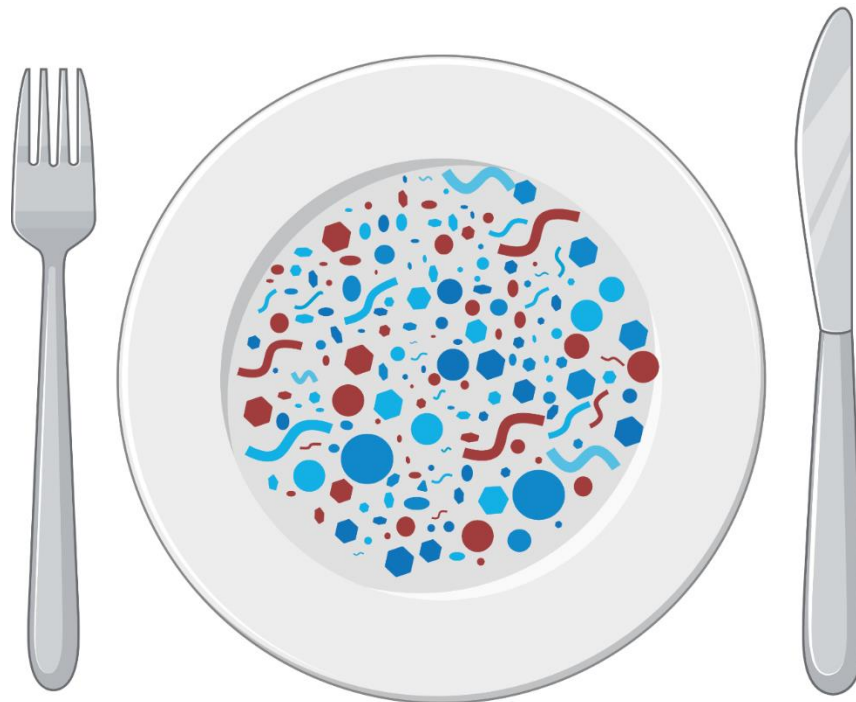


Analysis on the link between microplastics, the environment and public health.



Beleidsinformerende nota Nederlandse samenvatting

Citation: Vercauteren Maaïke, Zhang Ting, Janssen Colin R. and Asselman Jana. 2023. Policy informing brief: Analysis on the link between microplastics, the environment and public health. Ghent University, Belgium, 136 pp.

Samenvatting (Dutch-Nederlands)

Kunststoffen zijn goedkope, inerte producten met oneindige mogelijkheden. Ze zijn alomtegenwoordig omdat ze aanpasbaar zijn om te voldoen aan een breed scala van toepassingen, variërend van verpakkingen tot in de auto- en bouwindustrie. Het toenemende gebruik van plastic producten heeft geleid tot een bloeiende globale kunststofindustrie, met een wereldwijde productie van 390,7 miljoen ton plastic in 2021.

Plastic, opzettelijk weggegooid als niet-ingezameld afval of onbedoeld verspreid door slijtage tijdens gebruik, kan in onze omgeving terecht komen wat bijdraagt aan de plasticvervuiling. In een toxicologisch kader worden plastic producten vaak ingedeeld op basis van hun grootte, met een toenemende aandacht voor microplastics, hier gedefinieerd als deeltjes met afmetingen tussen 0,1 μm en 5 mm. Onlangs worden ook steeds meer zorgen geuit over nanoplastics, gedefinieerd als deeltjes tussen 1 nm en 0,1 μm . Micro- en nanoplastics (MNP) ontstaan in industriële productie (primaire microplastics/nanoplastics) of via de geleidelijke afbraak van kunststoffen in het milieu (secundaire microplastics/nanoplastics). Dit afbraakproces wordt beïnvloed door een complex samenspel van biotische en abiotische factoren, waaronder biologische afbraak en fotodegradatie. MNP zijn een multidimensionale groep van vervuilende stoffen waarbij elk deeltje kan worden beschreven aan de hand van kenmerken zoals grootte, polymeersamenstelling, vorm, oppervlaktekenmerken, chemische additieven, enz. Deze heterogeniteit maakt de studie van microplasticvervuiling bijzonder uitdagend, wat zorgt voor kennisleemtes in ons huidig begrip van de gevolgen van microplasticvervuiling voor het milieu en de menselijke gezondheid.

