

PFAS laten zien dat milieu- en gezondheidsrisico's samenhangen

De economische consequenties van milieuvervuiling worden vaak onderschat wanneer milieu- en gezondheidseffecten afzonderlijk worden beoordeeld. De ontwikkelingen rond PFAS laten zien hoe het wel moet.

IN HET KORT

- Omdat de gezondheidseffecten van milieuvervuiling lastig te onderzoeken zijn, worden ze te weinig meegenomen in beleid.
- Nieuwe onderzoeksmethoden kunnen ervoor zorgen dat gezondheidsrisico's bij het milieubeleid betrokken worden.
- De maatschappelijke impact van milieuvervuiling wordt duidelijker als milieu- en gezondheidsfactoren samen worden gezien.

LISA MINERS

Promovendus aan de Vrije Universiteit Amsterdam (VU)

MARIJE

SCHAAFSMA

Universitair hoofd-docent aan de VU

ROY BROUWER

Hoogleraar aan de VU en de University of Waterloo, Canada

Milieuverontreiniging en volksgezondheid zijn nauw met elkaar verbonden, maar worden in economische analyses en beleidsvorming nog vaak als afzonderlijke domeinen geëvalueerd. Milieueconomen kijken doorgaans naar hoe vervuiling de kwaliteit van lucht, water en ecosystemen beïnvloedt, en schatten de kosten en baten van het verminderen van milieuschade. Gezondheidseconomen richten zich daarentegen vooral op ziektekosten, het gebruik van zorgmiddelen en veranderingen in de levenskwaliteit van mensen.

Hoewel beide benaderingen waardevolle inzichten opleveren, bestaat het risico dat het verband tussen milieu- en gezondheidseffecten wordt gemist wanneer zij afzonderlijk worden beoordeeld. Als gevolg hiervan kunnen de bredere maatschappelijke kosten van vervuiling – waaronder langetermijneffecten op de gezondheid, ecologische veranderingen en de baten van preventie – in beleidsbeslissingen worden onderschat.

Recente ontwikkelingen in wet- en regelgeving rond Per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS) laten zien hoe bewijs uit de milieuwetenschap, toxicologie, volksgezondheid en economie in de praktijk steeds vaker wordt samengebracht. Om tot effectieve milieuregulering te komen, moet de blootstelling van mensen aan milieuvervuiling verbonden kunnen worden aan gezondheidseffecten en de maatschappelijke kosten die daaruit voortvloeien. Die koppeling verloopt in de praktijk vaak via indirecte blootstellingsroutes, bijvoorbeeld wanneer persistente stoffen via bodem, oppervlakte- en grondwater, lucht, voedselketens en consumentenproducten uiteindelijk bij mensen terechtkomen en zo de volksgezondheid beïnvloeden. Voor veel verontreinigende stoffen blijft deze koppeling lastig.

Milieu en volksgezondheid

Het schatten van dosis-responsrelaties, die blootstellingsniveaus koppelen aan gezondheidsrisico's, wordt steeds betrouwbaarder, maar blijft omringd door veel onzekerheid. De dosis-responsrelaties bij een stof die gezondheidsschade veroorzaakt, kunnen goed geschat worden in klinische en toxicologische studies, maar zijn voor de volksgezondheid lastiger vast te stellen (Redelmeier en Zipursky, 2023). Veel vervuilende stoffen in het milieu hebben bovendien een langzaam effect, hopen zich in de tijd op, of worden beïnvloed door andere stoffen. Dit laatste is met name een belangrijke factor omdat het aantal chemicaliën op de markt de laatste jaren exponentieel is gegroeid (Redelmeier en Zipursky, 2023).

Voor economen en beleidsmakers creëert de onzekerheid rondom de precieze gezondheidsschade van een stof praktische problemen. Dosis-responsbewijs vormt voor de volksgezondheid de basis voor de economische waardering van de gezondheidseffecten. Zonder dit

bewijs wordt het moeilijk om de gezondheidseffecten van verschillende vervuilingsniveaus in te schatten en kunnen zowel de korte- als langetermijnbaten van het verminderen van vervuilingrisico's in beleidsbeslissingen worden ondergewaardeerd.

Daarbij worden milieuverontreiniging, menselijke blootstelling, gezondheidseffecten en bredere maatschappelijke kosten vaak bestudeerd met behulp van verschillende methoden en gegevens over verschillende tijdsperiodes (Polychronidou en Nag, 2025). Dat beperkt het vermogen om hun gecombineerde effecten integraal vast te leggen in een en dezelfde beoordeling. De kernuitdaging ligt daarom niet zozeer in gebrek aan bewijs, als wel in de manier waarop bewijs over vervuiling wordt gegenereerd en beoordeeld wanneer milieu- en gezondheidsdomeinen gescheiden blijven.

