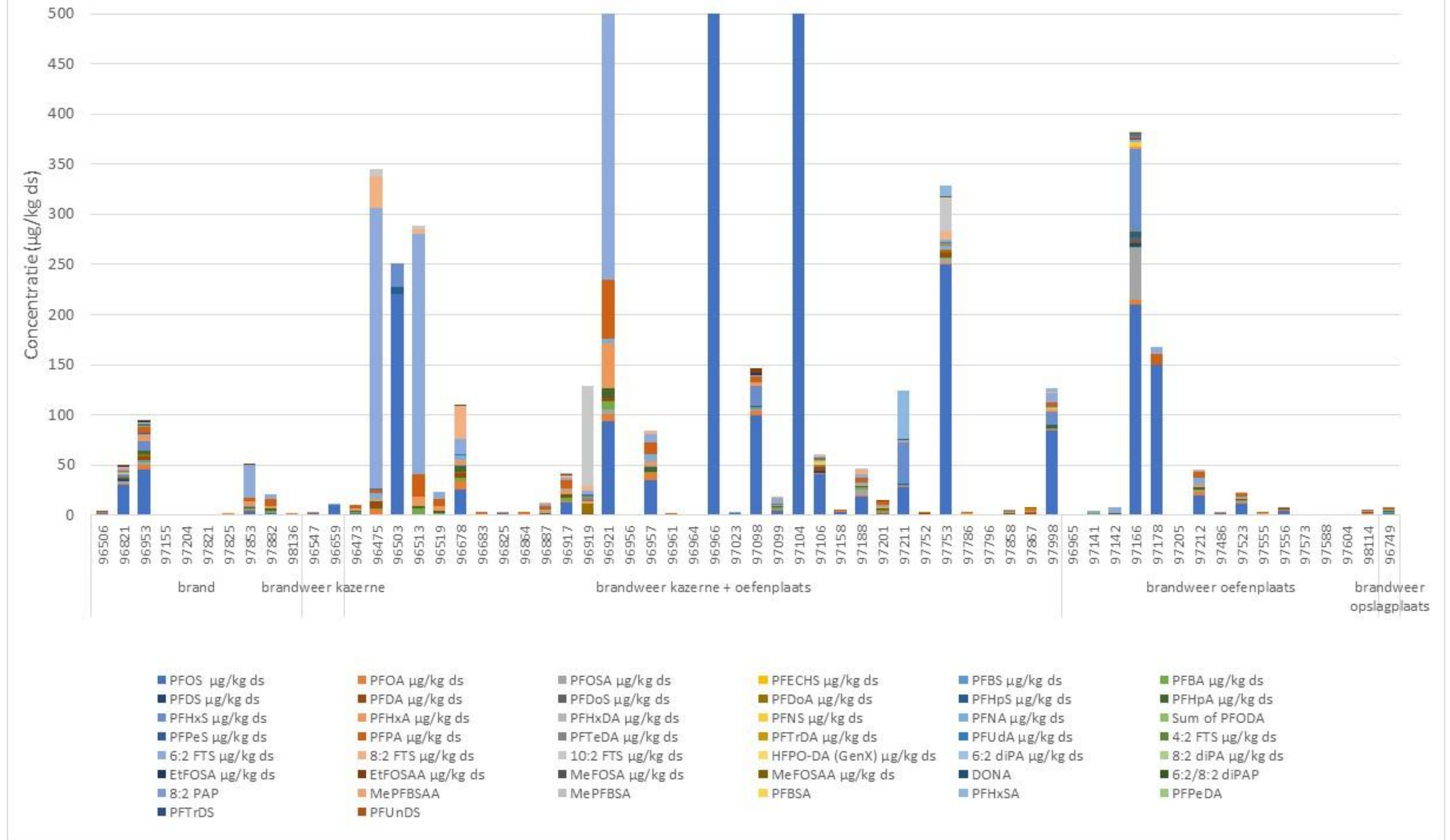
Behalve de concentraties, werd ook de samenstelling van de verschillende PFAS in het vaste deel van de aarde en grondwater bekeken. Op Figuur 12 (a en b) en Figuur 14 (a en b) is telkens de samenstelling afgebeeld op basis van de maximale concentraties van de PFAS-componenten per rapport in respectievelijk vaste deel van de aarde en grondwater. Op Figuur 13 en Figuur 15 zien we de percentages van die concentraties per locatie in respectievelijk vaste deel van de aarde en grondwater. De X-as geeft het type onderzoekslocatie weer en het dossiernummer.

Concentratie van alle PFAS parameters per rapport in het vaste deel van de aarde



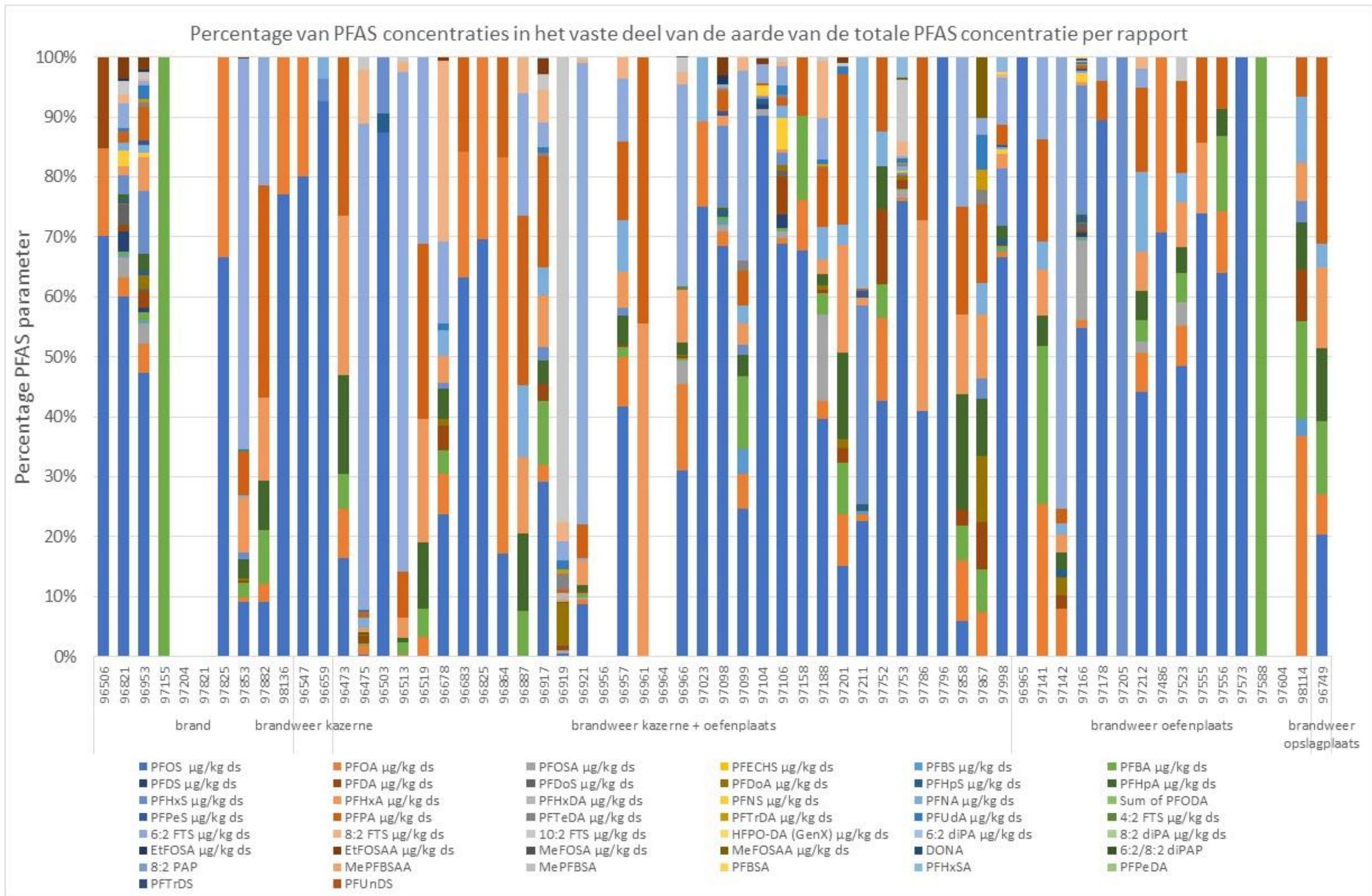
Figuur 12 a: Maximale concentraties en fingerprinting van de individuele PFAS-parameters gemeten in elk rapport in het vaste deel van de aarde.

### Concentratie van alle PFAS parameters per rapport in het vaste deel van de aarde

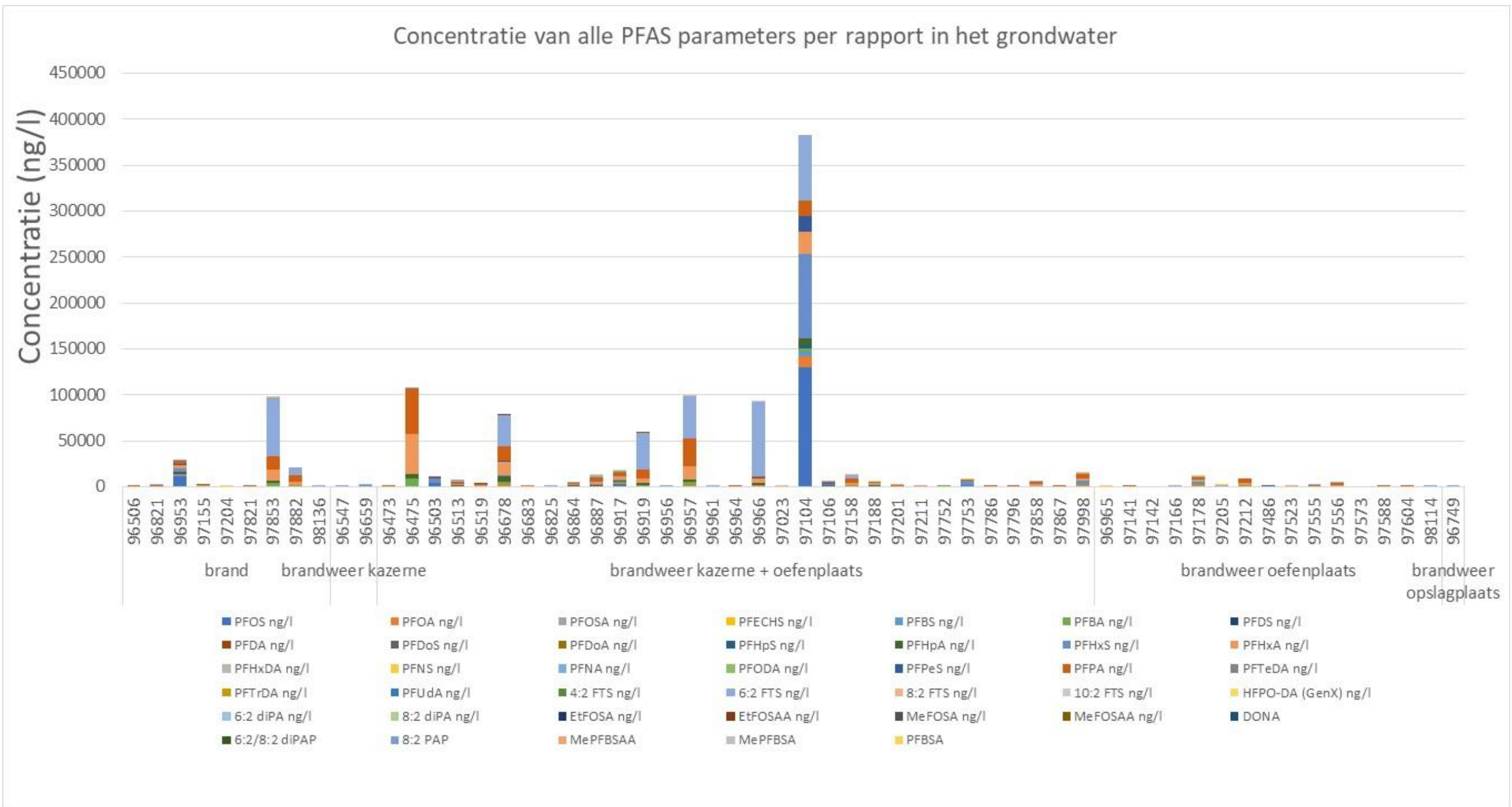


Figuur 12 b (Y- as ingezoomd): Maximale concentraties en fingerprinting van de individuele PFAS-parameters gemeten in elk rapport in het vaste deel van de aarde.





