

UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Dealing with legacy and future chemicals and materials

Oomen, A.

Publication date

2023

Document Version

Final published version

License

CC BY

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Oomen, A. (2023). *Dealing with legacy and future chemicals and materials*.

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

Oratie Agnes Oomen – 14 juni 2023

Meneer de Rector Magnificus, mijnheer de Decaan, leden van het Curatorium van de leerstoel Chemicals and Planetary Health, Bestuursleden van de Stichting Beta Plus, lieve familie en vrienden, geachte toehoorders:

Dealing with legacy and future chemicals and materials

[Slide 2] De titel van mijn oratie is pretentieus, grootspraak. Immers, ‘dealing with’ een groot onderwerp zoals chemische stoffen en materialen doe je nooit alleen. Wel wil ik daar samen met vele anderen een rol in spelen. De wetenschap is belangrijk in het bepalen hoe we met chemische stoffen omgaan, de link naar beleid is belangrijk, evenals de interactie en samenwerking tussen verschillende partijen. Zoals gezegd, hierin wil ik mijn steentje bijdragen. Dit past wel bij mij, want ik houd van interdisciplinair werken en ik ben veel meer een teamspeler dan iemand die zijn eigen weg wil gaan. Dus zie deze inaugurele rede vooral als richtingen waar ik samen met anderen aan wil werken.

Naast het ‘dealing with’ gaat het andere deel van mijn titel over ‘chemische stoffen en materialen’. Chemische stoffen en materialen zijn cruciaal in onze samenleving. Geen product zonder de stoffen en materialen waar het van is gemaakt. Wat zouden we onze elektronica missen, onze mooi gekleurde waterdichte kleding of schoeisel, verf op onze kozijnen die jarenlang goed blijft, onze shampoo, gezichtscreme of zonnebrand. Ook hebben we chemische stoffen en materialen nodig in onze zonnepanelen, accu’s en batterijen. Kortom, chemische stoffen en materialen zijn overal en zijn keihard nodig.

Als je kijkt naar de gehele titel: ‘dealing with legacy and future chemicals and materials’, dan zie je dat deze nog veel open laat. Hoezo legacy? Toekomst in welke zin? Specifieke stoffen en materialen of allemaal? Deze oratie gaat niet over de synthese van stoffen en materialen, of over het fundamentele onderzoek om stoffen en materialen met nieuwe functionaliteiten te ontdekken. Deze oratie gaat wel over risico’s – of veiligheid – van stoffen en materialen voor mens en milieu die in het verleden geproduceerd zijn en ons nu nog bezighouden, én hoe we toekomstige problemen zo veel mogelijk kunnen voorkomen.

Naast dat chemische stoffen en materialen een cruciale rol spelen in onze manier van leven, zullen we stoffen en materialen met nieuwe en verbeterde functionaliteit heel hard nodig hebben. Bijvoorbeeld in het mogelijk maken van de energietransitie, waarin we de energie van natuurlijke bronnen beter kunnen opvangen en, een nog grotere uitdaging, beter en langer kunnen opslaan. Ook de overgang naar een circulaire economie vraagt om nieuwe stoffen en materialen, die afbreekbaar zijn of die goed te recyclen zijn. Verder willen we effectievere medicijnen en minder pesticiden gebruiken. En we zijn gevoelig voor producten die gemak en comfort bevorderen.

Tegelijkertijd zien we naast allerlei fantastische innovaties ook maatschappelijke onrust over chemische stoffen en materialen. Er is veel aandacht voor de plastic soep en daaraan gerelateerd micronanoplastics, PFAS, fijnstof in de lucht, uitstoot van PAKs en andere stoffen, nanomaterialen, E-nummers in ons voedsel, en enkele jaren geleden rubbergranulaat op onze voetbalvelden.

In welke richtingen kunnen we ontwikkelen om wel gebruik te kunnen maken van innovaties, maar op zo’n manier dat deze innovaties geen veiligheids- of duurzaamheidsproblemen voor de toekomst

met zich mee brengen. Ik wil daar graag nader op ingaan. Met daarnaast aandacht voor stoffen en materialen die nu problemen opleveren.

Ik wil heel duidelijk stellen dat het niet zo is dat hoe we nu omgaan met chemische stoffen en materialen niet goed is. Integendeel zelfs, ons voedsel is nu veel veiliger dan vroeger, water en lucht zijn schoner dan toen ik een tiener was. Er zijn al een flink aantal zeer schadelijke stoffen uitgefaseerd. Denk bijvoorbeeld aan PCB's, DDT en gefluoreerde broeikasgassen. Maar we moeten zeker niet rustig achteroverleunen. Daarvoor zijn diverse redenen:

- Ten eerste, er zijn nog steeds stoffen die risico's kunnen vormen voor mens en milieu.
- Er is nog steeds, of misschien wel vaker dan voorheen, onrust over mogelijke risico's van chemische stoffen en materialen.
- Risico's kunnen ook ontstaan door blootstelling aan verschillende stoffen tegelijk.
- De huidige systemen om de veiligheid van deze stoffen en materialen te beoordelen hoeven niet helemaal geschikt te zijn voor nieuwe innovaties.
- Er is naast veiligheid ook aandacht voor duurzaamheid nodig.
- Klimaatverandering en achteruitgang in biodiversiteit zijn serieuze problemen waaraan chemische stoffen en materialen zowel op positieve als negatieve wijze aan kunnen bijdragen.

