

# Chemische Feitelijkheden

#362

Editie 91

april

2020

Arno van 't Hoog

## PFAS

Het 'ideale' materiaal

Perfluor- en polyfluorverbindingen zijn uitvindingen uit de jaren dertig en hebben sindsdien een ongelooflijk brede toepassing gekregen. Hun eigenschappen bleken ze zeer geschikt te maken voor blusschuim of waterafstotende kleding en vetafstotend papier. Er is alleen één nadeel: deze stoffen zijn zo persistent en inert dat ze eindeloos in het milieu blijven circuleren, en zelfs de waterzuivering weten te passeren. Door ontwikkeling van gevoelige analysetechnieken zie je PFAS tegen-

woordig overal, ook in bloed en moedermelk. Bovendien zijn er meer en meer aanwijzingen dat PFAS medische problemen veroorzaakt, zoals nierklachten en verhoogd cholesterol. Terwijl de oudste PFAS-soorten inmiddels verboden zijn, blijf je ze tegenkomen in het milieu. Wetenschappers zoeken daarom naar slimme manieren om PFAS weg te filteren en te vernietigen. Er is zelfs hoop dat sommige bacteriën daarbij kunnen helpen.

# Het 'ideale' materiaal

Wat is de overeenkomst tussen Hollandse bagger, drinkwater en waterdichte sportkleding? Ze bevatten allemaal PFAS. Die fluorverbindingen hebben uiterst prettige chemische eigenschappen, maar leveren ook milieuproblemen op. Daarom pleit de Nederlandse regering voor een Europees totaalverbod op alle PFAS.

**C**hemie zorgt vanzelfsprekend voor gemak en veiligheid. Vrijwel niemand realiseert zich waardoor sportkleding en wandelschoenen waterdicht blijven, of tapijt en de driezitsbank jarenlang vuil afstoten. En wie kent het onzichtbare laagje, dat zorgt dat vetigheid uit pizza's en saucijenbroodjes nauwelijks in de kartonnen verpakking trekt?

Het is hooguit interessant voor een enkele chemicus. Totdat er problemen met milieuvervuiling aan het licht komen, en bijvoorbeeld alle grond en bagger in Nederland vervuild blijken te zijn met een stofgroep met de tot dan toe onbekende afkorting: PFAS, afkomstig van het de Engelse *Per- and poly-FluoroAlkyl Substances*. Die perfluor- en polyfluorverbindingen worden al 80 jaar volop geproduceerd. Iedereen was een tevreden gebruiker. De realisatie dat er ook ernstige nadelen aan kleven, dateert pas van de laatste twintig jaar.

De geschiedenis van PFAS begint eind jaren dertig met de toevallige ontdekking van polytetrafluoroetheen – ofwel Teflon, vooral bekend van antiaanbakpannen – in het laboratorium van DuPont. De massaproductie van Teflon zou in de decennia erna uitgaan van diverse PFAS-moleculen als grondstof, waarmee teflonfabrieken een belangrijke bron wer-

den van milieuvervuiling.

In de jaren vijftig gaat chemiebedrijf 3M op grote schaal perfluorooctaanzuur (PFOA) en perfluorooctaansulfonaat (PFOS) produceren. 3M lanceert dan ook het product Scotchgard, dat in Nederland nog altijd te koop is als water- en vuilafstotende spray om leer en textiel te behandelen. In 2003 veranderde 3M de samenstelling van Scotchgard: het verving PFOS toen door het minder schadelijke perfluorobutaansulfonzuur (PFBS).

## Blusschuim

In de jaren zestig ontwikkelt 3M in samenwerking met de Amerikaanse marine een andere belangrijke PFAS-toepassing: een zeer effectief blusschuim voor branden op schepen of vliegvelden. Dat je met PFAS schuim kunt maken, verraadt iets over de chemische eigenschappen. PFAS zijn net als zeep en afwasmiddel oppervlakte-actieve stoffen. Oppervlakte-actieve stoffen hebben gecombineerde eigenschappen: ze bevatten hydrofiële en hydrofobe delen en voelen zich dus thuis op grensvlakken van olie en water.

