



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

Risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen uit moestuinen in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden

RIVM-briefrapport 2022-0010
P.E. Boon | J.D. te Biesebeek



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

Risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen uit moestuinen in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden

RIVM-briefrapport 2022-0010
P.E. Boon | J.D. te Biesebeek

Colofon

© RIVM 2022

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Het RIVM hecht veel waarde aan toegankelijkheid van zijn producten. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om dit document volledig toegankelijk aan te bieden. Als een onderdeel niet toegankelijk is, wordt dit vermeld. Zie ook www.rivm.nl/toegankelijkheid.

DOI 10.21945/RIVM-2022-0010

P.E. Boon (auteur), RIVM
J.D. te Biesebeek (auteur), RIVM

Contact:
Polly Boon
Voedselveiligheid
polly.boon@rivm.nl

Dit onderzoek is verricht in opdracht van de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden

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

Publiekssamenvatting

Risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen uit moestuinen in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden

Het RIVM heeft eerder berekend hoeveel poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) mensen kunnen binnenkrijgen als zij zelf geteelde groenten en fruit eten. Het ging om gewassen uit moestuinen vlakbij bedrijven in Helmond en Dordrecht die PFAS uitstoten of dat in het verleden hebben gedaan. Het RIVM heeft het onderzoek nu uitgebreid naar negen groepen moestuinen in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden die binnen een straal van 15 kilometer van het chemiebedrijf DuPont/Chemours in Dordrecht liggen.

Als eerste blijkt dat mensen te veel PFAS binnenkrijgen via gewassen uit de groep moestuinen die binnen 1 kilometer ten noordoosten van het chemiebedrijf liggen. Het RIVM adviseert om deze gewassen niet te eten omdat effecten op de gezondheid niet kunnen worden uitgesloten.

Als tweede blijkt dat mensen niet te veel PFAS binnenkrijgen via de gewassen uit een groep moestuinen die tussen 5 en 10 kilometer ten zuidwesten van het bedrijf ligt en ook niet uit een groep moestuinen die zo'n 15 kilometer ten noordoosten ligt. Zij kunnen hun zelf geteelde gewassen gewoon blijven eten.

De derde conclusie gaat over zes groepen moestuinen die op zo'n 1 tot 10 kilometer ten noordwesten, noordoosten of oosten van het bedrijf liggen of op zo'n 2,5 kilometer ten zuidwesten. Deze moestuinhouders krijgen ook niet te veel PFAS binnen, maar wel meer dan via gewassen uit moestuinen die niet dicht bij een PFAS-bron liggen. Deze moestuinhouders kunnen hun zelf geteelde gewassen blijven eten, maar hen wordt aangeraden deze groenten en fruit af te wisselen met producten uit de winkel. Producten uit de winkel bevatten namelijk minder PFAS. Deze afwisseling is belangrijk omdat mensen in Nederland via andere voedselproducten en drinkwater al meer PFAS binnenkrijgen dan de zogeheten gezondheidskundige grenswaarde.

DuPont/Chemours heeft twee soorten PFAS uitgestoten: tot 2012 perfluorooctaanuur (PFOA) en vanaf 2012 GenX. Deze twee PFAS zijn via de lucht op de bodem en in het water terechtgekomen. Via de grond en het water kwamen ze daarna in de gewassen uit de moestuinen.

Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met de adviesbureaus Tritium Advies B.V. en Arcadis Nederland B.V. en met het onderzoeksinstituut Wageningen Food Safety Research van Wageningen University & Research.

Kernwoorden: PFAS, inname, risicobeoordeling, moestuin, groente, fruit

Synopsis

Risk assessment of PFAS in crops grown on allotments in the Dutch municipalities of Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht and Molenlanden

RIVM has conducted a study into how much perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFAS) residents ingest by consuming vegetables and fruit from nine groups of allotments in the Dutch municipalities of Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht and Molenlanden and located within a radius of 15 kilometres from the DuPont/Chemours chemical plant in Dordrecht. This study expands on earlier studies where RIVM calculated how much PFAS people are likely to ingest by consuming vegetables and fruit from allotments in the vicinity of chemical plants in Helmond and Dordrecht that emit PFAS or emitted PFAS in the past.

First, the intake of PFAS by consuming garden crops from allotments located within 1 kilometre northeast of the chemical plant is too high. RIVM advises not to consume these crops, as health effects cannot be excluded.

Second, the intake of PFAS by consuming crops from one group of allotments located between 5 to 10 kilometres southwest from the plant and from one group of allotments located about 15 kilometres northeast is not too high. People can continue to consume these crops.

The third finding concerns the intake of PFAS by consuming crops from six groups of allotments located about 1 to 10 kilometres northwest, northeast or east from the chemical plant or about 2.5 kilometres southwest. The intake of PFAS by consuming crops from these allotments is not too high, but higher than from allotments not located close to a source of PFAS emission. People can continue to consume these crops but are advised to vary their consumption with that of store-bought vegetables and fruit, which contain less PFAS. Varying the consumption of vegetables and fruit in this way is important, as people in the Netherlands are already exposed to more PFAS through the consumption of other food products and via drinking water than the so-called health-based guidance value.

DuPont/Chemours has emitted two PFAS over the years: until 2012 perfluorooctanoic acid (PFOA) and GenX since 2012. These PFAS have been dispersed through the air and have entered the soil and surface water, from where they have ended up in the crops grown on the allotments.

This study was conducted together with consultancies Tritium Advies B.V and Arcadis Nederland B.V., and research institute Wageningen Food Safety Research of Wageningen University & Research.

Keywords: PFAS, intake, risk assessment, allotment, vegetable, fruit

Inhoudsopgave

1	Inleiding — 9
2	Monstername en analyse van de monsters — 13
2.1	Monstername van het moestuinonderzoek — 13
2.2	Analyse van de monsters — 13
3	Methodiek van de innameberekening — 19
3.1	Voedselconsumptiegegevens — 19
3.2	Concentraties van PFAS in de moestuingewassen — 19
3.3	Gezondheidskundige grenswaarde en berekening somconcentraties — 20
3.4	Koppeling somconcentraties aan gegeten voedselproducten — 22
3.5	Berekening van de inname — 23
3.6	Vergelijking van de inname met de TWI — 24
4	Resultaten — 25
4.1	Somconcentraties van PFAS in moestuingewassen — 25
4.2	Inname van PFAS — 28
4.3	Bijdrage van gewasgroepen aan de inname — 28
4.4	Bijdrage van individuele PFAS aan de inname — 31
4.5	Vergelijking van de inname met de TWI — 31
5	Onzekerheden in de berekende inname van PFAS — 35
6	Discussie — 41
6.1	Vergelijking met het moestuinonderzoek uit 2021 — 41
6.2	Berekende inname van PFAS in de moestuinclusters — 43
6.3	Moestuinclusters vergeleken met referentielocatie — 45
6.4	Risicobeoordeling en blootstelling via andere bronnen dan moestuingewassen — 47
7	Conclusie — 51
8	Dankwoord — 53
	Literatuurlijst — 55
	Bijlage A Overzicht van de bemonsterde moestuinen per locatie — 57
	Bijlage B Opzet van het moestuinonderzoek — 58
	Bijlage C Concentraties van PFAS in de moestuinmonsters uit de negen moestuinclusters en de referentielocatie — 61
	Bijlage D Indeling van de gegeten voedselproducten in de voedselconsumptiepeiling (VCP) — 62

Bijlage E Somconcentraties van PFAS in de moestuinmonsters uit de negen moestuinclusters en de referentielocatie volgens een laag en hoog concentratieniveau van PFAS – 65

Bijlage F Gemiddelde somconcentraties van PFAS in de moestuingewassen uit de negen moestuinclusters en de referentielocatie volgens een laag en hoog concentratieniveau van PFAS – 66

Bijlage G Bijdrage (%) van de gewasgroepen en individuele PFAS aan de innameverdeling volgens een laag concentratieniveau voor de negen moestuinclusters en de referentielocatie – 67

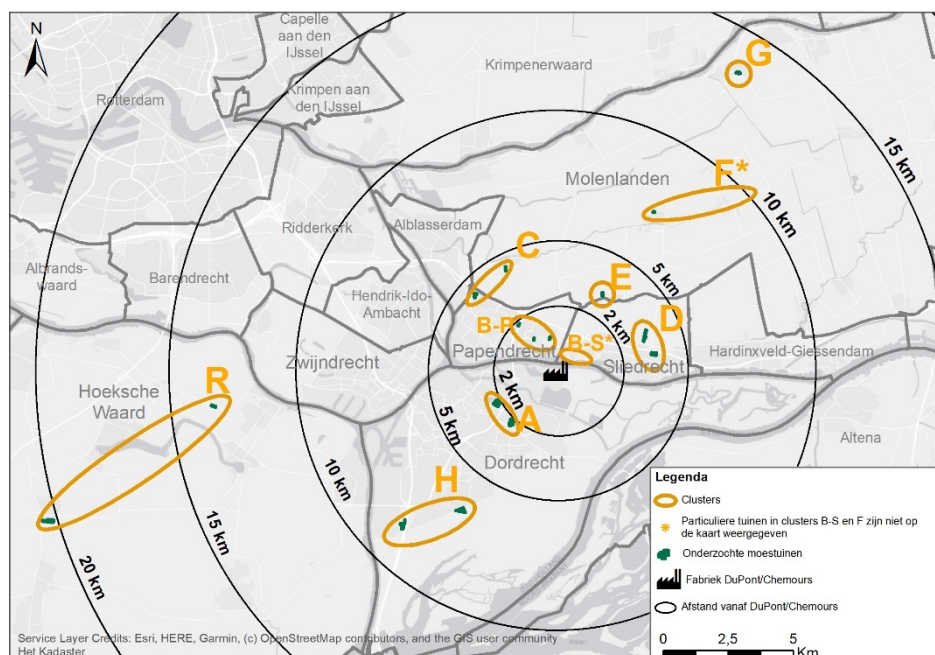
1 Inleiding

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) heeft in 2018 een risicobeoordeling uitgevoerd van GenX¹ en perfluorocetanzuur (PFOA), twee poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS), in moestuingewassen uit moestuinen rondom chemiebedrijf DuPont/Chemours in Dordrecht (Mengelers et al., 2018). In 2021 is deze beoordeling herzien op basis van nieuwe wetenschappelijke inzichten over de schadelijkheid van PFAS (Boon et al., 2021a). De onderzochte moestuinen bevonden zich binnen een straal van 4 kilometer rondom het chemiebedrijf. Door uitstoot van deze twee PFAS naar de lucht door dit bedrijf zijn deze stoffen op de bodem en in het water terecht gekomen. Via de grond en het water zijn de stoffen opgenomen in moestuingewassen. In 2012 is het bedrijf gestopt met de uitstoot van PFOA naar de lucht (Zeilmaker et al., 2016) en inmiddels heeft het de uitstoot van GenX verlaagd.

PFAS is een verzamelnaam voor een groep stoffen die bij een inname die hoog genoeg is en lang genoeg duurt, negatieve gezondheidseffecten kunnen hebben op het immuunsysteem, de leverfunctie en het cholesterolgehalte (EFSA, 2020). Het effect dat het eerste optreedt is het effect op het immuunsysteem. Dit is het effect waarop de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS is gebaseerd, die is bepaald door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (European Food Safety Authority; EFSA) (EFSA, 2020). Op basis van de risicobeoordeling uit 2021 adviseerde het RIVM om de moestuingewassen uit moestuinen die binnen een straal van 1 kilometer rondom DuPont/Chemours lagen niet meer te eten, omdat de berekende inname van PFAS een factor 2 tot 21 hoger was dan de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS (Boon et al., 2021a). Voor moestuingewassen uit moestuinen die in een straal van 1 tot 4 kilometer lagen kon geen conclusie worden getrokken, omdat de precieze concentratie van PFAS in deze gewassen niet bekend was.

Naar aanleiding van deze herziene risicobeoordeling zijn in de zomer en het najaar van 2021, in opdracht van de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden, moestuingewassen uit acht clusters van moestuinen rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours bemonsterd en geanalyseerd op de aanwezigheid van PFAS. Deze acht clusters (A t/m H) zijn gelegen in deze vier gemeenten en liggen binnen een straal van 15 kilometer rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours (zie Figuur 1 en Bijlage A). In de analyse is moestuincluster B opgesplitst in twee 'deelclusters', cluster B-P en cluster B-S, waardoor er in totaal negen moestuinclusters zijn (zie Figuur 1 en paragraaf 2.1). De moestuinen in cluster B-S, gelegen aan de oostkant van cluster B, omvatten de tuinen binnen 1 kilometer van het chemiebedrijf waarop de risicobeoordeling uit 2021 is gebaseerd (Boon et al. 2021a). De moestuinen die toen zijn beoordeeld in een straal van 1 tot 4 kilometer zijn ook opnieuw bemonsterd, namelijk de

¹ GenX is strikt genomen geen stof, maar een technologie die wordt gebruikt bij het produceren van fluorhoudende polymeren. Daarbij worden twee fluorhoudende stoffen gebruikt. De effecten in het lichaam van deze twee stoffen worden veroorzaakt door het negatief geladen ion (anion) van het ammoniumzout (HFPO-DA). Dit anion wordt aangeduid als GenX. Zie Boon et al. (2019) voor een beschrijving van GenX.



Figuur 1 Ligging van de acht moestuinclusters (A t/m H) in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden en van de referentielocatie (R) in de gemeente Hoeksche Waard. In de analyse is moestuincluster B opgesplitst in twee 'deelclusters' (cluster B-P en cluster B-S), waardoor de risicobeoordeling is uitgevoerd voor negen moestuinclusters (zie paragraaf 2.1).

moestuinen in de clusters A, B-P en D. Op basis van de gemeten PFAS-concentraties in de moestuingewassen uit de negen moestuinclusters hebben de opdrachtgevende gemeenten het RIVM gevraagd om een risicobeoordeling uit te voeren.

Naast de bemonstering van gewassen uit de moestuinclusters zijn ook moestuingewassen bemonsterd in twee moestuincomplexen in de gemeente Hoeksche Waard (Zuid-Holland), de zogenaamde referentielocatie (weergegeven als R in Figuur 1). Dit is gedaan om een beeld te krijgen van PFAS-concentraties in moestuingewassen uit een locatie zonder een bekende contaminatiebron van PFAS op korte afstand. De resultaten van de referentielocatie zijn gerapporteerd in een eerdere studie naar PFAS in moestuingewassen uit een volkstuinencomplex in Helmond (Boon & te Biesebeek, 2022). De resultaten van de referentielocatie worden ook gepresenteerd in het huidige rapport in de tabellen en figuren in hoofdstuk 4. In paragraaf 6.3. worden deze resultaten vergeleken met de resultaten van de moestuinclusters.

De opbouw van het rapport is als volgt. In hoofdstuk 2 wordt de bemonstering van de moestuingewassen uit de moestuinclusters beschreven en de methodiek waarmee PFAS in de gewassen zijn gemeten. Hoofdstuk 3 beschrijft de methode voor de berekening van de inname van PFAS door het eten van moestuingewassen voor de moestuinclusters. De resultaten worden in hoofdstuk 4 beschreven en in dit hoofdstuk wordt ook de berekende inname van PFAS vergeleken met

de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS. In hoofdstuk 5 worden de onzekerheden van de berekende inname besproken en in hoofdstuk 6 wordt de berekende inname verder geduid en wordt de risicobeoordeling van PFAS in de gewassen beschreven. De conclusie van het onderzoek staat in hoofdstuk 7.

2 Monstername en analyse van de monsters

2.1 Monstername van het moestuinonderzoek

In de zomer en het najaar van 2021 zijn in de moestuinclusters rond het chemiebedrijf DuPont/Chemours ongeveer 1500 monsters van groenten en fruit, inclusief aardappel, verzameld door Tritium Advies B.V. en deels door Arcadis Nederland B.V. Meer details over de monstername staan in Bijlage B.

De moestuinen zijn per cluster voorafgaand aan de bemonstering opgedeeld in vakken. Bij voldoende materiaal zijn in het laboratorium mengmonsters gemaakt bestaande uit drie individuele monsters per moestuingewas en vak.² Als onvoldoende materiaal aanwezig was, zijn de mengmonsters gebaseerd op twee monsters of één monster per moestuingewas en vak. In sommige gevallen zijn mengmonsters gemaakt van meerdere individuele monsters per gewas uit twee vakken binnen dezelfde tuin. Voordat de monsters zijn gecombineerd tot een mengmonster zijn ze in het laboratorium gewassen en zijn de niet eetbare delen verwijderd. Aardappel, pompoen, rode biet, ui en wortel zijn geschild. Geen van de gewassen is gekookt.

De mengmonsters zijn in enkelvoud geanalyseerd op verschillende PFAS (zie paragraaf 2.2). Tabel 1 geeft een overzicht van de bemonsterde gewassen, ingedeeld per gewasgroep, en het aantal mengmonsters per gewas. In deze tabel staan ook de aantallen mengmonsters per gewas voor de referentielocatie (meer details staan in Boon & te Biesebeek, 2022).

Voor cluster B bleken de PFAS-concentraties in de gewassen sterk te verschillen tussen de moestuinen aan de westkant van dit cluster en de moestuinen aan oostkant van dit cluster (zie Figuur 1 en paragraaf 4.1). Cluster B is daarom opgesplitst in twee kleinere 'deelclusters'. Deze twee deelclusters zijn aangegeven als respectievelijk B-P (met P=Papendrecht; westelijk deel) en B-S (met S=Sliedrecht; oostelijk deel).

Voor de leesbaarheid van het rapport worden in het vervolg van dit rapport mengmonsters 'monsters' genoemd en worden de twee deelclusters ook aangeduid met 'clusters'.

2.2 Analyse van de monsters

De monsters (inclusief de monsters uit de referentielocatie) zijn geanalyseerd op 17 PFAS (zie Tabel 2) door het onderzoeksinstituut Wageningen Food Safety Research (WFSR) van Wageningen University & Research (WUR). Deze 17 PFAS zijn geanalyseerd, omdat deze zijn opgenomen in de door WFSR toegepaste analysemethode.

