

## PFAS in vegetatie op twee onderzoekslocaties

# Van grond naar groen: Opname van PFAS door vegetatie

**De aanwezigheid van PFAS in vegetatie roept vragen op. In dit artikel bespreken we recente bevindingen bij saneringslocaties in Doetinchem en Soesterberg, waar PFAS zijn aangetroffen in bomen, blad en gras. We belichten de belangrijkste risico's en de noodzaak van het ontwikkelen van beleid en afvoermogelijkheden.**

Door: Iris van der Veen, Charles Pijls en Aiko Hensums

### Over de auteurs:

I.A. van der Veen (PhD), bodem en water adviseur bij TAUW Nederland.  
 Ir. C.G.J. M. Pijls, bodem en water adviseur bij TAUW Nederland.  
 W. A. Hensums, Projectmanager PFAS (Provincie Utrecht en gemeente Doetinchem)  
 Reageren: [Iris.vanderveen@tauw.com](mailto:Iris.vanderveen@tauw.com)

### Inleiding

De aanwezigheid van PFAS in het milieu is een groeiende zorg in Nederland in verband met de langdurige impact op het milieu. Bij de beoordeling van de risico's van PFAS bij bodem- en grondwaterverontreiniging ligt de nadruk op bodem en grondwater. Recent onderzoek toont aan dat PFAS zich vanuit de bodem kan verspreiden via verschillende wegen in het milieu, zoals lucht, oppervlaktewater, waterbodem en vegetatie. Dit onderstreept de noodzaak van een onderzoek van het gehele systeem. In dit artikel worden twee locaties met een verschillende PFAS historie uitgelicht, waar inventariserend onderzoek gedaan is naar PFAS in de vegetatie (gras, struiken en bomen), en naar wat dit voor mogelijke gevolgen met zich meebrengt op het gebied van sanering en geplande herontwikkeling.

De eerste locatie bevindt zich in Doetinchem, op een terrein waar vaten met AFFF (Aqueous Film Forming Foam) vloeistof uit handblussers jarenlang zijn opgeslagen, welke zijn gaan lekken naar de bodem (zie ook het voorgaande artikel Pionieren met PFAS in Doetinchem in dit blad). Bodem en grondwater op het

bedrijfsterrein en een aangrenzend bosperceel zijn daardoor sterk verontreinigd geraakt (figuur 1). Door de gemeente Doetinchem is een saneringsplan opgesteld waarbij de kern van de verontreiniging wordt ontgraven. Bij het ontwerpen van de sanering is de vraag ontstaan of de vegetatie is verontreinigd door de bodemverontreiniging met PFAS en, indien dit het geval is, hoe er na het snoeien moet worden omgegaan met het snoeiafval.

De tweede locatie bevindt zich op de voormalige vliegbasis Soesterberg, waar de provincie Utrecht voornemens is een nieuwe woonwijk te realiseren. Vanwege de aanwezigheid van PFAS in grond en grondwater is de vraag ontstaan of de aanwezige vegetatie op de locatie kan blijven staan, en wat voor gevolgen dit kan hebben voor de sanering en het toekomstig groenbeheer en gebruik van het terrein. Het onderzoek in Soesterberg is uitgevoerd als onderdeel van het Kennisprogramma PFAS Vliegbasis Soesterberg, een initiatief van provincie Utrecht en de ministeries van Defensie en Infrastructuur en Waterstaat.

### Bemonstering van PFAS in vegetatie

De vegetatie is onderzocht op locaties waar de PFAS concentraties in de bodem bekend zijn. Op de meest verontreinigde locaties is een selectie gemaakt uit verschillende bomen, struiken en gras. In Doetinchem zijn 7 bomen en de strooisellaag (bladafval en gevallen takken) onderzocht. In Soesterberg zijn 13 bomen onderzocht (inclusief een referentieboom buiten de verontreiniging) en twee struiken. Bij alle bomen is het houtige materiaal onderzocht, waarbij ca 50% van het houtige materiaal is genomen uit de stam van de boom (figuur 2), aangevuld met takken van de boom. Met een Häglof aanwasboor zouden ca. 16 gaten geboord moeten worden om tot de minimale hoeveelheid monstermateriaal voor analyse te komen. Om de bomen niet teveel te beschadigen, is er gekozen voor het opmengen van monsters uit de kern en vanuit takken van de boom. Bij alle bomen in Soesterberg zijn bladeren apart verzameld. In Soesterberg en Doetinchem zijn er bij een aantal geselecteerde boomsoorten strooiselmonsters verzameld bestaande uit takken en bladafval.