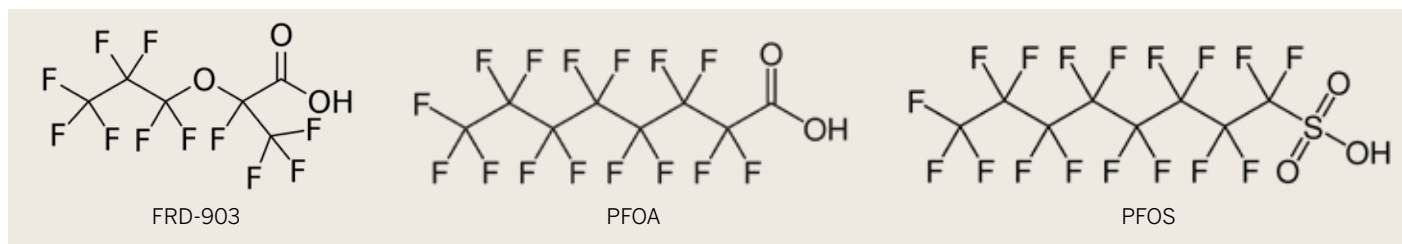
PFAS kennen dus een moleculaire tweedeling: een hydrofobe staart van vier tot tien gefluoreerde koolstofatomen plus een hydrofiel uiteinde, in de vorm van een sulfonzuur, carbonzuur, of sulfonamide. Die moleculaire opbouw zie je terug in de

namen van twee tot voor kort massaal gebruikte PFAS: perfluorooctaanzuur (PFOA) en perfluorooctaansulfonaat (PFOS).

De aanwezigheid van fluoratomen in de hydrofobe staart geeft bijzondere vuil- en waterafstotende eigenschappen aan PFAS. Een andere eigenschap is persistentie: de band tussen koolstof en fluor is namelijk zo sterk dat zonlicht, hitte, chemicaliën, enzymen en microbes de fluorkoolstofstaart niet in kleinere stukken kunnen breken. Een PFAS-coating in tentdoek of in verf gaat daardoor niet in de loop der tijd slechter werken onder invloed van uv of zelfs bacteriën, die normaal gesproken vrijwel alle organische moleculen aanzien voor voedsel.

De onverwoestbaarheid van PFAS is het duidelijkst zichtbaar bij het gebruik in blusschuim voor de bestrijding van branden op vliegvelden of in de petrochemische industrie. Meng 2 % PFOS of PFOA met bluswater en lucht, en je krijgt een dikke schuimdeken die zelfs de meest intense oliebranden kan smoren, zonder dat de PFAS zelf ook maar een beetje door de vlammen wordt aangetast.

Die handige veelzijdigheid van PFAS heeft ook een keerzijde: PFAS uit blusschuim stroomt weg in de grond, en breekt daar niet af. Er is maar één manier om PFAS na gebruik met absolute zekerheid de wereld



De drie bekendste PFAS zijn FRD-903 (GenX-grondstof van Chemours), PFOA (ook bekend onder de naam C8) en PFOS.



Menig trip in binnen- en buitenland wordt gered door outdoor-kleding voorzien van een goede coating. Na verloop van tijd verliest je jas echter zijn waterafstotende kwaliteit. Met een water- en vuilafstotende spray kun je je regenkleding opnieuw impregneren. Een voorbeeld hiervan is Scotchgard, die werkt op basis van PFAS. In 2003 veranderde producent 3M de samenstelling ervan en verving PFOS door het minder schadelijke PFBS (perfluorobutaansulfonzuur).

uit te helpen, en dat is via een verblijf van minstens tien seconden in een verbrandingsoven bij meer dan 1.200 °C. Dat soort omstandigheden halen veel vuilverbrandingsovens niet. Bovendien komt PFAS ook via andere routes in het milieu terecht: via huisstof, vloerpolijstmiddel, tapijtreiniging of het spoelwater van de wasmachines als kleding een klein deel van een waterafstotende coating verliest. Verder is in het verleden huisvuil met verpakkingsmateriaal en tapijt gestort op vuil-

nisbelten, waar via doorsijpelend regenwater PFAS wegglekt. Tot slot komt er op veel plaatsen PFAS ook nu nog in het milieu via gebruik van smeermiddelen, verf, kledingspray, autowax en zelfs cosmetica. Niet voor niets zie je in grond en bagger in steden altijd meer PFAS dan in natuurgebieden buiten de Randstad.