² De monsters zijn gecombineerd tot mengmonster, zodat een groter aantal gewassen kon worden geanalyseerd.

Tabel 1 Overzicht van de bemonsterde moestuingewassen in de negen moestuinclusters en de referentielocatie en het aantal mengmonsters per gewas

Gewasgroep	Gewas	Aantal mengmonsters per locatie									Referentie-locatie
		Cluster									
		A	B-P	B-S	C	D	E	F	G	H	
Groenten											
Bladgroenten	Andijvie	4	1	5	4	5	3	3	3	5	3
	Sla	4	2	2	5	3	3	2	3	2	1
	Snijbiet	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
	Spinazie	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Bolgroenten	Ui	4	2	2	5	4	3	3	3	4	4
Knolgroenten	Aardappel	4	2	3	5	2	3	2	3	-	4
	Rode biet	4	3	2	5	5	3	3	3	5	4
	Wortel	4	3	2	5	5	3	3	3	5	3
Koolgroenten	Bloemkool	-	1	1	-	-	1	-	-	-	3
	Boerenkool	3	4	-	6	6	3	3	3	5	4
	Broccoli	-	-	-	-	-	1	2	-	-	2
	Rode kool	-	3	1	-	3	-	-	-	-	-
	Spitskool	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
	Spruitjes	-	1	1	4	4	2	2	3	5	1
Peulvruchten	Snijbonen	3	3	2	5	5	3	-	3	5	4
	Sperziebonen	2	3	-	3	6	3	3	3	4	4
Stengelgroenten	Prei	4	3	1	4	5	2	2	3	4	4
	Rabarber	4	3	3	5	5	3	3	3	4	4
Vruchtgroenten	Courgette	4	3	2	5	5	3	3	3	5	3
	Komkommer	3	2	3	5	5	2	2	3	5	4
	Paprika	4	2	1	4	3	-	1	3	4	3
	Pompoen	3	4	-	3	5	3	3	3	4	4
	Tomaat	4	3	2	5	5	3	2	3	5	4

Gewasgroep	Gewas	Aantal mengmonsters per locatie									Referentie-locatie
		Cluster									
		A	B-P	B-S	C	D	E	F	G	H	
Fruit											
Klein fruit	Aardbei	4	-	-	2	-	1	2	1	3	2
	Druif	4	1	-	3	4	-	-	1	4	3
Pitvruchten	Appel	4	3	1	4	5	-	3	3	5	4
	Peer	3	3	1	4	4	-	-	3	5	4
Steenvruchten	Pruim	6	3	1	2	2	3	-	3	4	1
Totaal		80	58	36	93	96	51	49	63	92	78

^a Figuur 1 geeft de ligging weer van de negen moestuinclusters in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden en van de referentielocatie in de gemeente Hoeksche Waard. Cluster B is daarbij opgedeeld in een cluster B-P (westelijk deel van cluster B) en een cluster B-S (oostelijk deel van cluster B) door verschillen in PFAS-concentraties binnen cluster B (zie paragraaf 4.1).

Tabel 2 De 17 PFAS die zijn meegenomen in de analyse van de bemonsterde moestuingewassen

PFAS	PFAS-afkorting
Sulfonzuren	
Perfluorbutaansulfonzuur	PFBS
Perfluorhexaansulfonzuur	PFHxS
Perfluorheptaansulfonzuur	PFHpS
Perfluoroctaansulfonzuur	PFOS
Perfluordecaansulfonzuur	PFDS

PFAS	PFAS-afkorting
Carbonzuren	
Perfluorbutaanzuur	PFBA
Perfluorpentaanzuur	PFPeA
Perfluorhexaanzuur	PFHxA
Perfluorheptaanzuur	PFHpA
Perfluoroctaanzuur	PFOA
Perfluornonaanzuur	PFNA
Perfluordecaanzuur	PFDA
Perfluorundecaanzuur	PFUnDA
Perfluordodecaanzuur	PFDoDA
Perfluortridecaanzuur	PFTTrDA
Perfluortetradecaanzuur	PFTeDA

PFAS	PFAS-afkorting
Ether carbonzuren	
2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)propionzuur	HFPO-DA (GenX)

PFAS: poly- en perfluoralkylstoffen

De PFAS zijn geanalyseerd volgens de interne *Standard Operating Procedure* (SOP) A1114 van WFSR. De opwerking van de monsters omvatte een methanolextractie in zuur milieu van gemalen groenten of fruit, gevolgd door een opschoning van het extract met behulp van *solid-phase* extractie (WAX-SPE). Voor nauwkeurige kwantificering zijn isotoop gelabelde standaarden gebruikt. De monsterextracten zijn geanalyseerd met behulp van vloeistofchromatografie (LC) gekoppeld aan tandem-massaspectrometrie (MS/MS).³ De analytische LC-kolom was een Phenomenex Luna Omega 1.6u PS C18 100A (100 x 2.1) en mogelijke PFOA-interferenties uit de oplosmiddelen zijn weggevangen door de mobiele fase te leiden door een Phenomenex Gemini C18 (50 x 3 mm; 5 µm) isolatorkolom. De vloeistoffen waarmee de monsterextracten door de kolom zijn geleid waren mobiele fase A en B (A: 20 mM ammoniumacetaat in water; B: 100% methanol; debiet 0,5 ml/min). De MS opereerde in *multiple reaction* monitoring, waarbij elke individuele PFAS is gemonitord op basis van twee ion overgangen (met uitzondering van perfluorbutaanzuur (PFBA), omdat voor deze PFAS maar één ion overgang beschikbaar was). De hoeveelheid van de PFAS is gekwantificeerd op basis van kalibratielijnen, geprepareerd in aanwezigheid van de matrix⁴ en is, waar mogelijk, gebruik gemaakt van isotoop gelabelde interne standaarden.

³ LC-MS/MS, LC: Shimadzu ExionLC AD; MS: Sciex 7500

⁴ De matrix omvat alle overige stoffen in een monster naast de te analyseren stof.

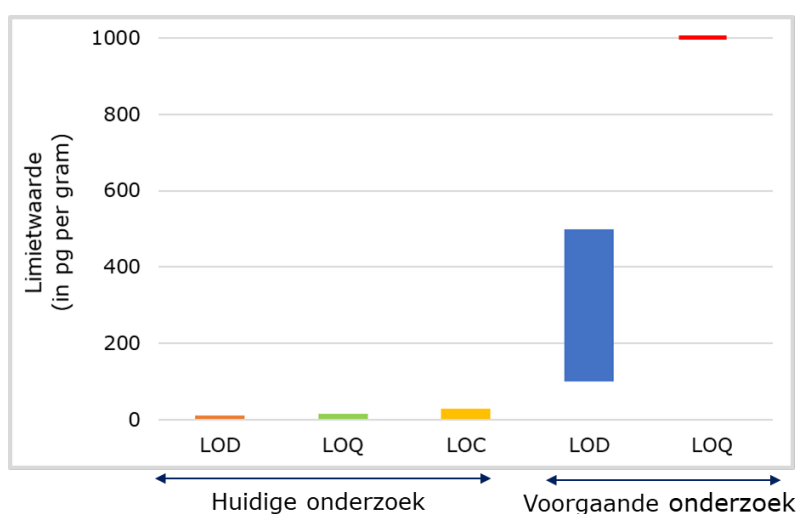
De analysemethode heeft drie analytische limietwaarden:

- Detectielimiet (LOD): de laagste concentratie van een PFAS die kan worden waargenomen.
- Kwantificeringslimiet (LOQ): de laagste concentratie van een PFAS die met een vastgestelde precisie kan worden gekwantificeerd.
- Bevestigingslimiet (LOC): de laagste concentratie van een PFAS waarbij de identiteit van de PFAS kan worden bevestigd.

Hierbij is de LOD lager dan de LOQ en is de LOQ lager of gelijk aan de LOC (dus $LOD < LOQ \leq LOC$).

De LOD varieerde van 0,25-12,5 picogram (pg) per gram, de LOQ van 0,5–15 pg per gram en de LOC van 1,0-30 pg per gram.⁵ De analytische limietwaarden varieerden per gewas en PFAS. De variatie per gewas kwam omdat de limietwaarden zijn vastgesteld met kalibratielijnen per matrix en niet alle groenten en fruit tot dezelfde matrix behoren. De limieten varieerden ook per PFAS, omdat deze stoffen niet dezelfde chemische samenstelling hebben, waardoor hun gedrag in de LC-MS/MS verschilt.⁶

In het voorgaande moestuinonderzoek rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours (Boon et al., 2021a; Mengelers et al., 2018) was de LOD gelijk aan 100-500 pg per gram en was de LOQ gelijk aan 1000 pg per gram. De huidige LOD's en LOQ's zijn daarmee een factor 8-2000 lager dan in het eerdere onderzoek en de LOC's een factor 33-2000. Door de lage gezondheidkundige grenswaarde van PFAS van 4,4 nanogram (ng)/kilogram (kg) lichaamsgewicht per week moesten de analytische limietwaarden worden verlaagd (zie paragraaf 3.3). Figuur 2 geeft de limietwaarden weer voor het huidige en eerdere moestuinonderzoek rondom DuPont/Chemours.



Figuur 2 Bandbreedte van de detectielimiet (LOD), kwantificeringslimiet (LOQ) en bevestigingslimiet (LOC) voor het huidige onderzoek en de LOD en LOQ voor het voorgaande onderzoek (Boon et al., 2021a; Mengelers et al., 2018)

⁵ Een picogram is een miljoenste van een miljoenste gram, ofwel 10^{-12} gram.

⁶ PFAS met lange ketens (zoals PFOA en PFOS) blijven meer plakken in de LC-kolom dan PFAS met kortere ketens (zoals PFBA en PFBS).

3 Methodiek van de innameberekening

Voor de risicobeoordeling van de 17 PFAS in de bemonsterde moestuingewassen uit de negen moestuinclusters is als eerste de inname van deze groep stoffen berekend. Hiervoor zijn de concentraties in de moestuingewassen gecombineerd met consumptiehoeveelheden van deze gewassen, zoals gerapporteerd in de recentste Nederlandse voedselconsumptiepeiling (VCP). De berekende inname is vervolgens vergeleken met de gezondheidskundige grenswaarde van PFAS, zoals bepaald door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (European Food Safety Authority; EFSA). Een inname die onder deze grenswaarde blijft, wordt als veilig gezien.

In de volgende paragrafen wordt beschreven hoe de inname van PFAS is berekend voor de negen moestuinclusters. De beschreven methodiek is dezelfde waarmee de inname van PFAS is berekend voor de referentielocatie (Boon & te Biesebeek, 2022).

3.1 Voedselconsumptiegegevens

Om de inname van PFAS door het eten van moestuingewassen te berekenen, zijn gegevens gebruikt over hoeveel en hoe vaak deze gewassen in Nederland worden gegeten. De hiervoor gebruikte consumptiegegevens zijn afkomstig van de Nederlandse voedselconsumptiepeiling (VCP) onder personen van 1 t/m 79 jaar uitgevoerd in 2012-2016. Dit zijn de meest recente gegevens die beschikbaar zijn over de consumptie van voedsel en dranken, waaronder groenten en fruit, in Nederland (van Rossum et al., 2020). In deze peiling hebben 4313 individuen op twee dagen aangegeven wat zij hebben gegeten en gedronken, inclusief de gegeten en gedronken hoeveelheden. Voor jonge kinderen hebben ouders of verzorgers dit aangegeven.

Door deze consumptiegegevens te gebruiken voor de berekening van de inname van PFAS wordt aangenomen dat het voedselconsumptiepatroon van de Nederlandse bevolking representatief is voor de consumptie van moestuingewassen door de moestuinhouders.

3.2 Concentraties van PFAS in de moestuingewassen

Bijlage C geeft per monster een overzicht van de door WFSR gerapporteerde PFAS-concentraties in de moestuingewassen uit de negen moestuinclusters. De concentraties zijn op vier manieren gerapporteerd:

1. < LOD (detectielimiet): de PFAS kan niet worden waargenomen; de betreffende PFAS-concentratie ligt tussen 0 pg per gram en de LOD.
2. < LOQ (kwantificeringslimiet): PFAS is waargenomen, maar de daadwerkelijke concentratie kan niet worden vastgesteld en de identiteit van de PFAS kan niet met zekerheid worden bevestigd; de betreffende PFAS-concentratie ligt tussen 0 pg per gram en de LOQ.

3. < LOC (bevestigingslimiet): er is PFAS waargenomen, maar het is niet 100% zeker of het de betreffende PFAS is. Dit is echter wel dermate waarschijnlijk dat is aangenomen dat de PFAS aanwezig is in het monster en dat de concentratie tussen de LOQ en de LOC ligt.⁷
4. c (numerieke concentratie): de PFAS-concentratie kan nauwkeurig worden gekwantificeerd en de identiteit van de PFAS is bevestigd; de betreffende PFAS-concentratie is gelijk aan c.

De PFAS-concentraties die zijn gerapporteerd als 'c' zijn als zodanig meegenomen in de innameberekening. De concentraties onder de LOD, LOQ en LOC zijn meegenomen volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen, gebaseerd op de laagste en hoogste concentraties van de concentratierange zoals hierboven is aangegeven per limietwaarde.⁸ In Tabel 3 staan de toegekende concentraties per gerapporteerde concentratie en concentratieniveau.

Tabel 3 Gebruikte PFAS-concentraties volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen

Gerapporteerde concentratie ^a	Concentratieniveau	
	Laag	Hoog
< LOD	0	LOD
< LOQ	0	LOQ
< LOC	LOQ	LOC
c	c	c

c: numerieke concentratie; LOC: bevestigingslimiet; LOD: detectielimiet; LOQ: kwantificeringslimiet; PFAS: poly- en perfluoralkylstoffen

^a De LOD varieerde van 0,25-12,5 pg per gram, de LOQ van 0,5-25 pg per gram en de LOC van 0,5-30 pg per gram (zie paragraaf 2.2).

De inname die is berekend met deze twee concentratieniveaus geeft de bandbreedte weer van de inname van PFAS op basis van de gerapporteerde concentraties (zie Box 1).

3.3 Gezondheidskundige grenswaarde en berekening somconcentraties

EFSA heeft in 2020 een gezondheidskundige grenswaarde bepaald voor de inname van de som van vier PFAS (de EFSA-4): PFOA, perfluornonaanzuur (PFNA), perfluorhexaansulfonzuur (PFHxS) en perfluoroctaansulfonzuur (PFOS) (EFSA, 2020). Deze grenswaarde, de tolereerbare wekelijkse inname (TWI) van 4,4 nanogram (ng) per kilogram (kg) lichaamsgewicht, is gebaseerd op effecten op het immuunsysteem, die kunnen optreden na blootstelling aan PFAS over

⁷ De identiteit van de PFAS is vastgesteld volgens de richtlijnen van het Europese Referentielaboratorium: de piek uit het tweede kanaal in het chromatogram is waargenomen en de verhoudingen tussen de twee signalen uit de twee kanalen komen overeen met de referentiestandaard van de betreffende PFAS. In het geval van < LOC is deze piek op het tweede kanaal niet of in onvoldoende mate zichtbaar om met zekerheid te kunnen zeggen dat het de betreffende PFAS is (of een eventuele andere natuurlijke component of onbekende stof die lijkt op de betreffende PFAS). Maar deze kans is wel erg klein, aangezien het gedrag van de component op het eerste kanaal hetzelfde is (zelfde retentietijd en massa). Ondanks deze kleine kans is er in dit geval geen numerieke concentratie (c) gerapporteerd door WFSR.

⁸ Een laag en een hoog concentratieniveau zijn vergelijkbaar met respectievelijk een 'lower-bound' en 'upper-bound' scenario, dat wordt gebruikt om de onzekerheid in de concentraties in monsters met een gerapporteerde concentratie onder een analytische limietwaarde te kwantificeren.

Box 1: Concentraties volgens een laag en een hoog concentratieniveau

De concentratie van PFAS in moestuingewassen volgens een **laag** concentratieniveau van PFAS zal de werkelijke concentratie onderschatten, omdat niet kan worden uitgesloten dat de niet aangetoonde (< LOD) en niet geïdentificeerde (< LOQ) PFAS mogelijk wél aanwezig zijn in de monsters.

De concentratie volgens een **hoog** concentratieniveau zal de werkelijke concentratie overschatten, omdat het niet waarschijnlijk is dat alle niet aangetoonde en geïdentificeerde PFAS in een concentratie gelijk aan de relevante limietwaarde aanwezig zullen zijn in de betreffende monsters.

een langere periode.⁹ Bij de afleiding van de TWI heeft EFSA aangenomen dat de vier PFAS even schadelijk zijn.

Omdat we aan meerdere PFAS worden blootgesteld, die ook een effect kunnen hebben op het immuunsysteem, gebruikt het RIVM de TWI in combinatie met relatieve potentiefactoren (RPF's) van individuele PFAS (RIVM, 2021). Deze RPF's geven de potentie van een PFAS aan om een gezondheidseffect te veroorzaken vergeleken met PFOA, de zogenaamde referentiestof. Dus de RPF van PFOA is 1. PFAS met een grotere potentie om een effect te veroorzaken hebben een RPF groter dan 1 en PFAS met een lagere potentie hebben een RPF kleiner dan 1. Voor 23 PFAS zijn inmiddels RPF's afgeleid (Bil et al., 2021; Zeilmaker et al., 2018), waardoor maximaal 23 PFAS kunnen worden meegenomen in een risicobeoordeling van PFAS. Om op basis van deze RPF's meerdere PFAS mee te nemen in de risicobeoordeling worden de concentraties van de individuele PFAS per monster als eerste vermenigvuldigd met hun respectievelijke RPF. Deze concentraties worden dan opgeteld tot een somconcentratie per monster, die wordt uitgedrukt in PFOA-equivalenten (PEQ). Op basis van deze somconcentraties wordt, in combinatie met gegevens over consumptie, de inname van de som van de PFAS berekend, ook uitgedrukt in PEQ. Deze inname wordt vergeleken met de gezondheidskundige grenswaarde van PFAS om te bepalen of er een risico is. Box 2 geeft een voorbeeld van een berekening van een somconcentratie op basis van RPF's. Een uitgebreide toelichting op de risicobeoordeling van PFAS staat in RIVM (2021).