PFAS

PFAS zijn een mooi voorbeeld van hoe nieuwe inzichten in milieuverontreiniging, menselijke blootstelling en gezondheidseffecten steeds systematischer aan elkaar worden gekoppeld (Polychronidou en Nag, 2025). Deze *forever chemicals* blijven niet alleen tientallen jaren in water, bodem en voedsel aanwezig, maar ook in het menselijk lichaam. PFAS-verontreiniging van bodem en grondwater is wijdverbreid in Nederland, met concentraties die vaak de advieswaarden overschrijden en leiden tot beperkingen op het hergebruik van grond (Wintersen et al., 2021). Ook duiken PFAS op in onze drinkwaterbronnen (Waternet, 2026) en overschrijden ze via voedsel en drinkwater voor delen van de bevolking de gezondheidkundige richtwaarden (Bil et al., 2025). PFAS illustreren daarmee hoe de grens tussen milieurisico en volksgezondheid in de praktijk vervaagt.

De blootstelling aan PFAS vertegenwoordigt slechts een klein deel van een breder probleem, aangezien ze slechts een subgroep zijn van een veel grotere groep chemicaliën waaraan mensen ongewild en onbewust chronisch worden blootgesteld. Deze chemicaliën vallen binnen de klasse van een grotere groep stoffen, die hormonale processen in ons lichaam verstoren – processen die stofwisseling, groei, voortplanting en immuunfuncties reguleren (Wahlang et al., 2019).

Omdat PFAS-blootstelling vaak plaatsvindt op lage niveaus, via meerdere routes en over langere perioden, waarbij mogelijk negatieve gezondheidseffecten zich langzaam en geleidelijk ontwikkelen, is het vaststellen van eenduidige dosis-responsrelaties moeilijk, en moeten beleidsevaluaties zich baseren op onvolledig

voortschrijdend inzicht (Fenton et al., 2021). Hoewel dosis-responsrelaties voor een aantal soorten PFAS kunnen worden vastgesteld, blijft er flinke onzekerheid bestaan voor vele andere hieraan gerelateerde chemicaliën, vanwege gebrek aan data en verschillen tussen stoffen en hun uiteindelijke effecten op menselijke gezondheid (Schrenk et al., 2020).

Gezien de wijdverbreide en hardnekkige aard van PFAS-blootstelling is inzicht in hoe milieuvervuiling zich vertaalt naar ontstekings- en stofwisselingsziekten, cruciaal voor het evalueren van hun bijdrage aan chronische ziekten en de maatschappelijke kosten van blootstelling. Hoewel de onderliggende biologische mechanismen moeilijk te traceren blijven, koppelt een groeiend aantal studies langdurige PFAS-blootstelling aan kanker, diabetes, obesitas, reproductieve gezondheid, stofwisselingsziekten en leverschade (Satapathy en Sanyal, 2025; Wahlang et al., 2019).

Een veelbelovende benadering om de relatie tussen milieu- en gezondheidsproblemen integraal te analyseren is het zogenaamde *Adverse Outcome Pathway*-raamwerk (AOP; in het Nederlands vaak vertaald als 'schadelijk-effectpad' of 'pad naar nadelige gevolgen'). Dit raamwerk traceert hoe een chemische blootstelling een reeks biologische gebeurtenissen in gang kan zetten die uiteindelijk leiden tot negatieve gezondheidseffecten (Kaiser et al., 2022). In plaats van uitsluitend te steunen op dosis-responsrelaties bieden AOP's een manier om milieublootstellingen te koppelen aan latere gezondheidseffecten, zelfs wanneer epidemiologisch bewijs nog beperkt is. Juist hierdoor kan het AOP-raamwerk helpen, niet alleen door milieublootstelling biologisch te duiden, maar ook door beter zichtbaar te maken waar publieke gezondheidskosten kunnen ontstaan. Zo verbinden op AOP gebaseerde studies de PFAS-blootstelling met stofwisselingstoornissen en hart- en vaatziekten (Kaiser et al., 2022). Tegelijkertijd toont het relatief kleine aantal volledig ontwikkelde AOP's hoeveel werk er nog resteert. Zonder duidelijkere kaders die blootstelling aan verontreinigende stoffen koppelen aan ziekten, en ziekten aan bredere maatschappelijke kosten, zullen de economische beoordelingen de werkelijke schade van milieuvervuiling blijven onderschatten.

Geïntegreerd milieu- en gezondheidsbeleid

In Europa erkennen toezichthouders steeds vaker dat effectief PFAS-beleid vereist dat milieu-, gezondheids- en economische perspectieven worden geïntegreerd, aangezien het afzonderlijk beoordelen van deze effecten

ten het risico met zich brengt dat de maatschappelijke kosten van PFAS en andere chemische blootstellingen worden onderschat. Toezichthouders stappen af van het afzonderlijk beschouwen van milieu- en gezondheidsrisico's en nemen door geïntegreerde besluitvormingskaders de financiële en economische consequenties in beschouwing van restricties van bestaande chemicaliën of geven toestemming voor het toelaten van nieuwe chemicaliën. Europese regelgevingskaders zoals REACH (Registratie, Evaluatie, Autorisatie en Beperking van Chemische stoffen) ondersteunen dit door te vereisen dat zowel milieu- als volksgezondheidsrisico's worden beoordeeld, om zo naar vollediger evaluaties van de effecten van chemische stoffen toe te werken. Het recente voorstel van het European Chemicals Agency (2025) om ongeveer 10.000 verschillende soorten PFAS te beperken, komt voort uit zo'n meer holistische benadering, waarin milieu-, gezondheids- en economisch bewijs worden geïntegreerd ter ondersteuning van op preventie gericht beleid.