Ik wil u meenemen in de risicobeoordeling van stoffen en materialen, met welke uitdagingen we te maken hebben, en wat richtingen zijn om met deze uitdagingen om te gaan. Dit koppel ik graag aan diverse activiteiten waar ik reeds bij betrokken ben.

Risicobeoordeling van stoffen en materialen

[Slide 3] De stoffenwetgeving, voor Nederland grotendeels geregeld binnen Europa, is een grote stap vooruit geweest om stoffen en producten veiliger te krijgen. Producenten en importeurs moeten hun stoffen registreren. Daarbij moeten ze aantonen dat de stof veilig wordt gebruikt. Er zijn duidelijke afspraken gemaakt welke informatie nodig is om veilig gebruik aan te tonen. Zo kan een beeld worden verkregen hoe gevaarlijk een stof of materiaal is en wat de blootstelling is. Zoals dit figuur van de Europese voedselveiligheidsautoriteit EFSA laat zien: gevaar en blootstelling samen geven een risico. Immers, een stof kan heel gevaarlijk zijn, maar als er geen blootstelling is, dan is er geen risico. Metaforisch: voor deze man op het strand is er geen blootstelling aan de gevaarlijke haai, en dus geen risico.

Er is een overkoepelende wetgeving voor stoffen. Daarnaast zijn voor specifieke toepassingen, zoals in voedsel en diervoeder, medicijnen, en cosmetica aparte afspraken gemaakt. Dit alles maakt dat we in Europa een gedegen systeem hebben om met risico's van chemische stoffen en materialen voor mens en milieu om te gaan. *Maar, uiteraard, is dit systeem voor verbetering vatbaar en is het belangrijk verder te kijken dan wetgeving: hoe kunnen wetenschap en andere benaderingen helpen in het omgaan met bestaande en toekomstige chemische stoffen en materialen?*

Op 3 uitdagingen en oplossingsrichtingen wil ik met u ingaan [Slide 4]:

- Inzicht in toekomstige concentraties van persistente stoffen en materialen
- Mengsels van stoffen
- Safe-and-sustainable-by-design
 - Voorkomen van problemen

- De risicobeoordeling van nieuwe technologie en innovaties bijbenen door 'regulatory preparedness'

Uitdagingen en oplossingsrichtingen

[Slide 5] Ten eerste, Inzicht in toekomstige concentraties van persistente stoffen en materialen.

We merken dat we te maken hebben met 'legacy' stoffen en materialen [Slide 6]. Een erfenis uit het verleden, waarvan we destijds niet zo bewust waren van hun impact op mens en milieu. Denk bijvoorbeeld aan plastic, PFAS en metalen. Een belangrijke groep binnen deze 'legacy' zijn de persistente stoffen en materialen. Deze blijven immers heel lang bestaan, ze worden amper afgebroken, waardoor we lang met ze te maken hebben en de concentraties in het milieu en/of de mens kunnen toenemen. PFAS worden niet voor niets 'forever chemicals' genoemd.

[Slide 7] Ook plastic blijft heel lang bestaan, waarbij grote stukken plastic wel verweren tot kleine micro- en nanodeeltjes. Bovendien was oorspronkelijk niet voorzien hoe breed deze stoffen en materialen worden toegepast. De productie van nieuw plastic was bijvoorbeeld in Europa in 2020 een duizelingwekkende hoeveelheid van 55 miljoen ton. Dus we produceren jaarlijks ongeveer twee keer zoveel plastic als het gewicht van de bevolking. Van dit soort persistente stoffen en materialen weten we niet goed met wat voor concentraties we in de toekomst, zeg over 10, 20 of 30 jaar, mee te maken hebben. Terwijl dat wel grote gevolgen kan hebben.

Er wordt internationaal hard gewerkt om de risico's van micronanoplastic voor mens en milieu te kunnen inschatten. Microplastics zijn plastic deeltjes van 5 mm en kleiner. Heel kleine deeltjes, zeker de deeltjes in de nanorange, kunnen door mensen, dieren en planten wel of beter worden ingeslikt, ingeademd en opgenomen. Of er een risico is hangt af van de eigenschappen van de deeltjes, zoals de grootte. Maar ook van de blootstelling, en dus van de concentraties om ons heen.

Productievolumes van stoffen vertellen maar een deel van het verhaal, want hoeveel plastic zit er al daadwerkelijk in ons milieu, hoe is dat verspreid en hoe snel verweert het tot micronanoplastics? Samen met andere bronnen van micronanoplastic, zoals slijtage van banden en afgifte van textiel, zal dit waarschijnlijk leiden tot een verhoging ten opzichte van de huidige niveaus. Als je kijkt naar de stappen van productie van plastic naar blootstelling aan micronanoplastics, spelen veel verschillende tijdgebonden processen een rol. Met een belangrijke onzekerheid hoeveel plastic er ieder jaar in ons milieu terecht komt, en in de duur van het uiteenvallen van zwerfafval naar micronanoplastics. Er is daarom veel onzekerheid in hoe de concentraties in het milieu zich in de toekomst ontwikkelen. Gaat dit om 10, 100, of 1000x hogere concentraties dan nu? Het kan zo maar zijn dat een 1000x hogere concentratie in het milieu in vergelijking met de huidige niveaus tot een heel andere risicobeoordeling van micronanoplastics leidt.