Box 2: Voorbeeldberekening van somconcentratie PFAS met relatieve potentiefactoren

Een fictief monster bevat PFOA, perfluorhexaanzuur (PFHxA) en PFOS in concentraties van respectievelijk 0,05, 1,0 en 0,01 pg per gram. PFOA is de referentiestof. De relatieve potentiefactoren zijn 1 voor PFOA, 0,01 voor PFHxA en 2 voor PFOS.

De somconcentratie in dit monster, uitgedrukt in PFOA-equivalenten (PEQ), wordt dan berekend als: $(0,05 \times 1) + (1,0 \times 0,01) + (0,01 \times 2) = 0,08$ pg PEQ per gram product.

⁹ Een nanogram is een miljardste gram, ofwel 10^{-9} gram.

In de moestuingewassen zijn 17 PFAS geanalyseerd (zie Tabel 2). Om de somconcentraties van deze PFAS te berekenen, uitgedrukt in PEQ, zijn als eerste de gerapporteerde concentraties per PFAS toegekend aan een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen (volgens Tabel 3). Daarna zijn deze concentraties vermenigvuldigd met de betreffende RPF's (zie Tabel 4) en opgeteld. Dit resulteerde in twee somconcentraties per monster, een somconcentratie volgens een laag concentratieniveau en een somconcentratie volgens een hoog concentratieniveau. Tabel 5 geeft een voorbeeld van de berekening van de somconcentratie van een fictief monster waarin vijf fictieve PFAS zijn gemeten.

Tabel 4 De relatieve potentiefactoren voor de 17 PFAS die zijn meegenomen in de analyse van de bemonsterde moestuingewassen

PFAS ^a	Relatieve potentiefactor ^b
Sulfonzuren	
PFBS	0,001
PFHxS ^c	0,6
PFHpS	2
PFOS ^c	2
PFDS	2

PFAS ^a	Relatieve potentiefactor ^b
Carbonzuren	
PFBA	0,05
PFPeA	0,05
PFHxA	0,01
PFHpA	1
PFOA ^c	1
PFNA ^c	10
PFDA	10
PFUnDA	4
PFDoDA	3
PFTTrDA	3
PFTeDA	0,3

PFAS ^a	Relatieve potentiefactor
Ether carbonzuren	
HFPO-DA (GenX)	0,06

PFAS: poly- en perfluoralkylstoffen

^a De namen van de PFAS staan in Tabel 2.

^b Voor PFDA, PFHpA, PFHpS, PFPeA en PFTTrDA zijn een onder- en bovengrens van de relatieve potentiefactor afgeleid (Bil et al., 2021). Zoals aanbevolen in RIVM (2021) is bij de berekening van de somconcentraties voor deze PFAS de bovengrens gebruikt.

^c PFAS behorend tot de EFSA-4 (zie paragraaf 3.3).

De somconcentraties, uitgedrukt in PEQ, zijn berekend volgens een laag en een hoog concentratieniveau voor alle monsters van de negen clusters.

3.4 Koppeling somconcentraties aan gegeten voedselproducten

Voor de berekening van de inname van PFAS moeten de berekende somconcentraties per gewas worden vermenigvuldigd met gegeten hoeveelheden per gewas. Om dit te kunnen doen zijn de bemonsterde

Tabel 5 Voorbeeldberekening van de somconcentratie van PFAS, uitgedrukt in PEQ, volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen in een fictief monster

PFAS	Gerapporteerde concentratie ^a	Gebruikte concentratie in pg per gram per concentratieniveau ^b		RPF	Concentratie in pg PEQ per gram volgens de twee concentratieniveaus		
		Laag	Hoog		Laag	Hoog	
PFAS1	< LOD (0,5)	0	0,5	0,5	0	0,25	
PFAS2	< LOC (10) ^c	5	10	2	10	20	
PFAS3	1,8	1,8	1,8	0,1	0,18	0,18	
PFAS4	4,7	4,7	4,7	2	9,4	9,4	
PFAS5	< LOQ (5)	0	5	1,5	0	7,5	
Somconcentratie						19,6	37,3

LOC: bevestigingslimiet; LOD: detectielimiet; LOQ: kwantificeringslimiet; PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: poly- en perfluoralkylstoffen; RPF: relatieve potentiefactor

^a Getal tussen haken geeft de waarde aan van de bijbehorende analytische limietwaarde.

^b De uitleg voor de toekenning van concentraties aan een laag en een hoog concentratieniveau staat in paragraaf 3.2.

^c Bijbehorende LOQ is 5 pg per gram.

gewassen gekoppeld aan relevante gegeten voedselproducten, die zijn gerapporteerd in de VCP. Dus bijvoorbeeld het moestuingewas andijvie is gekoppeld aan de voedselproducten 'Andijvie diepvries onbereid', 'Andijvie gekookt' en 'Andijvie rauw'.

Niet alle moestuingewassen die kunnen worden geteeld in een moestuin, zijn bemonsterd in de clusters, omdat ze in de betreffende clusters tijdens de bemonsteringsronden niet of in onvoldoende mate zijn aangetroffen (zie Bijlage B). Omdat dus niet kan worden uitgesloten dat deze moestuingewassen zijn of nog zullen worden geteeld, en dus ook zijn of worden gegeten door de moestuinhouders, zijn ook de gegeten hoeveelheden van andere relevante voedselproducten in de VCP gekoppeld aan de bemonsterde gewassen. Hiervoor zijn de niet-bemonsterde gewassen ingedeeld in de 10 gewasgroepen (zie Tabel 1). Vervolgens is de gemiddelde PFAS-concentratie in de bemonsterde gewassen binnen een gewasgroep toegekend aan de niet-bemonsterde gewassen binnen die gewasgroep. Bijvoorbeeld, voor cluster A is de gemiddelde PFAS-concentratie in de bemonsterde gewassen andijvie, sla en spinazie voor de gewasgroep bladgroenten toegekend aan de niet-bemonsterde gewassen postelein, raapstelen, snijbiet en witlof behorend tot deze gewasgroep. Op deze manier wordt een mogelijke onderschatting van de inname van PFAS voorkomen. Een overzicht van de voedselproducten die per gewasgroep zijn meegenomen in de innameberekening staat in Bijlage D.

Bewerkte voedselproducten, zoals gedroogde producten of producten in blik en glas, zijn niet meegenomen in de innameberekening. De gegeten hoeveelheden van deze producten zijn als niet representatief beschouwd voor de gegeten hoeveelheden van moestuingewassen.

3.5 Berekening van de inname

PFAS kunnen bij een inname die hoog genoeg is over een langere periode effecten hebben op het immuunsysteem (EFSA, 2020). Daarom

is de langdurige inname van PFAS door het eten van moestuingewassen berekend met het *Observed Individual Mean* (OIM) model, zoals geïmplementeerd in het *Monte Carlo Risk Assessment* (MCRA) software versie 9 (MCRA, 2022). Dit is hetzelfde model waarmee EFSA de langdurige inname van PFAS via voedsel en drinkwater in Europa heeft berekend (EFSA, 2020).

Met dit model zijn als eerste de dagelijkse gegeten hoeveelheden van de voedselproducten door 4313 individuen uit de VCP vermenigvuldigd met de gemiddelde somconcentraties van PFAS per relevant gewas of gewasgroep (zie paragrafen 3.2 en 3.4). De inname van PFAS per voedselproduct is per individu opgeteld, resulterend in 8626 dagelijkse innamen van PFAS omdat voor elk individu twee dagen beschikbaar zijn in de VCP. Omdat de inname over een langere periode van belang is, zijn de dagelijkse innamen gemiddeld over deze twee dagen per individu. Deze innamen zijn daarna gedeeld door het lichaamsgewicht van het betreffende individu en vermenigvuldigd met zeven om ze uit te drukken in innamen per kg lichaamsgewicht en per week. Op deze manier kunnen de innamen worden vergeleken met de gezondheidskundige grenswaarde van PFAS (zie paragraaf 3.3). Het resultaat is een verdeling van 4313 gemiddelde individuele wekelijkse innamen van PFAS. Deze verdeling is vervolgens gekwantificeerd door de gemiddelde, mediane (50ste percentiel; P50) en hoge (95ste percentiel; P95) inname te berekenen. Meer details over deze innameparameters staan in Bijlage B van Boon et al. (2019). Naast deze innameparameters is ook de bijdrage van elk moestuingewas, elke gewasgroep en elke individuele PFAS aan de innameverdeling van PFAS berekend als percentage.

De inname van PFAS, uitgedrukt in PEQ, is berekend onder de aanname dat moestuinhouders alle voedselproducten in Bijlage D (zie paragraaf 3.4) hun hele leven uit hun eigen moestuin eten, waarbij de PFAS-concentraties in de moestuingewassen zijn meegenomen volgens een laag en een hoog concentratieniveau (zie paragraaf 3.2).¹⁰ Voor elk moestuincluster zijn dus zes innamen van PFAS berekend: twee (laag en hoog) x drie (gemiddelde, mediane en hoge).

3.6 Vergelijking van de inname met de TWI

De wekelijkse inname volgens een laag en een hoog concentratieniveau zijn vergeleken met de gezondheidskundige grenswaarde van PFAS, de TWI, zoals bepaald door EFSA: 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week (zie paragraaf 3.3). Bij deze vergelijking is aangenomen dat de TWI is uitgedrukt in PEQ (4,4 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week), zoals de berekende innameparameters van PFAS.

¹⁰ In een vergelijkbaar onderzoek voor een volkstuintencomplex in Helmond is de inname van PFAS ook berekend onder de aanname dat moestuinhouders een deel van de producten uit de winkel eten (Boon & te Biesebeek et al., 2022). In het huidige onderzoek is dit niet gedaan, omdat de afname in de inname van PFAS naar verwachting in dezelfde orde van grootte zal liggen. Dit scenario wordt besproken in hoofdstuk 5.

4 Resultaten

4.1 Somconcentraties van PFAS in moestuingewassen

In totaal zijn 17 PFAS meegenomen in de analyse van de moestuingewassen (zie Tabel 2). PFBA kon in geen enkel monster worden bepaald door een hoog achtergrondsignaal. De volgende acht PFAS konden niet in alle monsters worden bepaald:

- perfluorpentaanzuur (PFPeA) door een hoog achtergrondsignaal;
- perfluortridecaanzuur (PFTrDA) en perfluortetradecaanzuur (PFTeDA) door hun chemische eigenschappen (zie paragraaf 2.2); en
- perfluorbutaansulfonzuur (PFBS), perfluorheptaansulfonzuur (PFHpS), perfluordecaansulfonzuur (PFDS), perfluorhexaanzuur (PFHxA) en perfluordodecaanzuur (PFDoDA) door een matrixeffect.¹¹

PFPeA, PFTeDA en PFTrDA konden in een groot deel van de monsters niet worden bepaald, terwijl PFBS niet kon worden bepaald in ui en prei, PFDS niet in voornamelijk knolgewassen en PFHxA niet in ui, prei en knolgewassen. PFDoDA kon niet worden bepaald in een monster andijvie en PFHpS in vier monsters geschilde biet en een monster geschilde wortel. Het effect hiervan op de berekende inname van PFAS wordt besproken in hoofdstuk 5 (onder *Meegenomen PFAS*).

Op basis van de concentraties van de individuele PFAS (zie Bijlage C) zijn de somconcentraties van PFAS berekend per monster volgens een laag en een hoog concentratieniveau (zie paragraaf 3.2). Hierbij is PFBA dat in geen enkel monster kon worden bepaald niet meegenomen. De berekende somconcentraties per monster zijn dus gebaseerd op 16 PFAS, waarbij ook de hierboven genoemde acht PFAS alleen zijn meegenomen in de monsters waarin zij konden worden bepaald.

Bijlage E geeft per monster een overzicht van de somconcentraties, uitgedrukt in PEQ, in de moestuingewassen voor de negen moestuinclusters en voor de referentielocatie. In Tabel 6 staan de gemiddelde somconcentraties per gewas voor de drie clusters met de hoogste gemiddelde somconcentraties: A, B-S en E. Ook de gemiddelde somconcentraties voor cluster B-P, voor vergelijking met cluster B-S, staan in deze tabel. Voor een aantal gewassen was er maar één monster beschikbaar en refereert de gemiddelde somconcentratie dus naar één concentratie (zie Tabel 6). De gemiddelde somconcentraties per gewas voor alle clusters en de referentielocatie staan in Bijlage F.

De gemiddelde somconcentraties volgens een laag concentratieniveau varieerden in de moestuinclusters in Tabel 6 van 0 pg PEQ per gram in spuitjes uit cluster B-P (de gerapporteerde PFAS-concentraties voor dit gewas (n=1) lagen allemaal onder de LOD of LOQ) tot 1053 pg PEQ per gram in komkommer uit cluster B-S (n=3). De hoogste gemiddelde

¹¹ Een matrixeffect is een verandering van de meetwaarde door de aanwezigheid van een andere stof of stoffen in het monster.

Tabel 6 Gemiddelde somconcentraties van PFAS in moestuingewassen volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen uit vier moestuinclusters.^{a,b} Tussen haken staat het aantal monsters per moestuingewas.

Gewasgroep	Moestuin- gewas ^c	Gemiddelde somconcentratie van PFAS per cluster en concentratieniveau in pg PEQ per gram ^d							
		Cluster A		Cluster B-P		Cluster B-S		Cluster E	
		Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog
Groenten									
Bladgroenten	Andijvie	111 (4)	115 (4)	39 (1)	49 (1)	532 (5)	559 (5)	187 (3)	189 (3)
	Sla	132 (4)	169 (4)	37 (2)	47 (2)	484 (2)	489 (2)	37 (3)	49 (3)
	Snijbiet	-	-	-	-	-	-	-	-
	Spinazie	134 (1)	139 (1)	-	-	-	-	-	-
	Overige	123 (9)	142 (9)	38 (3)	48 (3)	518 (7)	539 (7)	112 (6)	119 (6)
Bolgroenten	Ui	6,6 (4)	19 (4)	2,5 (2)	17 (2)	23 (2)	37 (2)	11 (3)	25 (3)
Knolgroenten	Aardappel	15 (4)	60 (4)	22 (2)	30 (2)	154 (3)	164 (3)	38 (3)	48 (3)
	Rode biet	155 (4)	181 (4)	242 (3)	282 (3)	580 (2)	661 (2)	302 (3)	315 (3)
	Wortel	58 (4)	83 (4)	84 (3)	94 (3)	224 (2)	235 (2)	86 (3)	101 (3)
	Overige	76 (12)	108 (12)	127 (8)	148 (8)	296 (7)	326 (7)	142 (9)	154 (9)
Koolgroenten	Bloemkool	-	-	3,1 (1)	16 (1)	21 (1)	45 (1)	14 (1)	26 (1)
	Boerenkool	106 (3)	114 (3)	121 (4)	124 (4)	-	-	165 (3)	168 (3)
	Broccoli	-	-	-	-	-	-	35 (1)	48 (1)
	Rode kool	-	-	32 (3)	44 (3)	8,2 (1)	28 (1)	-	-
	Spitskool	-	-	-	-	-	-	-	-
	Spruitjes	-	-	0 (1)	24 (1)	49 (1)	63 (1)	15 (2)	26 (2)
	Overige	106 (3)	114 (3)	65 (9)	74 (9)	26 (3)	45 (3)	82 (7)	90 (7)
Peulvruchten	Snijbonen	18 (3)	45 (3)	31 (3)	42 (3)	255 (2)	267 (2)	35 (3)	49 (3)
	Sperziebonen	19 (2)	31 (2)	41 (3)	52 (3)	-	-	54 (3)	68 (3)
	Overige	18 (5)	39 (5)	36 (6)	47 (6)	255 (2)	267 (2)	45 (6)	59 (6)
Stengelgroenten	Prei	11 (4)	25 (4)	9,9 (3)	23 (3)	11 (1)	24 (1)	11 (2)	27 (2)
	Rabarber	6,2 (4)	42 (4)	18 (3)	30 (3)	56 (3)	63 (3)	35 (3)	46 (3)
	Overige	8,6 (8)	33 (8)	14 (6)	27 (6)	45 (4)	54 (4)	25 (5)	39 (5)
Vruchtgroenten	Courgette	3,2 (4)	26 (4)	6,4 (3)	17 (3)	18 (2)	30 (2)	4,2 (3)	18 (3)
	Komkommer	6,5 (3)	17 (3)	23 (2)	34 (2)	1053 (3)	1066 (3)	16 (2)	27 (2)
	Paprika	3,9 (4)	13 (4)	1,6 (2)	13 (2)	0,3 (1)	25 (1)	-	-

Gewasgroep	Moestuin- gewas ^c	Gemiddelde somconcentratie van PFAS per cluster en concentratieniveau in pg PEQ per gram ^d							
		Cluster A		Cluster B-P		Cluster B-S		Cluster E	
		Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog
Groenten									
	Pompoen	7,1 (3)	26 (3)	12 (4)	26 (4)	-	-	8,2 (3)	21 (3)
	Tomaat	179 (4)	195 (4)	17 (3)	27 (3)	779 (2)	791 (2)	58 (3)	72 (3)
	Overige	44 (18)	59 (12)	12 (14)	24 (14)	594 (8)	608 (8)	22 (11)	35 (11)

Gewasgroep	Moestuin- gewas ^c	Gemiddelde somconcentratie van PFAS per cluster en concentratieniveau, in pg PEQ per gram ^d							
		Cluster A		Cluster B-P		Cluster B-S		Cluster E	
		Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog
Fruit									
Klein fruit	Aardbei	16 (4)	35 (4)	-	-	-	-	9,3 (1)	27 (1)
	Druif	15 (4)	30 (4)	36 (1)	48 (1)	-	-	-	-
	Overige	16 (8)	32 (8)	36 (1)	48 (1)	26 (3) ^e	44 (3) ^e	9,3 (1)	27 (1)
Pitvruchten	Appel	1,2 (4)	16 (4)	11 (3)	22 (3)	8,8 (1)	31 (1)	6,9 (4) ^f	24 (4) ^f
	Peer	1,2 (3)	15 (3)	1,3 (3)	15 (3)	31 (1)	43 (1)	6,9 (4) ^f	24 (4) ^f
Steenvruchten	Pruim	6,4 (6)	24 (6)	3,8 (3)	21 (3)	37 (1)	58 (1)	6,0 (3)	23 (3)
	Overige	6,4 (6)	24 (6)	3,8 (3)	21 (3)	37 (1)	58 (1)	6,0 (3)	23 (3)

PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: poly- en perfluoralkylstoffen

^a De somconcentraties per monster staan in Bijlage E.