Ondanks de bestaande kennisleemtes heeft microplasticvervuiling aandacht gekregen in verschillende beleidsinitiatieven op globaal, Europees, nationaal en regionaal niveau. Het beleidskader vermeld momenteel enkele cruciale aspecten van het probleem, zoals duurzame kunststofproductie, milieuvervuiling door plastic en de relatie met menselijke gezondheid en voedselveiligheid. Ondanks de erkende link tussen milieuvervuiling en menselijke gezondheid, en bij uitbreiding voedselveiligheid, ontbreekt momenteel een beleidskader met betrekking tot de menselijke gezondheid. Dit, in combinatie met de wetenschappelijke kennisleemtes, maakt duidelijk dat er meer inspanningen nodig zijn op zowel wetenschappelijk als beleidsniveau om plasticvervuiling aan te pakken en de risicobeoordeling van MNP voor de menselijke gezondheid vooruit te helpen. Het doel van deze beleid informerende nota is om een overzicht te geven van de huidige kennis uit de wetenschap omtrent de relatie tussen MNP, het milieu en de menselijke gezondheid. Op basis hiervan worden aanbevelingen geformuleerd om beleidsmakers op de hoogte te stellen van de huidige kennisleemtes en bouwstenen te bieden voor een beleidskader om plasticvervuiling aan te pakken.

Plastics zijn persistent, wat leidt tot een accumulatie in vrijwel elke ecologisch compartiment: op het land (gemiddeld 6000 MP/kg grond), in zoetwater (0,28-1265 MP/m³), in het mariene milieu (1,5-9200 MP/m³) en in de atmosfeer (0-14 MP/m³). Belangrijk is dat deze compartimenten met elkaar verbonden zijn als een complex netwerk, en MNP zullen zich bijgevolg verplaatsen tussen de compartimenten, dit wordt de 'plastic cyclus' genoemd. De vermelde concentraties in alle compartimenten zijn gebaseerd op metingen maar zijn beperkt door het aantal monsters, analytische limieten, enz. Omdat er geen gestandaardiseerde methoden beschikbaar zijn voor het verzamelen, extraheren en analyseren van microplastics in milieu

stalen, bestaat er veel variabiliteit tussen afzonderlijke studies, wat de vergelijking van resultaten bemoeilijkt. Bovendien is de ondergrens voor de grootte van de bestudeerde partikels van de gerapporteerde onderzoeken sterk variabel en afhankelijk van de gebruikte monsternamen- en analytische methoden (meestal minimaal 25 μm , 100 μm of 300 μm). Dit heeft gevolgen voor de gerapporteerde concentraties en bemoeilijkt directe vergelijkingen tussen studies. Als mogelijke oplossing voor dit probleem kan het gebruik van modellen worden overwogen om de concentratie, het lot en het transport van MNPs te voorspellen. Deze aanpak zou belangrijke kennisleemtes kunnen opvullen en de risicobeoordeling op een tijd- en kostenefficiënte manier kunnen verbeteren.

Wanneer plastics zich in het milieu bevinden, kunnen ze fungeren als substraten die een interactie met de omgeving toelaten. Deze interactie wordt sterk beïnvloedt door de hoge hydrofobiciteit van plastics. Typisch worden twee soorten interacties bestudeerd. Ten eerste kunnen chemicaliën die in het milieu aanwezig zijn, zich hechten aan het oppervlak van het plastic. In het Belgische deel van de Noordzee heeft een studie meer dan 200 organische verbindingen geïdentificeerd op plastic afval, waaronder persistente organische verontreinigende stoffen, metalen en farmaceutica. Ten tweede kunnen MNP deeltjes interageren met macromoleculen en micro-organismen, waarbij respectievelijk een eiwitcorona en biofilms worden gevormd. Beide van deze interacties kunnen het transport, de biobeschikbaarheid en de effecten van microplastics beïnvloeden.