### Oppervlaktewater

PFAS kun je logischerwijs ook terugvinden in het afvalwater dat richting de riool-

### ► Lastige analyses

PFAS zijn mobiel, maar ze zoeken ook op onverwachte manieren oppervlaktes op. Die variabele eigenschappen leveren bij het analyseren van grond- en watermonsters extra uitdagingen. Wie namelijk een monster met PFAS bewaart in een glazen pot, ziet na verloop de PFAS-concentratie dalen. Stoffen als PFOA en PFOS hechten namelijk aan glas. Daarom gebruiken onderzoekers bij het verzamelen van monsters plastic potten. Analyses voeren ze uit met HPLC-MS-MS, een combinatie van chromatografie en massaspectrometrie. Omdat die methode heel kleine hoeveelheden kan detecteren – nanogrammen per liter water – is zorgvuldige monsternamen en bewerking in het lab onontbeerlijk. Dat geldt ook voor het voorkomen van vervuiling met PFAS-achtige moleculen uit andere bronnen, zoals teflon afsluitringen, bemonsteringsslangen in het laboratorium en zelfs kleding van personen die monsters nemen en verwerken. Hoe dan ook zien laboratoria die dezelfde monsters testen vaak opvallende variaties in testuitslagen. Het is dan ook een uitdaging om een representatief en betrouwbaar meetresultaat te krijgen. Verder is het door de grote variatie in soorten PFAS nog niet altijd mogelijk om een bepaald PFAS-sigitaal op naam te brengen van een specifiek molecuul. Daarom worden soms methodes gebruikt om de totale hoeveelheid organisch fluor in een monster te bepalen, zonder op de verschillende PFAS-soorten te letten. Zo kun je een indruk krijgen van de totale PFAS-vervuiling.

waterzuivering stroomt. Een deel van de fluorverbindingen blijft achter in het rioolslib, maar veel stroomt gewoon met het gezuiverde water naar het oppervlaktewater. Dat zie je bijvoorbeeld terug in metingen van PFAS in de Rijn bij Lobith. Het Rijnwater is als het Nederland binnenkomt al tientallen grote steden gepasseerd, met industrie en rioolwaterzuivering van miljoenen Duitsers. Stuur een watermonster uit Lobith naar het laboratorium en de uitslag van de analyse toont

een mix van verschillende soorten PFAS. Opgeteld gaat het om minieme hoeveelheden, voor PFOS en PFOA liggen die in de orde van een halve tot tientallen nanogrammen per liter. Een nanogram is slechts één miljardste gram, maar opgeteld komt er met de watermassa van de Rijn toch een behoorlijke hoeveelheid Nederland binnen, heeft onderzoek in het verleden laten zien. Voor het jaar 2012 kwam de schatting uit op bijna 3.000 kg aan verschillende PFAS-soorten die bij Lobith de grens passeert.

Zulke analyses brachten nog iets anders aan het licht: de concentraties van sommige PFAS-verbindingen in het Rijnwater stijgen in het westen van Nederland. Bij Maassluis is bijvoorbeeld in 2012 een vracht van 768 kg PFOA per jaar berekend, driemaal meer dan de vracht in Lobith van 250 kg. Dat was een duidelijk signaal dat industrie, en met name de fabriek van Chemours in Dordrecht, een bron was van PFOA-lozingen. Tot 2015

gebruikte Chemours namelijk PFOA als grondstof voor de productie van polytetrafluoretheen, ofwel Teflon.

Het belangrijkste kenmerk van stoffen als PFOA en PFOS is, afgezien van persistentie, dat die fluorverbindingen mobiel zijn. Ze verspreiden geleidelijk naar andere wateren en waterbodems, en zelfs naar het grondwater. Veel andere milieuvervuiling, zoals zware metalen, DDT, PCB's en dioxines, hebben een voorspelbare neiging tot ophoping op bepaalde plaatsen, zoals rivierslib. Eenmaal gebonden aan grond- of slibdeeltjes blijven dat soort stoffen redelijk honkvast. Maar PFAS zijn anders. Die binden minder sterk en komen sneller weer in beweging.