^b De gemiddelde somconcentraties per gewas voor alle clusters en de referentielocatie staan in Bijlage F.

^c De voedselproducten die horen bij de 'overige' moestuingewassen staan per gewasgroep in Bijlage D. Aan deze voedselproducten is de gemiddelde somconcentratie van de bemonsterde gewassen in de betreffende gewasgroep toegekend (zie paragraaf 3.4). Dit geldt ook voor de gewassen die in een bepaald cluster niet zijn bemonsterd, zoals voor aardbei en druif voor cluster B-S.

^d De uitleg voor de berekening van de somconcentraties volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS staat in paragraaf 3.2.

^e De gemiddelde somconcentratie voor de gewasgroep klein fruit voor cluster B-S is gebaseerd op de somconcentraties voor de gewasgroepen pitvruchten en steenvruchten uit dit cluster, omdat er in dit cluster geen klein fruit is bemonsterd (zie Tabel 1).

^f De gemiddelde somconcentratie voor appel en peer voor cluster E is gebaseerd op de somconcentraties voor de gewasgroepen klein fruit en steenvruchten, omdat er in dit cluster geen appel en peer is bemonsterd (zie Tabel 1).

somconcentraties werden aangetroffen in bladgroenten, knolgroenten en vruchtgroenten uit cluster B-S. Peer, appel en paprika hadden de laagste gemiddelde somconcentraties volgens een laag concentratieniveau in de vier clusters in Tabel 6.

Het verschil tussen de gemiddelde somconcentraties volgens een laag en een hoog concentratieniveau was klein voor bijvoorbeeld andijvie en sla en hoog voor bijvoorbeeld paprika, allemaal uit cluster B-S (zie Tabel 6). Dit kwam door het aandeel van de gerapporteerde PFAS-concentraties onder een analytische limietwaarde, die klein was voor andijvie en sla en groot voor paprika (zie Bijlage C).

4.2 Inname van PFAS

Met de somconcentraties in Tabel 6 en Bijlage F is de inname van PFAS, uitgedrukt in PEQ, berekend onder de aanname dat moestuinhouders alle voedselproducten (zoals vermeld in Bijlage D) hun hele leven uit eigen tuin eten. Dit is gedaan voor de negen moestuinclusters volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen. De resultaten staan in Tabel 7. In deze tabel staan ook de gemiddelde, mediane en hoge inname van PFAS volgens een laag en hoog concentratieniveau voor de referentielocatie, zoals gerapporteerd in Boon & te Biesebeek (2022).

De mediane inname (P50) voor de negen moestuinclusters varieerde van 0,24 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week volgens een laag concentratieniveau in cluster G tot 4,1 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week volgens een hoog concentratieniveau in cluster B-S (zie Tabel 7). Overeenkomstige gemiddelde inname voor deze twee clusters waren respectievelijk 0,37 en 6,5 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week en overeenkomstige hoge inname (P95) waren respectievelijk 1,2 en 20 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week (zie Tabel 7).

4.3 Bijdrage van gewasgroepen aan de inname

In Figuur 3 is de bijdrage van de tien gewasgroepen aan de gemiddelde inname van PFAS, uitgedrukt in PEQ, weergegeven volgens een laag concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen voor de negen moestuinclusters en de referentielocatie. Deze bijdrages zijn berekend door de procentuele bijdrage van elke gewasgroep aan de innameverdeling (zie Bijlage G) te vermenigvuldigen met de gemiddelde inname (zie Tabel 7). De bijdrage is weergegeven voor een laag concentratieniveau, omdat deze bijdrage niet mede wordt bepaald door de toekenning van analytische limietwaarden aan de PFAS met een gerapporteerde concentratie onder de LOD of LOQ (zie Tabel 3).

Voor cluster B-S, waar de consumptie van moestuingewassen resulteerde in de hoogste inname van PFAS (zie Tabel 7), droegen vruchtgroenten het meeste bij aan de inname van PFAS, gevolgd door bladgroenten en knolgroenten (zie Figuur 3). Dit waren de drie gewasgroepen met de hoogste somconcentraties van PFAS (zie Tabel 6). Binnen de vruchtgroenten droegen komkommer en tomaat het meeste bij aan de inname en voor de knolgroenten was dit geschilde aardappel. Geschilde aardappel had de laagste gemiddelde PFAS-somconcentratie binnen deze gewasgroep (zie Tabel 6), maar droeg veel bij omdat het vaak en in grote hoeveelheden wordt gegeten. Geschilde rode biet had de hoogste gemiddelde somconcentratie, maar droeg minder bij aan de

Tabel 7 Inname van PFAS door het eten van moestuingewassen volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen voor de negen moestuinclusters en de referentielocatie^a

Locatie en concentratieniveau ^b	Inname van PFAS in ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week ^{c,d}		
	Gemiddelde	Mediaan (P50)	Hoog (P95)
Cluster A			
Laag	1,2	0,79	3,6
Hoog	1,8	1,4	4,9
Cluster B-P			
Laag	0,71	0,50	2,0
Hoog	1,0	0,75	2,7
Cluster B-S			
Laag	6,1	3,7	19
Hoog	6,5	4,1	20
Cluster C			
Laag	0,69	0,47	2,2
Hoog	0,84	0,77	2,9
Cluster D			
Laag	0,66	0,49	1,8
Hoog	1,1	0,81	2,8
Cluster E			
Laag	1,0	0,71	3,0
Hoog	1,4	1,0	3,8
Cluster F			
Laag	0,63	0,46	1,9
Hoog	1,0	0,77	2,8
Cluster G			
Laag	0,37	0,24	1,2
Hoog	1,1	0,82	3,0
Cluster H			
Laag	0,47	0,34	1,3
Hoog	1,2	0,88	3,1

Locatie en concentratieniveau ^b	Inname van PFAS in ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week ^{c,d}		
	Gemiddelde	Mediaan (P50)	Hoog (P95)
Referentielocatie^e			
Laag	0,21	0,12	0,77
Hoog	0,71	0,55	2,0

P50: 50ste percentiel; P95: 95ste percentiel; PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: poly- en perfluoralkylstoffen

^a Inname is berekend onder de aanname dat moestuinhouders alle voedselproducten (zie Bijlage D) hun hele leven uit hun moestuin eten.

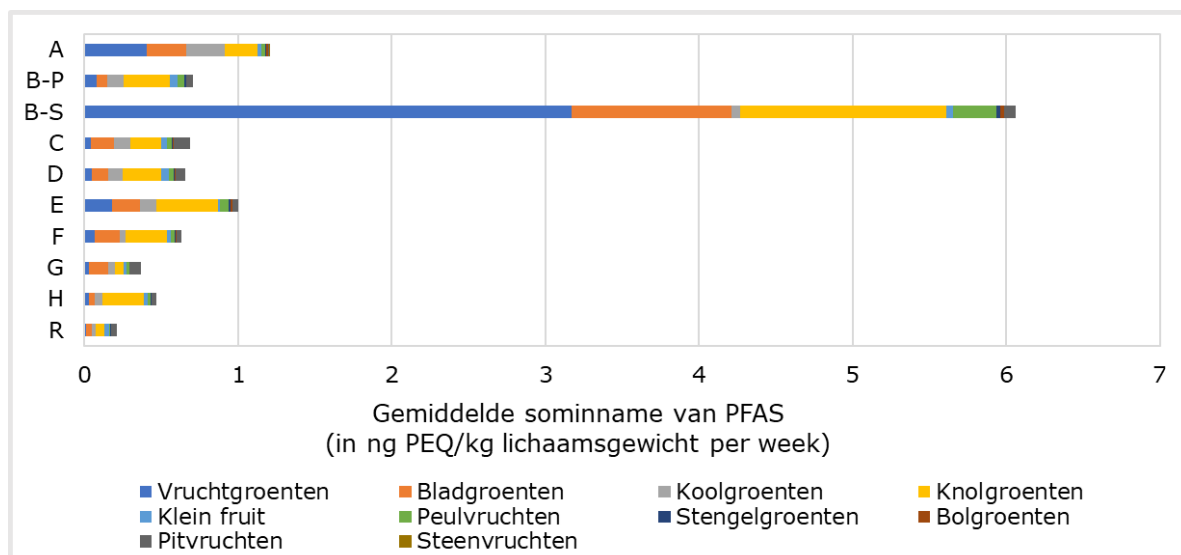
^b Een toelichting op de berekende innameparameters staat in paragraaf 3.5.

^c Een toelichting op de berekening van de inname van PFAS volgens een laag en een hoog concentratieniveau staat in paragraaf 3.2.

^d Een toelichting op de berekening van de inname van PFAS uitgedrukt in PEQ staat in paragraaf 3.3.

^e Berekende inname van PFAS voor de referentielocatie is afkomstig uit Boon & te Biesebeek (2022) en is op dezelfde wijze berekend als voor de moestuinclusters.

inname omdat het minder vaak wordt gegeten. Binnen de bladgroenten droeg sla het meeste bij. Wanneer gekeken wordt naar de individuele gewassen, droeg tomaat met 28% het meeste bij aan de inname van PFAS, gevolgd door komkommer met 18%, geschilde aardappel met 15%, sla met 7% en geschilde wortel met 5%. De overige gewassen droegen minder dan 5% bij aan de inname van PFAS volgens een laag concentratieniveau in cluster B-S. Voor cluster A droegen ook vruchtgroenten het meeste bij aan de inname van PFAS met een bijdrage van 32% voor tomaat.



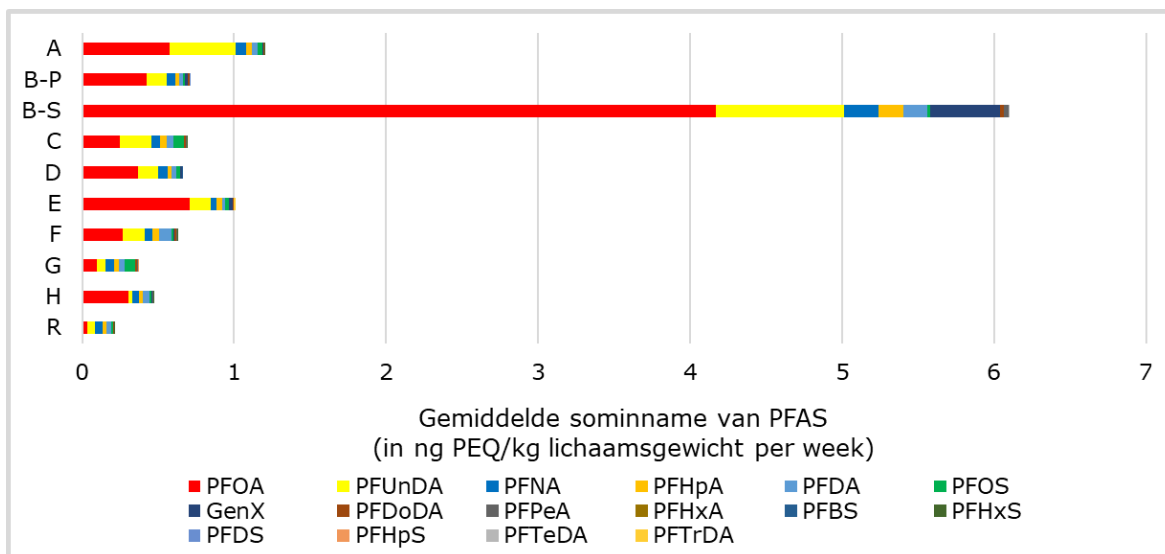
Figuur 3 Bijdrage van de tien gewasgroepen aan de gemiddelde inname van PFAS per week volgens een laag concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen (zie Tabel 3) voor de negen moestuinclusters A t/m H en de referentielocatie (R). PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: poly- en perfluoralkylstoffen

Voor de overige clusters, met uitzondering van cluster G, droegen de knolgroenten het meeste bij aan de gemiddelde inname, allemaal door geschilde aardappel met een bijdrage van 17-48%. Voor cluster G droegen appel met 16% en spinazie met 14% het meeste bij aan de inname van PFAS.

4.4 Bijdrage van individuele PFAS aan de inname

Ook de bijdrage van de individuele PFAS aan de inname van PFAS, uitgedrukt in PEQ, volgens een laag concentratieniveau is berekend voor alle clusters (zie Figuur 4). Zoals voor de bijdrage van de gewasgroepen aan de inname, is hiervoor de procentuele bijdrage van elke PFAS aan de innameverdeling (zie Bijlage G), rekening houdend met hun relatieve potentie (zie Tabel 4), vermenigvuldigd met de gemiddelde inname (zie Tabel 7). Ook in Figuur 4 is de overeenkomstige bijdrage voor de referentielocatie weergegeven.

In alle clusters werd de inname van PFAS het meeste bepaald door PFOA met een bijdrage van 36% in cluster C tot 71% in cluster E. De tweede PFAS die het meeste bijdroeg aan de inname in de clusters, behalve in cluster H, was perfluorundecaanzuur (PFUnDA) met een bijdrage van 14% in cluster B-S tot 36% in cluster A. Voor cluster H was PFNA de op een na belangrijkste PFAS met een bijdrage van 10%. PFUnDA en PFNA zijn PFAS met een hoge RPF, respectievelijk 4 en 10. De bijdrage van GenX aan de inname was minder dan 5% in alle clusters, behalve in cluster B-S met een bijdrage van 7,5% (zie Figuur 4 en Bijlage G). GenX heeft een lage RPF van 0,06 (zie Tabel 4).



Figuur 4 Bijdrage van de individuele PFAS aan de gemiddelde inname van PFAS per week volgens een laag concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen (zie Tabel 3) voor de negen moestuinclusters A t/m H en de referentielocatie (R). PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: poly- en perfluoralkylstoffen

4.5 Vergelijking van de inname met de TWI

De berekende wekelijkse gemiddelde, mediane en hoge inname van PFAS, uitgedrukt in PEQ, door het eten van moestuingewassen uit de moestuinclusters is vergeleken met de TWI van PFAS van 4,4 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week. De resultaten, alsmede die voor de referentielocatie, staan in Figuur 5.

Voor de vergelijking van de inname met de TWI is ook de opvulling van de grenswaarde berekend als percentage van de gemiddelde, mediane

en hoge inname per week. Hiervoor zijn deze innamen gedeeld door de TWI en is het resultaat vermenigvuldigd met 100. Een percentage lager dan 100 betekent dat de berekende inname per week lager is dan de TWI.