Door de brede verspreiding van microplasticvervuiling worden mensen ook blootgesteld aan MNPs via verschillende producten en routes. De aanwezigheid van MNPs kan worden beschouwd als een onbedoelde of opzettelijk toegevoegde verontreiniging die de menselijke gezondheid kan beïnvloeden. Enkele voorbeelden van producten waarvan aangetoond werd dat ze microplastics bevatten (met variabele concentraties) zijn fruit, groenten, zout, aquatische voedingsproducten, drinkwater, alcoholische en niet-alcoholische dranken. Verder zijn er beperkte gegevens over andere voedingsproducten zoals suiker, honing en melk. De bronnen van MNPs in deze producten zijn vaak niet erg duidelijk, aangezien deze afkomstig kunnen zijn van het voedsel zelf of van de productie processen of de verpakking. Vanuit de plastic verpakking kunnen MNPs migreren naar de voeding of de drank. Bovendien kan tijdens de bereiding van voedsel thermische stress ook zorgen voor extra MNP die vrijkomen in het voedsel of de drank, bijvoorbeeld door voedsel in een plastic container in de magnetron te verwarmen. Recent werd ook het effect op MNP productie van andere handelingen zoals het snijden van voedsel op een plastic snijplank onderzocht.

De inhalatie van MNPs is ook een bekende route voor menselijke blootstelling, waarbij gemelde atmosferische concentraties van microplastics variëren tussen 0 en 14 MP/m³. De eerste zorgen werden geuit over beroepsmatige blootstelling van fabrieksarbeiders aan nylonvezels in de lucht, waarbij symptomen van hoesten, kortademigheid en koorts werden waargenomen. Echter, dagelijkse blootstelling aan lagere concentraties werd meer recent ook geëvalueerd als een mogelijk risico.

Verschillende studies hebben de dagelijkse of jaarlijkse inname van microplastics proberen in te schatten op basis van gepubliceerde concentraties en consumptiecijfers van de bestudeerde voedingsmiddelen. Echter, door de verschillende gebruikte methodologieën in de verschillende studies is het heel moeilijk om deze te vergelijken. De meest betrouwbare huidige inschatting rekent op een gemiddelde dagelijkse inname van 0,6 μg of 883 microplastic per dag voor volwassenen. Belangrijk is dat het huidige onderzoek naar microplasticverontreiniging in voedselbronnen nog beperkt is en slechts ongeveer 25% van de

dagelijks geconsumeerde voedselcategorieën wordt vertegenwoordigt. Daarom is verder onderzoek noodzakelijk om een beter begrip te krijgen van de menselijke blootstelling.

Mensen worden ook blootgesteld aan kunststoffen via persoonlijke verzorgingsproducten. MNPs worden bewust toegevoegd aan persoonlijke verzorgingsproducten, vaak aangeduid als microbeads (1-1000 μm), microsferen (1-1000 μm), microcapsules (1-2 μm) of nanosferen (10-1000 nm). Naast de bekende schurende of exfoliërende functies worden MNPs ook gebruikt als verdikkingsmiddelen, voor gladdere of glanzendere producten, voor gecontroleerde afgifte van actieve stoffen, voor het verlengen van de houdbaarheid door het vasthouden van afbreekbare actieve ingrediënten, het reguleren van de viscositeit, als emulgator, voor een optisch vervagend effect, glitter, enz. Er is geen gedetailleerde informatie beschikbaar over de hoeveelheden microbeads die in cosmetica worden gebruikt, en dus ontbreekt een uitgebreide schatting van de totale volumes microplastics die in cosmetica worden gebruikt. Op basis van een literatuuronderzoek kon wel enige informatie worden verzameld over microplasticconcentraties in enkele cosmetica producten die bedoeld zijn om af te spoelen na gebruik, in deze producten variëren microplastic concentraties tussen 6,27 MP per g tot $1,4 \cdot 10^{13}$ MP per mL. Als de emissie van alle afspoelbare persoonlijke verzorgingsproducten wordt opgeteld, wordt een dagelijkse bruto-uitstoot van $1,32 \cdot 10^{12}$ MP per capita per dag geschat. Belangrijk is dat de hoeveelheden microplastic in cosmetica naar verwachting in de komende jaren zullen afnemen als gevolg van de REACH-beperking voor opzettelijk toegevoegde MNPs, inclusief MNPs in persoonlijke verzorgingsproducten en producten voor dagelijks gebruik.