[Slide 8] PFAS is een groep van persistente, door de mens gemaakte stoffen bestaande uit koolstof en fluor. Het zijn enorm handige stoffen omdat ze vet-, water- en vuilafstotend zijn. De chemische binding tussen koolstof en fluor is heel sterk en breekt daardoor amper af. Er wordt onder andere door Nederland hard gewerkt om de hele stofgroep, bestaande uit duizenden verschillende stoffen, te verbieden. Als dit verbod ergens de komende jaren ingaat, dan hebben we nog steeds veel producten waarin PFAS zijn gebruikt. Denk bijvoorbeeld aan elektronica, blusschuim, make-up, anti-aanbak pannen of smeermiddelen. PFAS staan erom bekend dat ze zich makkelijk verspreiden in water. Een verontreiniging zal zich verspreiden over een groter gebied. Terwijl deze stoffen zich ook richting het grondwater verplaatsen. Waar we in de toekomst mee te maken zullen hebben heeft consequenties voor grondverzet – want je mag geen grond met hoge PFAS concentraties verplaatsen

naar een plek met lagere concentraties. En voor risico's voor het milieu en voor de mens. Mijn RIVM-collega Wieneke Bil concludeert in een recent artikel dat gemeten PFAS concentraties in het bloed aangeven dat risico's bij de mens niet zijn uit te sluiten. Ook kunnen veranderingen in PFAS concentraties in het milieu in de tijd consequenties hebben voor bijvoorbeeld drinkwatervoorzieningen. Kortom, het is goed om inzicht te hebben in de milieuconcentraties van stoffen zoals micronanoplastics en PFAS. Daarnaast zijn er nog andere persistente stoffen, zoals gechlorineerde parafines, vlamvertragers, PAKs en metalen, waar het relevant voor kan zijn om te weten wat trends in toekomstige concentraties in de bodem zijn.

[Slide 9] Recent hadden we daarom voorgesteld een methode te ontwikkelen om beter te kunnen voorspellen met welke concentraties persistente stoffen en materialen we in de toekomst mee te maken hebben. Helaas is dit voorstel voor nu gestrand, maar ik ga kijken naar andere mogelijkheden om deze ideeën concreet te maken. Ook wil ik jullie deelgenoot van deze plannen maken.

Door nauwe samenwerking tussen het IBED van de UvA, en het RIVM is het mogelijk om geschikte bodems of sedimenten te bemonsteren, verschillende laagjes daarin te dateren tot circa 50 tot 80 jaar geleden (de hiervoor relevant periode), en vervolgens deze laagjes te analyseren op aanwezigheid van persistente stoffen en materialen. PFAS en micronanoplastics zijn aansprekende voorbeelden. Maar zoals eerder genoemd zijn er vele andere persistente stoffen en materialen waarvoor het relevant is een methode te ontwikkelen om beter te voorspellen wat toekomstige concentraties zijn. Door naar de aanwezigheid van persistente stoffen in verschillende lagen te kijken, en dit te combineren met informatie over productievolumes, transport in water en degradatie, kan een beeld worden geschetst van de verandering in milieuconcentraties in de tijd. Ook kunnen bestaande computermodellen, zoals SimpelBox wat het gedrag en verspreiding van stoffen modelleert, worden uitgebreid en verbeterd met de experimentele data. Hiermee kan vervolgens een goede inschatting van toekomstige concentraties worden gegeven, bijvoorbeeld voor verschillende scenario's.

Zo'n voorspellende tool geeft de mogelijkheid om de juiste maatregelen te kiezen om ongewenste situaties te voorkomen. Of juist om te laten zien wat een beleidsmaatregel in het verleden voor effect teweeg heeft gebracht. Zo'n tool kan gebruikt worden om tot maatschappelijk en beleidsrelevante inzichten te komen. Ook wil ik het *belang onderstrepen van het genereren van experimentele data en deze gebruiken om beter te kunnen modelleren en voorspellen*. Kortom, dit projectvoorstel stelt een mooie en interdisciplinaire manier voor om beter op de toekomst te kunnen anticiperen door naar het verleden te kijken. *Oftewel [Slide 10], 'dealing with future developments of legacy chemicals and materials'.*

[Slide 11] Terugkomend op de uitdagingen en oplossingsrichtingen, wil ik nu ingaan op: Mengsels van stoffen.

[Slide 12] Een andersoortige uitdaging is dat mens en milieu nooit aan één stof wordt blootgesteld. In dit figuur ziet u allerlei stoffen die worden uitgestoten door industrie, verkeer, huizen of landbouw, weergegeven als verschillend gekleurde bolletjes.

Het stoffenbeleid is gericht op het per stof bepalen van veilige blootstellingsniveaus, en maatregelen nemen om te zorgen dat de blootstelling niet boven dit niveau uitkomt. De praktijk is uiteraard dat mens en milieu worden blootgesteld aan meerdere stoffen tegelijk. Hoewel men zich hier al heel lang van bewust is en wel degelijk vooruitgang is geboekt valt het, zeker voor het inschatten van de impact op de mens, niet mee om hier goed mee om te gaan.