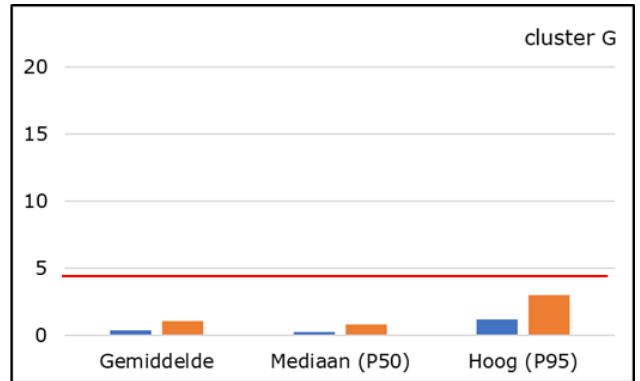
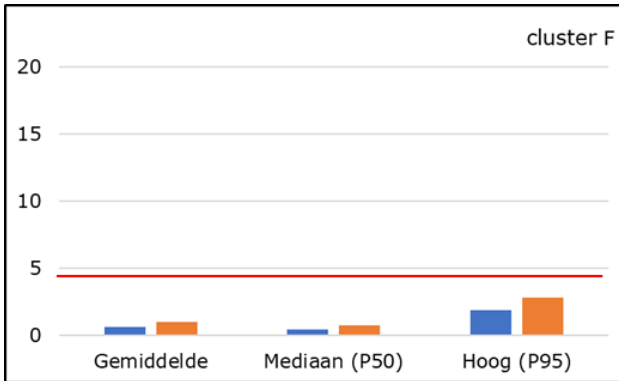
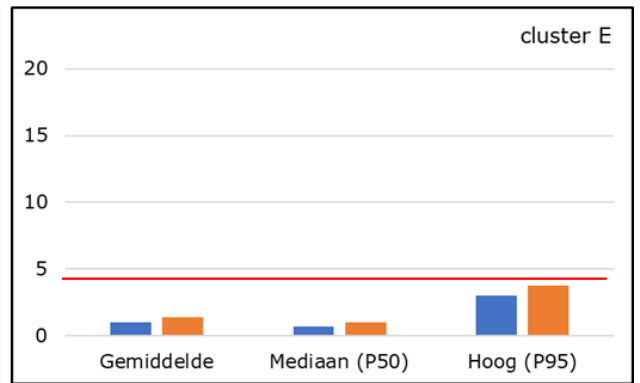
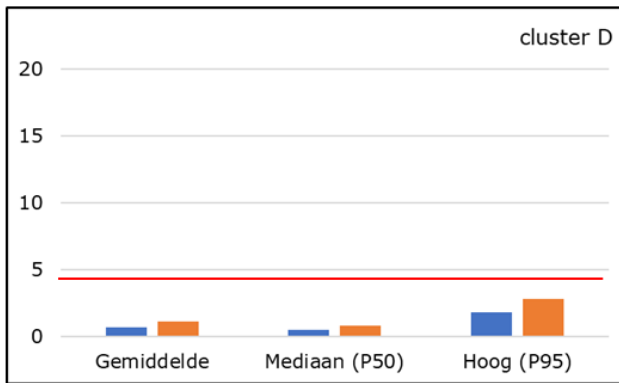
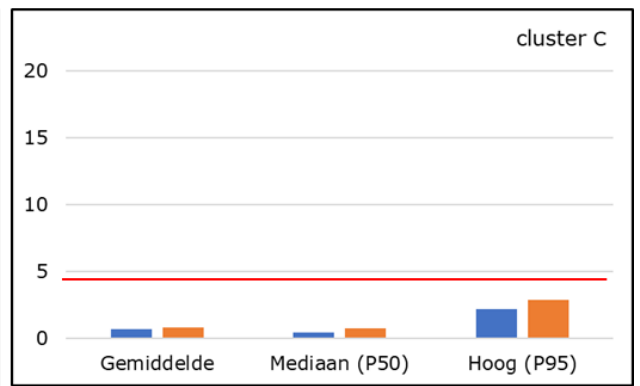
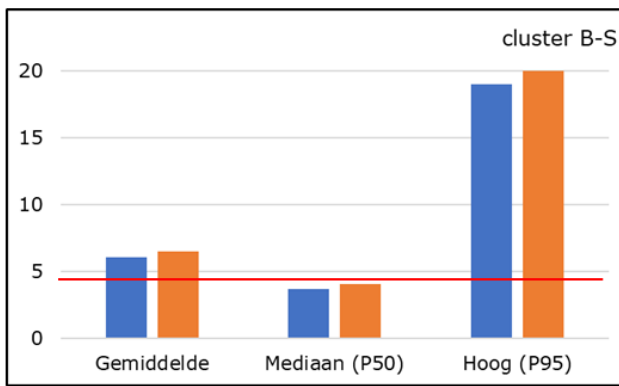
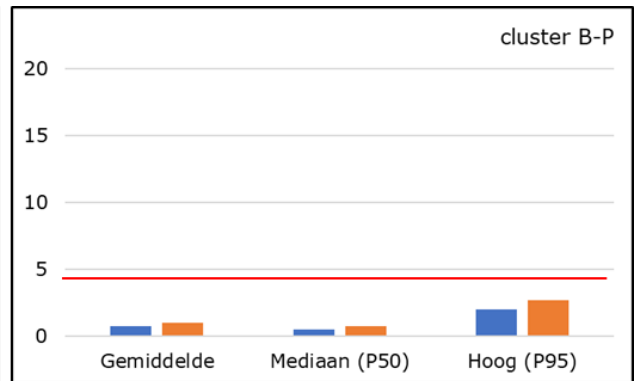
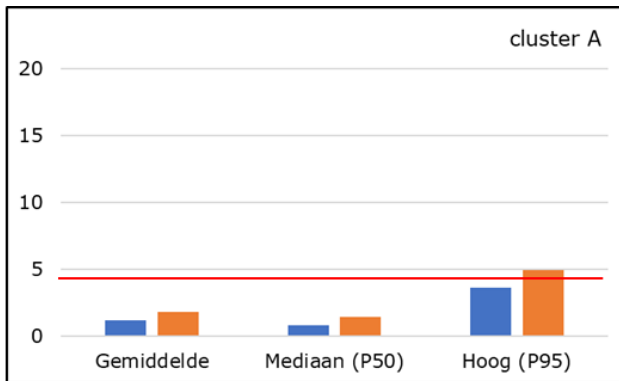
De gemiddelde, mediane en hoge inname van PFAS volgens een **laag concentratieniveau** van PFAS in de moestuingewassen (in blauw weergegeven in Figuur 5) waren lager dan de TWI voor alle clusters, behalve voor cluster B-S. Voor dit cluster was alleen de mediane inname volgens dit concentratieniveau lager dan de TWI met een opvulling van 84%. De gemiddelde en hoge inname voor dit cluster vulde de TWI voor respectievelijk 139% (factor 1,4 hoger dan de TWI) en 432% (factor 4,3 hoger dan de TWI) op. Voor de overige clusters varieerde de opvulling van de TWI van

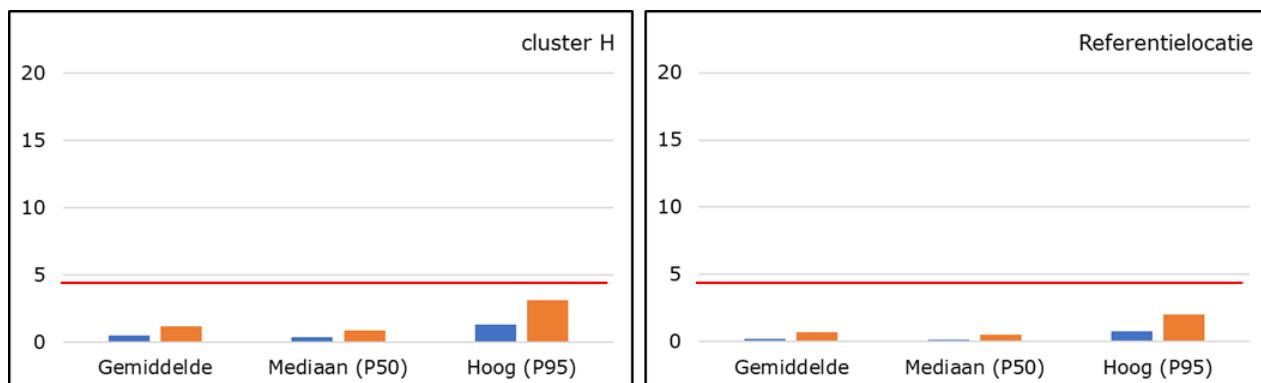
- 8% tot 27% voor de gemiddelde inname;
- 5% tot 18% voor de mediane inname; en
- 27% tot 82% voor de hoge inname.

In al deze gevallen was de laagste opvulling voor cluster G en de hoogste voor cluster A.

Volgens een **hoog concentratieniveau** (in oranje weergegeven in Figuur 5) was de mediane inname voor alle clusters lager dan de TWI; de opvulling varieerde van 17% voor cluster B-P tot 93% voor cluster B-S. De gemiddelde inname volgens dit concentratieniveau was ook lager dan de TWI voor alle clusters, behalve voor cluster B-S. De gemiddelde inname voor cluster B-S vulde de TWI op met 148%; voor de overige clusters varieerde de opvulling van 19% voor cluster C tot 41% voor cluster A. De hoge inname was hoger dan de TWI voor de clusters A en B-S met een opvulling van 111% voor cluster A en 455% voor cluster B-S. Voor de overige clusters was de hoge inname lager dan de TWI en varieerde de opvulling van 61% voor cluster B-P tot 86% voor cluster E.

Inname van PFAS
(in ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week)





Figuur 5 Gemiddelde, mediane en hoge inname van PFAS per week voor een laag (blauw) en een hoog concentratieniveau (oranje) van PFAS in de moestuingewassen voor de negen moestuinclusters en de referentielocatie in ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week. PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: poly- en perfluoralkylstoffen; TWI: tolereerbare wekelijkse inname

5 Onzekerheden in de berekende inname van PFAS

De berekende inname van PFAS volgens twee concentratieniveaus van PFAS in moestuingewassen uit de negen moestuinclusters rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours (zie Figuur 1) wordt beïnvloed door een aantal onzekerheden. Dit zijn onzekerheden die ook zijn geïdentificeerd in het voorgaande moestuinonderzoek rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours (Boon et al., 2021a; Mengelers et al., 2018). Deze onzekerheden betreffen de/het:

- consumptiegegevens;
- aannames over het eten van moestuingewassen;
- rekenmodel (OIM);
- concentratiegegevens;
- meegenomen PFAS; en
- effect van bereiding.

Deze onzekerheden zijn ook van toepassing op de berekende inname van PFAS in moestuingewassen uit de referentielocatie in de gemeente Hoeksche Waard (Boon & te Biesebeek, 2022).

Consumptiegegevens, aannames consumptie en rekenmodel

Zoals beschreven in het vorige moestuinonderzoek heeft het gebruik van consumptiegegevens voor de totale Nederlandse populatie voor de berekening van de inname van PFAS door moestuinhouders zeer waarschijnlijk niet geleid tot een onder- of overschatting van de inname door het eten van moestuingewassen. Het eten van eventueel grotere hoeveelheden van moestuingewassen door moestuinhouders is geadresseerd door de inname te berekenen met alle gerapporteerde gegeten hoeveelheden in de voedselconsumptiepeiling (VCP), dus ook van mensen die veel aardappelen, groenten en/of fruit eten. Het gebruikte rekenmodel (OIM) kan tot een overschatting van de hoge inname van PFAS hebben geleid (Mengelers et al., 2018). Echter, de grootste overschatting van de inname in het eerdere moestuinonderzoek werd toegeschreven aan de aanname dat moestuinhouders alle voedselproducten (zie Bijlage D) hun hele leven uit hun moestuin eten. Dat geldt ook voor de berekende inname voor de negen moestuinclusters in dit rapport en voor de referentielocatie.

In een onderzoek naar de inname van PFAS in moestuingewassen uit een volkstuintencomplex in Helmond is de inname van PFAS ook berekend voor een scenario waarin is aangenomen dat moestuinhouders een kwart van de aardappelproducten en de helft van de groente- en fruitproducten hun hele leven uit hun moestuin eten (Boon & te Biesebeek, 2022). In dat scenario is aangenomen dat het overige deel van de producten dat wordt gegeten een somconcentratie van PFAS heeft die gelijk is aan de somconcentratie in overeenkomstige gewassen uit de referentielocatie. De bemonsterde producten uit deze locatie hadden een lagere PFAS-concentratie en deze concentraties werden gebruikt door het ontbreken van actuele concentraties in producten uit de winkel. De verwachting was dat de PFAS-concentraties in producten uit de winkel vergelijkbaar zullen zijn aan de concentraties in overeenkomstige gewassen uit de referentielocatie of lager. In dit

scenario was de hoge inname (P95) van PFAS een factor 1,4-1,5 lager dan bij de aanname dat alle producten die worden gegeten afkomstig zijn uit de moestuin. Deze lagere inname is ook aannemelijk voor de hier berekende inname van PFAS voor de negen moestuinclusters als moestuinhouders de consumptie van hun moestuingewassen zouden afwisselen met de consumptie van producten uit de winkel.

Concentratiegegevens

Net als in het voorgaande moestuinonderzoek rondom DuPont/Chemours (Boon et al., 2021a; Mengelers et al., 2018) zijn de concentratiegegevens van PFAS in de moestuingewassen een bron van onzekerheid. Een deel van de toen geïdentificeerde onzekerheden is nu geadresseerd door de opzet van het onderzoek aan te passen. In het huidige onderzoek zijn meer soorten gewassen per gewasgroep bemonsterd en in grotere aantallen dan in het eerdere onderzoek. Voor een aantal gewasgroepen is toen maar één soort gewas bemonsterd of geen enkel gewas, bijvoorbeeld alleen sla voor de bladgroenten en geen gewassen voor de kool-, bol- en stengelgroenten. Verder zijn toen maar twee of drie monsters per gewas genomen vergeleken met maximaal zes nu (zie Tabel 1). Door deze beperkingen in de bemonstering van gewassen is de inname van PFAS in het voorgaande onderzoek berekend volgens een minimaal en een maximaal concentratiescenario van PFAS in de moestuingewassen. Hierbij zijn respectievelijk alleen de laagste somconcentratie en de hoogste somconcentratie per gewas of gewasgroep meegenomen in de innameberekening. Omdat in het huidige onderzoek meer soorten gewassen per gewasgroep zijn bemonsterd en ook in grotere aantallen, zijn nu alle gerapporteerde concentraties per gewas of gewasgroep meegenomen. Deze werkwijze erkent dat mensen over een langere periode niet altijd alleen maar een gewas met de laagste of de hoogste somconcentratie zullen eten, maar dat dit op de lange termijn zal uitmiddelen naar een gemiddelde somconcentratie per gewas. Verder, doordat er meer soorten zijn bemonsterd, konden in het huidige onderzoek de gegeten hoeveelheden van meerdere voedselproducten direct worden gekoppeld aan de bemonsterde gewassen. De berekende inname is daarmee meer realistisch dan die berekend in de herziene risicobeoordeling van 2021 (Boon et al., 2021a).

Maar, ook in het huidige onderzoek waren voor een aantal gewassen één of twee monsters beschikbaar of helemaal geen (zie Tabel 1). Dit was vooral het geval voor cluster B-S (zie Tabel 6). Cluster B is opgesplitst in twee clusters, B-P en B-S, vanwege het verschil in PFAS-concentraties binnen dit cluster (zie paragraaf 2.1 en Tabel 6). Door deze opsplitsing was het aantal monsters per gewas voor vooral cluster B-S klein (zie Tabel 1). Ondanks dit, schatten we in dat door de opsplitsing van cluster B een meer realistische inname van PFAS is berekend voor de moestuinen binnen cluster B dan wanneer één inname was berekend voor het hele cluster.

Verder zijn in cluster H geen aardappels bemonsterd en is daarom de gemiddelde somconcentratie in geschilde rode biet en geschilde wortel gekoppeld aan de consumptie van aardappel in de innameberekening voor dit cluster (zie Tabel 1 en Bijlage F). Deze twee knolgewassen hebben overwegend een hogere PFAS-somconcentratie dan aardappel

(zie Tabel 6 en Bijlage F). Gecombineerd met een hoge consumptie van aardappel in Nederland kan de inname van PFAS voor cluster H hierdoor zijn overschat.

Ook kon de spreiding in de somconcentraties tussen individuele monsters binnen een gewas groot zijn (zie Bijlage E). Bijvoorbeeld, de somconcentratie van één van de drie boerenkoolmonsters uit cluster A volgens een laag concentratieniveau was 216 pg PEQ per gram, terwijl de somconcentraties in de andere twee monsters 44 en 56 pg PEQ per gram waren. Dit verschil kwam door een hoge concentratie van PFOA (159 pg per gram) in het eerste boerenkoolmonster.

Het meenemen van moestuingewassen die niet zijn bemonsterd in een cluster, zoals spinazie en witlof, in de innameberekening, kan hebben geresulteerd in een overschatting van de inname van PFAS als deze gewassen niet worden geteeld in de moestuinen. Ook al kan dit niet worden uitgesloten, is dit niet waarschijnlijk voor alle gewassen. De monsternamen zijn een momentopname van de gewassen die op dat moment in voldoende mate aanwezig waren in de moestuinen (zie Bijlage B). Het hoeft dus niet zo te zijn dat deze gewassen helemaal niet aanwezig waren in de moestuinen. Het is dan ook goed mogelijk dat op een ander tijdstip deze gewassen wel in voldoende mate aanwezig waren geweest voor bemonstering.

Mochten de niet-bemonsterde moestuingewassen wel worden geteeld in de moestuinen dan kan de inname ook zijn onder- of overschat. Dit is het geval als de PFAS-concentraties in deze gewassen respectievelijk lager of hoger zijn dan de gemiddelde somconcentratie in de bemonsterde gewassen behorend tot dezelfde gewasgroep. We verwachten echter dat deze onzekerheid grotendeels zal uitmiddelen over de niet-bemonsterde producten heen per cluster en de berekende inname per cluster hierdoor niet belangrijk zal veranderen. Uitzondering hierop is mogelijk cluster H door het ontbreken van gemeten PFAS-concentraties in aardappel (zie hierboven).

Voor de berekening van de inname van PFAS, uitgedrukt in PEQ, zijn de concentraties van de individuele PFAS gesommeerd na vermenigvuldiging met een RPF (zie paragraaf 3.3 en Box 2). Voor perfluordecaanzuur (PFDA), perfluorheptaanzuur (PFHpA), PFHpS, PFPeA en PFTTrDA zijn een ondergrens en een bovengrens van de RPF afgeleid (zie Tabel 4; Bil et al., 2021). Voor deze PFAS is het dus onzeker wat de meest waarschijnlijke waarde van de RPF is. Zoals aanbevolen in RIVM (2021) is bij de berekening van de somconcentraties voor deze PFAS de bovengrens gebruikt. De verwachting is dat deze aanname geen groot effect heeft gehad op de berekende inname van PFAS voor de meeste clusters, omdat deze PFAS minder dan 10% bijdroegen aan de inname van PFAS (zie Bijlage G). Voor de clusters C, F, G en H is de inname hierdoor mogelijk overschat, omdat PFHpA en PFDA gezamenlijk voor 13-20% bijdroegen aan de inname (zie Bijlage G).

Een deel van de PFAS-concentraties zijn gerapporteerd als lager dan de detectielimiet (LOD), kwantificeringslimiet (LOQ) of bevestigingslimiet (LOC). Deze concentraties zijn meegenomen in de innameberekeningen volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in

moestuingewassen (zie Tabel 3). Zoals beschreven in Box 1 worden de somconcentraties van PFAS in de moestuingewassen volgens een laag concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen onderschat en volgens een hoog concentratieniveau overschat (zie paragraaf 3.2). Daarnaast is in de berekening van de inname volgens deze twee concentratieniveaus ervan uitgegaan dat PFAS met een gerapporteerde concentratie lager dan de LOC aanwezig zijn in de betreffende monsters met een concentratie gelijk aan de LOQ of LOC (zie Tabel 3). De aanwezigheid van deze PFAS in de betreffende monsters is echter niet zeker (zie paragraaf 3.2) en dit kan daardoor hebben geleid tot een overschatting van de inname. We verwachten dat deze onzekerheid geen effect heeft gehad op de berekende inname voor de negen moestuinclusters, omdat slechts 2% van de gerapporteerde PFAS-concentraties lager was dan de LOC (zie Bijlage C).