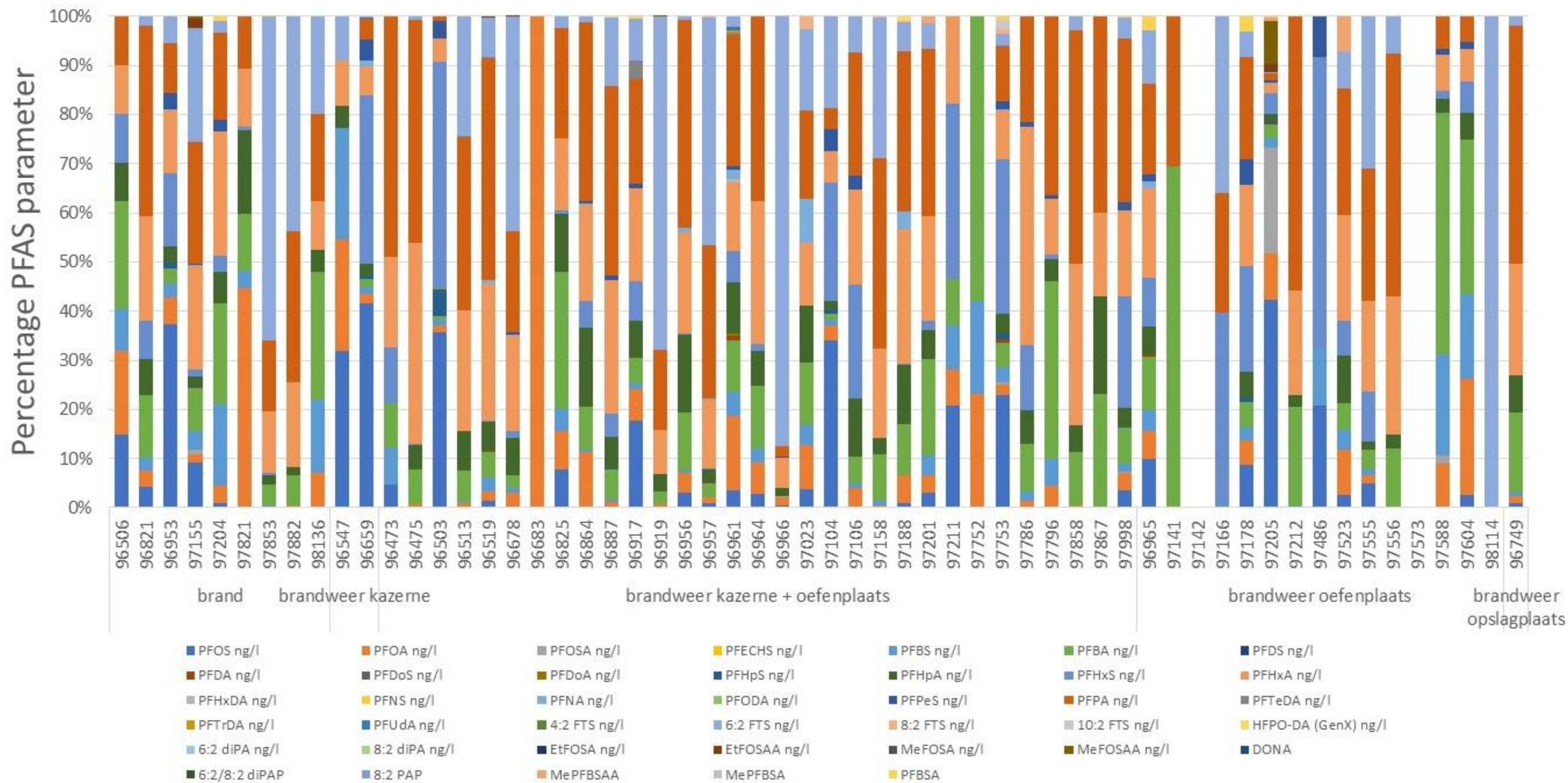
Figuur 13: Percentage dat de concentraties van de individuele PFAS-parameters innemen van de totale PFAS-concentratie gemeten in elk rapport in het vaste deel van de aarde.



Figuur 14: Concentraties van alle PFAS-parameters per rapport gemeten in het grondwater (ng/l) per type activiteit en per dossiernummer.



Percentage van PFAS concentraties in het grondwater van de totale PFAS concentratie per rapport



Figuur 15: Percentage dat de concentraties van de individuele PFAS-parameters innemen van de totale PFAS-concentratie gemeten in elk rapport in het grondwater, per type activiteit en per dossiernummer.



### Interpretatie:

- Over alle geëvalueerde dossiers waarbij brandblusschuim gebruikt werd, is er een grote variabiliteit in samenstelling en concentraties van PFAS.
- Op locaties verontreinigd met PFOS in het vaste deel van de aarde komt vaak ook PFOA, PFHxS en PFHpS voor. In grondwater is duidelijk minder PFOS aanwezig maar komen vooral PFBA, PFPA, PFHxA, 6:2 FTS voor.
- Er kan een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen
  - o locaties waar overwegend verontreiniging aanwezig is als gevolg van ouder schuim (PFOS-houdend). Op deze locaties is PFOS een belangrijke parameter en worden ook daaraan gelinkte andere PFAS aangetroffen zoals PFAO, PFHxS, PFHpS
  - o locaties waar overwegend nieuwere schuimen wordt vastgesteld. Op deze locaties is vaak 6:2 FTS een belangrijke parameter in vaste deel van de aarde en in grondwater, evenals andere PFAS zoals PFBA, PFPA, PFHxA die voornamelijk in grondwater voorkomen.
  - o vaak wordt een fingerprinting van gemengde schuimen met sterk variabele samenstelling vastgesteld in vaste deel van de aarde.
  - o In 1 dossier is 10:2 FTS dominant aanwezig in vaste deel van de aarde
- Er is een verschillende samenstelling in het vaste deel van de aarde versus het grondwater, dit bevestigt ook het complexe uitloggedrag van de groep PFAS:
  - o Algemeen is bij locaties waar PFOS-houdende schuimen gebruikt werden in het vaste deel van de aarde een groter aandeel PFOS aanwezig dan in het grondwater. In het grondwater worden vaak een hele reeks aan ouder schuim gerelateerde stoffen gedetecteerd die in het vaste deel van de aarde niet /weinig aanwezig zijn.
  - o Bij locaties waar overwegend nieuwere schuimen worden vastgesteld, is ook een verschillende samenstelling in het vaste deel van de aarde aanwezig versus grondwater. Het aandeel 6:2 FTS is zowel in grond als grondwater het belangrijkste. De aandelen van de aan nieuwere schuimen gerelateerde stoffen zijn echter verschillend in het vaste deel van de aarde versus grondwater.
- In vergelijking met deelrapport 1 wordt eenzelfde variabiliteit vastgesteld.

### 3.3.2 Fingerprinting per periode

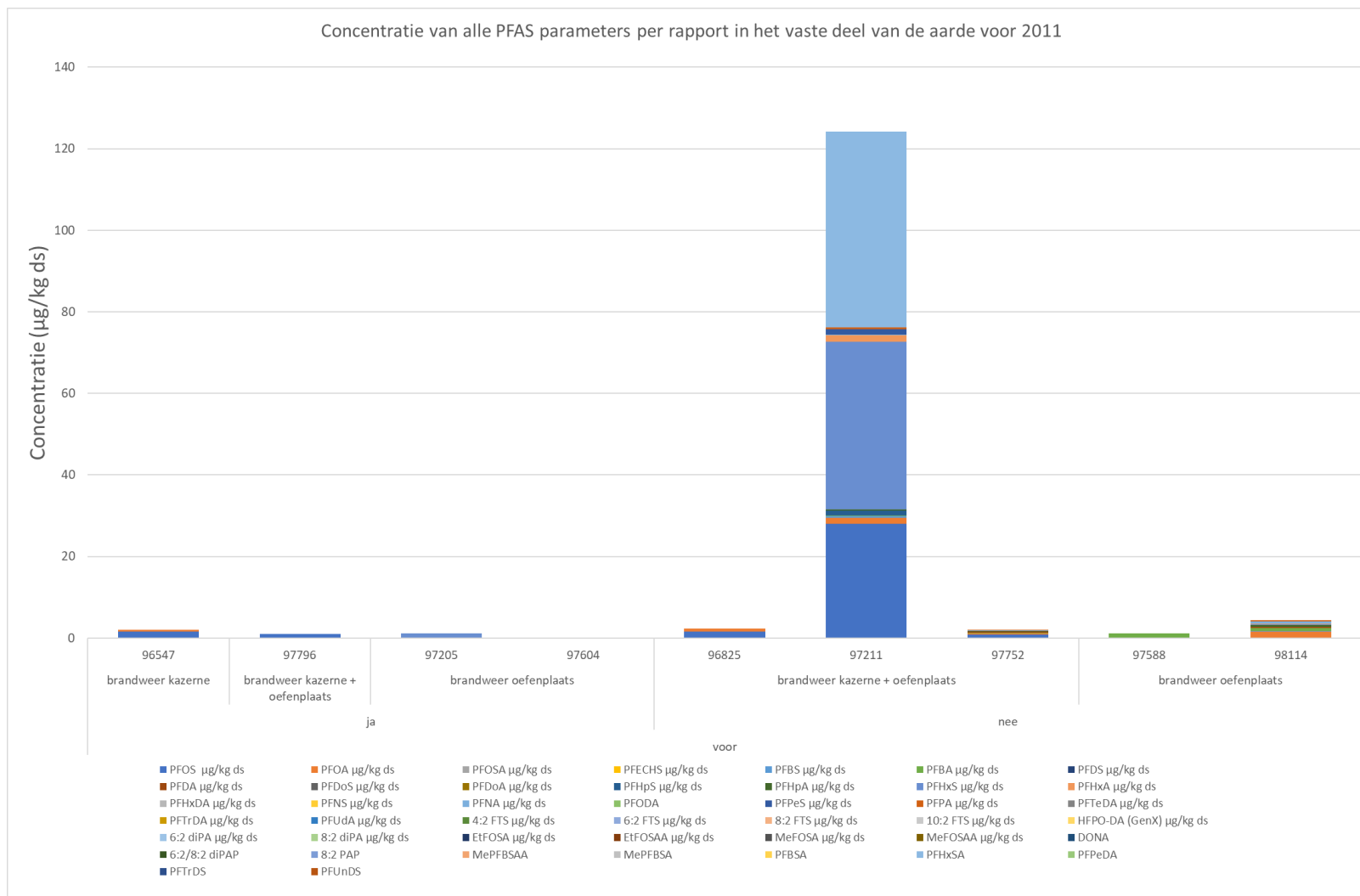
#### **3.3.2.1 PFAS bij brandweerkazernes, brandweerkazernes met oefenplaats en brandweer oefenplaats in functie van exploitatieperiode**

Op Figuur 16 en Figuur 18 zijn telkens de PFAS-concentraties weergegeven bij brandweerkazernes, brandweerkazernes met oefenplaats en brandweer oefenplaats in **de periode voor 2011**, respectievelijk voor vaste deel van de aarde en grondwater. Op figuur 17 en figuur 19 zijn die concentraties uitgezet als percentages van de totale PFAS-concentraties.