Ook in Nederland maken we langzaam een draai. Zo heeft het RIVM recent een protocol ontwikkeld ter ondersteuning van de beoordeling van gezondheidsrisico's die samenhangen met PFAS, waarbij gegevens over milieuvervuiling worden gecombineerd met (eco)toxicologisch en epidemiologisch onderzoek om richtwaarden te onderbouwen (McVey et al., 2025).

Economen raken ook steeds meer betrokken bij interdisciplinair onderzoek en beleidsdiscussies over milieu- en gezondheidsrisico's. Nationale en door de Europese Unie gefinancierde innovatie- en trainingsinitiatieven brengen toxicologen, epidemiologen, milieuwetenschappers, volksgezondheidsonderzoekers en economen samen om in interdisciplinair onderzoek bestaande procedures voor risicoanalyses ter onderbouwing van beleid, wet- en regelgeving te verbeteren. Het betrekken van economen bij de besluitvorming rond PFAS en andere gevaarlijke stoffen maakt het eenvoudiger om analyses, zoals kosten van ziekten en milieukosten, af te stemmen op menselijke blootstellingsroutes van gevaarlijke stoffen. Behalve directe zorg- en milieu-uitgaven, betreft dit ook bredere maatschappelijke kosten, zoals productiviteitsverlies, lasten die huishoudens zelf dragen, verminderde levenskwaliteit en welzijnsverlies gerelateerd aan ongeprijsde ecosysteemdiensten en biodiversiteit. Daardoor kunnen maatschappelijke kosten en baten van milieuveranderingen binnen één kader worden beoordeeld, in plaats van via afzonderlijke milieu- en gezondheidsbeoordelingen.

Conclusie

De economische consequenties van milieuvervuiling worden vaak onderschat wanneer milieu- en gezondheidseffecten afzonderlijk worden beoordeeld. Indien chronische aandoeningen als gevolg van langdurige blootstelling aan chemische stoffen worden gezien óf als een gezondheidsprobleem óf als een milieuprobleem, is de kans groot dat een deel van hun maatschappelijke kosten over het hoofd wordt gezien. De afzonderlijke benadering maakt het moeilijk voor economische analyses om de totale maatschappelijke kosten van beide effecten of de maatschappelijke waarde van hun preventie vast te stellen. Integratie van milieu- en gezondheidsfactoren in economische analyses is daarom essentieel voor realistischere schattingen van de totale maatschappelijke impact. De ontwikkelingen rond PFAS tonen aan dat integratie van onderzoek naar milieuvervuiling, blootstelling en gezondheid de besluitvorming kan verbeteren, mede dankzij vooruitgang in dosis-responsanalyse, AOP-raamwerken en interdisciplinair onderzoek.

Literatuur

- Bil, W., H.P. McKeon, G. Chen et al. (2025) *PFAS in het bloed van de Nederlandse bevolking*. RIVM Rapport, 2025-0094.
- European Chemicals Agency (2025) *Background document to the Opinion on the Annex XV dossier proposing restrictions on per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs)*. ECHA, 24 juni.
- Fenton S.E., A. Ducatman, A. Boobis et al. (2021) Per- and polyfluoroalkyl substance toxicity and human health review: Current state of knowledge and strategies for informing future research. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 40(3), 606–630.
- Kaiser, A.-M., M. Zare Jeddi, M. Uhl et al. (2022) Characterization of potential adverse outcome pathways related to metabolic outcomes and exposure to per- and polyfluoroalkyl substances using artificial intelligence. *Toxics*, 10(8), nr. 449.
- McVey E.A., L. de Wit-Bos en G. Wolterink (2025) *Protocol for systematic evidence collection and evaluation supporting health-based guidance value derivation for PFAS*. RIVM Rapport, 2025-0087.
- Polychronidou, V. en R. Nag (2025) Human health risk assessment of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Science of the Total Environment*, 1000, 180428.
- Redelmeier D.A. en J.S. Zipursky (2023) A dose of reality about dose-response relationships. *Journal of General Internal Medicine*, 38(16), 3604–3609.
- Satapathy, S.K. en A.J. Sanyal (2015) Epidemiology and natural history of nonalcoholic fatty liver disease. *Seminars in Liver Disease*, 35(3), 221–235.
- Schrenk, D., M. Bignami, L. Bodin et al. (2020) Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal*, 18(9), e06223.
- Wahlung B, J. Jin, J.I. Beier et al. (2019) Mechanisms of environmental contributions to fatty liver disease. *Current Environmental Health Reports*, 6(3), 80–94.
- Waternet (2026) *PFAS in tap water*. Waternet Informatie.
- Wintersen A, J. Claessens, M. de Wit et al. (2021) *Landsdekkend beeld van PFAS in Nederlands grondwater*. RIVM Briefrapport, 2021-0205.