Daarnaast is het heel moeilijk om, al is van voor één stof, aan te geven wat het gezondheidseffect bij een bepaalde blootstelling is. Dat komt doordat van toxiciteitsstudies, bijvoorbeeld een dierstudie, dat punt wordt bepaald waar net geen effecten zijn. Vervolgens worden zogenaamde beoordelingsfactoren toegepast, bijvoorbeeld om aan de veilige kant te zitten als er verschillen zijn tussen dier en mens, of tussen de ene persoon en de andere persoon. Zo kan zomaar een veilig blootstellingsniveau worden afgeleid dat meer dan een factor 100 lager is dan het niveau waar in de dierstudie net geen effect werd gevonden. We gaan ervan uit dat blootstelling onder dit zo afgeleide niveau niet leidt tot effecten en dus veilig is. Daarboven weten we niet meer zeker of het veilig is, maar kunnen we ook niet zeggen wanneer er effecten ontstaan.

In het project ToxDown willen we werken aan indicatoren, hier afgebeeld als stoplichten, die de impact van stoffen op mens en milieu beter weergeven. Natuurlijk willen we een indicator die goed weergeeft of, wat en hoe groot een gezondheidsrisico of -effect van blootstelling aan alle stoffen samen op een bepaald plek is. Helaas is zo iets wetenschappelijk gezien nu niet mogelijk. Daarom zullen we met elkaar in gesprek moeten om indicatoren te ontwikkelen die relevante informatie geven, bijvoorbeeld voor de bewoners en lokale overheid van een bepaald gebied, en die wetenschappelijk correct zijn.

[Slide 13] We zien verschillende richtingen om verder te ontwikkelen. Het in perspectief zetten van de situatie in een lokale leefomgeving geeft beter inzicht. Daarmee kan beter worden uitgelegd en afgesproken worden wat effectieve maatregelen kunnen zijn. Denk voor een indicator bijvoorbeeld aan het aantal stoffen, of het aantal zogenaamde 'zeer zorgwekkende stoffen', dat boven het veilig ingeschatte niveau zit. Of een indicator die inzicht geeft wat de blootstelling van stoffen uit de omgeving is ten opzichte van blootstelling via voedsel of consumentenproducten. Of ten opzichte van achtergrondblootstelling, of een typische situatie, zoals een grote stad met veel wegverkeer.

[Slide 14] Daarnaast willen we, gebruikmakend van recente inzichten en ontwikkelingen, nagaan wat wetenschappelijk mogelijk is om de risico's of effecten van verschillende stoffen op te tellen. Voor een paar stofgroepen met *een zelfde werkingsmechanisme* zijn er al benaderingen om de effecten van verschillende stoffen op te tellen. Zo zijn er voorstellen om de effecten van een aantal PFAS op een goed onderbouwde manier te sommeren. In dit figuur ziet u voor verschillende PFAS de mate van een specifiek effect op de lever uitgezet tegen de blootstelling. De ene PFAS veroorzaakt bij lagere blootstelling een effect dan een andere PFAS en is daardoor potenter. Het effect van blootstelling aan meerdere PFAS tegelijk kan worden opgeteld, waarbij het effect van iedere stof wordt gewogen met een zogenaamde 'Relative Potency Factor'. Voor dioxine-achtige bestaat zo'n manier al langer. Daarnaast wordt nu gekeken in hoeverre stoffen met een verschillend werkingsmechanisme, maar met een vergelijkbaar effect op een bepaald orgaan, kunnen worden samengevoegd in de risicobeoordeling.

Om de impact van mengsels van stoffen in oppervlaktewateren voor het milieu weer te geven wordt al gebruik gemaakt van het concept 'toxische druk'. Hiervoor wordt per stof gekeken wanneer verschillende organismen nadelige effecten laten zien. Vervolgens wordt gekeken hoeveel % van deze verschillende organismen hinder ondervinden bij de concentratie van een stof A in het milieu, en hoeveel % hinder ondervinden bij de concentratie van een stof B in het milieu. Het blijkt dat vervolgens via een berekening ingeschat kan worden hoeveel % van de verschillende organismen hinder ondervinden bij aanwezigheid van zowel stof A als stof B bij die concentraties in het milieu. Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee vormen van toxische druk, oftewel type effecten. De toxische druk die samenhangt met het verlies van soorten en de toxische druk die effecten heeft op groei en voortplanting. De impact van stof A en stof B samen op het milieu wordt dus opgeteld,

zonder dat het werkingsmechanisme precies hetzelfde is. In hoeverre dit concept gebruikt kan worden om risico's van stoffen voor de mens op tellen, zal worden verkend.

Het is mooi dat naast deze risico-gerelateerde indicatoren ook een indicator zal worden ontwikkeld die de perceptie van mensen in een lokale leefomgeving weergeeft, zodat ook de beleving door omwonenden over de aanwezigheid van stoffen in hun omgeving wordt meegenomen. Ik mag, samen met anderen, Matthias Hof begeleiden die als promovendus aan dit onderwerp werkt. Verder kijk ik uit naar samenwerking in dit project met collega's Willie, Petra, Julie, Tom, Kirsten, Jantien, Arjen, Liesbeth, Annemarie, Michiel, Milo en met alle betrokkenen in en rond Nijmegen waar we de indicatoren willen toepassen.