Op de X – as staan de onderzoekslocaties die aan volgende voorwaarden voldoen:

- Aanduiding of bodem al dan niet is afgegraven. Hierbij was niet steeds duidelijk uit de rapporten af te leiden tot hoe diep en welke omvang werd afgegraven.
- De activiteiten vonden uitsluitend plaats in de periode voor 2011

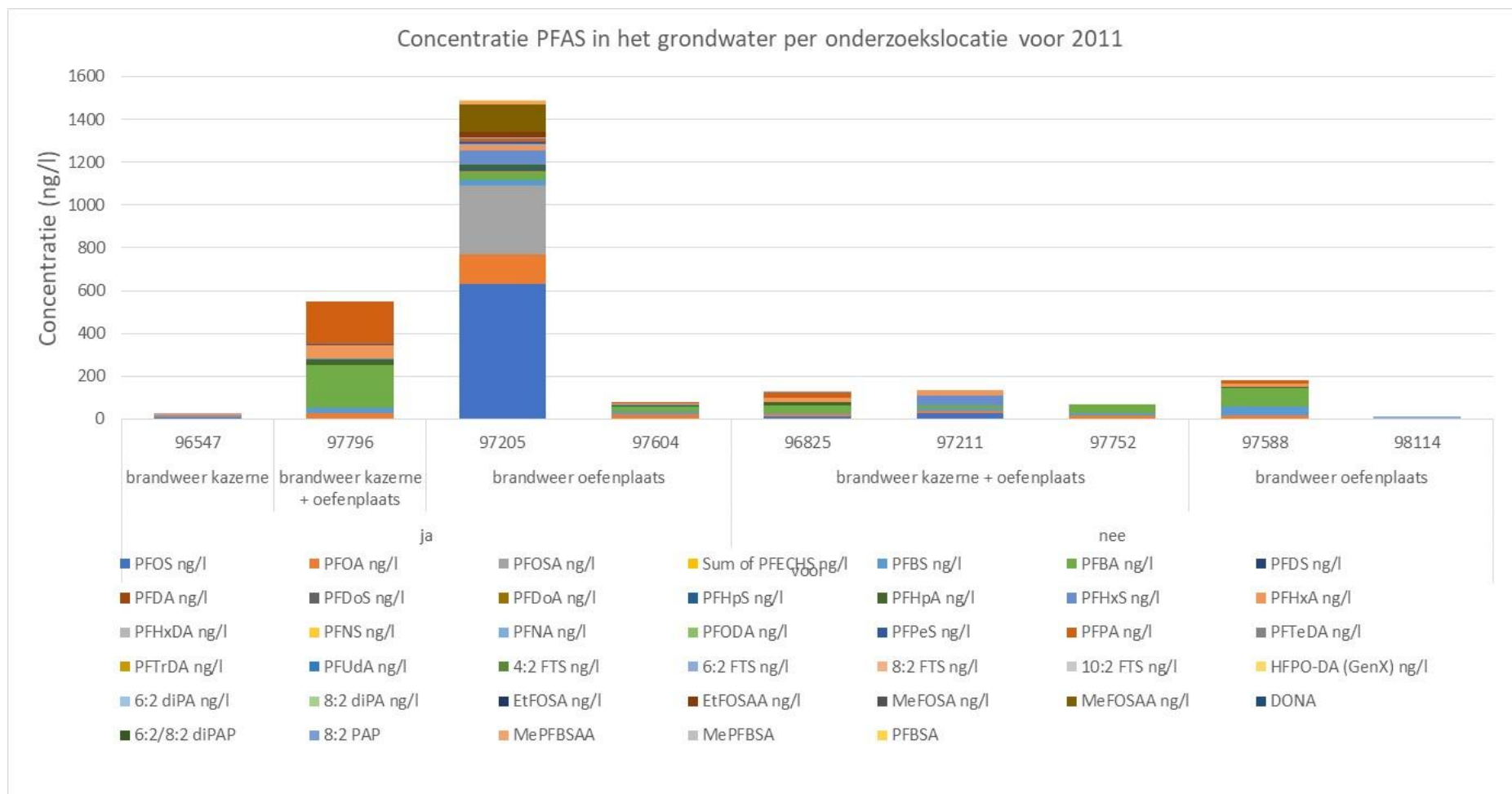
Voor het vaste deel van de aarde en het grondwater komen 5 onderzoekslocaties voor die ook niet zijn afgegraven.



Legende figuur: Op de x-as, van onder naar boven: voor = voor 2011, afgegraven (ja of nee), type activiteit en dossiernummer.

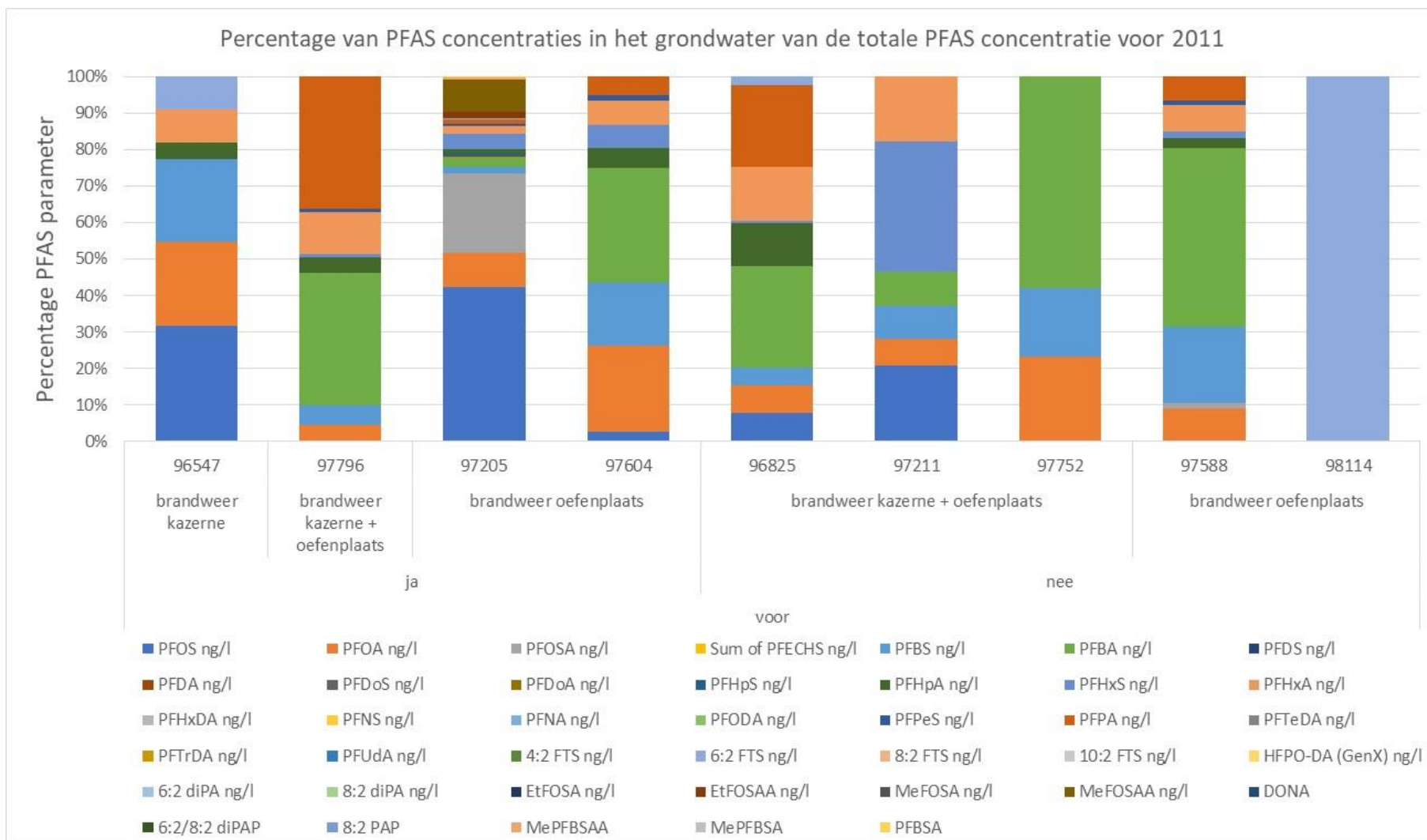
Figuur 16: Concentratie van PFAS-parameters in vaste deel van de aarde (µg/kg ds) per onderzoekslocatie in exploitatie voor 2011.





Legende figuur: Op de x-as, van onder naar boven: voor = voor 2011, afgegraven (ja of nee), type activiteit en dossiernummer.

Figuur 18: Concentratie van PFAS-parameters in grondwater (ng/l) per onderzoekslocatie in exploitatie voor 2011.



Op de x-as, van onder naar boven: voor = voor 2011, afgegraven (ja of nee), type activiteit en dossiernummer