Tenslotte wordt in de farmaceutische sector en gezondheidszorg veel (vaak *single-use*) plastic gebruikt. Deze producten zijn bijvoorbeeld belangrijk bij het voorkomen van besmetting. Het wijdverspreide gebruik van plastics in de gezondheidszorg kan blootstelling aan MNPs veroorzaken via enterale voeding, opslag van geneesmiddelen in plastic containers, inhalatoren, zalven en gels voor wonden en intraveneuze infusie.

Samengevat zijn er over het algemeen drie belangrijke menselijke blootstellingsroutes beschreven voor MNP inname, inhalatie en dermale blootstelling via de huid. Vanwege de verwachte hoge blootstelling (gekoppeld aan tal van bronnen), de intrinsieke opname mechanismen in de darmen en het grote totale oppervlak van 200 m^2 , wordt inname beschouwd als de primaire blootstellingsroute. Door de grote hoeveelheden ingeademde lucht in combinatie met het grote alveolaire oppervlak (ca. 150 m^2), de dunne weefselbarrière en de toenemende kennis van MNP-verontreiniging in de lucht, wordt blootstelling via inhalatie geschat als de op een na belangrijkste blootstellingsroute. Blootstelling via de huid wordt geacht beperkt te zijn vanwege de dikke en grotendeels ondoordringbare hoornlaag. Echter, een letsel zou de blootstelling kunnen verhogen. In de medische sector werd een vierde blootstellingsroute voorgesteld; opname door infusie van geneesmiddelen via intraveneuze, intraossale, intramusculaire en intradermale injecties. Het belang van deze route in vergelijking met de vorige routes is tot dusver onbekend. Desalniettemin wordt bij infusie de eerste weefselbarrière overwonnen en zal verspreiding naar verschillende organen gemakkelijker worden. Dit zou kunnen leiden tot uitgesproken nadelige gezondheidseffecten.

Eenmaal opgenomen kunnen MNP directe en indirecte nadelige effecten veroorzaken door opname in de cel en translocatie door de cel barrière, met mogelijke gevolgen voor de menselijke gezondheid. De beschreven indirecte effecten van inname en inhalatie van MNP zijn (1) interactie met het microbiom;

en (2) interactie met de slijmlaag. Aangezien onderzoek naar de gezondheidseffecten van MNP blootstelling bij mensen zich voornamelijk heeft gericht op de effecten van de cellulaire opname van MNPs, werden de indirecte effecten tot nu toe nog niet in detail bestudeerd.

Eenmaal MNPs door de cel opgenomen worden, via endocytose of passieve diffusie, kunnen de MNP de cel barrière kruisen en in de bloedbaan terechtkomen. Vervolgens kunnen ze worden vervoerd naar andere organen waar ze kunnen ophopen of negatieve effecten voor de cellen kunnen veroorzaken. Recente onderzoeken hebben meer aandacht besteed aan het mogelijke overschrijden van secundaire weefselbarrières zoals de placenta- en bloed-hersensbarrières. Dit wordt echter momenteel gedetailleerd bestudeerd om deze processen en hun mogelijke risico beter te begrijpen. Belangrijk is dat de absorptie van MNP in de weefsels lijkt beperkt te zijn. Recente studies suggereren een opname van MNP tot 7,7% van de toegediende dosis, terwijl andere MNPs via de ontlasting kunnen worden uitgescheiden.