### Risicogrenzen

Het is vooral waterleven dat in eerste instantie in aanraking komt met PFAS. Wereldwijd onderzoek aan PFAS in vis uit riviermondingen illustreert dat. In sommige ernstig vervuilde meren in de VS geldt

daarom een verbod om gevangen vis mee te nemen voor consumptie. PFAS reist ook door de voedselketen richting grotere zoogdieren, aangezien PFAS is aangetroffen in ijsberen en orka's ver van de bewoonde wereld. In Nederland is PFAS aangetoond in bijvoorbeeld zoetwatervis, Noordzee-garnalen en zeebaars. De gehalten zijn het hoogst in vis uit rivieren en kustgebieden, en lager in Noordzeevis. Dat is een logisch verloop, omdat de vervuiling in rivierwater op zee sterk wordt verdund.

Rivierpaling bevat de hoogste gehalten die in Nederlandse vis zijn gemeten: circa 40 ng PFAS per gram visvlees. Overigens is het niet zo dat je met het eten van een portie paling een hoge dosis PFAS binnenkrijgt. Het RIVM gaat bij inname door de mens uit van zogenoemde Gezondheidskundige Richtwaarden, die zijn berekend in microgrammen per kilogram lichaamsgewicht per dag. Voor PFOS, PFOA en GenX liggen die waarden respectievelijk: 0,00625 µg, 0,01250 µg en 0,021 µg.

Dat veel PFAS-gehalten in voedsel in de nanogram-range liggen en de maximaal toegestane blootstelling in de microgram-range, illustreert dat je bij sporadische consumptie van rivierpaling de grenzen niet snel overschrijdt. Er zit alleen wel een addertje onder het gras. De Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) adviseert op basis van een voorlopige expert-opinie uit 2018 fors lagere risicogrenzen van slechts 13 ng per kilogram lichaamsgewicht per week voor PFOS en 6 ng voor PFOA. Over deze adviesnormen, die Nederland dus nog niet heeft overgenomen, wordt nog in Europa overleg gevoerd.

### Moelijk te vermijden

Het is niet eenvoudig om in het dagelijks leven PFAS-vervuiling te vermijden. Je krijgt het via je dieet ongemerkt binnen via alledaagse voedselverpakkingen en zelfs door contact met huisstof. Ook drinkwater is een niet te verwaarlozen bron van PFAS. Dat klinkt misschien vreemd, aangezien in Nederland kwalitatief goed water uit de kraan stroomt en drinkwaterbedrijven echt alles doen om restanten van bestrijdingsmiddelen, medicijnresten en andere ongewenste stoffen eruit te filteren.

Dat PFAS zich toch niet helemaal laat tegenhouden, illustreren andermaal de bij-



Een PFAS-vrij blusmiddel vinden, zeker voor grote branden, blijkt niet makkelijk. De brandweer vindt een totaalverbod op PFAS, waarvoor de Nederlandse regering momenteel pleit, dan ook te vroeg. Brandweerlieden zijn bang dat ze zonder PFAS bijvoorbeeld grote chemische tankbranden niet meer adequaat kunnen bestrijden.



### ► Onbekende massa's

Een van de grote vraagtekens is de precieze omvang van het wereldwijde PFAS-verbruik, en daarmee de omvang van emissies en milieuvervuiling. Dat soort gegevens zijn belangrijk om een idee te krijgen van de invloed van een verbod op gebruik van PFOS en PFOA in westerse landen. Er is onder meer door de Verenigde Naties geprobeerd de PFAS-vervuiling door bijvoorbeeld de

teflonindustrie in kaart te brengen, maar de bandbreedte van de schattingen laat zien, dat er eigenlijk geen helder zicht is op wat er wordt geproduceerd. Voor de periode 1951 tot 2002 schatten onderzoekers dat wereldwijd 1.220 tot 6.560 ton PFOA in het milieu is gekomen. Voor de periode 2003-2015 ligt de schatting tussen de 660 en 3.870 ton PFOA. Hoe de emissie tot