Kortom, dit is een project waarin we manieren willen ontwikkelen om beter te kunnen zeggen wat de impact van stoffen op mens en milieu in een bepaald gebied is, en hoe we dat kunnen communiceren. Daarnaast is er in het project veel aandacht voor waar vanuit de betrokken partijen bij de lokale leefomgeving behoefte aan is. We hopen met dit project beter om te gaan met gebieden waar problemen met chemische stoffen spelen. *Oftewel [Slide 15], 'future ways of dealing with chemicals in a local living environment'.*

[Slide 16] Verder met de uitdagingen en oplossingsrichtingen, maar dan Safe-and-sustainable-by-design

Twee uitdagingen die we in samenhang willen aanpakken zijn 1) problemen met de veiligheid en duurzaamheid van stoffen en materialen zo veel mogelijk voorkomen. Hier zal ik, samen met uitleg over het concept SSbD, eerst op ingaan. En 2) de risicobeoordeling minder achter te laten lopen bij innovaties en nieuwe technologieën. Hier ga ik later op in.

[Slide 17] Bij safe-and-sustainable-by-design, oftewel SSbD, gaat het erom dat, naast functionaliteit, productie en marketing, ook veiligheid en duurzaamheid al worden meegenomen in de vroege ontwikkelfase van nieuwe stoffen, materialen en producten. Dus niet eerst een product ontwikkelen op basis van functionaliteit en dan pas naar veiligheid en duurzaamheid kijken, zoals nu vaak het geval is, maar een systeem waarin vanaf het begin en op meerdere momenten in het innovatietraject functionaliteit, haalbaarheid, veiligheid en duurzaamheid iteratief worden afgewogen. Dit kan ongelukkige situaties voorkomen. Bovendien is er meer flexibiliteit in de vroege stadia van innovatie. Het uiteindelijke doel is dat veiliger en meer duurzame stoffen, materialen en producten worden ontwikkeld, in plaats ontstane situaties (wat) te verbeteren.

[Slide 18] Een recente ontwikkeling is om voor stoffen en materialen niet alleen naar de veiligheid, maar ook naar de duurzaamheid te kijken. Deze beleidsambitie komt voort uit de Europese Green Deal, en wordt verder uitgedragen en uitgewerkt in de 'Chemical Strategy for Sustainability', vervolgdocumenten en -acties. Nederland onderschrijft deze ambities en is sterk betrokken. De Europese Commissie promoot een Framework om SSbD te integreren in de ontwikkelfase van nieuwe producten, en veiligheid- en duurzaamheidsaspecten van verschillende mogelijkheden te vergelijken. Op deze manier wordt bijvoorbeeld ook gekeken naar persistentie, of zeldzame of kritieke grondstoffen nodig zijn in de productie, of de productie veel energie kost, of een product lang gebruikt kan worden, reparabel is en gerecycled kan worden.

Zo kunnen problemen worden voorkomen. Het opruimen van gemaakte rommel is immers vaak duur. Denk aan de legacy stoffen en materialen. Bovendien, als een stof in grote volumes wordt geproduceerd dan zijn de gevestigde belangen groot. Een industrie die goed verdient aan een

bepaalde stof of materiaal zal niet direct willen veranderen. De hakken staan dus in het zand, en toch een verandering forceren kost veel tijd en inspanning, en vaak ook frustratie en onrust. Te laat onderkende risico's kunnen leiden tot menselijk leed of andersoortig leed. De PFAS zijn wederom een illustrerend voorbeeld. PFAS zijn persistent en toxisch, zowel voor het milieu als de mens. Toen er jaren geleden een restrictie kwam van een specifieke PFAS, PFOA, werd in de productie overgestapt naar een andere PFAS, waardoor weer tijd werd 'gewonnen' voordat deze PFAS niet meer was toegestaan. Een flink aantal van mijn collega's bij het RIVM, maar ook elders in Europa, zijn al jarenlang bezig om een restrictie voor elkaar te krijgen voor de hele stofgroep PFAS. Maar uiteraard was het beter geweest als dit soort stoffen niet naar de markt waren gebracht.

[Slide 19] Safe-and-sustainable-by-design is een concept dat inmiddels breed wordt herkend en concreet wordt gemaakt. Uiteraard bepaalt de innoverende partij hoe er wordt geïnnoveerd, welke aspecten in het innovatietraject worden meegenomen en welke beslissingen worden genomen. Toch hebben wetenschappers en beleidsmakers een belangrijke rol. Bijvoorbeeld door slimme en handige manieren te ontwikkelen om veiligheid en duurzaamheid in het innovatietraject te integreren. En door toepassing van het SSbD concept te bevorderen of (deels) misschien wel af te dwingen. Europa en Nederland nemen duidelijk stelling en willen dit 'by-design' denken verder brengen. Zo wordt er in een groot aantal Europese projecten ervaring opgedaan, worden methodes verbeterd en ontwikkeld en wordt er gekeken hoe mensen die innoveren, wetenschappers, risicobeoordelaars en beleidsmakers met elkaar in gesprek kunnen gaan. Ik wil mijn collega Lya Hernandez noemen die hier vanuit het RIVM veel werk aan verricht, maar natuurlijk zijn er vele anderen. Ook de industrie is op veel plekken pro-actief en doet mee. Maar we zijn er nog lang niet: *de uitvoering in de praktijk is nog een grote uitdaging.*