Meegenomen PFAS

PFBA is niet meegenomen in de berekening van de inname van PFAS voor de negen moestuinclusters, omdat deze PFAS in geen enkel monster kon worden bepaald. PFPeA, PFTeDA en PFTrDA konden in een groot deel van de monsters niet worden bepaald (zie paragraaf 4.1). Het (deels) niet meenemen van deze vier PFAS kan tot een onderschatting van de inname van PFAS hebben geleid als zij wel aanwezig zijn in de monsters. We schatten in dat deze onderschatting beperkt zal zijn geweest. Voor PFPeA had 84% van de monsters waarin deze PFAS wel kon worden bepaald een gerapporteerde concentratie onder de LOD of LOQ. Daarnaast is de RPF van 0,05 voor deze stof laag. Dit laatste is ook het geval voor PFBA met eenzelfde RPF van 0,05. Voor PFTeDA en PFTrDA lagen de gerapporteerde concentraties in de monsters waarin deze PFAS konden worden bepaald onder de LOD, behalve in één monster met een concentratie onder de LOQ en één monster met een numerieke concentratie voor PFTeDA en één monster met een numerieke concentratie voor PFTrDA (zie Bijlage C).

PFBS, PFDS en PFHxA konden in een kleiner deel van de monsters niet worden bepaald (zie paragraaf 4.1). Gezien de lage RPF voor PFBS en PFHxA, respectievelijk 0,001 en 0,01, schatten we in dat het effect hiervan op de berekende inname verwaarloosbaar is. Voor PFDS is dit mogelijk niet het geval. De RPF voor deze PFAS is twee en deze PFAS kon niet worden bepaald in knolgewassen. Gezien de hoge consumptie van aardappel in Nederland kan dit hebben geleid tot een onderschatting van de inname van PFAS. Maar, deze PFAS werd in alle monsters waarin het wel kon worden bepaald, behalve één, aangetroffen onder de LOQ. Het is daarom aannemelijk dat ook het effect van het niet meenemen van PFDS op de berekende inname van PFAS verwaarloosbaar is.

Er waren ook nog twee PFAS die in een paar monsters niet konden worden bepaald: PFDoDA in een andijviemonster en PFHpS in vier monsters geschilde biet en een monster geschilde wortel. Door het geringe aantal monsters zal ook het niet meenemen van deze twee PFAS de berekende inname niet hebben beïnvloed. De drie PFAS met de hoogste RPF's – PFNA, PFDA en PFUnDA – konden in alle monsters worden bepaald, evenals PFOA.

Effect van bereiding

De inname van PFAS is berekend met PFAS-concentraties gemeten in aardappel, pompoen, rode biet, ui en wortel na schillen. Daarnaast zijn alle moestuingewassen met water gewassen om contaminatie met aanhangende aarde te vermijden. Op deze manier is getracht de praktijk van de consumptie van deze gewassen zo dicht mogelijk te benaderen. Echter, mensen eten ook ongeschilde wortel of ongeschilde pompoen. Dit kan hebben geleid tot een hogere inname van PFAS via deze twee gewassen, als PFAS in hogere concentraties aanwezig zijn op de schil van een product dan in het overige deel van het gewas.

Verder is de hoeveelheid gegeten product direct gekoppeld aan de gemiddelde somconcentraties in het rauwe moestuingewas. Veel gewassen worden (ook) gekookt gegeten, zoals andijvie en spinazie (zie Bijlage D). Deze gewassen slinken tijdens het koken door waterverlies. Hierdoor wordt de PFAS-concentratie per gram gewas verhoogd wanneer wordt aangenomen dat er geen PFAS verdwijnt tijdens het koken. Door dit effect van koken op de PFAS-concentraties niet mee te nemen in de innameberekeningen, kan de inname van PFAS zijn onderschat. Hoe groot deze onderschatting is, is lastig te kwantificeren, maar zal naar verwachting niet groot zijn.

Conclusie onzekerheden

Op basis van bovenstaande onzekerheden concluderen we dat de inname van PFAS, uitgedrukt in PEQ, volgens een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen is overschat in alle clusters. Ook de inname van PFAS volgens een laag concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen is overschat. Deze inname is berekend met een somconcentratie van PFAS in de monsters die de werkelijke somconcentratie onderschat. Maar, de onderschatting van de inname hierdoor is zeer waarschijnlijk kleiner dan de overschatting van de inname als gevolg van de aanname dat moestuinhouders alle voedselproducten hun hele leven uit hun moestuin eten.

De inname van PFAS berekend volgens een laag concentratieniveau achten wij wel realistischer dan die berekend volgens een hoog concentratieniveau.

6 Discussie

Dit rapport beschrijft de berekening van de inname van 16 PFAS door het eten van moestuingewassen uit negen moestuinclusters in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden en die zijn gelegen binnen een straal van 15 kilometer rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours (zie Figuur 1, Tabel 2 en Bijlage A). Een 17^e PFAS is niet meegenomen, omdat deze PFAS in geen enkel monster kon worden bepaald. Hieronder worden de resultaten van de innameberekening vergeleken met die van een voorgaand moestuinonderzoek rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours (zie paragraaf 6.1). De resultaten van het huidige onderzoek worden verder geduid (zie paragraaf 6.2) en vergeleken met de inname van PFAS berekend voor moestuingewassen uit de referentielocatie in de gemeente Hoeksche Waard (zie paragraaf 6.3). Uiteindelijk wordt de berekende inname per cluster geduid ten opzichte van de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS als onderdeel van een risicobeoordeling (zie paragraaf 6.4).

6.1 Vergelijking met het moestuinonderzoek uit 2021

In 2021 heeft het RIVM de inname van PFAS (GenX plus PFOA) berekend via het eten van moestuingewassen die binnen een straal van 1 kilometer rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours zijn geteeld (Boon et al., 2021a). Deze gewassen zijn eind augustus 2017 bemonsterd (Mengelers et al., 2018). In 2017 zijn ook gewassen bemonsterd die zijn geteeld binnen een straal van 1 tot 4 kilometer rondom het chemiebedrijf. Omdat voor deze gewassen de precieze concentratie van PFAS niet kon worden vastgesteld door te hoge analytische limietwaarden (zie Figuur 2), was het destijds niet mogelijk de inname via het eten van deze gewassen te berekenen.

De moestuingewassen bemonsterd binnen een straal van 1 kilometer in 2017 zijn afkomstig uit het huidige cluster B-S. We vergelijken daarom de berekende inname van PFAS in 2021 met de inname voor dit cluster (zie Tabel 8). De berekende inname voor cluster B-S volgens een laag en hoog concentratieniveau lag tussen de berekende inname voor een zogenaamd minimaal en maximaal scenario (op basis van monsters uit 2017) in 2021. Daarbij lag de inname voor cluster B-S volgens beide concentratieniveaus het dichtst bij de berekende inname voor een minimaal scenario in 2021.

Bij de vergelijking van de inname van PFAS met het voorgaande onderzoek moet rekening worden gehouden met verschillen in:

- de soorten gewassen die zijn meegenomen;
- het aantal gewassen dat is meegenomen;
- de methodiek voor de berekening van de inname;
- de hoogte van de detectielimiet (LOD) en kwantificeringslimiet (LOQ); en
- de PFAS die zijn meegenomen.

In het huidige onderzoek zijn dezelfde soorten gewassen meegenomen als in het eerdere onderzoek met als verschil dat er nu per gewasgroep

Tabel 8 Inname van PFAS^a door het eten van moestuingewassen^b volgens een minimaal en een maximaal concentratiescenario van PFAS in de moestuingewassen bemonsterd in 2017 en volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen voor cluster B-S in het huidige onderzoek

Inname-parameter ^c	Inname van PFAS per jaar van bemonstering/innameberekening en concentratiescenario of concentratieniveau in ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week			
	2017/2021 ^d		2021/2022 ^e	
	Concentratiescenario		Concentratieniveau	
	Minimaal	Maximaal	Laag	Hoog
Gemiddelde	2,8	32	6,1	6,5
Mediaan (P50)	2,1	23	3,7	4,1
Hoog (P95)	7,7	91	19	20

P50: 50ste percentiel; P95: 95ste percentiel; PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: poly- en perfluoralkylstoffen

^a GenX en PFOA voor 2017/2021 en 16 PFAS voor cluster B-S in de huidige studie (2021/2022) (zie Tabel 2, met uitzondering van PFBA (zie paragraaf 4.1)).

^b Gebaseerd op de aanname dat moestuinhouders alle voedselproducten (zie Bijlage D) hun hele leven uit hun moestuin eten.

^c Een toelichting op de berekende innameparameters staat in paragraaf 3.5.

^d Inname zoals berekend in de herziende risicobeoordeling uit 2021 voor gewassen die in 2017 zijn bemonsterd binnen een straal van 1 kilometer rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours (Boon et al., 2021a).

^e Inname zoals berekend in het huidige onderzoek (zie Tabel 7).

meerdere soorten gewassen zijn bemonsterd. Hierdoor zijn in de huidige studie meerdere gewassen direct met de gegeten hoeveelheden van relevante producten uit de voedselconsumptiepeiling (VCP) gekoppeld. Ook waren in het eerdere onderzoek minder monsters per gewas of gewasgroep beschikbaar dan in het huidige onderzoek. Daarom zijn destijds alleen de laagste ('minimaal concentratiescenario') en de hoogste somconcentratie ('maximaal concentratiescenario') per gewas of gewasgroep meegenomen in de innameberekening (zie hoofdstuk 5). Nu zijn alle concentraties van de gewassen meegenomen. Dit alles heeft geresulteerd in een meer realistische schatting van de inname van PFAS op basis van de beschikbare concentraties (zie hoofdstuk 5).

De innameberekening uit 2021 was gebaseerd op concentraties die zijn gerapporteerd als lager dan de LOD, tussen de LOD en de LOQ en gelijk aan of hoger dan de LOQ. Voor de rapportage van de PFAS-concentraties in het huidige onderzoek is een extra analytische limietwaarde gebruikt, de bevestigingslimiet (LOC). Deze LOC is vergelijkbaar met de LOQ, zoals gerapporteerd in het eerdere onderzoek. Door de introductie van de LOC kon met meer precisie worden aangegeven waar de concentratie van een PFAS lag wanneer aanwezig in een concentratie lager dan de LOC: tussen de LOD en LOQ of tussen de LOQ en LOC.

Daarnaast zijn de PFAS nu gemeten met een methodiek met lagere LOD's en LOQ's dan gebruikt in het voorgaande onderzoek. Ook de LOC was lager dan deze twee analytische limietwaarden (zie Figuur 2). In het eerdere onderzoek was de LOD voor GenX gelijk aan 500 pg per gram en voor PFOA was de LOD gelijk aan 400 pg per gram in aardappel en 100 pg per gram in de overige gewassen. De LOQ was voor beide PFAS

en in alle gewassen gelijk aan 1000 pg per gram. In dat onderzoek zijn de monsters alleen geanalyseerd op deze twee PFAS. Als deze LOD's en LOQ zouden zijn gebruikt in het huidige onderzoek, zouden GenX en PFOA beide in 15 monsters zijn gedetecteerd vergeleken met 35 monsters in de huidige studie. Verder zouden voor maar zes monsters in cluster B-S een numerieke concentratie van GenX zijn gerapporteerd vergeleken met 33 monsters in de huidige studie. Voor PFOA zou dit het geval zijn geweest voor twee monsters vergeleken met 32 monsters nu (zie Bijlage C). Door de lage LOC in het huidige onderzoek konden dus meerdere numerieke concentraties worden gerapporteerd, waardoor de inname van PFAS met meer precisie kon worden berekend. Dit resulteerde in een smallere bandbreedte tussen de berekende inname volgens een laag en een hoog concentratieniveau in het huidige onderzoek voor cluster B-S vergeleken met de inname volgens een minimaal en een maximaal concentratiescenario, zoals berekend in 2021 (op basis van monsters uit 2017) (zie Tabel 8).

Verder zijn door de lage LOC's, naast voor GenX en PFOA, ook numerieke concentraties voor 12 andere PFAS in de moestuingewassen uit cluster B-S gerapporteerd. Deze concentraties varieerden van 0,5 tot 287 pg per gram (zie Bijlage C). Deze PFAS droegen voor zo'n 25% bij aan de inname van PFAS, uitgedrukt in PEQ, volgens een laag concentratieniveau voor cluster B-S (zie Bijlage G). Deze PFAS zijn niet meegenomen in de risicobeoordeling uit 2021.

Op basis van bovenstaande analyse concluderen we dat de inname van PFAS voor cluster B-S in het huidige onderzoek meer realistisch is berekend dan in 2021 door lagere analytische limietwaarden, waardoor meerdere PFAS zijn meegenomen en er meerdere numerieke concentraties beschikbaar waren. De inname is ook meer realistisch doordat meer soorten moestuingewassen in grotere aantallen zijn bemonsterd.

6.2 Berekende inname van PFAS in de moestuinclusters

De inname van PFAS is berekend voor negen moestuinclusters in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenland die binnen een straal van 15 kilometer rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours liggen (zie Figuur 1). Verschillen in de inname tussen deze clusters komen door verschillen in somconcentraties van PFAS in de gewassen; de gebruikte consumptiehoeveelheden van deze gewassen voor het berekenen van de inname zijn hetzelfde voor alle clusters.

Door een overheersende zuidwestenwind in Nederland was de verwachting dat de meeste contaminatie van PFAS vanuit het chemiebedrijf zou hebben plaatsgevonden in de clusters die ten noordoosten van dit bedrijf liggen. Dit betrof, met oplopende afstand vanaf het bedrijf, cluster B-S binnen 1 kilometer afstand, cluster E op zo'n 3-4 kilometer afstand en cluster F op zo'n 7-10 kilometer afstand. Cluster G ligt ook ten noordoosten van het chemiebedrijf. De verwachting was dat de concentraties van PFAS in de gewassen uit dit cluster minder hoog zouden zijn, omdat dit cluster bijna 15 kilometer verwijderd is van het chemiebedrijf. De resultaten laten zien dat de hoge inname inderdaad het hoogst was voor cluster B-S met 19 ng/kg

lichaamsgewicht per week volgens een laag concentratieniveau. De hoge inname nam vervolgens af met oplopende afstand van het chemiebedrijf, namelijk 3,0, 1,9 en 1,2 ng/kg lichaamsgewicht per week voor respectievelijk de clusters E, F en G (zie Tabel 7). Een afstand van het bedrijf van zo'n 3-4 kilometer vergeleken met zo'n 1 kilometer ten noordoosten resulteerde dus al in een flinke verlaging van de inname van PFAS.

De hoge inname van PFAS voor cluster B-S kwam mede door een hoge gemiddelde somconcentratie van PFAS in tomaat en komkommer, respectievelijk 1053 en 779 pg PEQ per gram volgens een laag concentratieniveau (zie Tabel 6). Door deze hoge concentraties droeg de gewasgroep vruchtgroente met 52% het meeste bij aan de inname van PFAS voor dit cluster (zie Figuur 3 en Bijlage G). Deze hoge somconcentraties kwamen vooral door een hoge concentratie van PFOA in één van de drie komkommermonsters van 3017 pg (PEQ) per gram én in één van de twee tomaatmonsters van 1416 pg (PEQ) per gram (zie Bijlage C). Deze gewassen waren afkomstig uit een kas met een hoge concentratie van PFAS in de grond (persoonlijke communicatie Arcadis). Echter, ook andere gewassen uit cluster B-S geteeld buiten de kas bevatten duidelijk verhoogde somconcentraties van PFAS vergeleken met de overige clusters, waardoor de inname van PFAS al ruim boven de TWI uitkomt.

De op een na hoogste inname van PFAS, na cluster B-S, is berekend voor cluster A: hoge inname van 3,6 ng/kg lichaamsgewicht per week volgens een laag concentratieniveau (zie Tabel 7). Cluster A ligt op zo'n 2,5 kilometer ten zuidwesten van het chemiebedrijf (zie Figuur 1). Gezien de overheersende wind was deze hoge inname onverwacht. In cluster A droeg de gewasgroep vruchtgroenten het meeste bij aan de inname van PFAS. Deze bijdrage werd bepaald door één tomaatmonster met een PFUnDA-concentratie van 160 pg per gram (= 640 pg PEQ per gram op basis van een RPF van 4). In de overige drie tomaatmonsters uit dit cluster lag de gerapporteerde concentratie van deze PFAS onder een LOD van 0,5 pg per gram. Daarnaast waren de gemiddelde somconcentraties in bladgroenten, knolgroenten en koolgroenten hoog vergeleken met cluster H dat zo'n 5-10 kilometer ten zuidwesten van het chemiebedrijf ligt (zie Bijlage F). De hoogte van de inname van PFAS door het eten van moestuingewassen lijkt dus niet alleen te worden bepaald door afstand van de moestuinen tot aan het chemiebedrijf én de windrichting. Andere factoren die een rol kunnen spelen zijn grondsoort, het gebruikte irrigatiewater en/of andere, onbekende, bronnen van PFAS-contaminatie.

De inname van PFAS via moestuingewassen uit de clusters B-P, C en D (hoge inname van 1,8-2,2 ng/kg lichaamsgewicht per week volgens een laag concentratieniveau) was vergelijkbaar met de inname berekend voor cluster F. Dit cluster bevindt zich op zo'n 7-10 kilometer ten noordoosten van het bedrijf. De clusters B-P, C en D bevinden zich op een afstand van 1-10 kilometer ten noordwesten of oosten van het bedrijf. Voor cluster H, op 5-10 kilometer ten zuidwesten van het bedrijf, was de hoge inname vergelijkbaar met die voor cluster G, op een afstand van bijna 15 kilometer ten noordoosten, namelijk 1,3 versus 1,2 ng/kg lichaamsgewicht per week volgens een laag

concentratieniveau. De inname voor cluster H is mogelijk overschat door het ontbreken van gemeten PFAS-concentraties in aardappel (zie hoofdstuk 5).

De inname van PFAS via moestuingewassen uit de clusters is berekend met concentraties van PFAS in gewassen die zijn bemonsterd in de zomer en het najaar van 2021 (zie paragraaf 2.1). De uitstoot van PFOA naar de lucht door het chemiebedrijf DuPont/Chemours is in 2012 gestopt (Zeilmaker et al., 2016) en die van GenX is verminderd. De berekende inname van PFAS geeft daarom een indruk van de inname op het moment van monsternamen en zal in de toekomst mogelijk (verder) afnemen door uitspoeling van PFAS. Echter, ondanks dat de uitstoot van PFOA naar de lucht in 2012 is gestopt, droeg deze PFAS in vrijwel alle clusters het meeste bij aan de inname van PFAS (zie Figuur 4 en Bijlage G). PFOA werd in 78% (484 van de 618 monsters) aangetroffen (boven de LOQ). GenX werd in 43% (264 van de 618 monsters) aangetroffen, maar door een lage RPF van 0,06 droeg deze PFAS nauwelijks bij aan de inname van PFAS, uitgedrukt in PEQ (zie Figuur 4 en Bijlage G).