2030 eruitziet, hangt sterk af van hoe productie van teflon buiten Europa, in bijvoorbeeld de VS en Japan, gaat verlopen. In veel westerse landen zijn processen al aangepast en emissies teruggedrongen. Maar het is onduidelijk hoe dat in landen als China zal gaan. De meer sombere scenario's tot 2030 komen uit op een wereldwijde emissie van 4.520 ton PFOA.

zondere chemische eigenschappen van deze mobiele verbindingen. Er zijn geen goede absorberende stoffen of filters die PFAS effectief kunnen afvangen. Zelfs het meest gebruikte zuiveringsmedium voor drinkwater – een kolom met actieve kool – kan ze niet volledig wegvangen. Het betekent dat sporen van deze fluorverbindingen uit de kraan stromen, al is dat zelfs als je liters water per dag drinkt ruim onder de norm voor het risico op gezondheidsschade.

Met al die producten die sporen PFAS bevatten en verontreiniging in voedsel en drinkwater is het dus niet gek dat je in elk willekeurig Nederlands bloedmonster verschillende soorten PFAS kunt vinden. De fluorverbindingen die je binnenkrijgt, zoeken in je lichaam vooral eiwitten op, ze binden graag aan het bloedeiwit albumine

of eiwitten in de lever. Je raakt die fluorverbindingen weliswaar geleidelijk weer kwijt door ze bijvoorbeeld uit te plassen, maar dat gaat niet heel snel. Zo heeft PFOA in ons bloed een halfwaardetijd van ongeveer drie tot vier jaar.

De vraag is wat dat voor gevolgen heeft voor de gezondheid. Er zijn aanwijzingen dat fluorverbindingen effecten hebben op uiteenlopende organen: verhoogd cholesterol, verhoogde kans op nierziekten, en er zijn signalen die wijzen op effecten op het immuunsysteem. Het lastige van dit soort onderzoek is dat dierproeven vaak door het toedienen van hoge concentraties PFAS duidelijke effecten laten zien, die niet direct te vertalen zijn naar lagere concentraties bij de mens.

Studies met mensen kijken vooral naar

epidemiologische vragen: hebben werknemers die jarenlang met PFAS hebben gewerkt en daardoor hoge concentraties PFAS in hun bloed hebben, meer kans op bepaalde ziektes of afwijkingen? Geldt dat ook voor mensen die leven in gebieden met veel PFAS-vervuiling? Het levert ingewikkelde statistische puzzels op, omdat bijvoorbeeld een verhoogd cholesterol veel verschillende oorzaken kan hebben, en er bovendien veel soorten PFAS circuleren. Het is dus ingewikkeld om een harde, eenduidige koppeling te maken tussen blootstelling en toxicologische effecten van één specifieke fluorverbinding.

Ondanks dat is er sinds 2000 heel veel onderzoek gedaan naar effecten op mens en milieu. Die kennis resulteerde geleidelijk in aanscherping van allerlei normen

voor PFAS die sinds de jaren veertig veel zijn gebruikt. PFOS belandde zo in 2009 op de lijst van de Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, omdat de stof giftig is, onafbreekbaar, en zich opstapelt in de voedselketen. Met als gevolg dat veel landen het gebruik van PFOS sindsdien hebben verboden en je het gebruik wereldwijd inmiddels sterk ziet dalen. Ook de inzet van die andere veelgebruikte stof, PFOA, is in de EU aan banden gelegd.

In 2011 stelde de EFSA nog dat een dagelijkse inname van 1.500 ng PFOA per kilogram lichaamsgewicht per dag acceptabel was. In 2018 werd dat op basis van nieuw onderzoek bijgesteld naar 13 ng, en 6 ng voor PFOS. Een aanscherping met een factor honderd is geen gerommel achter de komma. Hoewel die normen nog wel ter discussie staan, heeft al dat onderzoek al wel uitwerking in de ontwikkeling van nieuwe milieunormen voor PFAS. Vrijwel alle grond en bagger in Nederland bevat namelijk kleine hoeveelheden PFOS, PFOA en GenX. GenX is eigenlijk geen stof, maar een technologie waarbij fluorhoudende stoffen waaronder FRD-903 worden gebruikt om Teflon te maken.