Het 'by-design' denken komt naar voren in diverse projecten waaraan ik bijdraag. Zo is Anniek Gielen, de eerste promovendus die bij mij gaat promoveren, bezig met 'safe-by-design' van nieuwe materialen om in implantaten te gebruiken. Er zijn verschillende nieuwe materialen in ontwikkeling in het NWA project DARTBAC die antimicrobiële eigenschappen hebben, met als doel dat er minder complicaties ontstaan na een operatie en dat minder antibioticum nodig is. Anniek werkt aan de ontwikkeling van relatief eenvoudige experimentele manieren om inzicht te krijgen in zowel de functionaliteit als de veiligheid van deze materialen, die in een vroeg innovatiestadium kunnen worden toegepast.

[Slide 20] In het TOSS project, gecoördineerd door Annemarie van Wezel, wetenschappelijk directeur en collega van het IBED, wordt gewerkt aan een manier om allerlei verschillende alternatieven van een functionele stof te screenen op veiligheid en duurzaamheid. In dit project wordt een methode ontwikkeld om veelbelovende alternatieven voor Persistente, Mobiele en Toxische stoffen te identificeren. Een groot aantal mogelijke alternatieven zullen met de computer worden gegenereerd, waarvan gedacht wordt dat ze functioneel kunnen zijn. Dus bijvoorbeeld stoffen waarvan wordt gedacht dat ze een goed smeermiddel kunnen zijn. Deze grote set aan stoffen wordt vervolgens gefilterd op ongewenste eigenschappen, zoals persistentie of toxiciteit. Dit kan door bestaande databestanden te bekijken, computermodellen te gebruiken en simpele testjes uit te voeren. Ook duurzaamheidsaspecten zullen in deze screening worden meegenomen. Zo kan er, analoog aan wat de farmaceutische industrie doet om mogelijke kandidaat-geneesmiddelen te selecteren, een beperkt aantal stoffen worden geïdentificeerd waarvan wordt verwacht dat ze functioneel, duurzamer en veiliger zijn. Hier kan verder onderzoek naar worden gedaan om functionaliteit, duurzaamheid, veiligheid en andere aspecten zoals kosten en productiemogelijkheden te wegen. Dit is dus een concrete manier om wetenschappelijk informatie te gebruiken in SSbD.

Daarnaast draagt het RIVM, en ik in meer of minder mate, bij aan diverse projecten waarin aan safe-and-sustainable-by-design van nanomaterialen, geavanceerde materialen en gewone stoffen wordt gewerkt. Projecten met mooie namen zoals SUNSHINE, SaByNa, PARC en MACRAME. Het laat zien dat er wetenschappelijk en beleidsmatig veel gebeurt en dat de komende jaren nog flinke stappen zullen worden gezet.

Kortom, met dit 'by-design' denken willen we zo veel mogelijk problemen voorkomen. Want niemand wil een stof, materiaal of product op de markt brengen wat uiteindelijk wordt geassocieerd met onacceptabele risico's of grote duurzaamheidsproblemen. *Oftewel [Slide 21], 'safe-and-sustainable-by-design is a promising development to prevent future issues in safety and sustainability'.*

[Slide 22] Terug naar SSbD, maar dan het Beter bijbenen van innovaties

[Slide 23] Het tempo van technologische innovaties is enorm hoog, zeker op het gebied van nieuwe materialen. Zoals eerder genoemd geeft ons dit veel gemak en comfort. Bovendien hebben we deze ontwikkelingen nodig voor onze economie. De systemen om eventuele risico's te herkennen kunnen voor innovatieve stoffen, materialen en producten soms niet helemaal geschikt zijn. Het aanpassen van wetgeving en richtlijnen aan nieuwe technologische ontwikkelingen kost tijd. Zo duurde het bijvoorbeeld meer dan 10 jaar om Europese stoffenwetgeving aan te passen om ook nanomaterialen te omvatten. Bij nanomaterialen en geavanceerde materialen gaat het immers niet alleen om hun chemische eigenschappen, maar ook om de fysische of deeltjes-eigenschappen. In tegenstelling tot grotere deeltjes, kunnen heel kleine deeltjes zoals nanodeeltjes wel worden opgenomen in het menselijk lichaam, bijvoorbeeld geabsorbeerd in het maagdarmkanaal. Ze gaan naar andere weefsels en organen in het menselijk lichaam dan opgeloste stoffen, slecht oplosbare deeltjes blijven daar vaak lang zitten zodat de concentratie kan toenemen, en dit soort deeltjes zijn vaak reactief door hun grote oppervlak. Ik heb zelf mogen bijdragen aan de ontwikkeling van twee richtlijnen van de Europese voedselveiligheidsautoriteit EFSA. In deze richtlijnen wordt aangegeven wat voor informatie nodig is om de risico's van nanomaterialen in voedselproducten goed te kunnen beoordelen. Fabrikanten moeten die informatie aanleveren, dit wordt beoordeeld door EFSA, voordat een nieuw voedselproduct op de markt mag worden gebracht. Het opstellen van deze richtlijnen heeft meerdere jaren gekost. Bovendien duurt het een tijd voordat duidelijk is dat deze richtlijnen nodig zijn en wat er in zo'n richtlijn moet staan.