Planten nemen significante hoeveelheid PFAS op uit de bodem



Figuur 1: Overzicht van de PFAS-verontreinigingen in Soesterberg en Doetinchem.

Hergebruik van snoeiafval is mogelijke verspreidingsroute voor PFAS

Om de biodiversiteit op de locatie te stimuleren, wordt de locatie verschaald. Voor de geplande verschraling wordt het gras op de locatie gemaaid, om elders toegepast te worden als compost. Om inzicht te krijgen in de PFAS gehalten in dit gras is onderzoek gedaan op een schone (PFAS < rapportagegrens in grond), een licht verontreinigde (PFAS 3–18 µg/kg) en sterk verontreinigde (PFAS > 59 µg/kg) locatie.

**Resultaten**

In alle bomen in Doetinchem en Soesterberg die zich binnen de verontreinigingscontour van PFAS in grond bevonden is PFAS aangetoond. Bij hogere PFAS gehalten in de grond werden ook de hoogste gehalten in de bomen gemeten. In het strooisel werd tot meer dan 2.000 µg/kg PFAS totaal aangetroffen en in de bomen maximaal 580 µg/kg.

Ondanks de verschillen in grondwaterstand en bodemtype in Soesterberg en Doetinchem zijn er in de vegetatie vergelijkbare waarnemingen gedaan. In de grond zijn hoofdzakelijk de langere ketens aanwezig (in dit geval vaak PFOS). In het houtige materiaal van de bomen zijn duidelijk relatief meer korte ketens aanwezig (bijv. PFHxS). In de bladeren in Soesterberg werden relatief de meeste korte ketens aangetoond (figuur 3). In de grond was hier bij één van de bomen <10% PFHxS aanwezig, terwijl uiteindelijk in de bladeren wel 40% van de totale PFAS uit PFHxS

bestond. Omdat de korte keten PFAS beter oplosbaar zijn in water suggereert dit dat de oplosbaarheid van de individuele PFAS-componenten een belangrijke rol speelt in het transport van bodem naar vegetatie. In de strooisellaag in Doetinchem en Soesterberg werden ook relatief meer korte PFAS ketens in het materiaal aangetoond. Dit is in lijn met het aantreffen van korte PFAS ketens in de bladeren. De opname van PFAS uit de grond door de vegetatie kan uiteindelijk weer leiden tot een herverontreiniging van de bodem door bladval.

In Soesterberg is op ca. 375 m afstand van de kern van de PFAS verontreiniging een referentieboom geselecteerd waar de PFOS/PFOA gehalten in de grond onder de toepassingswaarde van 3 µg/kg d.s. lagen. In het strooisel, het houtige materiaal en de bladeren van deze referentieboom werd geen PFAS boven de rapportagegrens (0,1 µg/kg) aangetoond. Dit is een indicatie dat bij een bodem waarvan het achtergrondgehalte PFAS onder de maximale toepassingswaarde ligt er in de vegetatie buiten de verontreinigingscontour geen meetbare hoeveelheid PFAS aanwezig is. Op de referentielocatie werd ook in het gras geen PFAS boven de rapportagegrens aangetoond, terwijl op de licht en sterk verontreinigde locaties wel PFAS in het gras werd gemeten. In de grond is PFOS de dominante PFAS-vorm, en in het gras is de kortere (beter oplosbare) keten PFHxS relatief meer aanwezig.

**Doetinchem: Beleid verwerking biomassa en afvoermogelijkheden**

Na het aantreffen van significant verhoogde gehalten PFAS in de af te voeren bomen in Doetinchem moest een verwerkingsmogelijkheid bepaald worden voor de 150 ton verontreinigd snoeiafval. Al snel werd duidelijk dat Nederland geen beleid kent met betrekking tot de toepasbaarheid van biomassa waarin PFAS zijn aangetroffen, waardoor verwerkers terughoudend zijn om het materiaal te accepteren.