## Bagger

In de zomer van 2019 presenteerde het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat nieuwe regels die verspreiding van PFAS-vervuilde grond en bagger naar schonere gebieden, zoals zandwinplassen en landbouwgebieden, moet voorkomen. De nieuwe regels betekenen dat er sindsdien opeens volop moet worden getest: elke partij grond, maar ook bodem in het landelijk gebied. Je moet namelijk weten wat

er als achtergrondwaarde aan PFAS-vervuiling in een regio voorkomt, voordat je kunt besluiten of storten van grond en bagger een verslechtering voor het milieu oplevert.

In Nederland wordt jaarrond veel gebaggerd en gegraven, om waterwegen open te houden of terreinen bouwrijp te maken. De nieuwe regels rond PFAS riepen veel vragen op bij bouw- en baggerprojecten. Provincies, gemeentes en waterschappen moesten de zogenoemde 3,7,3,3-norm vertalen in eigen beleid. Voor hergebruik van grond en bagger in terreinen bestemd voor wonen of industrie mag grond per kilogram maximaal 3 µg PFOS, 7 µg PFOA, 3 µg GenX en 3 µg overige PFAS bevatten. Voor hergebruik in landbouw en natuur is de norm veel strenger, namelijk maximaal 0,8 µg per kg. Grond en bagger verwerken in diepe zandwinplassen is praktisch verboden met een norm van 0,1 µg PFAS per kg.

Het gevolg van alle regels was dat baggerprojecten en grondverzet in korte tijd vrijwel stilvielen. Het leidde tot luide protesten in Den Haag: de waterbouwers en bouwbedrijven voelden zich na de stikstof-discussie met de nieuwe PFAS-regels nog verder klemgezet. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat beloofde dat in de loop van 2020 definitieve regels gaan komen voor het omgaan met PFAS-vervuiling in grond en bagger. Vermoedelijk zijn daarin nog iets ruimere normen opgenomen.

## Vervanging geen garantie

De hele geschiedenis heeft beleidsmakers en bedrijven een aantal lessen geleerd.

Bijvoorbeeld dat het verbieden van oude PFOS en PFOA leidt tot de komst van nieuwe PFAS-verbindingen. Die hebben meestal een kortere fluorstaart, en zijn daarmee wat beter oplosbaar, en worden daardoor sneller uitgescheiden als mensen ze binnenkrijgen. Toch is dat geen garantie voor succes gebleken.

Zo introduceerde Chemours in 2012 in Dordrecht het GenX-proces, waarmee het gebruik van PFOA overbodig werd gemaakt. GenX gebruikt vervangende stoffen zoals FRD-903, die in eerste instantie als minder toxisch te boek stonden. Toch heeft het Europese Chemicaliën Agentschap (ECHA) na verschillende onderzoeken (FRD-903 en aanverwante verbindingen) in 2019 aangemerkt als Zeer Zorgwekkende Stoffen. Daarmee is Chemours verplicht gebruik en uitstoot zo veel mogelijk te beperken. Deze geschiedenis illustreert dat vervanging van de ene PFAS voor de andere geen gegarandeerde succesformule is. Moleculen uit dezelfde stofgroep delen veel eigenschappen, zoals persistentie en toxicologische effecten op mens en dier.

Nu is FRD-903 slechts een van duizenden verschillende PFAS die in het milieu te vinden is. Het is een bont gezelschap, met veel variatie in de lengte van de fluor-koolstofstaart, variërend van vier tot acht koolstofatomen. Sommige PFAS worden doelbewust gemaakt en verwerkt voor specifieke producten, andere ontstaan als ongepland bijproduct tijdens de synthese, of ze worden gevormd in het milieu door chemische modificaties van de hydrofiele kop van het PFAS-molecuul.