Ondanks alle inspanningen zijn de huidige wettelijke systemen nog steeds niet helemaal klaar voor nanomaterialen. Er is nog geen volledige duidelijkheid over wat en hoe je precies moet testen. Welke informatie is nodig om risico's van stapeling te bepalen? Ook moeten testmethodes zo worden aangepast dat ze geschikt zijn voor nanomaterialen. Immers, als je nanomaterialen in een oplossing brengt, bijvoorbeeld om in het laboratorium gekweekte cellen bloot te stellen, hebben deze nanomaterialen de neiging om samen te klonteren en neer te slaan. Of ze blijven juist bovenop de vloeistof drijven. Ook zijn allerlei interferenties mogelijk tussen nanomaterialen en het uitlezen van een bepaalde maat, bijvoorbeeld een kleuring of lichtverstrooiing. Er wordt wereldwijd hard gewerkt aan het aanpassen en standaardiseren van testmethodes voor nanomaterialen. Dit gebeurt in OECD-kader. Zo kunnen resultaten worden vergeleken en eenduidig worden geïnterpreteerd. Het belang hiervan wordt steeds meer onderkend.

[Slide 24] Maar nu komen de volgende uitdagingen er al weer aan. Er zijn allerlei materiaal innovaties, waardoor materialen veel complexer worden. Denk bijvoorbeeld aan allerlei verschillende grafeen-gerelateerde materialen, MXenes, Metal-Organic-Frameworks of nanocarriers, maar er is nog veel meer. Meerdere nanomaterialen kunnen worden gecombineerd in een

materiaal, stoffen worden aangebracht op een oppervlak of een nanostructuur wordt gecreëerd. Deze materialen worden ontwikkeld vanwege hun *nieuwe of verbeterde functionaliteit* en worden geavanceerde materialen genoemd. Dit roept wederom de vraag op of aanpassingen in de wetgeving nodig zijn, nieuwe richtlijnen moeten worden opgesteld en of de testsystemen geschikt zijn voor geavanceerde materialen. Ondertussen komen dit soort materialen wel op de markt. En hebben we ze ook hard nodig, bijvoorbeeld in de energietransitie.

[Slide 25] Omdat het lang duurt voordat veranderingen in de stoffenwetgeving zijn doorgevoerd, richtlijnen zijn geschreven en testsystemen zijn gestandaardiseerd is het essentieel zo vroeg mogelijk te herkennen of er risico's zijn van een technologische innovatie die in de bestaande systemen niet goed worden onderkend. Daarom is het belangrijk om bewust te zijn van en betrokken te zijn bij technologische innovaties. Niet zozeer om een stokje te steken voor de innovatie, maar wel om zo vroeg mogelijk te kunnen anticiperen, bijvoorbeeld om ervoor te zorgen dat dit soort materialen goed kunnen worden getest. Dit heet 'regulatory preparedness'. Vroegtijdige duidelijkheid over hoe de risico's van nieuwe stoffen, materialen en producten beoordeeld worden voorkomt ook veel onzekerheid bij bedrijven over hoe overheden met innovaties omgaan. Onzekerheid kan bij bedrijven leiden tot vertraging of zelf het stoppen van innovaties.

Een systeem om dit soort signalen over de geschiktheid van wetgeving, richtlijnen en testsystemen voor innovaties te herkennen zijn we aan het ontwikkelen binnen de OECD Steering Group on Advanced Materials, waar ik co-chair van ben. Dit systeem heet Early4AdMa, waarvan hier een schematische weergave. De OECD is een geschikt platform om zo'n systeem te ontwikkelen, want zo wordt regulatory preparedness en safe-and-sustainable-by-design niet alleen binnen Europa, maar over de hele wereld vorm gegeven.

Kortom, door beter te weten wat voor innovaties eraan komen kan hierop worden geanticipeerd. *Oftewel [Slide 26], 'regulatory preparedness is needed to better accommodate the safety and sustainability assessment of future chemicals, materials and products, and to prevent uncertainty'.*

[Slide 27] **Het plaatje is nog veel groter**

Ik weet dat naast de onderwerpen die ik hiervoor heb genoemd nog op veel andere manieren wordt gewerkt om met risico's van chemische stoffen en materialen om te gaan. Deels ben ik daar zelf bij betrokken. Zoals het NAMS4Nano project waar wordt gekeken of er met alternatieve methodes, dat wil zeggen zonder dierstudies, voldoende informatie is te krijgen om een uitspraak te doen over een eventueel gezondheidsrisico van nanomaterialen. Bijvoorbeeld door met in vitro experimenten een brug te slaan met de bestaande informatie van hetzelfde materiaal in niet-nano vorm. Het is mooi dat EFSA dit vooruitstrevende project financiert en we met een aantal Europese partners gewoon gaat proberen hoe ver we voor verschillende typen nanomaterialen komen. Ook de methodologieën die we hebben opgezet binnen diverse EU projecten om, goed onderbouwd, kennislieden van een materiaal in te vullen met bestaande informatie van een vergelijkbaar materiaal, zijn nodig. Zo houden we grip op de veiligheid van stoffen en materialen, maar zijn minder dierstudies en minder middelen nodig om deze informatie te verkrijgen. Andere ontwikkelingen die van belang zijn voor de toekomst van stoffen en materialen, en waar ik minder bij betrokken ben, zijn de ontwikkeling van alternatieve voor dierproeven in het algemeen en het gebruik van Adverse Outcome Pathways daarin.