Op cellulair niveau kunnen microplastics toxische effecten veroorzaken, die voornamelijk bestaan uit oxidatieve stress, ontsteking en genotoxiciteit. Bij opname van MNP zullen de cellen proberen de MNPs te neutraliseren. Tijdens dat proces worden reactieve zuurstofsoorten (ROS) gegenereerd. De ROS-productie beïnvloedt verschillende processen in de cel en kan leiden tot beschadiging van lysosomale membranen, mitochondriale disfunctie, schade aan het genetisch materiaal en apoptose. Bovendien beschouwen de cellen de MNPs als vreemd materiaal en activeren ze het immuunsysteem, via de stimulatie van pro-inflammatoire cytokines zoals IL-6 en IL-8. Intern transport naar de celkernen kan DNA-breuken veroorzaken die leiden tot genetische effecten. Op basis van de waargenomen effecten op cellulair niveau kunnen voorspellingen worden gedaan over mogelijke effecten voor mensen, waarbij het verband tussen microplastic en kanker of obesitas reeds werd gesuggereerd. Desondanks is meer relevant onderzoek nodig om het risico van MNP voor de menselijke gezondheid met voldoende betrouwbaarheid te kunnen beoordelen.

De meest prominente onderzoeksvraag is: Wat zijn de risico's voor de menselijke gezondheid bij blootstelling aan MNP? Op dit moment is echter onvoldoende wetenschappelijke kennis beschikbaar voor een betrouwbare risicobeoordeling. Aan de ene kant is dit te wijten aan een gebrek aan gestandaardiseerde monitoring van blootstellingsconcentraties (monitoring van MNP in het milieu, de gehele voeding en chemische producten gecombineerd met menselijke biomonitoring). Het belangrijkste knelpunt om dit te bereiken is het ontbreken van gestandaardiseerde methoden om MNPs in verschillende matrices te meten. Aan de andere kant ontbreken momenteel relevante effectgegevens, wat leidt tot een gebrek aan op gezondheid gebaseerde richtwaarden, die een aanbevolen MNP-inname voor een bepaalde tijdsperiode aangeven, tot dusver geïdentificeerd als het tweede knelpunt.

Naast de aanbevelingen om de wetenschappelijke kennislacunes te dichten, moeten de risico's van MNP voor de menselijke gezondheid steeds belangrijker worden op de politieke agenda. De aanbevolen aanpak voor het beleid is tweeledig. Eerst kunnen als voorzorgsmaatregel op korte termijn preventieve maatregelen worden genomen die verband houden met milieuvervuiling door plastic, maar ook voorlopige richtwaarden kunnen worden gedefinieerd voor menselijke blootstelling. Ten tweede moet een ondersteunend beleidskader worden ontwikkeld dat wordt onderbouwd door wetenschappelijke kennis om verdere vervuiling met MNP te voorkomen en de impact op ons milieu en de menselijke gezondheid, nu en in de toekomst, te minimaliseren. Voor dit kader zal een holistische aanpak nodig zijn om plasticvervuiling te overwinnen, waarbij zowel de productie als de vervuiling van plastic in een

parallele inspanning worden aangepakt, rekening houdend met de risico's van MNP voor ecosystemen en de menselijke gezondheid.

De verwachte groei in de productie van kunststoffen suggereert dat (micro)plasticvervuiling in de nabije toekomst zal toenemen. Eenmaal in het milieu heeft onderzoek aangetoond dat kunststoffen persistent zijn en kunnen afbreken tot kleinere en potentieel gevaarlijkere MNP. Bovendien is het een uitdaging om eenmaal vrijgekomen MNP uit het milieu te verwijderen, wat het risico op nadelige effecten vergroot. Deze kennis suggereert dat plasticvervuiling niet alleen een mogelijk risico is in het heden, maar relevant zal blijven voor de komende jaren. Dit dwingt ons om actie te ondernemen, zowel in de wetenschap als in het beleid.