Het probleem van nieuwe generaties PFAS is dat ze, ondanks subtiele verbeteringen in hoe lang ze in het lichaam verblijven, uiteindelijk allemaal de basale PFAS-eigenschappen delen van chemische persistentie en mobiliteit. Waardoor ze eenmaal in het milieu terechtgekomen niet meer verdwijnen en voor problemen zorgen in de waterzuivering, bouw- en baggersector.

## Totaalverbod

Steeds meer Europese landen zien brood in een totaalverbod op PFAS als stofgroep. Dat zou betekenen dat er niet meer wordt gestuurd op normen of een verbod op één PFAS, zoals eerder PFOA en PFOS. Het streven is dan uitbannen van alle PFAS, tenzij voor cruciale toepassingen geen goed alternatief is. Zo is voor

### ► PFAS-bacterie

PFAS worden weliswaar *forever chemicals* genoemd, maar het idee dat ze werkelijk helemaal niet afbreken, lijkt aan herziening toe. Eind 2019 publiceerden Amerikaanse onderzoekers over labproeven waarin ze afbraak van PFOS en PFOA konden aantonen in aanwezigheid van de *Acidimicrobium*-bacteriestam, die ze uit een moeras in de buurt van New Jersey hadden geïsoleerd. Die bacterie kan een zogenoemde Feammox-reactie katalyseren, waarbij elektronen worden overgedragen van ammonium naar ijzer. De onderzoekers vroegen zich af of de bacterie diezelfde reactie zou kunnen inzetten om de fluor-koolstofbinding in PFOS en PFOA te reduceren, waarbij de fluorstaart wordt afgebroken en relatief onschuldige fluoride-ionen vrijkomen. Ze kweekten de bacterie in het lab in aanwezigheid van ammonium, ijzer en PFAS. De afbraak gaat traag, maar toch zagen de onderzoekers dat na honderd dagen 60 % van PFOA en PFOS was verdwenen. Dit onderzoek opent de weg voor bijvoorbeeld bio-remediatie: grond en water schoonmaken door bepaalde bacteriestammen te stimuleren.



SHUTTERSTOCK/ARIEL SLOOTWEG

Baggeraars ondervinden veel hinder van de PFAS-maatregelen die het Nederlandse overheid sinds de zomer van 2019 oplegt. Elk stukje grond moet vooraf getest worden om te voorkomen dat met PFAS-vervuilde grond in schonere gebieden, zoals zandwinplassen, terecht komt. Dat betekent vertraging en vaak ook afstel van baggerwerkzaamheden.

levensreddend blusschuim op luchthavens nog geen betrouwbare PFAS-vrije variant, terwijl aan alternatieven voor waterafstotende kleding of vetvrij papier minder hoge eisen worden gesteld. Zo'n eventueel verbod, wat de Nederlandse regering graag snel wil bereiken, kost tijd. Tot nu toe krijgt het voorstel in

ieder geval brede steun in de Europese Milieuraad in Brussel. Daarna moet via het Europees Chemicaliën Agentschap een zogenoemde restrictieprocedure worden gestart. Naar verwachting duurt het vervolgens minstens vijf jaar voordat nieuwe wetgeving en een Europees verbod van kracht is. En dan is het nog de vraag wat

dat precies betekent voor import van bijvoorbeeld kleding met PFAS uit andere delen van de wereld. Toch zou een Europees verbod op gebruik van PFAS een belangrijke eerste stap zijn om de hardnekkige milieuvervuiling en mogelijke gezondheidsschade over de volle breedte terug te dringen. ●



Niets is irritanter dan een pannenkoek die aan je koekenpan blijft kleven. Teflon, voluit polytetrafluoretheen, doet al decennia trouwe dienst als antiaanbaklaag, na een toevallige ontdekking ervan in de jaren dertig. Maar de wereldwijde, grootschalige teflonproductie geldt ook als een belangrijke bron van de milieuvuiling met PFAS. Verder hoor je steeds vaker over mogelijke gezondheidsrisico's van loslatende teflonlaagjes. Daarom kiezen consumenten steeds vaker voor een alternatieve antiaanbaklaag, bijvoorbeeld een keramische.