Gelukkig zijn er veel collega's bij het RIVM, IBED, binnen Nederland, Europa en daarbuiten die werken aan de toekomst van chemische stoffen en materialen.

[Slide 28] Visie

Binnen de leerstoel 'Chemicals and Planetary Health' wil ik helpen verbindingen te leggen om om te gaan met legacy en future chemicals en materials. Hiervoor zijn verbindingen nodig tussen:

- verschillende disciplines
- mensen
- de wetenschap en wat relevant is voor beleid

Ik wil dit doen in projecten, in discussies, in presentaties, vooral op een interdisciplinaire manier. En vooral door te doen. De leerstoel 'Chemical and Planetary Health' die ik mag vervullen biedt daarvoor fantastische mogelijkheden.

Dankwoord

[Slide 29] Ik wil afsluiten met mijn dankwoord. Om te beginnen met de instanties en mensen die deze voor mij bijzonder eervolle positie mogelijk hebben gemaakt: het RIVM en de Universiteit van Amsterdam, en dan specifiek het IBED van de Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatie, de Stichting Bèta-Plus, het College van Bestuur, en de Decaan van de faculteit. Dank voor het in mij gestelde vertrouwen. Met name wil ik Annemarie van Wezel noemen, die het initiatief nam en heel veel papier- en organisatie werk heeft verricht aan de IBED kant. Zonder jou was dit zeker niet gelukt. En dan diverse collega's bij het RIVM die deze positie vanuit het RIVM mogelijk hebben gemaakt: Els van Schie en Jan Roels (beide nu met pensioen), Erik Tielemans, Joke Herremans, en Jacqueline van Engelen. Ik zie zowel bij het IBED als bij het RIVM: management en collega's die werken vanuit vertrouwen en betrokkenheid. Dit voelt goed en geeft inspiratie en motivatie, en uiteindelijk voor mij de ruimte om te ontdekken en te groeien tot wat ik nu ben.

In mijn wetenschappelijke carrière heb ik veel geleerd van inspirerende voorbeelden: Adrienne Sips, Dick Sijm, Johannes Tolls, John Groten en Willem Seinen tijdens mijn promotietraject. Het samen hard werken en tegelijk plezier hebben komt erg naar voren in de enthousiaste en betrokken groep van 'nano-mensen', of andere teams zoals in ToxDown. Mijn collega's bij het RIVM zijn daarom belangrijk voor mij. De betrokkenheid komt ook naar voren als het even minder goed gaat, privé of in het werk, dan wordt er gesteund en opgevangen. Ik kan onmogelijk iedereen opnoemen, en beperk me daarom tot een paar collega's. Als eerste Martine, al werkvriendin vanaf het begin van ons promotietraject in 1996. Natuurlijk ook Monique, Adrienne, Eric, Walter, Elmer, Willie, Rob, Lya, Cornelle, Anniek, Matthias, Hedwig, Nick, Flemming, diverse Petra's en Susannes, en, zoals ik al zei nog veel meer collega's. Ook de internationale collega's van diverse Europese projecten, EFSA en OECD maken het werk interessant en leuk om te doen.

Toen ik daadwerkelijk regelmatig bij het IBED over de vloer kwam, voelde dat als een warm bad. Fijne collega's, zoals Antonia, Will, Verona, Willem, Eva, Thomas en Michiel. Er gaat soms een nieuwe wereld voor mij open bij verhalen over heel andere onderwerpen, over paleo-ecologie en phytoliths, over koraal en adaptatie. Heel verfrissend en leuk.

Ontspanning, leuke activiteiten en ruimte voor andere belangrijke aspecten van het leven bieden vrienden en familie. Uit-eten vrienden, wandelvrienden, buurvrouw-vriendinnen. Esther, die ooit verbaasd was dat ik mensen kende die professor waren en nu kan zeggen dat ze zelf een vriendin heeft die dat is.

Heel belangrijk voor mij: familie en schoonfamilie. Mijn lieve ouders Pieter en Françoise, en mijn lieve, fantastische zus Clasien met Edwin, altijd geïnteresseerd en motiverend. Ook na meer dan 20 jaar missen we hier mijn broer, wat hadden we hem er graag bij gehad. Mijn schoonouders Tonnie en Mientje, altijd vol liefde en zorg. Patrick, Ingrid en kinderen. [Slide 30] En het belangrijkste, thuis: Antoine, Gijs, Bart, Merel. De grapjes, ik quote Bart 'ik heb ook veel te zeggen...op 1 april' (je moet de quote even onthouden tot mijn laatste woorden van deze inaugurele rede). En natuurlijk de gezelligheid en het dynamische leven in een huis vol grote kinderen. Wat bof ik dat jullie er zijn.

Ook leuk om te vertellen: Vandaag heeft een extra feestelijk tintje, want Bart en Merel zijn allebei geslaagd voor hun eindexamen.

En als laatste, nog een keer Antoine. Dit had ik niet gekund zonder jou. Je nuchtere kijk, je grapjes en je onvoorwaardelijke steun. Wij hebben dit jaar toch allebei een mooie nieuwe outfit.

Ik heb gezegd.