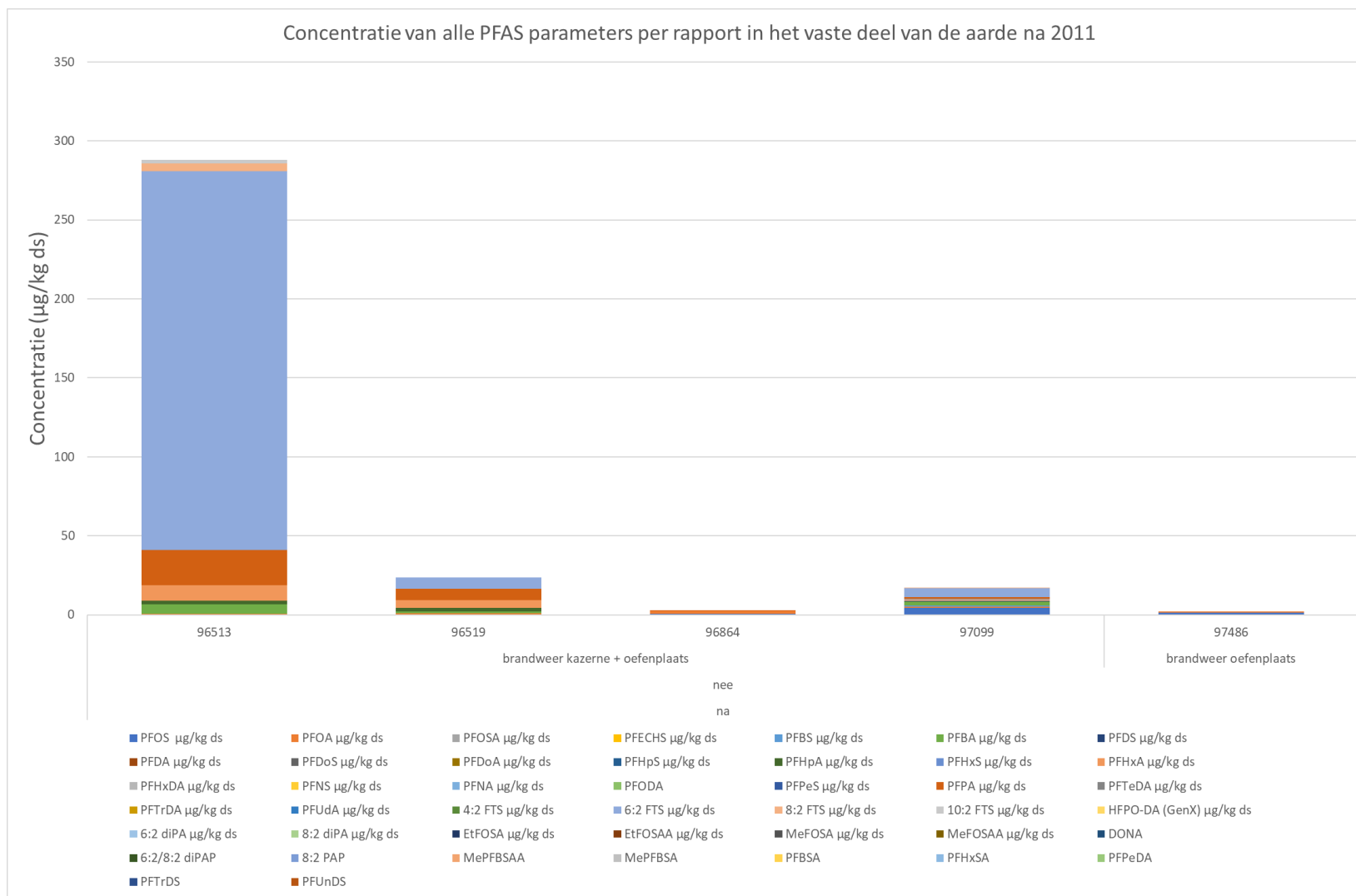
Figuur 19: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie in het grondwater per onderzoekslocatie in exploitatie voor 2011.

Interpretatie exploitatieperiode voor 2011:

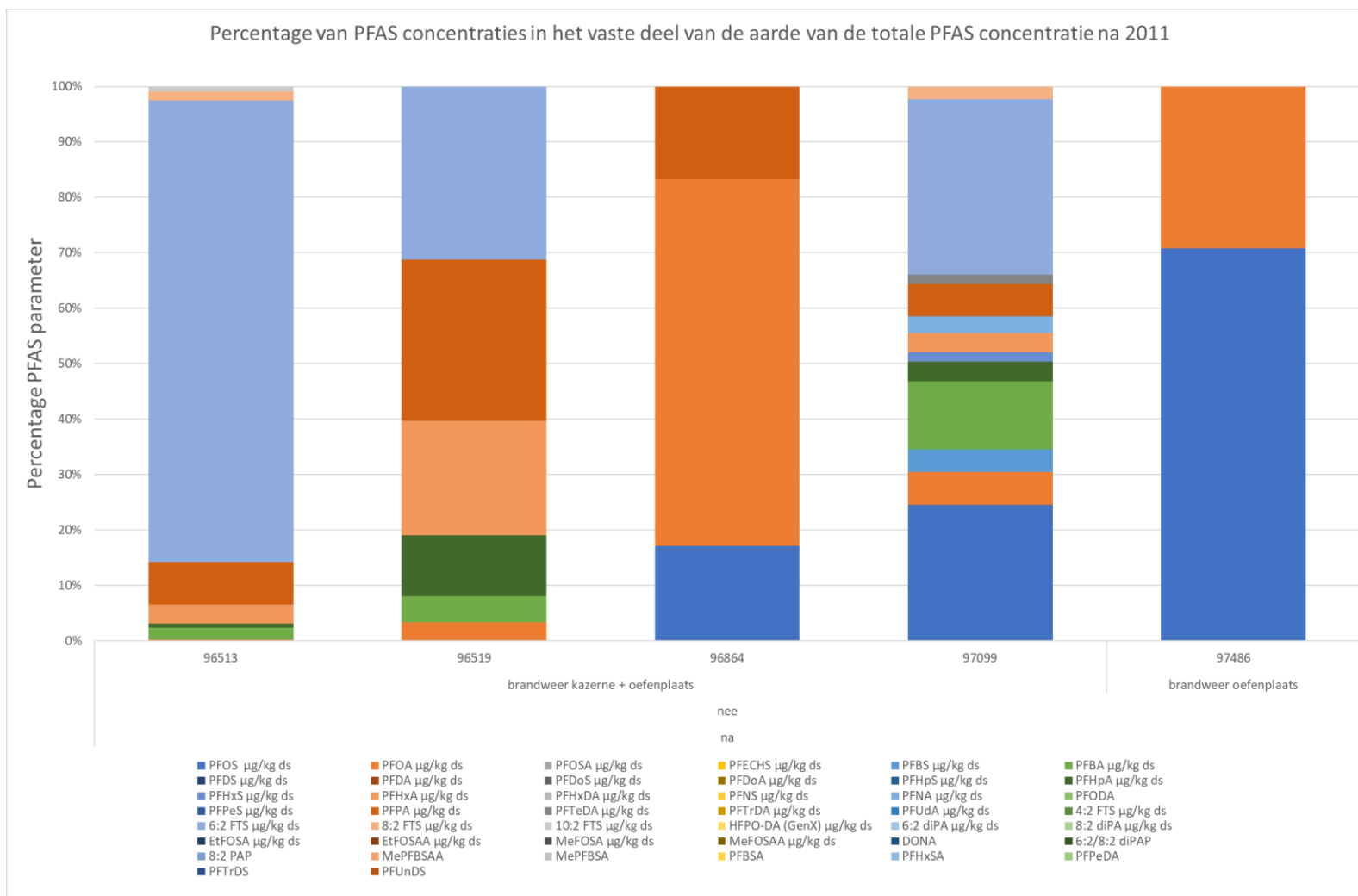
Op de brandweerlocaties met activiteiten uitsluitend voor 2011 vertegenwoordigt PFOS een belangrijk aandeel in alle rapporten in het vaste deel van de aarde en in mindere mate in het grondwater. Er komen ook PFAS voor die gelinkt zijn aan de nieuwere schuimen zoals 6:2 FTS. In gronden die afgegraven zijn geweest, komen in het grondwater soms concentraties aan PFAS voor die hoger kunnen liggen dan bij niet afgegraven gronden. Dit kan te wijten zijn aan het niet voldoende verwijderen van de grond en de verdere uitloging van PFAS naar het grondwater.

Op de volgende figuren worden de concentraties per onderzoekslocatie weergegeven voor de **periode na 2011**, in het vaste deel van de aarde op figuur 20 en Figuur 21 en in het grondwater op Figuur 22 en Figuur 23.

Voor het vaste deel van de aarde zijn er 5 onderzoekslocaties beschikbaar waarbij de activiteiten uitsluitend na 2011 plaatsvonden. Voor het grondwater zijn er 6 onderzoekslocaties onderzocht waarbij de activiteiten uitsluitend na 2011 plaatsvonden.



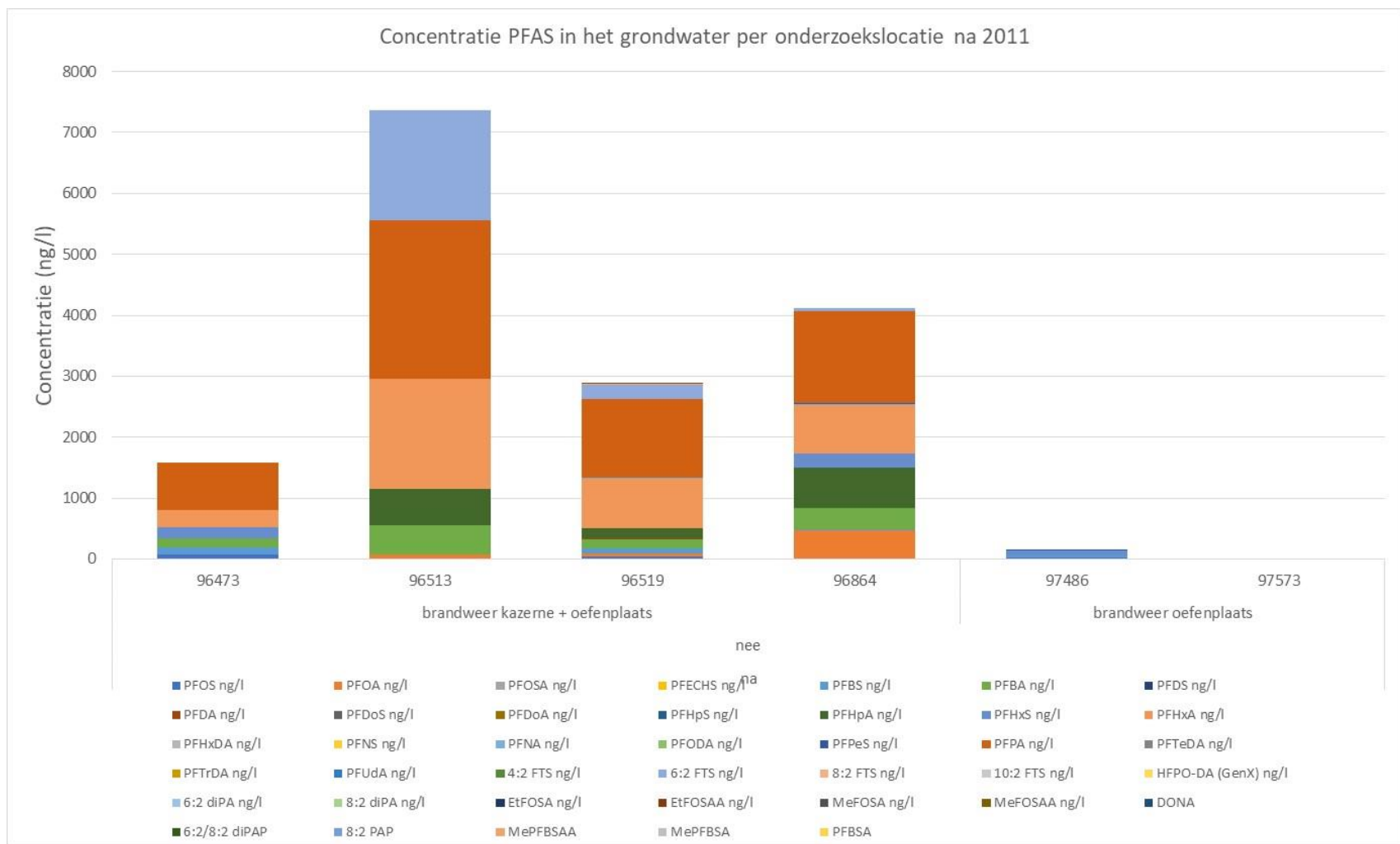
Legende figuur: Op de x-as, van onder naar boven: na (na 2011), afgegraven (ja of nee), type activiteit en dossiernummer.  
 Figuur 20: Concentratie van PFAS-parameters in het vaste deel van de aarde (µg/kg ds) per onderzoekslocatie in exploitatie na 2011.



Legende figuur: Op de x-as, van onder naar boven: na (na 2011), afgegraven (ja of nee), type activiteit en dossiernummer.

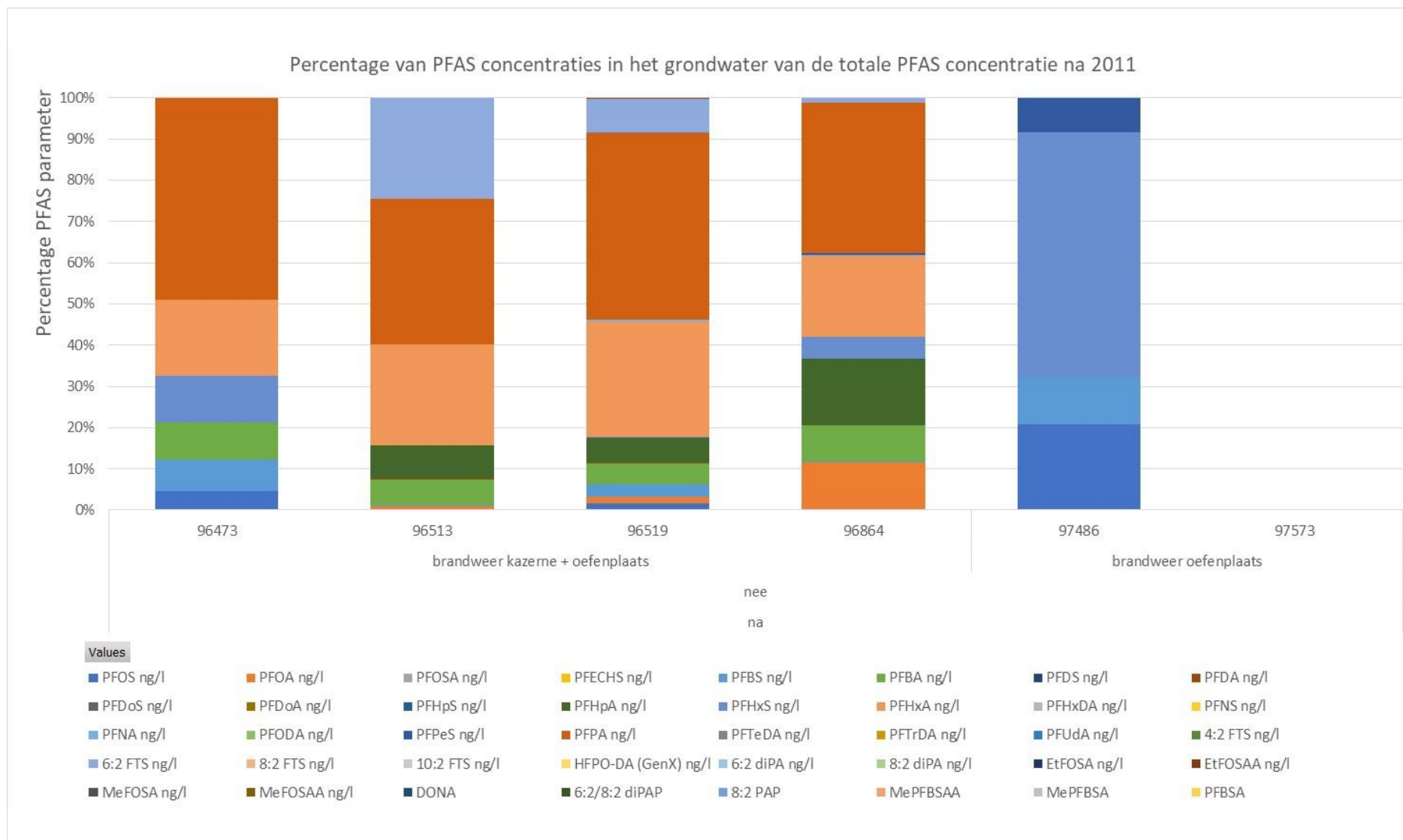
Figuur 21: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie in het vaste deel van de aarde per onderzoekslocatie in exploitatie na 2011.





Legende figuur: Op de x-as, van onder naar boven: na (na 2011), afgegraven (ja of nee), type activiteit en dossiernummer.

Figuur 22: Concentratie van PFAS-parameters in het grondwater (ng/l) per onderzoekslocatie in exploitatie na 2011.



Legende figuur: Op de x-as, van onder naar boven: na (na 2011), afgegraven (ja of nee), type activiteit en dossiernummer.

Figuur 23: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie in het grondwater per onderzoekslocatie in exploitatie na 2011.

Interpretatie exploitatieperiode na 2011:

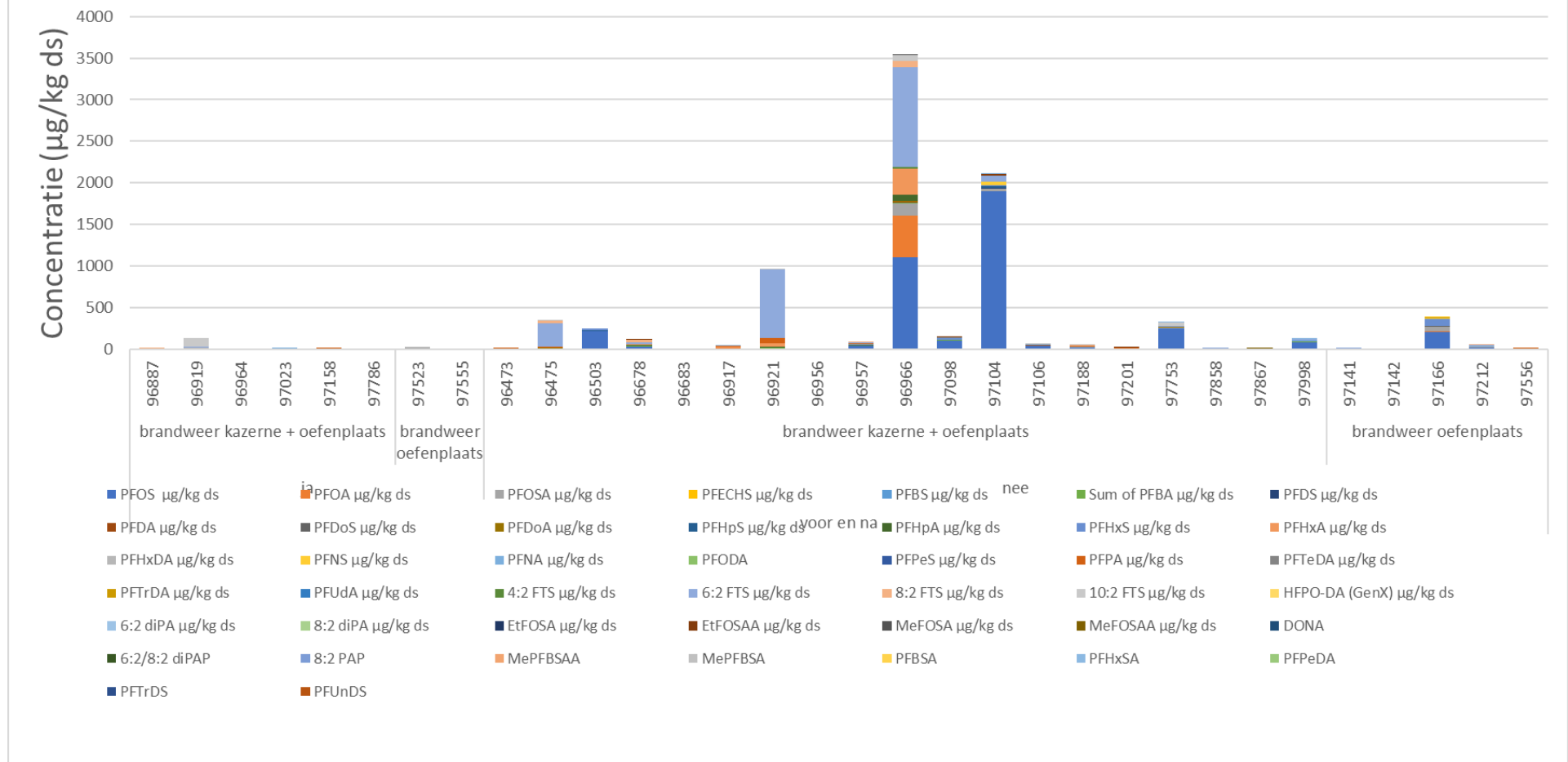
- Er zijn slechts een beperkt aantal sites waarbij de exploitatie gestart is na 2011. De interpretatie is bijgevolg indicatief.
- In het vaste deel van de aarde komt voornamelijk 6:2 FTS, PFPA en PFHxA. Ook PFOS wordt nog op een paar sites gemeten. Bemerkt dat in grafiek 15 het grote aandeel PFOS in dossier 97486 een vertekend beeld geeft, de vastgestelde concentraties zijn immers zeer laag.
- In het grondwater komt voornamelijk 6:2 FTS, PFPA en PFHxA en wordt slecht heel beperkt PFOS vastgesteld.
- In de dossiers van deelrapport 1, werd op meerdere sites nog PFOS vastgesteld, ook na 2011. Het voorkomen van PFOS in de periode na 2011 (= nadat PFOS buiten gebruik werd gesteld) kan bijgevolg niet uitgesloten worden en kan gelinkt zijn aan het gebruik van PFOS-houdend schuim dat nog stond opgeslagen en gebruikt werd.

Figuur 24 en Figuur 25 geven de concentraties in vaste deel van de aarde weer van activiteiten die **zowel voor als na 2011** plaatsvonden.

Figuur 26 en Figuur 27 geven de concentraties in het grondwater weer van activiteiten die **zowel voor als na 2011** plaatsvonden.

In totaal zijn er 32 dossiers waarbij de exploitatieperiode deels voor en deels na 2011 plaatsvond.

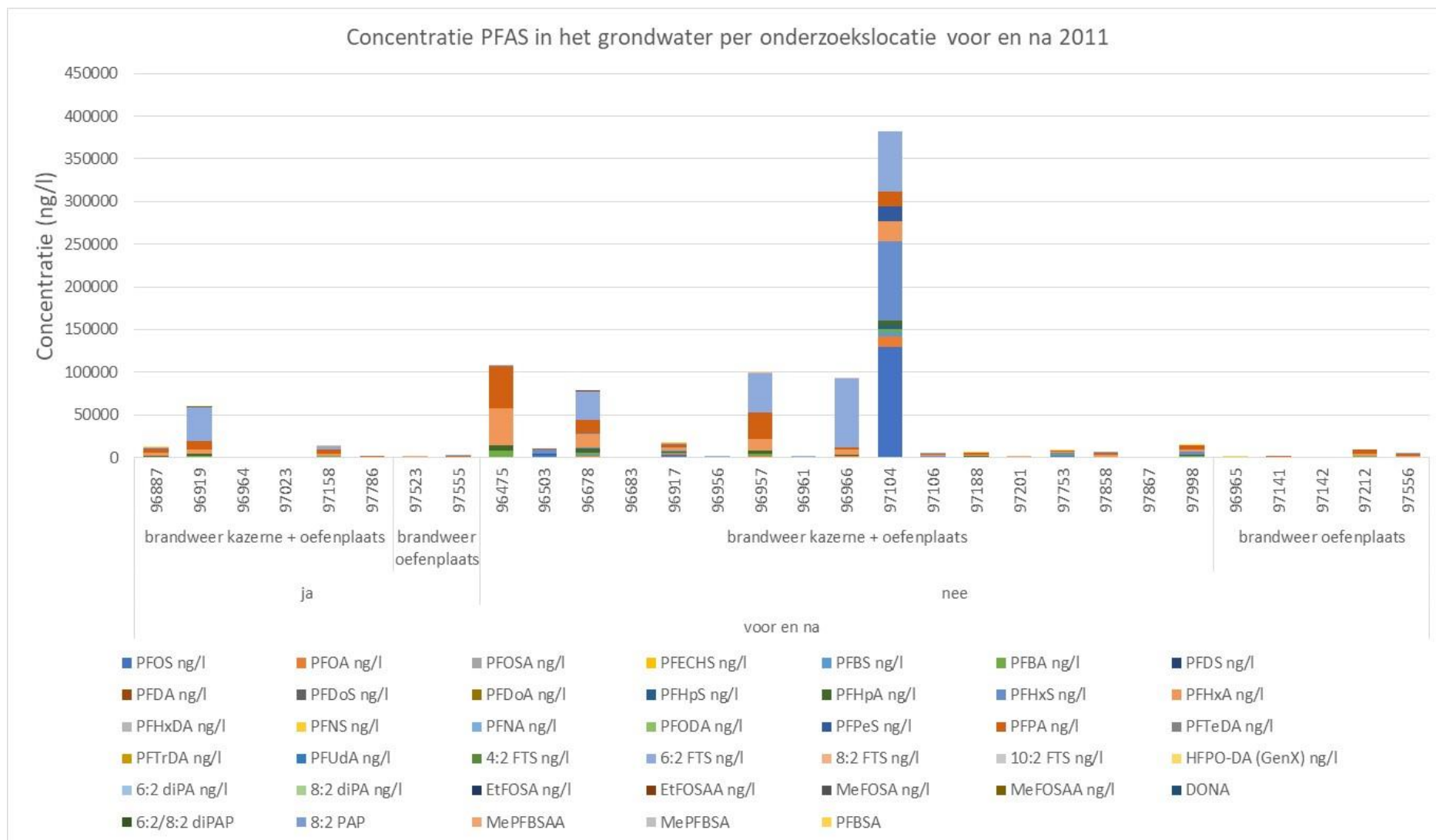
## Concentratie van alle PFAS parameters per rapport in het vaste deel van de aarde voor en na 2011



Legende figuur: Op de x-as, van onder naar boven: voor en na 2011 (voor en na), afgegraven (ja of nee), type activiteit en dossiernummer.

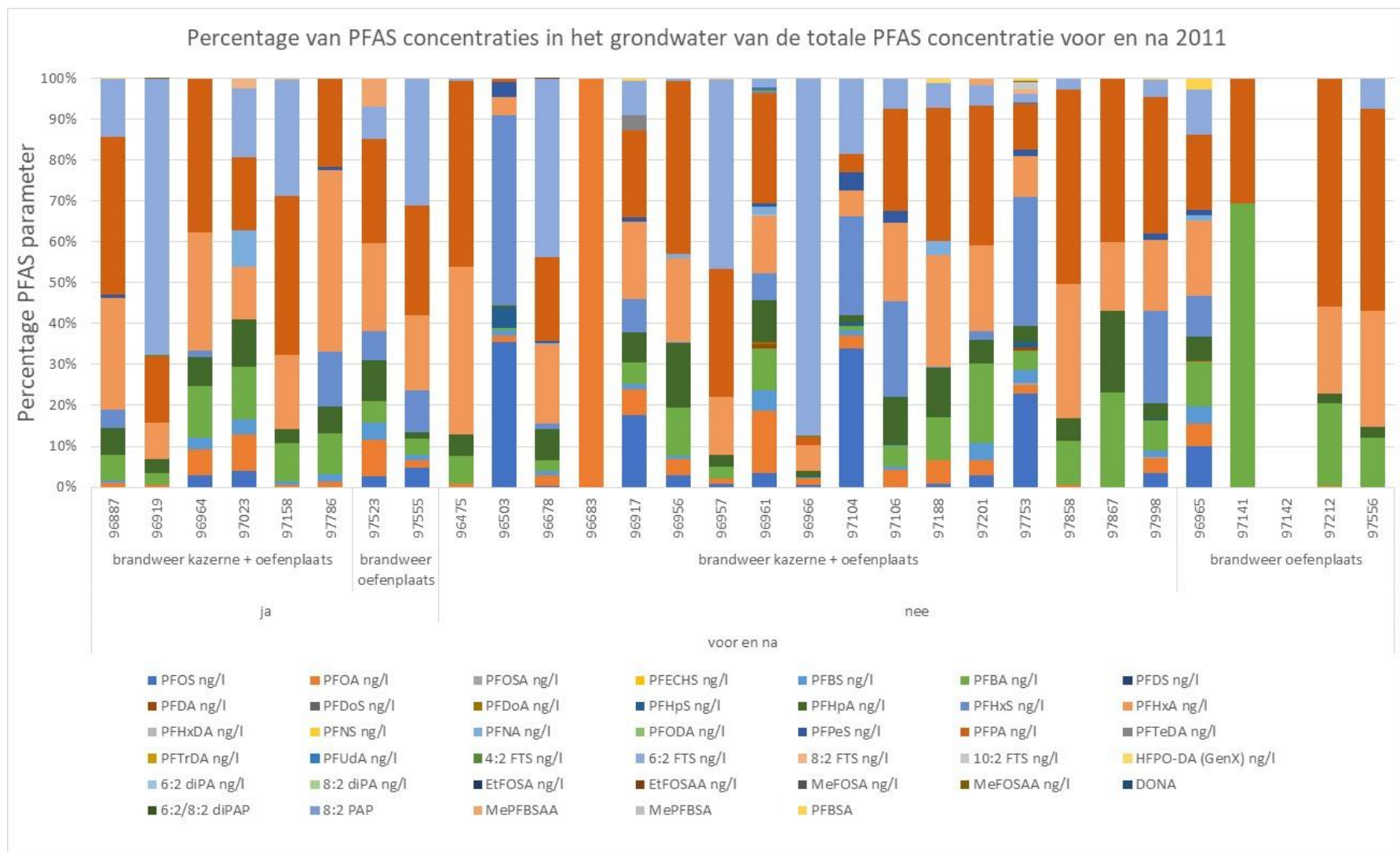
Figuur 24: Concentratie van PFAS-parameters in het vaste deel van de aarde per onderzoekslocatie in exploitatie voor en na 2011.





Legende figuur: Op de x-as, van onder naar boven: voor en na 2011 (voor en na), afgegraven (ja of nee), type activiteit en dossiernummer.

Figuur 26: Concentratie van PFAS-parameters van de totale PFAS concentratie in het grondwater per onderzoekslocatie in exploitatie voor en na 2011.



Figuur 27: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie in het grondwater per onderzoekslocatie in exploitatie voor en na 2011.

### **Interpretatie exploitatieperiode voor en na 2011:**

- Op deze terreinen wordt een combinatie van verschillende PFAS-samenstellingen aangetroffen, zowel PFOS-houdend schuim als nieuwere schuimen (6:2 FTS, 8:2 FTS, 10:2 FTS). De samenstellingen lopen uiteen van enkel PFOS met andere PFAS-parameters zoals PFHxS (bv. Dossier 97503) tot enkel nieuwere schuimen zonder PFOS, alsook een combinatie van zowel PFOS en nieuwere schuimen PFAS geassocieerd aan nieuwere schuimen zoals PFPA en PFBA.

### **Algemene conclusie over PFAS-concentraties in functie van de exploitatieperiode:**

- In de periode uitsluitend voor 2011 wordt niet enkel PFOS teruggevonden, maar ook PFAS gelinkt aan nieuw blusschuim zoals 6:2 FTS.
- In de periode uitsluitend na 2011 wordt niet enkel PFAS gelinkt aan nieuw blusschuim zoals 6:2 FTS en de stoffen geassocieerd met nieuwere schuimen zoals PFPA en PFHxA maar wordt ook nog regelmatig PFOS teruggevonden (wat gelinkt kan worden aan oud blusschuim).
- Voor de periode waarbij zowel voor als na 2011 blusactiviteiten plaatsvonden, is er een grote variatie merkbaar in de samenstelling van PFAS in zowel het grondwater als het vaste deel van de aarde. PFOS komt een groot aantal dossiers voor als belangrijke parameter in het vaste deel van de aarde.
- De voorstudie is belangrijk maar is echter onvoldoende sluitend, vaak is er weinig/beperkte informatie beschikbaar betreffende hoeveelheden, frequentie, type brandblusschuim.

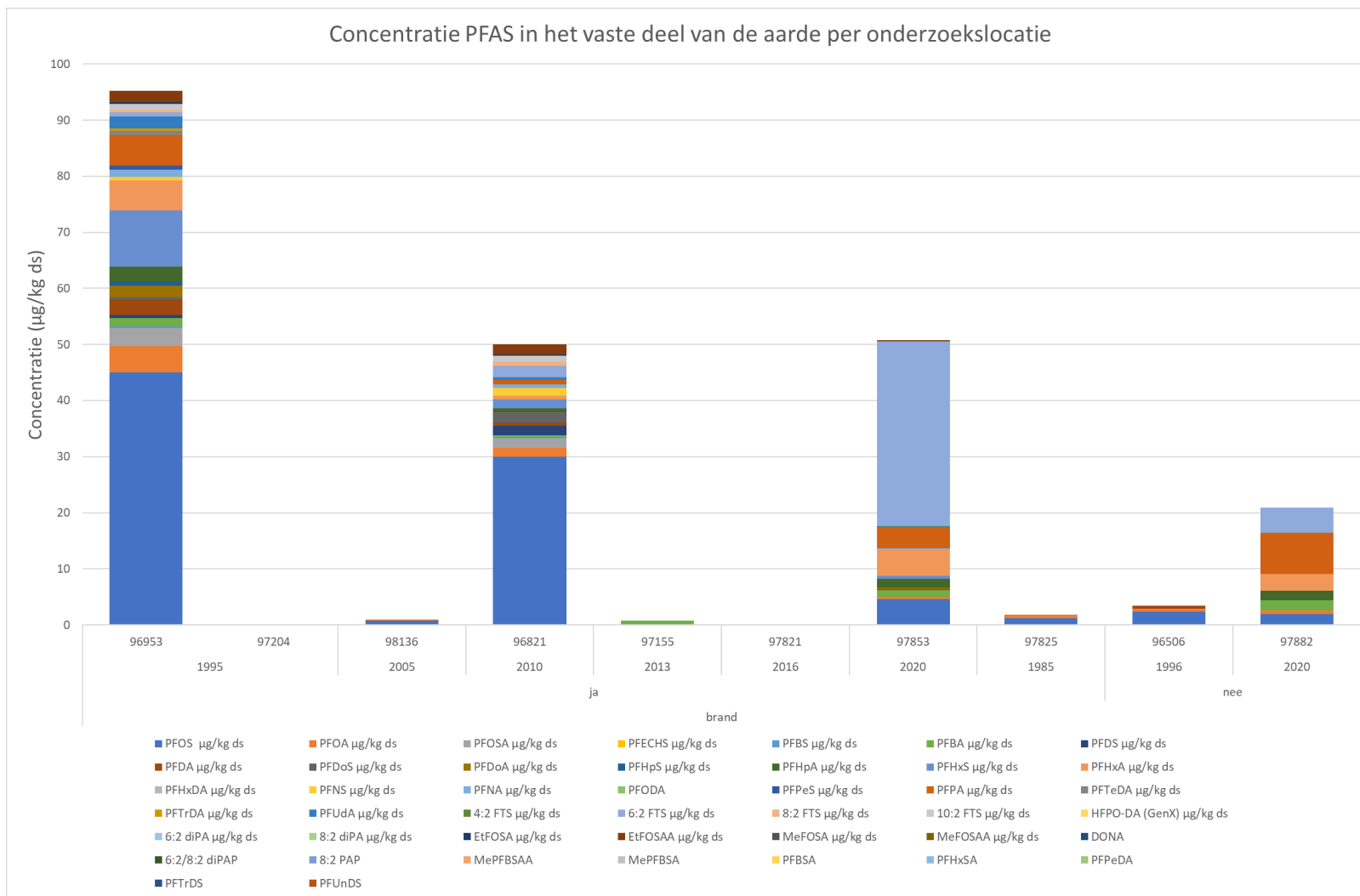
### **3.3.2.2 PFAS bij branden in functie van de periode van bluswerken**

Op figuur 28 en figuur 30 zijn de PFAS-samenstellingen weergegeven bij bluswerken van een brand, respectievelijk in respectievelijk het vaste deel van de aarde en in het grondwater, in functie van het jaar waarop de brand geblust werd.

Op figuur 29 en figuur 31 zijn zijn telkens de percentages van die concentraties ten opzichte van de totale concentratie PFAS weergegeven.

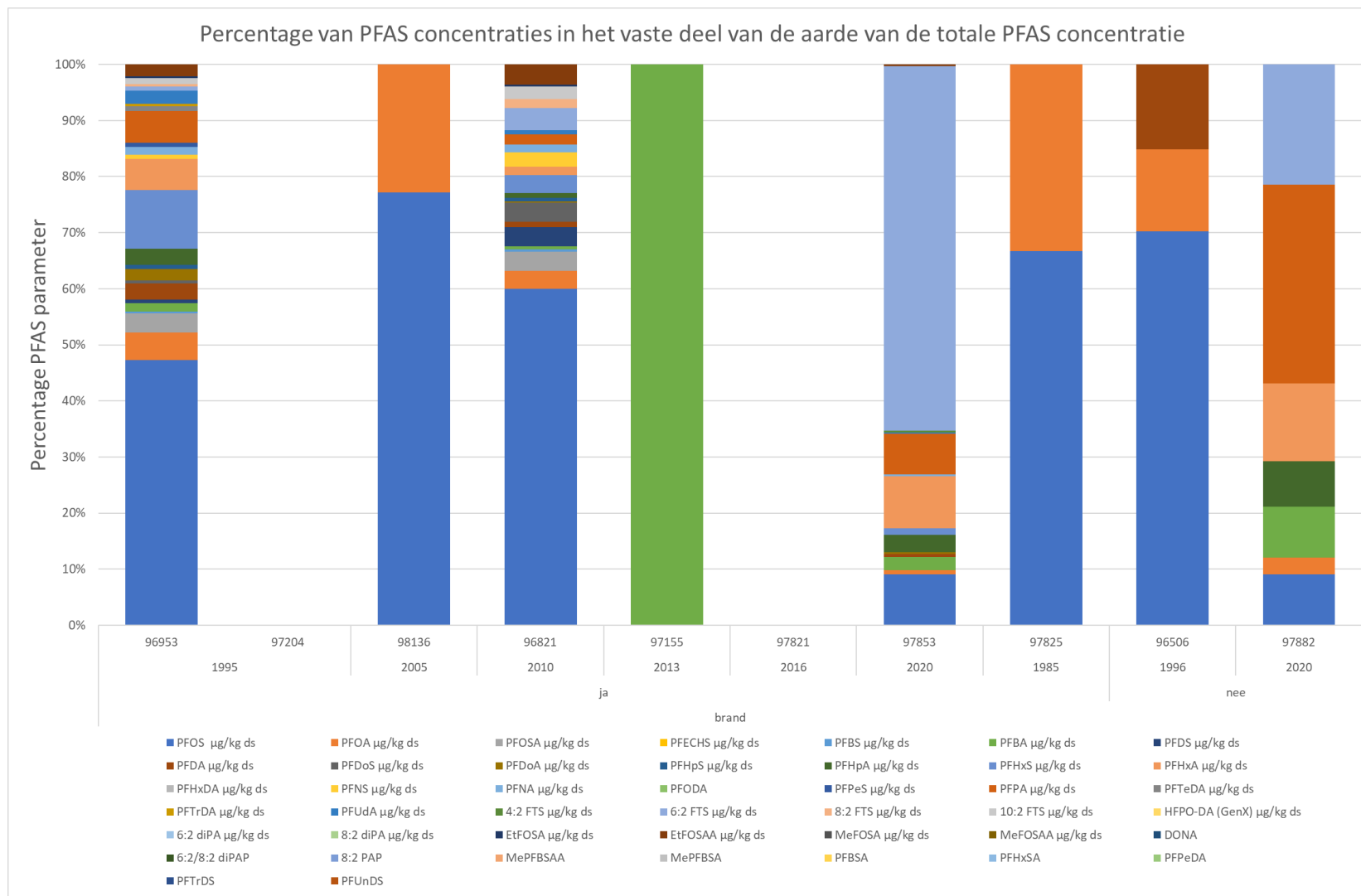
Voor het vaste deel van de aarde waren er 10 dossiers beschikbaar waarin branden geblust zijn. Bij 2 van de dossiers was duidelijk dat de bodem niet werd ontgraven. Bij de overige 8 dossiers werd soms een nieuw gebouw of verharding aangelegd en was het niet duidelijk of hierbij grond werd afgegraven of niet. Deze dossiers werden hier gecategoriseerd als "afgegraven". In het grondwater zijn er 14 onderzoekslocaties onderzocht nadat een brand geblust is.





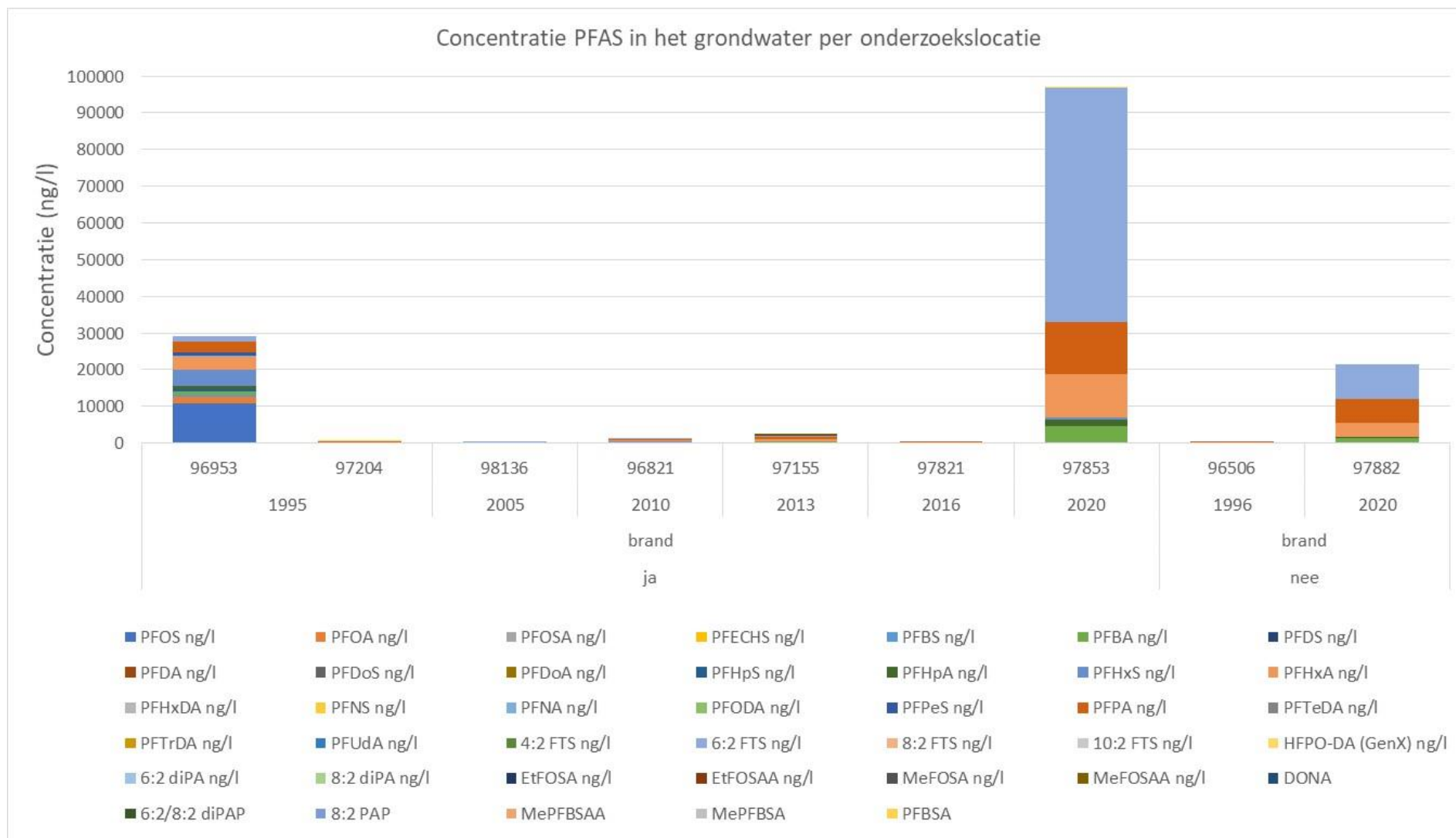
Op de x-as, van onder naar boven: type blusactiviteit (brand), afgegraven (ja of nee), jaartal en dossiernummer.

Figuur 28: Concentratie PFAS in het vaste deel van de aarde per onderzoekslocatie.



Op de x-as, van onder naar boven: type blusactiviteit (brand), afgegraven (ja of nee), jaartal en dossiernummer.

Figuur 29: Percentage van PFAS-concentraties in het vaste deel van de aarde van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie.



Op de x-as, van onder naar boven: afgegraven (ja of nee), type blusactiviteit (brand), jaartal en dossiernummer.

Figuur 30: Concentratie PFAS in het grondwater per onderzoekslocatie.



Interpretatie branden geblust per jaartal:

- Bij branden die geblust zijn voor 2011, vertoont PFOS een belangrijk deel in de PFAS samenstelling in het vaste deel van de aarde.
- Recentere branden (na 2011) vertonen het gebruik van nieuwe schuimen met PFAS parameters zoals 6:2 FTS, PFPA, PFBA en PFHxA. Branden na 2011 hebben een minder groot aandeel PFOS in het vaste deel van de aarde.
- Ook bij branden geblust in de periode na 2011 wordt PFOS in het vaste deel van de aarde vastgesteld, echter in veel mindere mate dan bij branden van voor 2011.
- Het volume aan PFAS houdend schuim heeft een impact op de concentraties PFAS in het vaste deel van de aarde en het grondwater (bijvoorbeeld grote industriële brand versus een brand van een voertuig).

## 4 CONCLUSIE

### 4.1 ALGEMENE TRENDS

#### 4.1.1 PFAS-parameters

- Er is een sterke variabiliteit in concentraties en samenstelling in PFAS. De samenstelling in PFAS is bovendien ook verschillend in het vaste deel van de aarde en het grondwater. Het is bijgevolg belangrijk om bij verder onderzoek (bv. BBO) steeds PFAS zowel in het vaste deel van de aarde als in het grondwater verder samen te evalueren.
- Op basis van de evaluatie van alle beschikbare dossiers (reeks 1- deelrapport 1 dd 01/2022 én de dossiers uit voorliggende studie) konden een aantal parameters gedefinieerd worden die **vaak voorkomen** met duidelijk verhoogde concentraties ter hoogte van activiteiten waar brandblusschuim wordt gebruikt:

- o Vaste deel van de aarde

Veel voorkomende PFAS parameters in vaste deel van de aarde
PFOS
6:2 FTS
PFHxSA (1)
8:2 FTS
PFOSA
PFHxA
PFHxS
PFOA
PFPA

- o Grondwater

Veel voorkomende parameters in grondwater
PFOS
PFHxS
6:2 FTS
PFPA
PFBA
PFHxA
PFHpA
PFOA
PFPeS
PFBS

(1) deze parameters zijn slechts recent aan het analysepakket toegevoegd – dus zeer indicatief te beoordelen op basis van beperkte dataset

- Op basis van de evaluatie van alle beschikbare dossiers (reeks 1- deelrapport 1 dd 01/2022 én de dossiers uit voorliggende studie) konden een aantal parameters gedefinieerd worden die **zelden voorkomen** én slechts in lage concentraties aanwezig zijn in geen van beide reeksen:

- o Vaste deel van de aarde

Zelden voorkomende PFAS parameters in vaste deel van de aarde
PFECHS
6:2 diPAP
8:2 diPAP
PFODA
4:2 FTS
HFPO-DA (GenX)
PFHxDA
MeFOSA
MeFOSAA
MePFBSA (1)
MePFBSAA (1)
DONA (1)
PFBSA (1)

- o Grondwater

Zelden voorkomende PFAS parameters in het grondwater
PFNS
PFDS
PFUdA
PFDoA
PFDoS
PFTTrDA
<i>PFTrDS (1)</i>
<i>PFUnDS (1)</i>
PFDA
PFHxDA
6:2 diPAP
8:2 diPAP
HFPO-DA (GenX)
EtFOSA
MeFOSA
PFECHS
PFODA
4:2 FTS
<i>DONA (1)</i>
<i>MePFBSA (1)</i>

(1) deze parameters zijn slechts recent aan het analysepakket toegevoegd – dus zeer indicatief te beoordelen op basis van beperkte dataset

#### 4.1.2 Effecten

- Type activiteit en type verharding:
  - De concentraties bij een brandweer oefenplaats op een locatie waar geen kazerne aanwezig is en op brandweerkazerne, liggen lager dan de concentraties op locaties met brandweerkazerne met oefenplaats. Op oefenterreinen gelegen op dezelfde locatie als een kazerne wordt vermoedelijk meer frequent gebruik gemaakt van het brandblusschuim waardoor de concentraties som PFAS hoger zijn.
  - Er is een grote variatie op de concentraties van de verschillende types verhardingen. De concentraties som PFAS op locaties met (deels) onverharde ondergrond zijn gemiddeld hoger zowel in het vaste deel van de aarde als het grondwater dan de verharde zones. De concentraties op verharde en onverharde ondergrond zijn in het vaste deel van de aarde en grondwater in zelfde grootteorde bij brandweerkazerne met oefenplaats. Op brandweer oefenplaats zonder kazerne worden wel hoger concentraties vastgesteld op onverharde terreinen dan op verharde, zowel in vaste deel van de aarde als in grondwater.  
Er is echter geen eenduidige vaststelling dat verharding leidt tot minder verontreiniging. Ook op sites met volledige verharding waar aangegeven wordt dat het bluswater opgevangen wordt en via riolering afgevoerd wordt, worden sterk verhoogde concentraties aan PFAS in het vaste deel van de aarde aangetroffen rondom de verharde oefenlocatie. Deze vastgestelde trend geeft aan dat verharding of opvangen van bluswater niet voldoende bodembeschermend is.
  - De hogere concentraties in de deels verharde deels onverharde dossiers zijn voornamelijk te verklaren door de afwatering/afspoeling van verharde naar onverharde zone waarin PFAS accumuleert en infiltreert in de bodem.
  - Bij branden ligt de gemiddelde concentratie in het grondwater hoog. Het betreft echter een beperkte aantal dossiers met een grote variabiliteit in concentratie, vermoedelijk ook gelinkt met de omvang en duurtijd van de bluswerken (volume brandblusschuim). Zo zijn er bijvoorbeeld grote verschillen in concentratie te zien bij een brand van een voertuig in vergelijking met het uitbranden van een huis.
- Grondwaterstand:
  - Er is geen eenduidige correlatie tussen de gemeten PFAS-concentraties in het grondwater en de diepte van de grondwatertafel.
- Exploitatieperiode en exploitatieduur:
  - Er is geen eenduidige correlatie tussen de gemeten PFAS-concentraties in het vaste deel van de aarde of het grondwater en de exploitatieperiode of exploitatieduur bij brandweerkazernes met of zonder oefenterrein.

#### 4.1.3 Indicatieve fingerprinting

- Over alle geëvalueerde dossiers waarbij brandblusschuim gebruikt werd, is er een grote variabiliteit in samenstelling en concentraties van PFAS.
- Er is een verschillende samenstelling in het vaste deel van de aarde versus het grondwater, dit bevestigt ook het complexe uitloggedrag van de groep PFAS.
- Stalen genomen op locaties waar de brandblusactiviteiten uitsluitend voor 2011 plaatsvonden, vertonen niet eenduidig het gebruik van PFOS-houdend (oud) blusschuim.
- Stalen genomen op locaties waar de brandblusactiviteiten uitsluitend na 2011 plaatsvonden, vertonen niet eenduidig het gebruik van PFAS gelinkt aan nieuw blusschuim (FTS, PFPA, PFHxA), maar ook nog steeds een (beperkt) aandeel PFOS.



## 4.2 ANTWOORDEN OP ONDERZOEKSVRAGEN

Op basis van de nieuwe reeks verkennende dossiers, geëvalueerd in voorliggend rapport werden de onderzoeksvragen opnieuw geëvalueerd en geactualiseerd. Dezelfde antwoorden zoals opgenomen in deelrapport 1 blijven behouden. Nieuwe inzichten worden *in italic* toegevoegd.

Kunnen we op basis van het type blusschuim weten welke PFAS-parameters er inzitten?

- Het type blusschuim is zelden gekend/gegeven in de voorstudie van het verkennend bodemonderzoek.
- Er is steeds een grote variabiliteit in PFAS-samenstellingen.

Kunnen we op basis van het jaar van de bluswerken weten welke PFAS-parameters er inzitten?

- Na 2011 worden lagere concentraties PFOS (uit ouder blusschuim) gemeten en hogere concentraties aan PFAS gelinkt aan nieuw blusschuim (PFPA, 6:2 FTS...).
- Voor 2011 wordt een mix van PFAS-parameters gedetecteerd. Er zijn niet enkel PFAS uit PFOS-houdende (oude) blusschuimen waar te nemen.

Algemeen is het moeilijk om de PFAS-samenstelling te voorspellen op basis van het jaar van de bluswerken, mede door het gebrek aan documentatie over de gebruikte blusschuimen.

Is er onderscheid tussen eenmalige en langdurige bluswerken?

- Ja, de concentraties van PFAS zijn duidelijk lager bij een eenmalige brand dan bij een kazerne met een frequent gebruikt oefenterrein. *Er zijn echter ook branden die geresulteerd hebben in sterk verhoogde PFAS gehalten, vermoedelijk als gevolg van de duurtijd van de bluswerken en de hoeveelheid gebruikt schuim.*
- Bij brandweerkazernes met oefenterreinen is er geen eenduidige link tussen de exploitatieduur van de kazerne of de duurtijd van de oefeningen enerzijds en de concentratie anderzijds.

Kan op basis van de hoeveelheid schuim een conclusie getrokken worden?

- De hoeveelheid schuim die gebruikt werd is zelden gekend/gegeven in de voorstudie van het verkennend bodemonderzoek.
- Waar frequenter blusschuim gebruikt wordt, zijn wel hogere concentraties te vinden.

Speelt verharding een duidelijke rol?

- *Er is een grote variatie op de concentraties van de verschillende types verhardingen. De concentraties som PFAS op locaties met (deels) onverharde ondergrond zijn gemiddeld hoger zowel in het vaste deel van de aarde als het grondwater dan de verharde zones. De concentraties op verharde en onverharde ondergrond zijn in het vaste deel van de aarde en grondwater in zelfde grootteorde. Er is echter geen eenduidige vaststelling dat verharding leidt tot minder verontreiniging. Ook op sites met volledige verharding waar aangegeven wordt dat het bluswater opgevangen wordt en via riolering afgevoerd wordt, worden sterk verhoogde concentraties aan PFAS in bodem aangetroffen rondom de verharde oefenlocatie. Op een aantal locaties zijn klinkers aanwezig rondom het verharde oefenterrein (oefenterrein in asfalt of beton), dit zijn geen water-ondoorlatende verhardingen, waardoor ook ter hoogte van deze klinkers verhoogde gehalten in vaste deel van de aarde en grondwater voorkomen. Deze vastgestelde trend geeft aan dat verharding of opvangen van bluswater niet voldoende bodembeschermend is.*
- Oefenterreinen die verhard zijn, wateren af naar onverharde zones: onverharde of deels (on)verharde zones bevatten sterk verhoogde concentraties in het vaste deel van de aarde en in het grondwater.

Zijn er deelzones op de locaties die een goede indicator zijn voor het karakter van de verontreiniging? Is er extra aandacht nodig voor het lozingspunt? Zijn er indicaties dat waszones een risico inhouden?

- Er zijn weinig of geen gegevens over lozingspunten/waterbodembodem in de voorstudie van het verkennend bodemonderzoek.
- Vooral brandweeroefenterreinen zijn onderzocht in de beschikbare dossiers, dus over andere deelzones op de locaties kan geen uitspraak gedaan worden.
- Opslagplaatsen worden vaak niet onderzocht (omwille van de aanwezigheid van bodembeschermende maatregelen).
- *Waszones komen voor op locaties waar ook oefenterreinen bij de brandweerkazerne aanwezig waren. Ofwel werd op basis van visuele inspectie geen stalen genomen op de wasplaats, ofwel waren de gemeten concentraties op de zone van het oefenterrein groter dan op de wasplaats, waardoor de specifieke concentraties van de wasplaatsen niet in de tabel met de maximale PFAS concentraties meegegeven werd. Bijgevolg werden geen besluiten genomen hieromtrent.*

Zijn er fingerprints te herkennen in de PFAS-concentraties in het vaste deel van de aarde of het grondwater die aan een bepaalde activiteit gelinkt kunnen worden?

- Enkel brandblusactiviteiten zijn in de geïnventariseerde dossiers onderzocht (branden en brandweeroefenterreinen/kazernes).
- Over andere activiteiten zoals textiel, galvano e.d. zijn nog geen gegevens beschikbaar.

Welke PFAS komen vaak voor en in welke concentraties?

- Er is een sterke variabiliteit in de concentraties.
- Op basis van de beschikbare dataset konden een aantal frequent voorkomende parameters geïdentificeerd worden:
  - o Vaste deel van de aarde

Veel voorkomende PFAS parameters in vaste deel van de aarde
PFOS
6:2 FTS
PFHxSA (1)
8:2 FTS
PFOSA
PFHxA
PFHxS
PFOA
PFPA

- o Grondwater

Veel voorkomende parameters in grondwater
PFOS
PFHxS
6:2 FTS
PFPA
PFBA
PFHxA
PFHpA
PFOA
PFPeS
PFBS