### Voor op school

- 1 Schrijf de drie bekendste PFAS-verbindingen voluit.
- 2 Leg uit hoe de 'moleculaire tweedeling' in een PFAS-molecuul eruitziet op basis van een structuurformule.
- 3 Benoem de chemische eigenschappen van PFAS en maak vervolgens duidelijk wat voor nadelen daaraan kleven.
- 4 Leg uit hoe de GenX-technologie werkt; kortom hoe je uit FRD-903 Teflon maakt.
- 5 Hoeveel PFAS bevat Nederlandse rivierpaling? Kan dat gehalte gevaarlijk zijn voor je gezondheid? Neem het Nederlandse beleid en het Europese advies hierin mee.
- 6 Leg uit wat de norm inhoudt waardoor veel bouw- en baggerprojecten stil zijn komen te liggen.
- 7 Hoe gaat de Feammox-reactie in haar werk?
- 8 Een keramische coating is een van de alternatieven voor een Teflon antiaanbaklaag. Uit welke twee basismaterialen bestaat die coating? En waarom dragen deze pannen het label 'groene pan'? (Tip: deze pannen worden geproduceerd via de sol gel-technologie)

### Meer weten?

- [www.expertisecentrumpfas.nl](http://www.expertisecentrumpfas.nl), Expertisecentrum PFAS
- [www.efsa.europa.eu](http://www.efsa.europa.eu), Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA)
- [tinyurl.com/eea-pfas](http://tinyurl.com/eea-pfas), Europees milieugentschap EEA
- [tinyurl.com/echa-pfas](http://tinyurl.com/echa-pfas), Europees Agentschap voor chemische stoffen (ECHA)
- [tinyurl.com/epa-pfas](http://tinyurl.com/epa-pfas), US Environmental Protection Agency (EPA)
- [tinyurl.com/oecd-pfas](http://tinyurl.com/oecd-pfas), Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OECD)

### Editie

#### PFAS

editie 91 | nummer 362 | april 2020  
[www.chemischefeitelijkheden.nl](http://www.chemischefeitelijkheden.nl)

**Coverbeeld:** iStock/Sunara

**Met dank aan:** Martijn van Houten, Expertisecentrum PFAS, en Jacob de Boer, Vrije Universiteit Amsterdam.

### Colofon

Over Chemische Feitelijkheden



Chemische Feitelijkheden is een actuele encyclopedie over moleculen, mensen, materialen en milieu. Het is een losbladige uitgave van de KNCV en verschijnt driemaal per jaar met in totaal tien onderwerpen.

#### Redactie

dr. Erwin Boutsma (hoofdredacteur), drs. Franny Scholte (eindredacteur),  
 Puck Moll (eindredacteur), Arno van 't Hoog (tekst)

#### Vormgeving & Opmaak

Content Innovators

#### Uitgever

Rik Stuijvenberg, Vakbladen.com  
 Postbus 19949, 2500 CX Den Haag

#### Abonnementen

088-2266 680

[abonnementen@vakbladen.com](mailto:abonnementen@vakbladen.com)

Wij hanteren de opzegregels uit het verbintenissenrecht. Wij gaan ervan uit dat Chemische Feitelijkheden altijd wordt ontvangen uit hoofde van het beroep. Hierdoor wordt het abonnement automatisch met een jaar verlengd, tenzij twee maanden vóór de einddatum een opzegging is ontvangen. Een abonnement op Chemische Feitelijkheden geeft via de website toegang tot tien nieuwe edities per jaar en het totale onlinearchief. Daarnaast ontvangen abonnees in drie zendingen per jaar de losbladige edities.

#### Tarieven (2020)

Voor particulieren: onlinetoegang met inlogcode en papieren editie (inclusief verzamelmap) kost € 100\*; leden van de KNCV, KVCV en NVON krijgen € 10 korting.  
 Voor bedrijven en (onderwijs)instellingen: onbeperkt toegang tot de digitale edities op basis van IP-adres en papieren editie in drievoud (inclusief verzamelmappen) kost € 280\*.  
 Losse nummers kosten € 9,95\* per stuk en zijn te bestellen bij [Mijntijdschrift.com](http://Mijntijdschrift.com).  
 \*Bij betaling per factuur wordt € 2,95 administratiekosten in rekening gebracht.