Naast PFOA, droeg PFUnDA veel bij aan de inname van PFAS, uitgedrukt in PEQ, in de clusters. In alle clusters, behalve cluster H, was het de op een na belangrijkste PFAS (zie Figuur 4 en Bijlage G). PFUnDA werd in 16% (100 van de 618 monsters) van de monsters aangetroffen. Door een hoge RPF van 4 is de bijdrage van deze PFAS aan de inname van PFAS hoog.

In alle clusters zijn meerdere PFAS, naast PFOA en GenX, aangetroffen in de gewassen. Dit komt overeen met de bevindingen voor de moestuingewassen uit een volkstuinencomplex in Helmond en uit een referentielocatie (zie paragraaf 6.3) (Boon & te Biesebeek, 2022). Het kan zijn dat dit ook het geval is voor meerdere plekken in Nederland.

Op basis van de resultaten van dit onderzoek, concluderen we dat hoe groter de afstand is tussen de moestuinclusters en DuPont/Chemours hoe lager de inname van PFAS via de moestuingewassen. Ook is de inname hoger via moestuingewassen uit clusters die ten noordoosten van het bedrijf liggen dan via gewassen uit clusters die ten zuidwesten van het bedrijf liggen door de heersende zuidwestenwind in Nederland. De uitzondering hierop is de inname van PFAS via gewassen uit cluster A, wat er op duidt dat ook andere factoren kunnen bijdragen aan de aanwezigheid van PFAS in moestuingewassen dan afstand tot het bedrijf én windrichting. Vooral PFOA, dat in het verleden door DuPont/Chemours naar de lucht is uitgestoten, droeg bij aan de inname van PFAS, uitgedrukt in PEQ, via moestuingewassen. Ook GenX werd in veel monsters aangetroffen, maar door een lage RPF droeg deze PFAS nauwelijks bij aan de inname van PFAS.

6.3 Moestuinclusters vergeleken met referentielocatie

Naast voor de moestuinclusters is de inname van PFAS ook berekend voor moestuingewassen uit een zogenaamde referentielocatie in de gemeente Hoeksche Waard, op zo'n 13-20 kilometer ten zuidwesten van het chemiebedrijf DuPont/Chemours (weergegeven als R in Figuur 1).

De resultaten van deze locatie zijn al eerder gerapporteerd in een onderzoek in Helmond dat vergelijkbaar is met het huidige onderzoek (Boon & te Biesebeek, 2022). In het huidige rapport zijn de resultaten voor deze locatie gerapporteerd in hoofdstuk 4 en worden deze hieronder vergeleken met die voor de moestuinclusters.

De inname van PFAS door het eten van moestuingewassen uit de referentielocatie is berekend als representatief voor de inname van PFAS door het eten van moestuingewassen uit een gebied zonder duidelijke PFAS-contaminatiebron op korte afstand. Vanwege de grote afstand en omdat de referentielocatie ten zuidwesten van het chemiebedrijf DuPont/Chemours ligt (zie Figuur 1), was de verwachting dat geen of nauwelijks depositie van PFAS heeft plaatsgevonden.

De berekende inname van PFAS, uitgedrukt in PEQ, door het eten van gewassen uit de referentielocatie staat in Tabel 7 en Figuur 5. Deze inname is berekend met dezelfde consumptiegegevens uit de voedselconsumptiepeiling (VCP) van 2012-2016 (zie paragraaf 3.1), onder de aanname dat de moestuinhouders alle voedselproducten (zie Bijlage D) hun hele leven uit hun moestuin eten (zie paragraaf 3.5) en volgens dezelfde twee concentratieniveaus (zie paragraaf 3.2). Het verschil in inname met die berekend voor de clusters komt dus door verschillen in PFAS-concentraties in de gewassen.

De inname door het eten van moestuingewassen uit de referentielocatie is duidelijk lager dan de inname berekend voor alle clusters, behalve clusters G en H (zie Tabel 7 en Figuur 5). Dit betekent dat de gewassen uit zeven clusters hogere PFAS-concentraties hebben dan de gewassen uit de referentielocatie. De hoge inname volgens een laag concentratieniveau voor deze clusters was een factor 2,3 (cluster D) tot 25 (cluster B-S) hoger dan voor de referentielocatie (zie Tabel 7).

Voor de clusters G en H was de hoge inname van 1,2 en 1,3 ng/kg lichaamsgewicht per week voor een laag concentratieniveau ook iets hoger dan voor de referentielocatie (zie Tabel 7). Echter gezien de onzekerheden in de somconcentraties van PFAS in de moestuingewassen en de aannames die zijn gedaan in de innameberekeningen (zie hoofdstuk 5) beoordelen we dat de inname voor deze twee clusters niet verschilt van de inname voor de referentielocatie.

De referentielocatie is gekozen als locatie zonder duidelijke contaminatiebron van PFAS op korte afstand. PFOA en GenX zijn inderdaad minder vaak en in lagere concentraties aangetroffen in de gewassen uit de referentielocatie dan in de gewassen uit de moestuinclusters, inclusief in de gewassen uit de clusters G en H (zie Bijlage C). In deze twee clusters werd respectievelijk 26% en 65% van de inname bepaald door PFOA vergeleken met 16% voor de referentielocatie (zie Bijlage G). Clusters G en H lijken daardoor wel gecontamineerd te zijn met PFOA uitgestoten door DuPont/Chemours, maar dit komt niet tot uiting in een duidelijk hogere inname van PFAS. Voor de referentielocatie droegen PFUnDA en PFNA samen voor 50% bij aan de inname. Dit zijn PFAS met een hoge RPF, respectievelijk 4 en 10. Voor cluster G was de opgetelde bijdrage van deze twee PFAS 32% en voor cluster H 15%.

Op basis van de vergelijking met de inname van PFAS via moestuingewassen uit de referentielocatie, concluderen we dat de moestuingewassen uit zeven moestuinclusters die tot 10 kilometer ten noordwesten, noordoosten of oosten van DuPont/Chemours liggen of 2,5 kilometer ten zuidwesten meer zijn gecontamineerd met PFAS dan moestuingewassen uit de referentielocatie. Dit resulteerde in een hogere inname van PFAS, uitgedrukt in PEQ. Vooral PFOA werd vaker en in hogere concentraties aangetroffen in de moestuingewassen vergeleken met de gewassen uit de referentielocatie. Dit was ook het geval voor GenX, maar door een lage RPF voor deze PFAS was dit verschil minder relevant. Voor een cluster op 5-10 kilometer ten zuidwesten van het bedrijf en voor een cluster op bijna 15 kilometer ten noordoosten was de inname van PFAS niet verhoogd.

6.4 Risicobeoordeling en blootstelling via andere bronnen dan moestuingewassen

De inname van PFAS, uitgedrukt in PEQ, door het eten van moestuingewassen uit de negen moestuinclusters (A, B-P, B-S, C, D, E, F, G en H) is vergeleken met de toereikbare wekelijkse inname (TWI) van PFAS van 4,4 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week. De inname is berekend onder de aanname dat moestuinhouders alle voedselproducten hun hele leven uit hun moestuin eten en volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen (zie Figuur 5).

Voor de risicobeoordeling is de hoge inname (P95) van PFAS relevant, omdat mensen met een moestuin zeer waarschijnlijk de door hen geteelde gewassen in grotere hoeveelheden eten dan de gemiddelde Nederlander (Boon et al., 2021a; b). Verder is de inname berekend volgens een laag concentratieniveau het meest realistisch (zie hoofdstuk 5). De vergelijking van de hoge inname voor dit concentratieniveau met de TWI laat zien dat voor alle clusters, behalve voor cluster B-S, de hoge inname lager is dan de TWI (zie Figuur 5). De hoge inname vulde de TWI op voor 27% tot 82%. Voor cluster B-S was deze opvulling 432% (zie paragraaf 4.5). Een risico op een schadelijk effect door het eten van moestuingewassen kan dus niet worden uitgesloten voor de gewassen uit dit cluster. Deze conclusie komt overeen met de conclusie van de risicobeoordeling uit 2021 (Boon et al., 2021a).

Voor gewassen uit de overige acht clusters (A, B-P, C, D, E, F, G en H) is de hoge inname volgens een laag concentratieniveau lager dan de TWI. Om te beoordelen wat dit betekent voor het eten van de moestuingewassen uit deze clusters is het belangrijk om de inname van PFAS door het eten van voedselproducten uit de winkel en door het drinken van water mee te nemen. In 2021 heeft het RIVM voor Nederland berekend dat de hoge inname (P95) van PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS (de EFSA-4; zie paragraaf 3.3) via voedsel en drinkwater volgens een laag concentratieniveau van PFAS al een factor 4,5 hoger was dan de TWI (van der Aa et al., 2021). Voor de mediane inname (P50) was dit een factor 1,6. De berekende inname via voedsel en drinkwater was indicatief, omdat de gebruikte concentratiegegevens in voedsel uit 2009 kwamen. De concentraties van PFAS in voedsel worden naar verwachting in 2022 geactualiseerd.

In Nederland is de inname van PFAS via voedsel en drinkwater dus al hoger dan de TWI. Daarom is het belangrijk om de inname van deze groep stoffen zo min mogelijk verder te verhogen en het eten van voedsel met verhoogde PFAS-concentraties, zoals de moestuingewassen, te vermijden of te beperken. De gewassen uit de zes clusters A, B-P, C, D, E en F bevatten meer PFAS dan vergelijkbare gewassen uit de referentielocatie (zie paragraaf 6.3). Door deze gewassen te eten worden moestuinhouders dus aan meer PFAS blootgesteld dan mensen die producten eten uit schonere gebieden of uit de winkel. In het moestuinonderzoek in Helmond is de inname van PFAS ook berekend voor een scenario waarin de moestuinhouders een deel van hun consumptie van aardappelen, groente en fruit uit hun moestuin vervangen door producten uit de referentielocatie (Boon & Biesebeek, 2022; zie ook hoofdstuk 5). De verwachting hierbij was dat de PFAS-concentraties in producten uit de winkel vergelijkbaar of zelfs lager zijn dan in de gewassen uit de referentielocatie. Dit resulteerde in een verlaging van de hoge inname van PFAS volgens een laag concentratieniveau met een factor van 1,5. Moestuinhouders van de zes clusters kunnen hun PFAS-inname dus verlagen door niet het hele jaar door hun zelf geteelde moestuingewassen te eten, maar dit af te wisselen met groenten en fruit uit de winkel. Deze afwisseling is niet nodig voor de gewassen uit de clusters G en H. De inname van PFAS voor deze twee clusters was vergelijkbaar met die voor de referentielocatie (zie paragraaf 6.3) en de moestuinhouders kunnen hun zelf geteelde gewassen zonder beperking eten.

Het verlagen van de inname van PFAS door bepaalde, hoger gecontamineerde moestuingewassen uit de clusters A, B-P, C, D, E en F niet meer te eten zal onvoldoende bijdragen aan een verlaging van de PFAS-inname, omdat de PFAS-concentraties in bijna alle gewassen uit deze clusters hoger zijn dan die in de gewassen uit de referentielocatie. Daarnaast zouden moestuinhouders bij een advies om bepaalde gewassen niet meer te eten, deze hoog gecontamineerde gewassen kunnen vervangen met andere gewassen uit hun moestuin die ook een verhoogde PFAS-concentratie hebben.

Naast blootstelling via voedsel en drinkwater kunnen mensen ook worden blootgesteld aan PFAS via de lucht (Mengelers et al., 2018). In de omgeving van het chemiebedrijf DuPont/Chemours is deze blootstelling nu waarschijnlijk gereduceerd, omdat de uitstoot van PFOA naar de lucht is gestopt en die van GenX sterk is afgenomen.

De risicobeoordeling van de inname van PFAS door het eten van moestuingewassen geteeld binnen een straal van 1 kilometer rondom het chemiebedrijf is in 2018 en 2021 uitgebreid met de APROBA-Plus methode (Boon et al., 2021a; Mengelers et al., 2018). Dat is gedaan, omdat de berekende inname van PFAS via deze gewassen de TWI overschreed voor beide concentratiescenario's en de APROBA-Plus methode een beter inzicht kan geven in risico's van de inname van stoffen (Bokkers et al., 2017). In het huidige onderzoek is de gemiddelde en hoge inname van PFAS volgens beide concentratieniveaus ook hoger dan de TWI voor cluster B-S. Desondanks is er nu geen APROBA-Plus analyse uitgevoerd voor dit cluster. De overschrijding van de TWI is voor dit cluster dermate hoog

dat de verwachting is dat de APROBA-Plus methode de conclusie van de risicobeoordeling alleen zal bevestigen en dat zo'n analyse niet tot nieuwe inzichten zal leiden. Ook voor cluster A met alleen een hoge inname volgens een hoog concentratieniveau die de TWI overschreed is de verwachting dat een APROBA-analyse niet tot nieuwe inzichten zal leiden.

7 Conclusie

In dit rapport is de inname van PFAS, uitgedrukt in PFOA-equivalenten (PEQ), berekend via het eten van moestuingewassen uit negen moestuinclusters in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden. Deze clusters liggen binnen een straal van 15 kilometer van het chemiebedrijf DuPont/Chemours in Dordrecht (zie Figuur 1). De inname van PFAS is berekend volgens een scenario waarin is aangenomen dat moestuinhouders de gewassen hun hele leven uit hun moestuin eten en zijn de PFAS-concentraties in de moestuingewassen meegenomen volgens een laag en een hoog concentratieniveau (zie Tabel 3). Voor de risicobeoordeling is de hoge inname (P95) van PFAS, volgens een laag concentratieniveau, vergeleken met de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS, zoals bepaald door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA, 2020). De hoge inname is hiervoor gebruikt, omdat moestuinhouders zeer waarschijnlijk de door hen zelf geteelde gewassen in grotere hoeveelheden eten dan de gemiddelde Nederlander. De inname volgens een laag concentratieniveau is gebruikt, omdat deze het meest realistisch is.

De hoge inname van PFAS door moestuinhouders die gewassen eten uit het moestuincluster dat binnen 1 kilometer ten noordoosten van het chemiebedrijf is gelegen (cluster B-S) overschrijdt de gezondheidkundige grenswaarde met een factor 4,3. Het optreden van een negatief gezondheidseffect door het eten van deze gewassen kan voor dit cluster niet worden uitgesloten. Het RIVM adviseert dan ook om de gewassen uit dit cluster niet te eten.

Voor de overige acht moestuinclusters overschrijdt de inname van PFAS de gezondheidkundige grenswaarde niet. Wel zijn de concentraties van PFAS in de gewassen uit zes van deze clusters (clusters A, B-P, C, D, E en F), die op zo'n 1-10 kilometer ten noordwesten, noordoosten of oosten van het bedrijf liggen of op zo'n 2,5 kilometer ten zuidwesten, hoger dan in de gewassen uit een referentielocatie zonder een bekende contaminatiebron van PFAS op korte afstand. Het eten van deze gewassen zal dus resulteren in een hogere inname van PFAS dan via gewassen uit de referentielocatie. Deze moestuinhouders kunnen hun zelf geteelde gewassen blijven eten, maar hen wordt aangeraden dit af te wisselen met groenten en fruit uit de winkel. Deze producten bevatten minder PFAS. De verlaging van de inname van PFAS door deze afwisseling is belangrijk, omdat mensen ook PFAS binnenkrijgen via andere voedselproducten en drinkwater. Nederlanders krijgen hierdoor al meer PFAS binnen dan de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS.

De moestuinhouders van de twee clusters die het verst weg liggen ten zuidwesten (7-10 kilometer) en noordoosten (zo'n 15 kilometer) van het chemiebedrijf, kunnen hun zelf geteelde gewassen het hele jaar door eten zonder beperkingen (clusters G en H).

8 Dankwoord

De auteurs danken Annick van den Brand, Joke Herremans, Anton Rietveld en Gerrit Wolterink van het RIVM voor hun waardevolle bijdrage aan dit rapport; WFSR voor de analyse en aanlevering van de PFAS-concentraties in de moestuingewassen; Arcadis Nederland B.V. voor het projectmanagement; en Tritium Advies B.V en Arcadis Nederland B.V. voor de monsternamen van de moestuingewassen. Daarnaast danken wij de medewerkers van de GGD-en Noord-Brabant, GGD Zuid-Holland Zuid en Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid van de klankbordgroep voor hun bijdrage aan het rapport.

Literatuurlijst

Bil W, Zeilmaker M, Fragki S, Lijzen J, Verbruggen E, Bokkers B (2021). Risk assessment of per - and polyfluoroalkyl substance mixtures: A relative potency factor approach. *Environmental Toxicology and Chemistry* 40: 859-870. <https://doi.org/10.1002/etc.4835>.

Bokkers B, Mengelers M, Bakker M, Chiu W, Slob W (2017). APROBA-Plus: A probabilistic tool to evaluate and express uncertainty in hazard characterization and exposure assessment of substances. *Food and Chemical Toxicology* 110: 408-417. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.10.038>.

Boon PE, te Biesebeek JD (2022). Risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen uit volkstuintencomplex Volkstuin Delta in Helmond. RIVM Briefrapport 2022-0009. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2022-0009>.

Boon PE, te Biesebeek JD, Bokkers BGH, Bulder AS (2021a). Herziening van de risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen in Dordrecht, Papendrecht en Sliedrecht. RIVM Briefrapport 2021-0064. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2021-0064>.

Boon PE, te Biesebeek JD, Bokkers BGH, Bulder AS (2021b). Herziening van de risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen in Helmond. RIVM Briefrapport 2021-0071. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2021-0071>.

Boon PE, Zeilmaker MJ, Mengelers MJB (2019). Risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen in Helmond. RIVM Briefrapport 2019-0024. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2019-0024>.