OVAM in Vlaanderen heeft in 2022 de rapportage “Toetsingswaarden voor PFAS in afvalstoffen bestemd voor gebruik in of als bodemverbeteraar of meststof” gepubliceerd, waarin voor 20 PFAS verbindingen een toetsingswaarde van 15 µg/kg d.s. PFAS wordt gehanteerd, en een maximaal toegelaten dosering via de bodemverbeteraar/meststof op de bodem van 30 mg/ha/jaar.

Om te voorkomen dat met PFAS verontreinigde biomassa ongecontroleerd elders wordt toegepast en de PFAS zo verder wordt verspreid, is onderzoek gedaan naar de afvoermogelijkheden. Omdat composteren en hergebruik niet wenselijk is, zijn verschillende andere verwerkingsmogelijkheden onderzocht: verbranding onder hoge temperaturen bij biomassacentrales, afvalverbranders en energiecentrales met afdoende afgaszuivering en stortlocaties. Geen van de verwerkers in Nederland was echter bereid om de biomassa te accepteren, en het snoeiafval is uiteindelijk afgevoerd naar de thermische verwerkingsinstallatie van Indaver. Deze verwerking bracht disproportioneel hoge kosten met zich mee in vergelijking met de afvoerkosten van de grond. Beleid op dit gebied is noodzakelijk, verwerkers hebben duidelijke kaders nodig voor de toepassing en verwerking van met PFAS verontreinigde biomassa.

### Soesterberg: Toepassing van vegetatie met PFAS op land

Op basis van het grasonderzoek in Soesterberg, waar lagere gehalten werden aangetroffen dan in de vegetatie in Doetinchem, zijn indicatieve berekeningen uitgevoerd om inzicht te krijgen in wat de impact zou zijn als dit materiaal, via de normale afvoer-keten van maaisel, opgebracht zou worden op gras- of akkerland. Door het opbrengen van het sterk verontreinigde gras op grasland zou er na 5-10 jaar een overschrijding van de achtergrondwaarde van PFOS ontstaan.

Dit heeft gevolgen voor het maai-beheer op de locatie. Totdat er meer bekend is over de mogelijkheden en het beleid omtrent toepasbaarheid van PFAS-houdend organisch materiaal, worden deze delen van de locatie niet meer gemaaid.

### Kennishiaten PFAS in vegetatie

De uitkomsten van de onderzoeken naar PFAS in vegetatie geven een indicatie van wat kan worden verwacht op andere met PFAS verontreinigde locaties. Met de uitkomsten van de onderzoeken is een kennissessie gehouden met experts op het gebied van PFAS vanuit verschillende disciplines. Hiaten in onze huidige kennis zijn in beeld gebracht door middel van een Conceptueel Site Model (CSM) met de meest belangrijke interacties en mogelijk beïnvloede milieucompartimenten (figuur 4).



Figuur 2: Höglof sampler (links) en geëxtraheerde boomkern (rechts) - Foto's onderzoek Doetinchem.

## Ontbreken beleid leidt tot knelpunten in verwerkingsketen biomassa

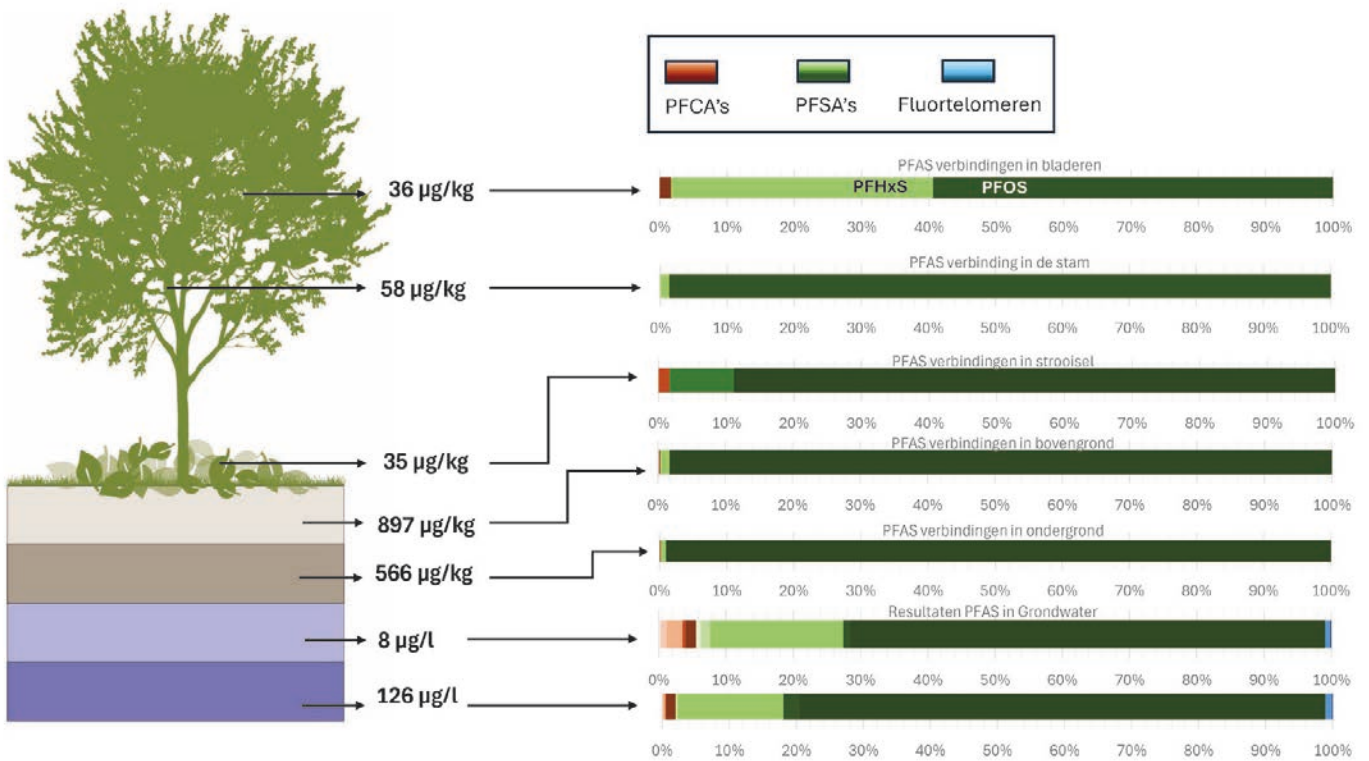
Als uitkomst van de expertsessie bleek dat de belangrijkste kennishiaten liggen op het vlak van het inzicht in stofgedrag en risico's van PFAS in de vegetatieketen. Tevens ontbreekt er beleid voor toepassing en verwerking van met PFAS verontreinigde biomassa, wat knelpunten oplevert in de afvoerketen van met PFAS verontreinigde biomassa.

### Conclusies

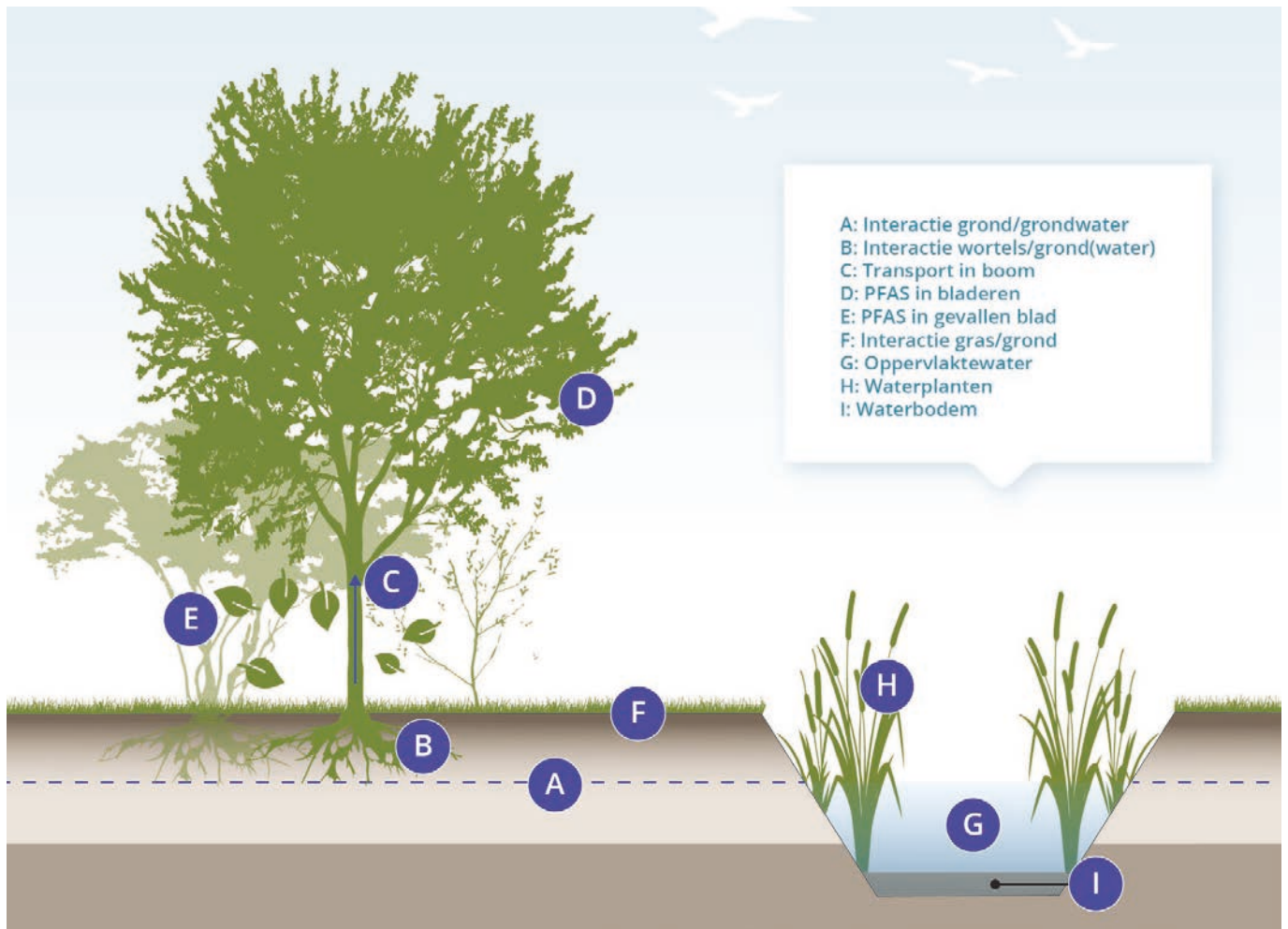
Deze ervaringen tonen aan dat de aanwezigheid van PFAS in vegetatie gevolgen heeft voor het beheer en onderhoud van met PFAS verontreinigde locaties en voor de afvoermogelijkheden van biomassa. In Doetinchem is de grond wel gesaneerd maar het grondwater nog niet, wat gevolgen kan hebben voor de nieuwe aanplant. In Soesterberg zullen waarschijnlijk alle bomen en struiken worden verwijderd. Door de diepe grondwaterstand (>9 m), zal de aanplant van nieuwe vegetatie geen gevolgen hebben voor beheer en onderhoud. Het ontbreken van beleid maakt het des te belangrijker dat uitvoerders zich bewust moeten zijn van de risico's.

De aanwezigheid van PFAS in bladeren en strooisel op saneringslocaties maakt duidelijk dat er een niet eerder onderkende potentiële verspreidingsroute is en er blootstelling en herverontreiniging van de bodem kan optreden. Dit moet een aandachtspunt zijn voor toekomstig groenbeheer. De uitkomsten van dit onderzoek kunnen daarnaast ook van belang zijn voor de beoordeling van de toepasbaarheid van fyto-remediatie.

De resultaten van dit onderzoek vormen een belangrijke basis voor toekomstig onderzoek en beleid rondom PFAS in vegetatie. De kennishiaten die tijdens de expertsessie zijn geïdentificeerd onderstrepen de noodzaak voor interdisciplinaire samenwerking om effectieve strategieën te ontwikkelen voor het omgaan met PFAS-verontreiniging.



Figuur 3: Conceptueel Model met relatieve concentraties van PFAS in verschillende matrices (grondwater, grond, strooisel, houtig materiaal en bladeren).



Figuur 4: Conceptueel model PFAS verspreiding via vegetatie.