EFSA (2020). Scientific Opinion on the risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal* 2020;18(9):6223, 391 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6223>.
MCRA (2022). Reference and user manual for MCRA 9 (version 9.1.41). <https://mcra.rivm.nl/documentation/9.1.41/index.html>.

Mengelers MJB, te Biesebeek JD, Schipper M, Slob W, Boon PE (2018). Risicobeoordeling van GenX en PFOA aanwezig in moestuingewassen in Dordrecht, Papendrecht en Sliedrecht. RIVM Briefrapport 2018-0017. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2018-0017>.

RIVM (2021). Notitie implementatie van de EFSA som-TWI PFAS, 7 april 2021. Reportnr: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://www.rivm.nl/documenten/notitie-implementatie-van-efsa-som-twi-pfas>.

van der Aa M, Hartmann J, te Biesebeek JD (2021). Analyse bijdrage drinkwater en voedsel aan blootstelling EFSA-4 PFAS in Nederland en advies drinkwaterrichtwaarde. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://www.rivm.nl/documenten/analyse-bijdrage-drinkwater-en-voedsel-aan-blootstelling-efsa-4-pfas-in-nederland>.

van Rossum CTM, Buurma-Rethans JM, Dinnissen CS, Beukers MH, Brants HAM, Dekkers ALM, Ocké MC (2020). The diet of the Dutch. Results of the Dutch National Food Consumption Survey 2012-2016. RIVM report 2020-0083. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). <https://doi.org/10.21945/RIVM-2020-0083>.

Zeilmaker MJ, Fragki S, Verbruggen EMJ, Bokkers BGH, Lijzen JPA (2018). Mixture exposure to PFAS: A Relative Potency Factor approach. RIVM report 2018-0070. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2018-0070>.

Zeilmaker MJ, Janssen P, Versteegh A, van Pul A, de Vries W, Bokkers B, Wuijts S, Oomen A, Herremans J (2016). Risicoschatting emissie PFOA voor omwonenden. Locatie: DuPont/Chemours, Dordrecht, Nederland. RIVM Briefrapport 2016-0049. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2016-0049>.

Bijlage A Overzicht van de bemonsterde moestuinen per locatie

Locatie^a	Naam	Gemeente
Cluster A	Vereniging Klein Grondbezit (locatie Provincialeweg)	Dordrecht
	Vlijpark	Dordrecht
Cluster B-P	Vereniging Organische tuin (VOT) Tiendzone	Papendrecht
	Door Eendracht Sterk (DES) Ericahof/Wilgendonk	Papendrecht
	Door Eendracht Sterk (DES) Tiendzone	Papendrecht
Cluster B-S	Drie particuliere tuinen	Sliedrecht
Cluster C	Tuindersvereniging Oud-Alblas	Molenlanden
	Door Eendracht Sterk (DES) Noordhoeksewiel/Molenvliet	Papendrecht
Cluster D	Volkstuinen Parallelweg particulier	Sliedrecht
	Volkstuinen Parallelweg	Sliedrecht
	Sociale moestuin	Sliedrecht
	Volkstuindersvereniging Sliedrecht	Sliedrecht
Cluster E	Tuinvereniging Wingerden (Wijngaarden)	Molenlanden
Cluster F	Ons tuintje (Bleskensgraaf)	Molenlanden
	Particuliere tuin in Molenlanden	Molenlanden
Cluster G	Volkstuinvereniging Pluimgraaf (Groot-Ammers)	Molenlanden
Cluster H	Tuinvereniging Kringloop	Dordrecht
	Vereniging Klein Grondbezit (Locatie Tweede tol)	Dordrecht
Referentie-locatie	Klein grondbezit (Hoeksche Waard)	Hoeksche Waard
	TVV Puttershoek	Hoeksche Waard

^a Figuur 1 geeft de ligging weer van de clusters A t/m H in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden en van de referentielocatie in de gemeente Hoeksche Waard.

Bijlage B Opzet van het moestuinonderzoek

De monsternamen van de gewassen is uitgevoerd door Tritium Advies B.V. en deels door Arcadis Nederland B.V. (een deel van de bemonstering van clusters E, F en G). De monsters zijn op de dag van bemonstering naar het onderzoeksinstituut Wageningen Food Safety Research (WFSR) van Wageningen University & Research (WUR) gebracht voor verdere verwerking en analyse. De monsternamen in de referentielocatie is op eenzelfde manier uitgevoerd als in de moestuinclusters. Meer details over de monsternamen op de referentielocatie staan in Boon & te Biesebeek (2022).

Te bemonsteren groenten/fruit:

Voor de te bemonsteren moestuingewassen is zoveel mogelijk aangesloten bij de consumptie van overeenkomstige voedselproducten in de voedselconsumptiepeiling (VCP) van 2012-2016. Met deze set groenten en fruit worden ook de moestuingewassen meegenomen waar in de eerdere onderzoeken in Helmond (Boon et al., 2021b; Boon et al., 2019) en Dordrecht (Boon et al., 2021a; Mengelers et al., 2018) de hoogste PFAS-concentraties zijn aangetroffen. Niet alle te bemonsteren gewassen waren in voldoende mate op de clusters aanwezig, bijvoorbeeld omdat sommige gewassen al waren geoogst of omdat de gewassen niet in alle tuinen in voldoende mate werden geteeld. Tabel A.1 geeft een overzicht van de bemonsterde moestuingewassen.

Uitvoering bemonstering:

- Per deelmonster is ongeveer 100 gram monstermateriaal (eetbare deel) verzameld.
- In verband met de lage detectielimiet is het vermijden van PFAS-houdend materiaal, en ook grond, zeer belangrijk. Het gebruik van waterafstotende kleding, zonnebrandcrème en andere mogelijke interferenties is zo veel mogelijk vermeden bij de bemonstering.
- Als bemonsteringsmateriaal zijn HDPE (hoge dichtheid polyetheen) zakken gebruikt.
- Het monstermateriaal is zonder contactmoment in de zak gedaan of het contact met het eetbare deel is geminimaliseerd. Contact van snoeischaar/mes met eetbare deel is ook zoveel mogelijk vermeden.
- De monsters zijn bewaard in (schone) koelboxen of kratten, zonder direct contact van koelelementen of ijs met de moestuingewassen (dat tast de moestuingewassen aan).
- Monsters zijn dezelfde dag aangeleverd bij het laboratorium in Wageningen.

De volgende gegevens zijn per monster genoteerd:

- Datum;
- Ligging van het bemonsteringspunt in het volkstuintencomplex;
- Codering monster;
- Soort moestuingewas; en
- Gewicht (inclusief zak).

Tabel A.1 Bemonsterde gewassen

Gewasgroep	Gemiddelde consumptie in VCP (gram per dag)	Volgorde in afnemende consumptie in VCP	Bemonsterde gewassen	Toelichting
Groenten				
Bladgroenten	19,2	1. Sla 2. Witlof 3. Spinazie 4. Andijvie 5. Postelein 6. Snijbiet 7. Raapsteel	1. Sla 2. Spinazie 3. Witlof 4. Andijvie	Voornamelijk sla en andijvie waren aanwezig.
Bolgroenten	11,8	1. Ui	1. Ui	
Knolgroenten-aardappelen	72,1	1. Aardappel	1. Aardappel	Geen aardappel in cluster H.
Knolgroenten-overige	12,3	1. Rode biet 2. Wortel 3. Knolselderij 4. Koolraap 5. Radijs 6. Koolrabi 7. Schorseneer	1. Rode biet 2. Wortel	Alleen rode biet en wortel zijn bemonsterd i.v.m. lage consumpties overige knolgroenten.
Koolgroenten	19,4	1. Broccoli 2. Bloemkool 3. Witte kool 4. Spruitjes 5. Boerenkool 6. Spitskool 7. Rode kool	1. Broccoli 2. Bloemkool 3. Spruitjes 4. Boerenkool	Boerenkool en spruitjes waren het meest aanwezig en bemonsterd.
Peulvruchten	4,5	1. Sperziebonen 2. Snijbonen 3. Doperwten 4. Peultjes 5. Tuinbonen	1. Sperziebonen 2. Snijbonen	Sperziebonen en snijbonen waren het meest aanwezig en bemonsterd.
Stengelgroenten	2,6	1. Prei 2. Asperges 3. Selderij 4. Rabarber 5. Venkel	1. Prei 2. Selderij of rabarber	Asperges waren niet (meer) aanwezig. Prei en rabarber waren het meest aanwezig en bemonsterd.
Vruchtgroenten	48,4	1. Tomaat 2. Komkommer 3. Paprika 4. Meloen 5. Courgette 6. Pompoen	1. Tomaat 2. Komkommer 3. Paprika 4. Courgette 5. Pompoen	In de moestuinen wordt meer courgette en pompoen geteeld dan meloen.

Gewasgroep	Gemiddelde consumptie in VCP (gram per dag)	Volgorde in afnemende consumptie in VCP	Bemonsterde gewassen	Toelichting
Fruit				
Klein fruit, pitvruchten en steenvruchten	119	1. Appel 2. Peer 3. Aardbei 4. Kers/druif 5. Pruim	1. Appel 2. Peer 3. Aardbei 4. Druif 5. Pruim	Kers was niet aanwezig en is vervangen door druif.

Bijlage C Concentraties van PFAS in de moestuinmonsters uit de negen moestuinclusters en de referentielocatie

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2022-0010.xlsx>

Bijlage D Indeling van de gegeten voedselproducten in de voedselconsumptiepeiling (VCP)

Gewasgroep	Voedselproduct in de VCP	Bemonsterd ^a
Groenten		
Bladgroenten	Andijvie gekookt	+
	Andijvie rauw	+
	Postelein gekookt	-
	Postelein rauw	-
	Raapstelen rauw	-
	Sla gem rauw	+
	Sla ijsberg- rauw	+
	Sla krop- gekookt	+
	Sla krop- rauw	+
	Sla rode rauw	+
	Sla Romaine-	+
	Sla rucola rauw	+
	Sla veld- rauw	+
	Snijbiet gekookt	+
	Spinazie diepvries gekookt	+
	Spinazie gekookt	+
	Spinazie rauw	+
	Witlof gekookt	-
	Witlof rauw	-
	Bolgroenten	Ui gekookt
Ui rauw		+
Ui sla - gekookt		-
Ui sla - rauw		-
Knolgroenten	Aardappelen rauw	+
	Aardappelen m schil gekookt gem	+
	Aardappelen z schil gekookt gem	+
	Biet rode gekookt	+
	Biet rode rauw	+
	Koolraap gekookt	-
	Koolrabi gekookt	-
	Pastinaak rauw	-
	Pastinaak gekookt	-
	Radijs rauw	-
	Sap wortel-	+
	Schorseneren gekookt	-
	Selderij knol- gekookt	-
	Selderij knol- rauw	-
	Wortelen bospeen rauw	+
	Wortelen bospeen gekookt	+
	Wortelen gekookt gem	+
	Wortelen rauw gem	+
	Wortelen winterpeen rauw	+
	Wortelen winterpeen gekookt	+
Koolgroenten	Broccoli gekookt	+

Gewasgroep	Voedselproduct in de VCP	Bemonsterd ^a
Groenten		
	Broccoli rauw	+
	Kool bloem- gekookt	+
	Kool bloem- rauw	+
	Kool boeren- diepvries gekookt	+
	Kool boeren- gekookt	+
	Kool boeren- rauw	+
	Kool groene gekookt	-
	Kool rode gekookt	+
	Kool rode m appeltjes huishoudelijk bereid	+
	Kool rode rauw	+
	Kool savoioe- gekookt	-
	Kool spits- gekookt	+
	Kool spits- rauw	+
	Kool witte gekookt	-
	Kool witte rauw	-
	Kool zuur- gekookt	-
	Kool zuur- rauw	-
	Koolrabi rauw	-
	Spruitjes diepvries gekookt	+
	Spruitjes gekookt	+
	Spruitjes rauw	+
Peulgroenten	Bonen snij- gekookt	+
	Bonen sperzie- diepvries gekookt	+
	Bonen sperzie- gekookt	+
	Bonen tuin- gekookt	-
	Doperwten diepvries gekookt	-
	Doperwten gekookt	-
	Peultjes gekookt	-
	Peultjes m wortelen gekookt	- ^b
Stengelgroenten	Asperges witte gekookt	-
	Prei gekookt	+
	Prei rauw	+
	Rabarbermoes m suiker	+
	Selderij bleek- gekookt	-
	Selderij bleek- rauw	-
	Venkel gekookt	-
	Venkel rauw	-
Vruchtgroenten	Courgette gekookt	+
	Courgette rauw	+
	Komkommer gekookt	+
	Komkommer m schil rauw	+
	Komkommer z schil rauw	+
	Meloen Cantaloupe	-
	Meloen net-	-
	Meloen suiker-	-
	Meloen water-	-
	Paprika gekookt gem	+
	Paprika gele gekookt	+
	Paprika gele rauw	+

Gewasgroep	Voedselproduct in de VCP	Bemonsterd ^a
Groenten		
	Paprika groene gekookt	+
	Paprika groene rauw	+
	Paprika oranje rauw	+
	Paprika rauw gem	+
	Paprika ns rauw	+
	Paprika oranje rauw	+
	Paprika rauw gem	+
	Paprika rode gekookt	+
	Paprika rode rauw	+
	Pompoen gekookt	+
	Sap tomaten-	+
	Sap tomatengroenten-	+
	Tomaat gekookt gem	+
	Tomaat gewoon gekookt	+
	Tomaat gewoon rauw	+
	Tomaat kers- rauw	+
	Tomaat rauw	+
	Tomaat rauw gem	+
	Tomaat tros rauw	+
	Tomaat vlees- gekookt	+
	Tomaat vlees- rauw	+
	Tomaat vlees- rauw	+

Gewasgroep	Voedselproduct in de VCP	Bemonsterd ^a
Fruit		
Klein fruit	Aardbeien	+
	Bessen kruis	-
	Bessen zwarte	-
	Bramen	-
	Druiven blauwe m schil	+
	Druiven m schil gem	+
	Druiven witte m schil	+
	Frambozen	-
Pitvruchten	Appel m schil gem	+
	Appel z schil gem	+
	Peer m schil	+
	Peer z schil	+
Steenvruchten	Abrikozen m schil	-
	Kers	-
	Pruimen m schil	+

VCP: voedselconsumptiepeiling; gem: gemiddeld; m: met; PFAS: poly- en perfluoralkylstoffen; z: zonder

^a + = gekoppeld aan het overeenkomstige moestuingewas voor tenminste één van de clusters; - = gekoppeld aan de relevante gewasgroep voor alle clusters

^b Somconcentratie van PFAS toegekend als 50% wortel / 50% peultjes.

Bijlage E Somconcentraties van PFAS in de moestuinmonsters uit de negen moestuinclusters en de referentielocatie volgens een laag en hoog concentratieniveau van PFAS

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2022-0010.xlsx>

Bijlage F Gemiddelde somconcentraties van PFAS in de moestuingewassen uit de negen moestuinclusters en de referentielocatie volgens een laag en hoog concentratieniveau van PFAS

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2022-0010.xlsx>

Bijlage G Bijdrage (%) van de gewasgroepen en individuele PFAS aan de innameverdeling volgens een laag concentratieniveau voor de negen moestuinclusters en de referentielocatie

Gewasgroep of PFAS ^a	Bijdrage (%) per locatie									
	Cluster									Referentie- locatie
	A	B-P	B-S	C	D	E	F	G	H	
Gewasgroep										
Knolgroenten	18	42	22	29	38	40	43	16	58	28
Bladgroenten	21	10	17	21	16	18	25	34	9	19
Vruchtgroenten	34	11	52	6,4	7,5	18	11	8,4	5,7	4,8
Koolgroenten	21	15	1	16	14	11	6,5	11	10	10
Peulvruchten	1,7	5,8	4,7	4,2	4,6	5,3	4,4	5,2	3,7	3,0
Klein fruit	2,1	7,6	0,7	5,5	7,7	1,4	3,6	3,7	5,3	16
Stengelgroenten	0,9	1,7	0,4	1,1	1,4	1,6	0,7	0,8	0,8	0,41
Bolgroenten	0,7	0,4	0,5	0,6	0,7	1,3	0,9	0,4	0,2	0,004
Pitvruchten	0,5	5,7	1,2	16	9,1	3,4	5,1	19	6,7	20
Steenvruchten	0,1	0,1	0,1	0,5	0,5	0,1	0,3	0,04	0,8	0,03

Gewasgroep of PFAS ^a	Bijdrage (%) per locatie									
	Cluster									Referentie- locatie
	A	B-P	B-S	C	D	E	F	G	H	
PFAS										
PFOA	48	59	68	36	56	71	43	26	65	15
PFUnDA	36	19	14	29	20	14	23	16	4,9	25
PFNA	5,6	7,8	3,8	8,5	9,3	3,4	7,8	16	10	26
PFHpA	3,3	3,8	2,6	6,8	4,0	3,9	7,2	7,3	5,5	11
PFDA	3,2	3,1	2,6	6,3	5,3	2,1	13	11	8,5	14
PFOS	2,6	1,9	0,3	10	3,4	2,2	1,9	19	3,5	6,6
GenX	0,8	2,9	7,5	0,1	1,6	2,9	1,2	0,3	0,2	0,7
PFDoDA	0,2	1,4	0,4	1,8	0,4	0,4	1,6	3,1	0,4	1,1

Gewasgroep of PFAS ^a	Bijdrage (%) per locatie									
	Cluster									Referentie- locatie
	A	B-P	B-S	C	D	E	F	G	H	
PFPeA	0,1	0,2	0,5	1	0,2	0,3	1,3	1,2	1,4	0,8
PFHxA	0,04	0,08	0,02	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,15
PFBS	0,01	0,005	0	0,01	0,01	0,002	0,003	0,02	0,01	0,01
PFHxS	0,004	0,01	0,003	0,04	0	0,01	0,2	0,1	0,2	0,03
PFDS	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
PFHpS	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0
PFTeDA	0	0	0,04	0	0	0	0	0	0	0
PFTTrDA	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

^a De namen van de PFAS staan in Tabel 2.

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag