



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

**Een scan van de veiligheid en
kwaliteit van onze leefomgeving**

RIVM Briefrapport 2017-0030
M. van Zijverden et al.



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

Een scan van de veiligheid en kwaliteit van onze leefomgeving

RIVM Briefrapport 2017-0030
M. van Zijverden et al.

Colofon

© RIVM 2017

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

DOI 10.21945/RIVM-2017-0030

M. van Zijverden (auteur), RIVM
R.J.M. Maas (auteur), RIVM
M.G. Mennen (auteur), RIVM
M.H.M.M. Montforts (auteur), RIVM

Contact:
André Krom
Centrum voor Veiligheid van Stoffen en Producten
andre.krom@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van ministerie van IenM, in het kader van het programma Bewust Omgaan met Veiligheid.

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

Publiekssamenvatting

Een scan van de veiligheid en kwaliteit van onze leefomgeving

Mensen staan in hun leefomgeving incidenteel, voortdurend, of gelijktijdig, bloot aan verschillende bedreigingen zoals luchtvervuiling, chemische stoffen en geluid. Het RIVM heeft een inventarisatie gemaakt van deze bedreigingen en de effecten ervan op gezondheid, milieu, economie en maatschappij. Daaruit blijkt onder meer dat de ernst van de gevolgen lastig in één maat is uit te drukken.

Bij het beschrijven, beoordelen en vergelijken van risico's en onzekerheden is het onvermijdelijk dat betrokken partijen afwegingen maken vanuit uiteenlopende maatschappelijke waarden en belangen. Dit aspect wordt inzichtelijk gemaakt door bij elk vraagstuk inzichten uit meerdere invalshoeken te betrekken. Zo heeft het RIVM in deze inventarisatie behalve gezondheidseffecten ook de mogelijke impact op de maatschappij, verstoring van ecosystemen, en economische schade in beeld gebracht.

De kwaliteit van de gegevens over ernst en omvang van risico's blijkt sterk te verschillen. De gewenste gegevens zijn ook niet altijd beschikbaar. Bewijs voor bijvoorbeeld gezondheidseffecten of schade is daardoor niet altijd te leveren, wat niet automatisch wil zeggen dat er geen effecten zijn. Verder zijn 'nieuwe risico's' niet altijd eenvoudig te vergelijken met bekende risico's door een gebrek aan gegevens over de aard en omvang ervan. Dat geldt bijvoorbeeld voor drones, nanomaterialen en zelfsturende auto's. De risico's zijn dan onzeker.

Doordat risicovraagstukken specifiek zijn, is voor oplossingen altijd maatwerk nodig. Wel kan consistentie in dat maatwerk op verschillende manieren worden bevorderd. Een les op basis van dit onderzoek is bijvoorbeeld dat interdisciplinaire samenwerking kan helpen om uiteenlopende risicovraagstukken consistent te beschrijven. Consistentie in besluiten over risicovraagstukken kan worden bevorderd door telkens inzichten uit meerdere invalshoeken te betrekken en lering te trekken uit de opgedane ervaringen.

Kernwoorden: veiligheid, leefomgeving, gezondheid, kwaliteit, afwegingskader, onzekerheid

Synopsis

A scan of the safety and quality of our environment

People can be exposed to multiple potential hazards in the environment incidentally, continuously and even simultaneously. Hazards are for example air pollution, chemicals, and noise. RIVM has made an inventory of the different types of potential hazards and their effects on health, the environment, the economy and society.

When describing, assessing and comparing risks and uncertainties, it is unavoidable that stakeholders may have different views and perspectives. To address at least some of the different perspectives on these issues, RIVM has investigated the potential health effects as well as the potential impact on society, disruption of ecosystems and economic effects.

Information on the severity and extent of potential risks is highly variable. The appropriate data is not always available to enable a full analysis. For example, certain health effects may not be reported in the available data, but it cannot automatically be assumed that they do not exist. In addition, "new risks" are difficult to compare with known risks due to a lack of information on the nature and extent of these phenomena. Examples for this include drones, nanomaterials and self-driving automobiles.

Since each risk issue is specific, customised solutions are required. However, within the customisation process, consistency can nonetheless be promoted. For example, a lesson emerging from this research is that interdisciplinary cooperation is helpful to promote consistency in the description and assessment of different hazards. Consistency in decision-making on potential risks is supported by involving different perspectives and building on lessons learned.

Keywords: safety, risks, environment, health, quality assessment framework, uncertainty

Inhoudsopgave

Samenvatting – 9

1	Inleiding op het onderzoek – 23
2	Impact op gezondheid – 25
2.1	Inleiding – 25
2.2	Overzicht per veiligheidsprobleem – 26
2.2.1	Luchtkwaliteit – 26
2.2.2	Bodemkwaliteit – 27
2.2.3	Waterkwaliteit – 30
2.2.4	Waterveiligheid – 31
2.2.5	Geluid – 33
2.2.6	Ultraviolette straling (UV) – 33
2.2.7	Elektromagnetische velden – 34
2.2.8	Ioniserende straling – 35
2.2.9	Omgevingsveiligheid – 37
2.2.10	Stoffen – 37
2.2.11	Asbest – 38
2.2.12	Wegverkeer – 39
2.2.13	Verkeer op het water – 41
2.2.14	Spoorverkeer – 41
2.2.15	Luchtverkeer – 41
2.2.16	Nieuwe biotechnologie – 41
2.2.17	Nanomaterialen – 43
2.2.18	Hormoonverstorende stoffen – 43
2.2.19	Microplastics – 44
2.2.20	Drones/RPAS – 45
2.2.21	Olivijn – 45
2.2.22	Zelfsturende auto's – 45
2.2.23	Schaliegas – 45
2.3	Conclusies en discussie impact op gezondheid – 45
2.3.1	Aandachtspunten bij sterfte – 47
2.3.2	Aandachtspunten bij ziekte – 47
2.3.3	Algemene aandachtspunten – 48
2.4	Referenties – 50
3	Impact op ecologie – 57
3.1	Inleiding – 57
3.1.1	Eerste 'expert elicitation' door RIVM experts – 58
3.1.2	Beschrijving in kenmerken en kentallen – 59
3.1.3	Waarderen en karakteriseren van de risico's – 59
3.2	Veiligheidsproblemen gewogen – 60
3.3	Groepering van onderwerpen – 61
3.3.1	Bestrijdingsmiddelen in water – 62
3.3.2	Bodem (structuurverandering) – 63
3.3.3	Bodemkwaliteit – metalen en organische stoffen – 64
3.3.4	Broeikasgassen – 65
3.3.5	Resten van geneesmiddelen – 66
3.3.6	Hormoonverstorende stoffen – 66
3.3.7	Luchtkwaliteit – 66
3.3.8	Microplastics – 67

3.3.9	Nanomaterialen — 67
3.3.10	Schaliegas — 67
3.3.11	Stoffen — 68
3.3.12	Verkeer weg, water en spoor — 68
3.3.13	Waterkwaliteit Oppervlaktewater — 69
3.3.14	Waterveiligheid — 70
3.4	Waarderen en karakteriseren van de effecten en risico's — 70
4	Impact op economie — 73
4.1	Aanpak — 73
4.2	Resultaten — 73
4.3	Discussie en conclusies — 79
4.4	Referenties — 80
5	Impact op maatschappij — 81
5.1	Maatschappelijke impact: definitie en operationalisering — 81
5.2	De indicatoren en klassenindeling — 81
5.3	Veiligheidsproblemen en fenomenen — 86
5.4	Vaststellen van de maatschappelijke impact: methode en proces — 87
5.5	Maatschappelijke impact in vergelijkend perspectief — 88
5.5.1	Categorieën 'situaties' en 'nieuwe risico's' — 88
5.5.2	Categorie frequente incidenten — 90
5.5.3	Categorieën overige incidenten (waaronder rampen) — 91
5.5.4	Vergelijking impact voor de verschillende onderwerpen — 93
5.6	Referenties — 97
	Bijlage 1: betrokken experts — 99

Samenvatting

Een scan van de veiligheid en kwaliteit van onze leefomgeving

Om een veilige en gezonde leefomgeving te bereiken en in stand te houden, is het belangrijk om de actuele situatie en toekomstige ontwikkelingen te kennen. Welke gegevens hebben we daarover en wat zeggen die over de ernst van de verschillende bedreigingen?

Deze scan laat voor een breed palet van bedreigingen van de fysieke leefomgeving zien welke ongewenste effecten daarvan het gevolg kunnen zijn, zoals vermindering van gezondheid, verstoring van het ecosysteem, materiële schade of onrust in de samenleving. Dit zijn vier invalshoeken om zicht te krijgen op de veiligheid en kwaliteit van onze leefomgeving.

Context en opdracht aan het RIVM

In de zomer van 2014 zonden de bewindspersonen van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) de brief en beleidsnota 'Bewust Omgaan met Veiligheid: Rode Draden; een proeve van een IenM-breed afwegingskader voor veiligheid' naar de Eerste en de Tweede Kamer. Hierin is een afwegingskader geschetst hoe vanuit het ministerie van IenM wordt omgegaan met risico- en veiligheidsvraagstukken. In vervolg op deze nota heeft het ministerie van I&M het Programma 'Bewust Omgaan met Veiligheid' (BOV) opgesteld. Dit programma werkt aan een breed gedragen en meer verantwoord afwegingskader voor het IenM-beleid voor veiligheid en gezondheid in de fysieke leefomgeving. De werkelijkheid is complex en vraagt om consistent en transparant maatwerk bij het oplossen van veiligheids- en gezondheidsproblemen in de fysieke leefomgeving. Binnen het programma is een afwegingskader ontwikkeld dat tien uitgangspunten biedt voor beleid op het gebied van veiligheid en gezondheid. Doel daarbij is dat het beleid meer verantwoord en ook beter te verantwoorden is. In dit kader vroeg het ministerie van IenM het RIVM om een scan van de gevolgen van de bedreigingen voor de gezondheid, de ecologie, de economie en de maatschappij, en de complexiteit van dat geheel. Een dergelijk beeld is behulpzaam voor een betere onderbouwing van de afwegingen die worden gemaakt om die gevolgen te beperken of te vermijden.

In deze samenvatting presenteren we de belangrijkste resultaten, en lichten we toe hoe we te werk zijn gegaan. In vogelvlucht:

- Overzicht van de gevolgen van de bedreigingen vanuit vier invalshoeken
- Drie voorbeelden vanuit de vier invalshoeken gezien
- De vier invalshoeken nader bekeken
- Een algemene bijsluiter bij het onderzoek
- Conclusies van het onderzoek.

Een scan van de veiligheid en kwaliteit van onze leefomgeving

Het volgende overzicht laat de gevolgen van een groot aantal bedreigingen van de veiligheid en kwaliteit van onze fysieke leefomgeving zien. Vanuit vier invalshoeken zijn veiligheidsvraagstukken op het terrein van het ministerie van IenM bekeken.

Maatschappelijke activiteiten en bedreigingen vanuit de leefomgeving hebben soms schadelijke effecten op de gezondheid, soms is er financiële of ecologische schade, soms leiden ze tot maatschappelijke onrust. Wie zijn blik beperkt tot bijvoorbeeld alleen gezondheids- of financiële schade, krijgt een onvolledig beeld. Door de vier invalshoeken te combineren bij een probleemanalyse ontstaat duidelijkheid die helpt bij het opstellen van een beleidsaanpak en het afwegen van alternatieve oplossingen. Zo ontstaat een beeld, dat meer recht doet aan de complexe situaties in onze leefomgeving. De gekozen invalshoeken passen in het overheidsbeleid dat streeft naar een gezonde en veilige leefomgeving.

Het overzicht concentreert zich op bekende (en voorstelbare) risico's. Over nieuwe risico's is (per definitie) te weinig bekend om de ernst van de risico's in te schatten. Denk bijvoorbeeld aan zelfsturende auto's. Hier is een "worst case" benadering toegepast, maar moest soms volstaan worden met een vraagteken vanwege een gebrek aan ervaringsgegevens. Soms zijn risico's van een vraagteken voorzien omdat de risico's niet kwantificeerbaar zijn, maar ook niet uit te sluiten zijn, zoals het gezondheidsrisico bij een ongeval met een kerncentrale, of van de accumulatie van microplastics in het milieu.

Figuur 1. Scan van de gevolgen van de bedreigingen van de fysieke leefomgeving vanuit vier invalshoeken: gezondheid, ecologie, economie, en maatschappij. De mogelijke impact is weergegeven met '?' als deze als onzeker of onbekend wordt geschat, # als de beschikbare gegevens niet omgerekend konden worden, en vervolgens met 6 kleurschakeringen die een indicatie geven van de toenemende ernst.

?	#						
---	---	--	--	--	--	--	--

Onderwerpen	Gezondheid		Ecologie	Economie	Maatschappij	
	Sterfte	Ziekte			Huidig	Bij calamiteit
Asbest		#				
Bestrijdingsmiddelen (in water)		?				
Bodemkwaliteit (incl. grondwater)		?				
Drones/RPAS	?	?				
Elektromagnetische velden		?				
Geluid						
Hormoonverstorende stoffen	?	?		?		
Nucleaire installaties				?		
Luchtkwaliteit						
Microplastics	?	?	?	?		
Nanomaterialen	?	?	?			

	?	#				
Nieuwe biotechnologie	?	?				
Olivijn	?	?	?			
Omgevingsveiligheid						
Schaliegas	?	?	?			
Stoffen						
Ultraviolette straling (UV)						
Stralingsbronnen Radon/Thoron						
Verkeer lucht		#				
Verkeer water		#				
Verkeer spoor		#				
Verkeer weg						
Waterkwaliteit						
Waterveiligheid						
Zelfsturende auto's	?	?				

Drie voorbeelden

We hebben de gevolgen van elke bedreiging in kaart gebracht vanuit vier verschillende invalshoeken. We geven geen oordeel over het belang van de afzonderlijke maatschappelijke activiteiten of bedreigingen. Het gaat ons hier om het beeld dat ontstaat als we vanuit vier invalshoeken kijken naar de invloed van de maatschappelijke activiteiten of bedreigingen op de veiligheid en kwaliteit van de leefomgeving. Het laat zien waarom het nemen van besluiten over de aanpak van activiteiten die de leefomgeving bedreigen vaak complex is. Deze complexiteit illustreren we met enkele voorbeelden. Daarna lichten we de vier invalshoeken toe.

Voorbeeld 1. Nanomaterialen: nog veel onbekend

Onderwerpen	Gezondheid		Ecologie	Economie	Maatschappij	
	Sterfte	Ziekte			Huidig	Bij calamiteit
Nanomaterialen	?	?	?			

Nanotechnologie maakt het mogelijk om te werken met materialen van hele kleine afmetingen die daardoor bijzondere eigenschappen krijgen. Nanomaterialen worden op vele gebieden toegepast, zoals in consumentenproducten, in de medische technologie, in de energiesectoren bij waterzuivering. Er zijn nog te weinig onderzoeks- en ervaringsgegevens om vast te stellen of, en zo ja, hoe schadelijk nanomaterialen zijn voor de gezondheid, de economie of het milieu. De inschatting is dat de mogelijke maatschappelijke impact in brede zin relatief klein is, tenzij een inmiddels wijd verspreide en in de samenleving verankerde toepassing schadelijk blijkt te zijn. Voor specifieke toepassingen kan in een klein deel van de samenleving bezorgdheid bestaan of ontstaan over (potentiële) gezondheidsrisico's.

Voorbeeld 2: Luchtkwaliteit: schade ondanks behalen van normen

Onderwerpen	Gezondheid		Ecologie	Economie	Maatschappij	
	Sterfte	Ziekte			Huidig	Bij calamiteit
Luchtkwaliteit						

Schadelijke stoffen in de lucht, zoals fijnstof en stikstofdioxide, zijn ernstige bedreigingen voor de gezondheid. Hoewel bijna nergens in Nederland de Europese luchtkwaliteitsnormen voor deze stoffen worden overschreden, zijn in sommige gebieden en situaties in onze leefomgeving de daadwerkelijke 'schadelijke gevolgen van luchtverontreiniging – en daarmee economische kosten – nog altijd aanwezig. De verklaring is dat bij het vaststellen van de Europese normen een afweging is gemaakt tussen gezondheid en economie. Ook beneden de norm kan daardoor gezondheidsschade optreden. De WHO stelt verdergaande advieswaarden voor die ook in het 7^e Milieu Actieprogramma van de EU als uitgangspunt zijn genomen. Deze zijn uitgangspunt voor het toekomstig luchtbeleid. Wat betreft gevolgen voor de economie: kosten-batenanalyses die in het kader van de *Clean Air for Europe* strategie zijn gedaan, laten zien dat eventuele strengere normen economisch gezien positief kunnen uitpakken. Ook voor de natuur (ecologie) kunnen schadelijke stoffen in de lucht (zoals ozon en stikstof) nadelige gevolgen hebben. Ondanks de effecten op gezondheid, economie en ecologie is er sprake van relatief beperkte maatschappelijke onrust, wat niet uitsluit dat een deel van de samenleving bezorgd is over deze effecten. Daarnaast is het zo dat een deel van de samenleving de nadelige gevolgen voor de gezondheid ook daadwerkelijk ervaart.

Voorbeeld 3: Waterkwaliteit: combinatie van verschillende bedreigingen

Onderwerpen	Gezondheid		Ecologie	Economie	Maatschappij	
	Sterfte	Ziekte			Huidig	Bij calamiteit
Waterkwaliteit						

Waterkwaliteit is een voorbeeld waarbij de verschillende invalshoeken ook verschillende functies en waarden van de leefomgeving in beeld brengen. Voor gezondheid is gekeken naar de kwaliteit van drinkwater. De kwaliteit van het oppervlaktewater kan gevolgen hebben voor de ecologische kwaliteit in een gebied. De (continue) verontreiniging van het oppervlaktewater, met bijvoorbeeld geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen, leidt tot relatief weinig maatschappelijke onrust, terwijl incidenten met drinkwater (zoals legionella-uitbraken) een aanzienlijk effect hebben in de maatschappij, zowel in de vorm van directe gezondheidsschade als in de vorm van maatschappelijke onrust. De tabel laat zien dat de economische kosten voor het garanderen van een goede kwaliteit drinkwater aanzienlijk zijn.

Vier invalshoeken op de fysieke leefomgeving

Hieronder vatten we de belangrijkste conclusies per invalshoek samen. Ook geven we enkele concrete voorbeelden.

Invalshoek 1: Gezondheid

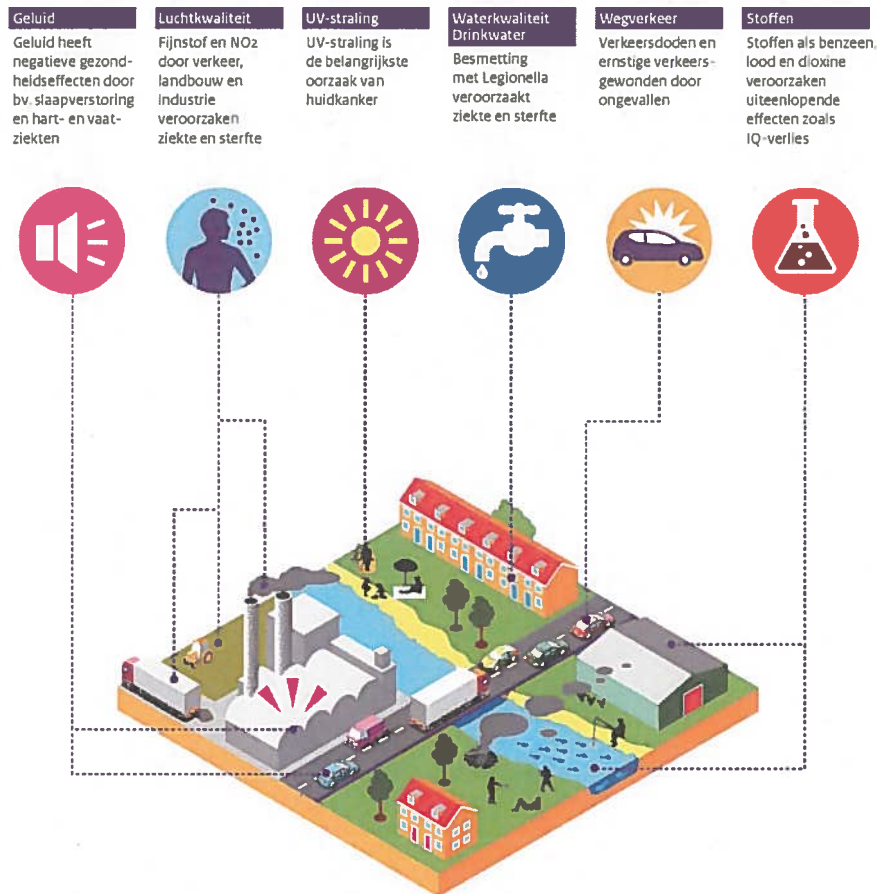
Voor de scan vanuit de invalshoek van gezondheid hebben experts de meest relevante gegevens verzameld en beoordeeld. De resultaten zijn globaal weergegeven op een schaal voor sterfte en voor ziekte.

Voorbeelden van bedreigingen voor de gezondheid

- Luchtkwaliteit is van belang voor de gezondheid. Met name fijnstof (PM10) en stikstofdioxide (NO₂) in de lucht veroorzaken ziekte en (vroegtijdige) sterfte. Samen veroorzaken deze stoffen naar schatting 16.000 vroegtijdige sterftes per jaar.
- In 2015 bedroeg het aantal verkeersdoden 621. Dit komt overeen met 19.818 verloren levensjaren. Het aantal ernstig verkeersgewonden bedroeg in 2014 20.700. Dit kan worden omgerekend naar een andere 'ziektemaat': 30.964 geleefde jaren in ziekte.
- Blootstelling aan UV-straling is de belangrijkste veroorzaker van huidkanker. Het aantal sterfgevallen door huidkanker bedraagt jaarlijks ruim 900 (verloren levensjaren 16.678). De ruim 50.000 nieuwe gevallen van huidkanker per jaar veroorzaken 4.822 geleefde jaren in ziekte (cijfers 2014).
- Langdurige blootstelling aan geluid kan uiteenlopende gezondheidseffecten hebben, zoals effecten op het welzijn van mensen (zoals hinder en slaapverstoring) en klinische gezondheidseffecten (zoals gehoorschade en hart- en vaatziekten).
- Infectieziekten, zoals legionella in drinkwater (in 2015 ruim 400 gevallen waarvan meer dan 10 met dodelijke afloop), kunnen tijdens een uitbraak dodelijke slachtoffers en ziekte veroorzaken.

Bijsluiters bij de invalshoek Gezondheid

Voor de cijfers over ziekte en sterftegevallen zijn de onderliggende data per veiligheidsprobleem vaak heel verschillend. Soms gaat het om dodelijke slachtoffers die direct telbaar zijn (bijvoorbeeld voor wegverkeer), soms om epidemiologisch vastgestelde en berekende schattingen (bijvoorbeeld voor geluid en luchtkwaliteit) en soms om vermeden slachtoffers die dankzij beleid zijn voorkomen (bijvoorbeeld voor water- of omgevingsveiligheid). Van enkele bedreigingen zijn (nog) geen effecten op volksgezondheid of welzijn gemeten. Dat geldt bijvoorbeeld voor hormoonverstorende stoffen en de toepassing van nieuwe materialen en technologieën (zoals nieuwe biotechnologieën en nanomaterialen).

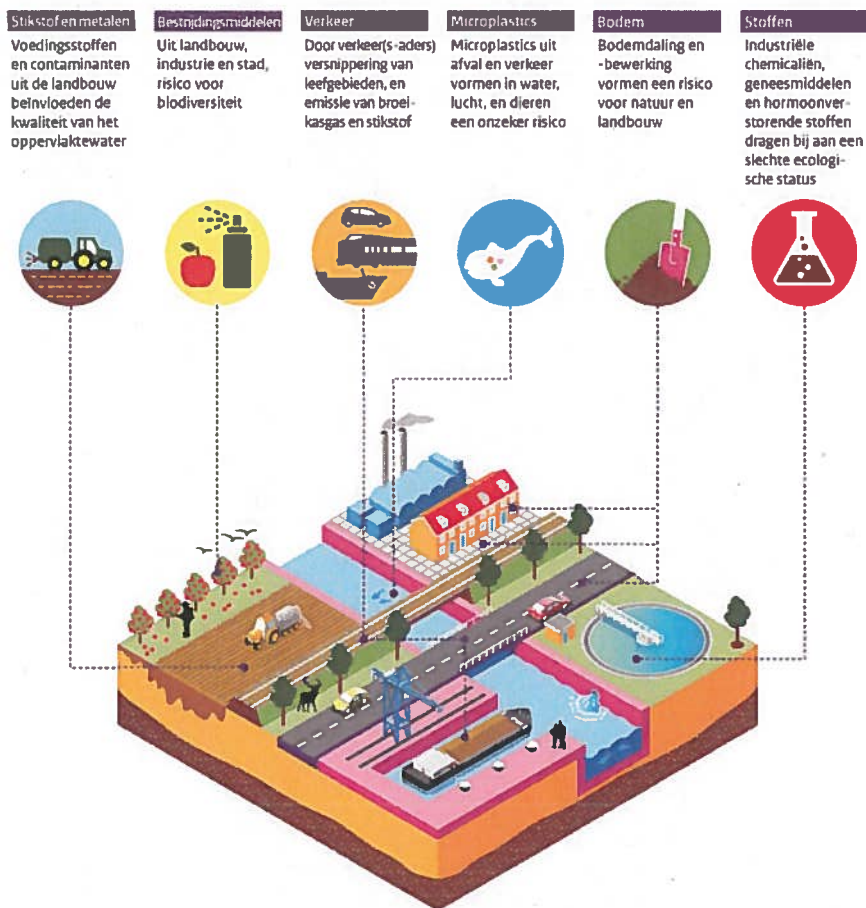


Invalshoek 2: Ecologie

Voor de scan vanuit de invalshoek ecologie hebben experts de aard van de bedreigingen onderscheiden naar vier verschillende milieufactoren: ruimte (versnippering, verdroging), voedingsstoffen (vermesting, verzuring), schadelijke stoffen en klimaatverandering. De laatste factor is van belang omdat de veerkracht van ecosystemen steeds belangrijker wordt in het licht van toenemende weersextremen, zoals overvloedige regenval of periodes van langdurige droogte. Aan de hand van meetgegevens en expertoordelen hebben we de ecologische bedreigingen beoordeeld. De bedreigingen kunnen een verstorende invloed hebben op de functie van een ecosysteem.

We maken hier onderscheid tussen verschillende gebruiksfuncties:

- Productie (landbouw, watervoorziening);
- Regulering (biologische bestrijding, bestuiving door insecten);
- Cultuur (recreatie, historisch belang);
- Ondersteuning (bodenvorming, kringloop van voedingsstoffen).



Voorbeelden van bedreigingen voor de ecologie

- De meeste rivieren, sloten, kanalen en meren voldoen niet aan de gewenste waterkwaliteit volgens de Kaderrichtlijn Water (KRW). De belangrijkste oorzaken zijn: hoge concentraties van biologisch slecht afbreekbaar stoffen door emissies uit het verleden, vermisting (stikstof en fosfor), bestrijdingsmiddelen, de inrichting van water (oeveren, kanalisering) en de versnippering van water (gemalen en stuwen).
- De emissies van geneesmiddelen naar water zijn de afgelopen jaren gestegen en worden op minstens 140 ton in 2014 geschat. De geschatte belasting van het oppervlaktewater door industriële stoffen is ongeveer tien keer zo hoog (1.400 ton), maar geneesmiddelen kunnen al bij lage concentraties biologisch actief zijn. Van enkele geneesmiddelen is bekend dat ze in concentraties gemeten worden boven de ecologisch veilige concentratie.
- Naar schatting is in 2015 ongeveer 17 ton aan gewasbeschermingsmiddelen in het Nederlandse watermilieu gebracht. Dit is naar schatting een factor 100 lager dan de belasting van industriële stoffen (ca. 1.700 ton), maar bestrijdingsmiddelen zijn juist bedoeld om biologisch actief te zijn. Van bestrijdingsmiddelen is bekend dat ze vaak in

concentraties gemeten worden boven de ecologisch veilige concentratie.

- Microplastics en nanomaterialen zijn benoemd als mogelijke, maar nog grotendeels onbekende, risico's voor de ecologie.
- Verkeer over de weg bedreigt de natuurkwaliteit op uiteenlopende manieren. Het draagt voor een aanzienlijk deel bij aan de totale uitstoot van stikstofoxiden (ruim 60%). De doelstellingen om versnippering van het natuurnetwerk tegen te gaan worden in 2018 waarschijnlijk niet gehaald.

Bijsluiters bij de invalshoek Ecologie

De scan vanuit de invalshoek ecologie is complex omdat verschillende bedreigingen gelijktijdig of achtereenvolgens voorkomen in de leefomgeving zodat een 'één op één relatie' tussen maatschappelijke activiteit en bedreiging moeilijk te leggen is. Op sommige plaatsen in Nederland, en over bepaalde perioden, zouden de gevolgen van die bedreigingen dus moeten worden opgeteld. De effecten van ingrepen en maatregelen om gevolgen van bedreigingen te beperken hebben bovendien soms een 'zwakste schakel'-effect. Als de hoeveelheid mest op een akker wordt teruggedrongen, kan het zijn dat het gewenste effect (bijvoorbeeld gezondere oeverbegroeiing) uitblijft omdat een volgende zwakke schakel spelbreker is (bijvoorbeeld te steile oevers). De doelen van beleid zijn vaak geformuleerd in termen van maatregelen (bijvoorbeeld emissiereductie) terwijl de beoogde effecten daarvan minder expliciet worden gemaakt. Er is dan wel informatie beschikbaar over de vraag of een maatregel uitgevoerd is, en de doelstelling gehaald is, maar bijbehorende data over de werkelijke kwaliteit van de natuur ontbreekt.

Invalshoek 3: Economie

Voor de scan vanuit de invalshoek van economie hebben we een inventarisatie gemaakt van de financiële gevolgen van materiële en gezondheidsschade die is of kan ontstaan als gevolg van omgevingsrisico's. Economische schade bestaat grofweg uit:

- Materiële schade aan bijvoorbeeld gebouwen en infrastructuur, of productieverlies door ziekteverzuim;
- Herstelkosten die gemaakt moeten worden voor schadeherstel (zoals bodemsanering en extra natuurbeheer) of voor preventieve aanpassingen aan omgevingsfactoren (zoals geluidsisolatie of dijkverhoging);
- Waardedaling, bijvoorbeeld voor een stuk grond in de buurt van hoogspanningslijnen dat niet bebouwd kan worden.

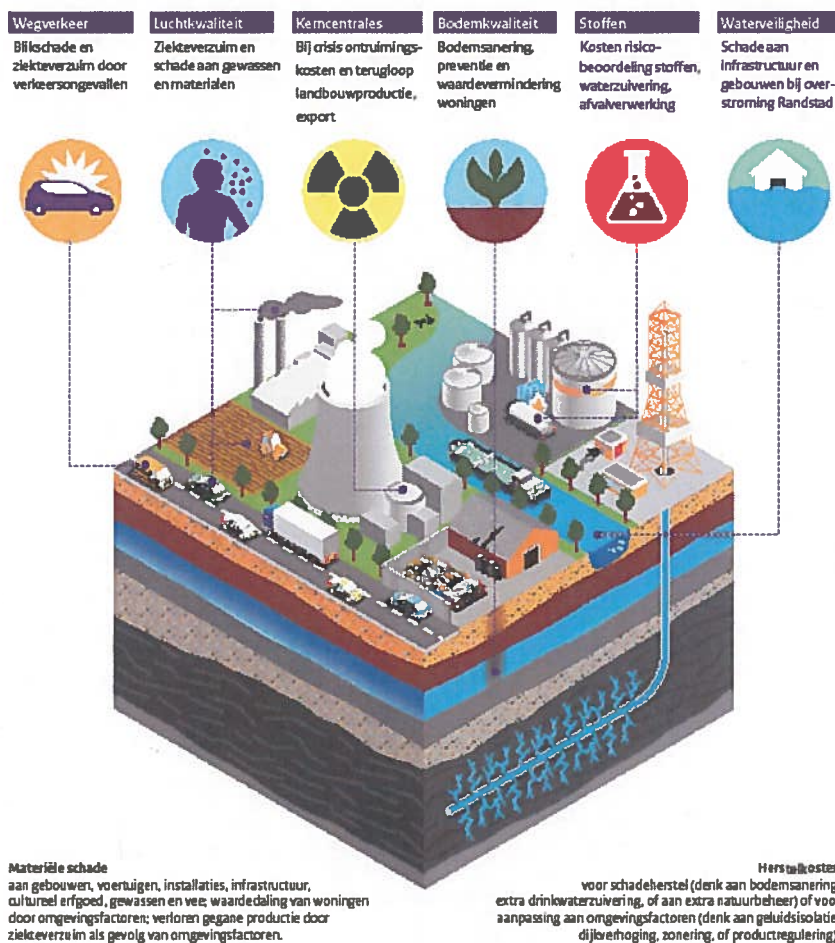
Een combinatie van deze drie categorieën is ook mogelijk. Voor een ongeval met gevaarlijke stoffen hebben we bijvoorbeeld een schatting gemaakt van herstelkosten en waardedaling van grond of bebouwing. In overleg met economische experts hebben we elke bedreiging voorzien van schattingen van de jaarlijkse kosten als gevolg van schade, herstel en preventie.

Voorbeelden van economische kosten

- De schade door verkeersongevallen bedraagt jaarlijks 6,2 miljard euro aan materiële schade (voertuigen, infrastructuur, files en

ziekteverzuim als gevolg van ongevallen) en 6 miljard euro aan verlies van levensjaren (cijfers 2014).

- De schade door luchtverontreiniging veroorzaakt in geld uitgedrukt 9 miljard euro gezondheidsschade per jaar. Het gaat daarbij om het totaalverlies aan levensjaren en levenskwaliteit. De materiële schade bedraagt 1,7 miljard euro per jaar (cijfers 2013).
- Een nucleair ongeval heeft grote economische effecten: ontruimingskosten en teruglopen van agrarische en industriële productie, export en toerisme.
- Preventie en sanering van bodemvervuiling kost jaarlijks bijna 4 miljard euro. Een bedreiging van gezondheid en ecologie heeft ook significante economische betekenis.
- Uit kosten-batenanalyses blijkt dat ongereguleerd gebruik van chemische stoffen economisch meer zou kosten dan gereguleerd gebruik van chemische stoffen (REACH). Dat komt doordat regulering potentiële schade helpt voorkomen.



Bijsluiter bij de invalshoek Economie

De onderliggende gegevens om te komen tot een scan vanuit de invalshoek van economie verschillen sterk van elkaar. Soms beschikken we over harde gegevens om een schatting te maken van de daadwerkelijke financiële schade als gevolg van bijvoorbeeld verkeersongevallen of schadelijke stoffen in de lucht. Soms zijn we uitgegaan van de potentiële schade en hebben we de herstelkosten of waardedaling berekend, bijvoorbeeld voor geluidsoverlast (de kosten van geluidsschermen) en de opslag van schadelijke stoffen (de waardedaling van grond of bebouwing in een onbebouwde zone). In sommige gevallen is een schaderaming niet goed mogelijk omdat de potentiële gevolgen van de risico's door preventief beleid nauwelijks waarneembaar zijn. Het berekenen van schade in een hypothetische situatie zonder preventieve maatregelen is niet goed te onderbouwen. Voor deze onderwerpen hebben we gekozen voor een rationele afweging dat de kosten van de beleidsmaatregelen kleiner of gelijk zijn aan de schade die ermee wordt vermeden. Dit geldt bijvoorbeeld voor waterveiligheid en bodemkwaliteit. Tot slot is niet alle economische schade eenvoudig in harde euro's uit te drukken (bijvoorbeeld verminderd vertrouwen in – delen van – de economie), en kan sommige schade juist weer leiden tot economische winst (voor bijvoorbeeld de arbeidsmarkt bij uitgebreide herstelwerkzaamheden).

Invalshoek 4: Maatschappij

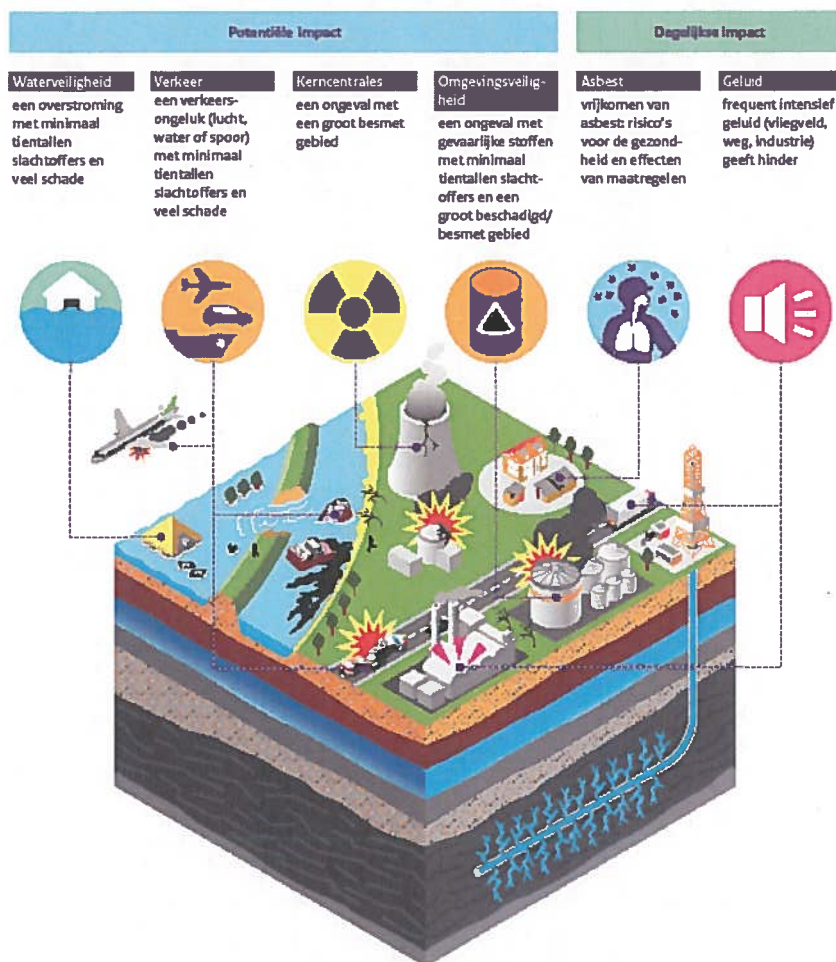
Voor de scan vanuit de invalshoek van impact op de maatschappij hebben we acht criteria geformuleerd om de invloed van bedreigingen op de maatschappij in te schatten:

- Ontwrichting van het dagelijks leven
- Angst, bezorgdheid
- Gevoel van onrechtvaardigheid, irritatie, woede
- Apathie, gelatenheid
- Verlies van vertrouwen in overheid, instanties of bedrijven
- Gevoel van hinder, overlast, verstoring
- Druk op het bestuurlijke, ambtelijke en rechtssysteem
- Commotie in de media.

We hebben de bedreigingen beoordeeld op basis van ervaringen met uiteenlopende thema's en documentatie uit verschillende onderzoeksprogramma's. Door alle criteria op te tellen kunnen we de invloed op de maatschappij per bedreiging in beeld brengen. Daarbij maken we een onderscheid tussen bedreigingen die zich continu en regelmatig voordoen (dagelijkse impact) en bedreigingen die zich incidenteel bij calamiteiten voordoen (potentiële impact).

Voorbeelden van impact van bedreigingen op de maatschappij

De resultaten laten zien dat ongevallen met ernstige gevolgen (zoals dodelijke slachtoffers) niet altijd een grotere invloed hebben dan bedreigingen met minder ernstige gevolgen. Onder andere vanwege het grote aantal mensen dat geluidsoverlast ervaart, is de totale maatschappelijke invloed van bijvoorbeeld (dagelijkse) geluidsoverlast groter dan die van verkeersongevallen. Daarentegen hebben ongevallen of rampen met veel slachtoffers meer maatschappelijke invloed dan meerdere kleine ongevallen met in totaal evenveel of zelfs meer slachtoffers.



Bijsluiter bij de invalshoek Maatschappij

Verschillende bedreigingen hebben op dit moment geen noemenswaardige invloed op gevoelens van onrust in de samenleving. Dit kan een teken zijn van effectief beleid omdat er geen grote dreiging wordt ervaren of omdat er sprake is van een behoorlijk niveau van veiligheid. Maar dat kan radicaal veranderen zodra zich een ramp voordoet waar de maatschappij onvoldoende op voorbereid is, zoals een zeer groot ongeluk of een aanzienlijke natuurramp, zoals een grote overstroming. De dagelijkse impact van deze bedreiging op de maatschappij is laag. Er bestaat nauwelijks onrust over de kans dat een deel van Nederland onder water komt te staan. De potentiële impact is echter zeer groot. Een grote overstroming zal een ontwrichtend effect hebben op de samenleving. We brengen daarom ook de potentiële impact in beeld.

Algemene opmerkingen bij deze scan

De bedreiging van de veiligheid en kwaliteit van onze leefomgeving is in deze scan vanuit vier invalshoeken (gevolgen voor de gezondheid, de ecologie, de economie en hoe deze gevolgen maatschappelijk worden ervaren) in beeld gebracht. We hebben ons gebaseerd op verschillende

gegevensbronnen en het oordeel van experts. In onze aanpak hebben we diverse keuzes moeten maken. Een aantal lichten we hier toe.

De weging van onderliggende gegevens bij de scan vanuit de vier invalshoeken is verschillend van karakter

We hebben in kaart gebracht welke negatieve gevolgen op de gezondheid, de ecologie en de economie er zijn en of zij kwantitatief zijn weer te geven. Hetzelfde geldt voor de maatschappelijke reactie op die negatieve gevolgen. Positieve gevolgen van maatschappelijke activiteiten, de baten, hebben we niet in beeld gebracht. De resultaten illustreren dat er niet één maat is om de omvang of ernst van veiligheids- en gezondheidsproblemen uit te drukken. Er zijn uiteenlopende soorten gegevens beschikbaar, van verschillende perioden, voor de negatieve gevolgen van verschillende maatschappelijke activiteiten. Onze experts hebben daaruit een keuze gemaakt, hoewel niet overal recente of op de invalshoeken toegesneden gegevens, beschikbaar waren. De gevolgde aanpak verschilt tussen de verschillende disciplines. Voor de scan vanuit de invalshoeken gezondheid en economie hebben we ons bijvoorbeeld kunnen baseren op statistieken en berekeningen, die direct langs een meetlat gelegd kunnen worden. Beschikbare gegevens zijn echter niet altijd kwantitatief. Voor de scan vanuit de invalshoeken ecologie en maatschappelijke onrust hebben experts de beschikbare kwantitatieve en kwalitatieve informatie en schattingen gewogen. Het is een ervaringsgegeven dat verschillende groepen van deskundigen tot andere oordelen kunnen komen op basis van dezelfde gegevens en randvoorwaarden. Dat komt onder andere doordat, bijvoorbeeld bij de keuze van indicatoren en bij de weging van risico-informatie, naast wetenschappelijke ook normatieve oordelen een rol spelen. Naarmate de onzekerheid in risicovraagstukken toeneemt, groeit daarom het belang van een gestructureerd en transparant afwegings- en besluitvormingsproces.

Invalshoeken belichten soms andere, soms dezelfde waarden

De invalshoeken 'gevolgen voor de gezondheid', 'ecologie', 'economie' en 'maatschappelijke onrust' vullen elkaar aan, omdat ze verschillende soorten schade en bedreigingen belichten. Per onderwerp, bijvoorbeeld waterkwaliteit, komen op basis van deze invalshoeken meerdere gezondheids- en veiligheidsproblemen in beeld, die elk om een specifieke, eigen aanpak vragen. We zien ook dat soorten schade causaal verbonden kunnen zijn. Stoffen in de lucht veroorzaken gezondheidsschade in de 'vorm' van sterfte en ziekte (invalshoek gezondheid). Het gevolg daarvan is ook financiële schade (economische invalshoek). Dat een maatschappelijke activiteit of een bedreiging vanuit de leefomgeving vanuit één of in meerdere invalshoeken als relevant naar voren komt, zegt overigens niets over de eenvoud of complexiteit van de mogelijke aanpak om risico of schade te beperken of te voorkomen.

De onderwerpen die centraal staan in deze scan vormen geen volledig beeld

Het beleid om de gevolgen van bedreigingen voor de fysieke veiligheid en kwaliteit van onze leefomgeving te beperken of te voorkomen valt primair onder de verantwoordelijkheid van de Minister en de

Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu. Andere bedreigingen vanuit of voor de fysieke leefomgeving en de gezondheid worden primair door andere bewindspersonen geadresseerd. Voorbeelden daarvan zijn binnenmilieu (Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties), mijnbouw (Minister van Economische Zaken), arbeidsomstandigheden (Minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid), (infectie)ziekten en diagnostiek (Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport) en criminaliteit (ministerie van Veiligheid en Justitie). Daarnaast beperkt de analyse zich tot Nederland, zonder de overzeese gebiedsdelen. Zo is de schade die in andere landen wordt, of kan worden, veroorzaakt door activiteiten in Nederland buiten beschouwing gebleven. Tot slot viel de klimaatproblematiek als zodanig buiten de scope van dit onderzoek.

Conclusies

Deze scan laat voor een breed palet van bedreigingen van de fysieke leefomgeving zien welke ongewenste effecten daarvan het gevolg kunnen zijn, zoals vermindering van gezondheid, verstoring van het ecosysteem, materiële schade of onrust in de samenleving. De belangrijkste conclusies op basis van dit onderzoek zijn:

- We worden in onze fysieke leefomgeving voortdurend, soms gelijktijdig, geconfronteerd met uiteenlopende bedreigingen.
- Voor de meeste onderwerpen is nog winst te behalen. Winst wat betreft beschikbare informatie over de gevolgen van (mogelijke) bedreigingen van de fysieke leefomgeving. En winst in termen van het beperken van de gevolgen van de bedreigingen zelf (betere gezondheid, herstel van ecosystemen, et cetera).
- Er is een grote (inhoudelijke) verscheidenheid aan risicovraagstukken in de fysieke leefomgeving. Het is niet eenvoudig om de ernst van de gevolgen van de verschillende mogelijke bedreigingen van de fysieke leefomgeving in één maat uit te drukken. Dat komt o.a. doordat:
 - beschikbare gegevens van verschillende aard kunnen zijn (kwalitatief, kwantitatief). Dat vereist keuzes en afwegingen.
 - recente, op de invalshoeken toegesneden gegevens, niet altijd beschikbaar zijn. Bewijs voor gezondheidseffecten of schade is niet altijd te leveren, maar deze effecten zijn daarmee ook niet automatisch uitgesloten.
 - nieuwe risico's zich niet eenvoudig laten vergelijken met bekende risico's, door een gebrek aan gegevens over de aard en omvang ervan.
- Bij het vergelijken en beoordelen van de risico's in de fysieke leefomgeving worden afwegingen gemaakt vanuit uiteenlopende maatschappelijke waarden en belangen. Door inzichten uit meerdere invalshoeken te betrekken wordt dat inzichtelijk en meer expliciet; anderen worden daardoor in staat gesteld zich daartoe te verhouden.
- Doordat risicovraagstukken specifiek zijn, is maatwerk in oplossingen onvermijdelijk. Dit onderzoek laat zien dat multi- of transdisciplinaire samenwerking kan helpen om uiteenlopende

risicovraagstukken consistent te beschrijven. Consistentie in besluiten over risicovraagstukken wordt bevorderd door steeds inzichten uit meerdere invalshoeken te betrekken, en lering te trekken uit de ervaringen.

- In dit onderzoek is ons gebleken dat stakeholders een belangrijke rol kunnen spelen bij het benoemen welke informatie nodig is om zicht te krijgen op mogelijke bedreigingen van de fysieke leefomgeving. Dit biedt een basis voor gezamenlijke probleemanalyse en besluitvorming, en kan maatschappelijke onrust mogelijk helpen beperken of voorkomen. Een dergelijk proces veronderstelt uiteraard dat deelnemers voldoende zijn toegerust voor het omgaan met bijvoorbeeld afwegingskaders en onzekere risico's.

1 Inleiding op het onderzoek

De volgende vier hoofdstukken bevatten de achtergronden bij de scan van de veiligheid en kwaliteit van onze leefomgeving. Ze beschrijven de aanpak die is gevolgd vanuit de vier invalshoeken: gezondheid, ecologie, economie en maatschappij, en de gegevens waarop de scan is gebaseerd. Het karakter van de scan brengt met zich mee dat niet gestreefd wordt naar een compleet overzicht¹. De gegevens zijn verzameld gedurende de periode van begin 2015 tot en met de zomer van 2016. De hoofdstukken zijn tot stand gekomen onder redactie van Maaïke van Zijverden (gezondheid), Rob Maas (economie), Marcel Mennen (maatschappij) en Mark Montforts (ecologie)².

¹ Zo viel de klimaatproblematiek als zodanig bijvoorbeeld buiten de scope van dit onderzoek.

² Bijlage 1 geeft een overzicht van de overige experts die een bijdrage hebben geleverd aan dit onderzoek.

2 Impact op gezondheid

2.1 Inleiding

Ongeveer 6% van de totale ziektelast in Nederland wordt veroorzaakt door milieu-gerelateerde factoren (VTV 2014, RIVM). De meeste van deze onderwerpen vallen in het werkveld van het ministerie van IenM. Voor de effecten van deze factoren op gezondheid zijn relatief veel gegevens beschikbaar. In een ronde langs experts zijn die gegevens, inclusief eventuele onzekerheden, overwegingen en referenties, verzameld. De gegevens betreffen diverse indicatoren die op gezondheid betrekking hebben. Sommige hebben te maken met sterfte, zoals "aantal sterfgevallen per jaar", en "verloren levensjaren door vroegtijdige sterfte (years of life lost: YLL)". Andere hebben te maken met ziekte, zoals "aantal gewonden per jaar" en jaren geleefd met ziekte ofwel ziektejaarequivalent (years lost due to disability: YLD)". De som van YLL en YLD vormt het veelgebruikte begrip DALY (disability adjusted life year: $YLL+YLD=DALY$): de hoeveelheid gezondheidsverlies in een populatie, kortweg "ziektelast".

Per indicator is het onderliggende arsenaal aan gegevens voor de verschillende onderwerpen divers. Zo betreft de indicator "aantal sterfgevallen per jaar" deels direct telbare (op basis van casuïstiek) dodelijke slachtoffers (bv wegverkeer, infecties als Legionella), deels epidemiologisch vastgestelde en berekende aantallen slachtoffers (bv lucht, geluid), en deels betreft het inschattingen van gevolgen van preventie (het voorkomen van slachtoffers bv bij waterveiligheid en externe veiligheid).

Sommige onderwerpen bestaan uit meerdere deelonderwerpen, zo vallen onder "luchtkwaliteit" vele componenten van de buitenlucht (van fijnstof tot NO_2). In deze scan zijn de belangrijkste deelonderwerpen meegenomen. De scores in de deelonderwerpen zijn opgeteld om tot een totaalscore per onderwerp te komen. Hieronder is per onderwerp de context geschetst en zijn de gegevens, voor zover beschikbaar, over gezondheid weergegeven.

In paragraaf 2.3 staan in een overzichtstabel (G10) de scores bij elkaar, ingedeeld in categorieën op basis van de schaalindeling zoals die hieronder is weergegeven (tabel G1).

Tabel G1. Schaalindeling voor gezondheidseffecten 'aantal doden', vroegtijdige sterfte 'YLL' en ziektejaarequivalent 'YLD'

Schaalindeling	Kleur	Aantal doden / YLL / YLD
?	?	Onbekend / onzeker
#	#	Wel data, niet in juiste maat
0		Geen
A		0-10
B		10-100
C		100-1000
D		1000-10.000
E		>10.000

2.2 Overzicht per veiligheidsprobleem

2.2.1 Luchtkwaliteit

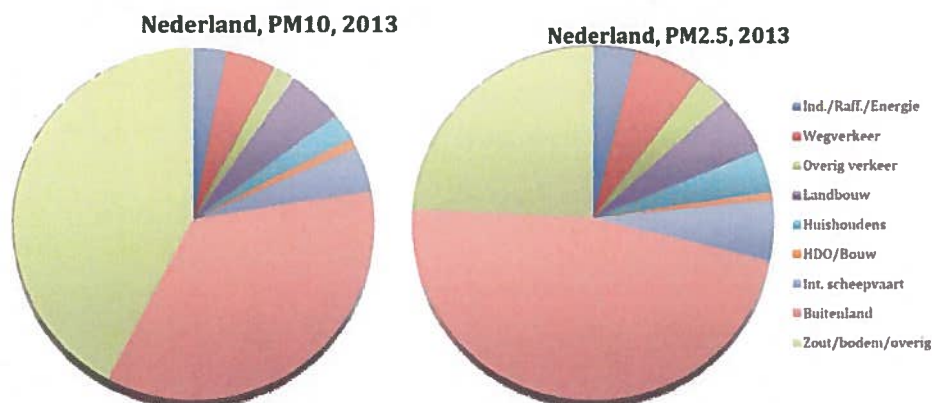
De luchtkwaliteit, waarvoor in deze rapportage fijnstof en stikstofdioxide (NO₂) als indicator is gehanteerd, is de laatste decennia sterk verbeterd en bijna nergens in Nederland wordt de Europese norm nog overschreden. Er treden echter ook onder die norm nog altijd nadelige gezondheidseffecten op (Roels et al. 2014, Gezondheidsraad 2016). Blootstelling aan fijnstof, aangeduid met de grootte van de deeltjes (PM10: deeltjes kleiner of gelijk aan 10 micrometer of PM2,5: kleiner of gelijk aan 2,5 micrometer), kan bijvoorbeeld resulteren in cardiopulmonaire aandoeningen en sterfte, longkanker, bronchitis, en dagen met beperkt functioneren.

Fijnstof is afkomstig van verschillende bronnen van zowel natuurlijke als antropogene (door mens veroorzaakte) herkomst. Gemiddeld voor Nederland is 60-75% van de bestanddelen van fijnstof (PM10) in de lucht van antropogene oorsprong. Voor de fijnere fractie van fijnstof (PM2,5) is gemiddeld 75-85% antropogeen. Op zwaar belaste wegen, zoals binnenstedelijke wegen, kan het aandeel oplopen tot 90% (RIVM, 2015). Ongeveer de helft van de totale PM2,5-concentratie is afkomstig van bekende antropogene bronnen uit het buitenland en ongeveer een kwart van bekende antropogene bronnen uit Nederland. Het overige komt van opwaaiend bodemstof, zeezout en organische koolwaterstoffen. Dit betekent dat zeker 25% van de fijnstofconcentratie, en lokaal meer, te beïnvloeden is met Nederlands beleid. In figuur G2 zijn naast de bijdrage uit het buitenland ook de bijdragen van verschillende bronnen aan de Nederlandse PM10 en PM2,5 blootstelling weergegeven (RIVM, 2015).

Het risico om te overlijden aan blootstelling van PM10 en NO₂ is recentelijk (onafhankelijk van elkaar) vastgesteld in een onderzoek met sterftcijfers onder ca. 7 miljoen Nederlanders over de periode 2004-2011 (Fischer et al., 2015). De benadering van Fischer et al. is in deze rapportage gebruikt om PM10 en NO₂ orde-grootte-schattingen te verkrijgen voor onder andere het aantal doden en maken een indicatief vergelijk met andere risico's mogelijk. De componenten PM10 (ca. 11.000) en NO₂ (ca. 5000) leiden naar schatting in Nederland samen tot ca. 16.000 vroegtijdige doden per jaar (categorie E uit tabel G1 voor het aantal doden per jaar). Het aantal YLL voor PM10 en NO₂ samen ligt ook in de hoogste categorie (categorie E uit tabel G1, zie overzicht in tabel G10).

Op basis van de huidige inzichten kan echter niet exact worden aangegeven welk deel van de sterfte wordt veroorzaakt door PM2,5 of de grove fractie (PM2,5-10) binnen PM10. De wetenschappelijke literatuur verschaft daarover vooralsnog geen duidelijkheid. Overigens is het gebruikelijk bij luchtverontreiniging de effecten niet in het aantal sterfgevallen per jaar, maar in verlies in levensjaren uit te drukken, mede op basis van de volgende redenen. Voor (milieu)factoren waaraan men jarenlang kan blootstaan en die bij olopende belasting het sterfterisico verhogen, geldt dat de resulterende sterfgevallen niet – naar oorzaak - onderscheiden kunnen worden van andere sterfgevallen. Uiteindelijk zal iedereen sterven en kan er daardoor feitelijk niet van

"extra" sterfte worden gesproken. Er is, afhankelijk van de mate van de blootstelling, wel sprake van een versnelling of vertraging van de kans op sterfte. Dit resulteert, voor de gehele Nederlandse bevolking, uiteindelijk tot gewonnen of verloren (gezonde) levensjaren (Knol et al., 2009). Het getal voor 'aantal doden door luchtverontreiniging' geldt slechts onder de aanname dat er



Figuur G2 – Bijdrage van verschillende bronnen aan blootstelling aan PM10 en PM2,5 (RIVM 2015)

bij een totale schoonmaak van de lucht binnen een tijdsbestek van 1 jaar onmiddellijk een positief effect op sterfte optreedt.

Er wordt aangenomen dat het aantal verloren levensjaren substantieel groter is dan de ziekte(jaarequivalenten) die ontstaat door YLD (zie ook bv Hänninen et al., 2014), alhoewel ook die in de hoogste categorie valt. Dat relatief grote aantal YLL (in verhouding tot ziektejaren, YLD) komt doordat luchtvervuiling als laatste "zetje" kan fungeren bij mensen die, door een andere oorzaak, al ziek zijn, en dan door luchtvervuiling sterven. Een hitte-episode kan op dezelfde manier werken.

2.2.2

Bodemkwaliteit

Op basis van de criteria 'frequentie van voorkomen', 'mate van blootstelling' en 'toxiciteit' dragen van de chemische stoffen in de bodem waarschijnlijk de stofgroepen "metalen/ metalloïden" en "vluchtige organische koolwaterstoffen" (VOC's) het meeste bij aan de ziektelast en sterfte. In het stuk hieronder wordt duidelijk dat harde gegevens ontbreken, de inschaling in categorie A (metalen/metalloïden) en (met veel onzekerheid) B (VOC's), tezamen A/B (tabel G10) is een schatting door een vijftal bodem-experts.

Voor vluchtige organische koolwaterstoffen zijn er haast geen gegevens beschikbaar over de bijdrage van deze stoffen in de bodem aan ziektelast of sterfte. In Van Wezel et al. (2007) wordt gesteld dat bodemsanering van alle spoed- en saneringslocaties circa 80 vermeden kankergevallen per jaar op kan leveren, merendeels toe te schrijven aan benzeen bij locaties met benzinestations en overige brandstoffen. De betrouwbaarheid van deze schatting is echter discutabel.

Er zijn eveneens weinig cijfers bekend in hoeverre metalen/ metalloïden in de bodem en grondwater in Nederland bijdragen aan ziekte of sterfte. Dat de ziektelast door metalen/ metalloïden in de bodem en grondwater onbekend is, komt doordat de gerelateerde gezondheidseffecten niet alleen aan blootstelling vanuit bodem- en grondwaterverontreiniging toe te schrijven zijn, maar ook door blootstelling vanuit voeding, water, lucht, cosmetica en ons omringende producten en tevens aan mentale factoren. Bovendien verblijven mensen niet voortdurend op één plek met een bodem die al dan niet vervuild is. Deze mobiliteit beperkt het uitvoeren van onderzoek naar gezondheidseffecten. Er is voorts een gebrek aan betrouwbare epidemiologische studies en gezondheidsmonitoring, zoals metingen van vervuilingen in bloed en urine (Compendium voor de leefomgeving, 2015). In Fast et al. (2012) wordt een semi-kwantitatieve indicatie gegeven van gezondheidseffecten door bodemverontreiniging, op basis van scores voor gezondheidseffecten. Echter worden hier scores gegeven voor alle stoffen (ook niet-metalen) tezamen. Een methode om gezondheidseffecten vanuit bodemverontreiniging te kwantificeren is beschreven in Oomen et al. (2010). Op grond van de vele gegevens die echter benodigd zijn, is deze methode nooit toegepast. Voor geheel Nederland werd een grove schatting gemaakt van de gezondheidseffecten voor cadmium en lood (Van Wezel et al., 2007). Voor de gezondheidseffecten van cadmium werd een epidemiologische studie uit België (Nawrot et al., 2006) doorvertaald naar Nederland (Natuur- en Milieu Planbureau 2006). Hieruit werd geconcludeerd dat jaarlijks mogelijk sprake is van enkele honderden gevallen van longkanker bij locaties met bodemverontreiniging door cadmium in heel Nederland. Nawrot et al maakten hierbij de kanttekening dat de betrouwbaarheid van deze procedure zeer beperkt is. De studie was dan ook aan veel kritiek onderhevig. Het vermoeden dat cadmiumverontreiniging in de Belgische Kempen longkanker heeft veroorzaakt (Nawrot, 2006) kon niet worden bevestigd in de studie van Oomen et al. (2007) en via ziekteregisters (Integraal Kankercentrum Zuid, 2007).

Voor lood werden de gezondheidsbaten van bodemsanering van alle spoed- en saneringslocaties als gevolg van blootstelling van kinderen van nul tot vier jaar aan lood in de bodem uitgedrukt als vermeden verlies in IQ-punten (berekening met een beperkte betrouwbaarheid).

Er is wel *kwalitatieve* informatie te geven. In het algemeen wordt aangenomen dat voor verontreinigende stoffen in de bodem en het grondwater, dus ook voor metalen/ metalloïden, de gezondheidseffecten op landelijke schaal van beperkte omvang zijn ten opzichte van andere bronnen van blootstelling. Op regionale of lokale schaal kan de blootstelling aan metalen of metalloïden de ziektelast echter domineren (Swartjes en Cornelis, 2011). Omdat blootstelling door stoffen uit bodem en grondwater niet zichtbaar is, en niet zelf te beheersen is (de burger heeft het niet in eigen hand), is de ervaren ziektelast vaak groter dan de werkelijke. Dat geldt in sterke mate voor kankerverwekkende stoffen en voor risico's ten gevolge van het eten van groenten van verontreinigde bodems, omdat deze activiteit juist met een gezonde levensstijl geassocieerd wordt. In het algemeen moet meer aan chronische dan aan acute gezondheidseffecten worden gedacht. Een

uitzondering hierop zijn acute effecten ten gevolge van pica-gedrag³ van kinderen, waarbij grote hoeveelheden grond worden geconsumeerd. Slechts enkele gevallen van bodem- en grondwaterverontreiniging met metalen leiden tot sterfte, door kanker of beschadiging van organen. Voor metalen die kanker veroorzaken, bijvoorbeeld kwik, arseen en in sommige gevallen cadmium, bestaat geen drempel voor blootstelling. In Nederland is de humaan-toxicologisch onderbouwde norm in bodem en grondwater er op gebaseerd dat in geval van levenslange blootstelling aan dergelijke metalen 1 op 10.000 mensen een tumor mogen krijgen. Deze normen worden echter maar zelden overschreden. Overigens heeft een beperkte inname van sommige metalen een positieve invloed op de gezondheid. Dit geldt voor koper, zink en ijzer, die een belangrijk onderdeel van enzymen uitmaken. Daarentegen hebben bijvoorbeeld kwik, lood, cadmium en arseen alleen maar een schadelijke werking op de gezondheid. Deze conclusies gelden eveneens voor de effecten op organismen in de bodem en het grondwater.

Op basis van de criteria 'frequentie van voorkomen', 'blootstelling' en 'toxiciteit' zijn arseen, cadmium (Biometals 2014) en lood als de belangrijkste metalen/ metalloïden te oormerken voor wat betreft ziektelast. Cadmium komt voornamelijk in het menselijk lichaam via groenten die geteeld zijn op verontreinigde bodems. Cadmium wordt makkelijk door groenten opgenomen en er worden concentraties in groenten gemeten, die bij inname schade aanrichten aan o.a. de nieren. Lood is met name een bedreiging voor kinderen, via hand-mond contact. Blootstelling aan lood geeft aantoonbare schade aan de ontwikkeling van het zenuwstelsel en hersenen (verlies van IQ-punten bij kinderen). In de concentratierange tot 1000 mg/kg lood in de bodem kan het effect oplopen tot 7 punten IQ-verlies (EFSA, 2010; Otte et al., 2015). Hand-mond contact vindt tevens binnenshuis plaats door contact met stof (Oomen et al., 2008). De hoge loodgehalten in het huisstof ontstaan onder andere door het naar binnen lopen van verontreinigde grond. Arseen kan zowel via groenten als via hand-mond contact tot substantiële blootstelling leiden. Bovendien kan arseen in enkele gevallen tot blootstelling leiden bij gebruik van private waterputten met arseenhoudend grondwater en door spelen in arseenhoudend oppervlaktewater (bijvoorbeeld sprengen). Arseen is zeer toxisch bij lage blootstelling (resulteert in meerdere vormen van kanker en heeft een negatieve impact op vrijwel alle organen; Naujokas et al., 2013). Een bijkomend probleem is dat de achtergrondblootstelling aan arseen al op niveau van toelaatbare blootstelling ligt (EFSA, 2014). Op basis van dezelfde criteria komen koper (voornamelijk blootstelling via groenten), kwik (blootstelling via groenten en hand-mond contact), barium (idem) en nikkel (idem) in de tweede categorie voor wat betreft gezondheidsschade. Zink (voornamelijk blootstelling via groenten), kobalt (idem) en chroom (voornamelijk blootstelling via hand-mond contact) leiden in minder gevallen tot gezondheidsschade (derde categorie). Blootstelling via de ademhalingswegen speelt voor de metalen een ondergeschikte rol, maar kan in uitzonderingsgevallen een rol spelen (bijvoorbeeld in geval van metallisch kwik in de luchtfase of inademing van deeltjes in de lucht, waaraan metalen gebonden zijn).

³ Het in de mond stoppen of consumeren van niet eetbare voorwerpen en materialen.

Het vermoeden dat cadmiumverontreiniging in de Belgische Kempen longkanker heeft veroorzaakt (Nawrot, 2006, na correcties voor roken en blootstelling in de werksituatie) is niet epidemiologisch bevestigd (Oomen, 2007).

Overigens resulteren al deze metalen, met uitzondering van lood en kobalt, eerder in ecologisch onaanvaardbare effecten in de bodem dan onaanvaardbare gezondheidseffecten. Dit komt doordat organismen in bodem via de opgeloste metaalverbindingen in het poriewater in direct contact staan met de metalen en metalloïden.

2.2.3 *Waterkwaliteit*

Na beoordelen van onderstaande onderwerpen komt de score (schalen zie tabel G1) voor waterkwaliteit op C voor sterfte en C (uit tabel G1) voor ziekte (door Legionella, zie hieronder). De focus ligt daarbij op waterkwaliteit van (of voor) drinkwater.

Legionella

In 2015 waren er 419 geregistreerde ziektegevallen (Veteranenziekte), dit komt overeen met een YLD van 370 (cat C). Daarvan resulteerden 13 in sterfgevallen (dit komt overeen met categorie B) en een YLL van 3504 (cat D volgens tabel G1) (Teirlinck et al., 2016), gemiddeld een score C voor sterfte. Dit is wat meer dan de jaren daaraan voorafgaand. Het werkelijke aantal ziektegevallen wordt circa 10x zo hoog geschat (4000-7000 per jaar) (Versteegh et al., 2007). Circa 40% van de infecties wordt buiten Nederland opgelopen. Niet alle infecties hebben te maken met drinkwaterkwaliteit; blootstelling via de leefomgeving (door bijvoorbeeld koeltorens) is ook aan de orde.

Arseen

Voor arseen in drinkwater wordt vrijwel altijd aan de norm voldaan (ILT 2015). Dat geldt ook voor andere chemische stoffen. Internationaal zijn er echter discussies over veiligheid omdat arseen carcinogene eigenschappen heeft. De mogelijke ziektelast is potentieel groot, maar over eventuele patiënten in Nederland is niets bekend en er is nog geen aanzet tot verlaging van de drinkwaternorm door bv de WHO. Toch leeft het in de drinkwatersector wel, er lopen projecten die zijn gericht op verwijderingstechnieken met als einddoel bijvoorbeeld een niveau van minder dan 1 microgram per liter.

Resten van geneesmiddelen

De blootstelling hieraan via drinkwater is chronisch maar laag, de concentraties van individuele middelen liggen ver onder effectconcentratie (de concentratie waarbij een meetbaar effect optreedt). Dit is echter het geval voor individuele geneesmiddelen. Over cumulatie (stapeling) van concentraties van meerdere geneesmiddelen of andere effecten door mengsels van geneesmiddelen (o.a. mengseltoxiciteit) bestaat grote onzekerheid.

Die onduidelijkheid over stapeling en/of effecten van mengsels van stoffen geldt niet alleen voor stoffen waaraan mensen via drinkwater worden blootgesteld, maar ook via lucht en bodem. Mogelijke stapeling en/of effecten van mengsels is niet beperkt tot alleen geneesmiddelen maar geldt voor alle chemische stoffen. Ook kan blootstelling aan

(dier)geneesmiddelen eventueel via andere bronnen zoals zwemwater en landbouwproducten (via besproeiing en dan opname door gewas) plaatsvinden. Dat is echter niet te kwantificeren. Hogere concentraties door de vergrijzing van de samenleving (meer mensen die medicijnen gebruiken), en/of door periodes van extreme droogte door klimaatverandering lijken ook realistische scenario's voor de nabije toekomst.

Overige stoffen

Voor bestrijdingsmiddelen geldt ook dat een hogere concentratie in oppervlaktewater en drinkwater door minder water in de rivieren een mogelijk toekomstscenario is. Voor stoffen als nitraat, nitriet, nanodeeltjes en metalen is mogelijke ziektelast (beperkt in omvang) niet ondenkbaar.

2.2.4 **Waterveiligheid**

Binnen de kaders van de Nationale adaptatiestrategie (NAS) en de nationale veiligheid (Nationaal Veiligheidsprofiel 2016) zijn er diverse onderzoeken gedaan waarbij de gevolgen (in termen van doden, betrokkenen, schade) van overstromingen en andere natuurrampen in kaart zijn gebracht. Het gaat hierbij zowel om de gevolgen van overstromingen die hebben plaatsgevonden, als om mogelijke overstromingen waarvoor scenario's zijn ontwikkeld. Recentelijk hebben in Nederland geen overstromingen met slachtoffers plaatsgevonden, wat ongetwijfeld samenhangt met de overheidsinspanningen rondom waterveiligheid. De scores van de effecten op de gezondheid staan in tabel G10 dus op nul. Hieronder zijn overzichten uit bestaande studies opgenomen.

Kengetallen van plaatsgevonden overstromingen en enkele andere natuurrampen

Het PBL heeft kengetallen van enkele rampen op een rij gezet (figuur G3). Zo blijkt het aantal slachtoffers en getroffen en van de watersnoodramp uit 1953 en van orkaan Katrina in 2005 van vergelijkbare orde te zijn.

Tabel G3: Kengetallen van enkele rampen (bron: PBL 2014)

Ramp	Jaar	Schade (Euro)	Aantal dodelijke slachtoffers	Aantal getroffen en
Stormvloed	1953	680 miljoen	1835	600000
hoogwater Rivierengebied	1995	900 miljoen	1	250000
overstroming Elbe (Duitsland)	2002	9 miljard	27	330108
overstroming Elbe (Tsjechië)	2002	2,4 miljard	18	200000
overstroming VK	2007	4 miljard	7	340000
dijk bezwijkt bij Wilnis	2003	onbekend	0	1500
Katarina (US)	2005	125 miljard	1833	500000
Sandy (US)	2012	50 miljard	54	100000

Rivieroverstromingen veroorzaken veel materiële schade; de hoogste schadecijfers vinden we in andere Europese landen. Ze gaan echter gepaard met relatief weinig slachtoffers, zowel in vergelijking met andere natuurrampen (figuur G4) als in vergelijking met de Watersnoodramp 1953 in Nederland (figuur G3).

Tabel G4: De tien 'duurste' natuurrampen in Europa in de periode 1980-2010 (NMI, 2013⁴)

Tijd	Type natuurramp	Getroffen gebied	Directe economische schade (€ miljoen)	Aantal dodelijke slachtoffers
Augustus 2002	Overstromingen	Centraal Europa	16,800	30
Juli-augustus 2003	Droogte + hitte	Centraal Europa	12,300	70000
November 1980	Aardbeving	Italië	11,800	2900
December 1999	Storm (Lothar)	Noordwest-Europa	11,500	110
Oktober 2000	Overstromingen (en aardverschuivingen)	Italië, Zwitserland, Frankrijk	10,000	38
Januari 2007	Storm (Kyrill)	Noordwest-Europa	7,800	49
November 1994	Overstromingen	Italië	7,500	68
Januari 1990	Storm (Daria)	Noordwest-Europa	5,900	94
Juli-augustus 1997	Overstromingen	Centraal Europa	5,500	118
September 1997	Aardbeving	Italië	5,400	11

Kengetallen op basis van overstromingsscenario's

Binnen de nationale risicobeoordeling (NRB) zijn in de afgelopen jaren een viertal overstromingsscenario's ontwikkeld en beoordeeld door experts. Onderstaande figuur G5 geeft de mogelijke gevolgen van een overstroming weer voor een aantal gebieden in Nederland.

Tabel G5: Expert-schattingen betreffende de gevolgen van verschillende typen overstromingen.

Scenario	Overstroomd gebied (km ²)	Aantal getroffen (x 1000)	Aantal doden	Schade (miljard Euro)
EDO Kust West-Nederland	4340	2269	10300	121
EDO Rijn-IJssel	750	254	10	9
EDO DR14	1070	1496	5700	78
Lekdijk	599	325	326-625	8,75

EDO staat voor 'ergst denkbare overstroming'. Getroffenen zijn de bewoners van het overstroomde gebied. DR 14 staat voor Dijkkring 14, grofweg de Randstad. De Kust West-Nederland is inclusief Oost-Flevoland en IJsseldelta.

Een overstroming in Nederland kan grote gevolgen hebben, met name in dichtbevolkte gebieden waar bovendien het grootste aandeel van het Bruto Nationaal Product wordt geleverd. De maximale omvang van een mogelijke ramp, uit het scenario 'Ergst Denkbare Overstroming', wordt geschat op 121 miljard euro schade en maximaal 10.000 slachtoffers en 2,3 miljoen getroffen (figuur G6, PBL 2014). De overstromingsrisico's worden veelal geplaatst binnen de kaders van de klimaatverandering. PBL (2015) heeft onderzoek gedaan naar de gevolgen van klimaatverandering (o.a. overstromingen) voor economie, mens en ecologie.

⁴ Norwegian Meteorological Institute (NMI), 2013. Extreme Weather Events in Europe: preparing for climate change adaptation.

Tabel G6: kengetallen schattingen overstrooming in Nederland (bron: PBL 2014)

Schattingen ramp NL	Schade (euro)	Aantal dodelijke slachtoffers	Aantal getroffen
overstroming bij huidige normen	max. 10 miljard	0-3000	max. 400.000
Veiligheid Nederland in Kaart (VNK)	max. 30 miljard	0-30.000	
Ergst Denkbare Overstroming (EDO)	10-121 miljard	10-10.000	250.000-2.3 miljoen

2.2.5 Geluid

Langdurige blootstelling aan geluid kan tot uiteenlopende gezondheidseffecten leiden (Berglund et al., 1999)(Passchier-Vermeer, 1993, Gezondheidsraad, 2004) (WHO, 2009). Hierbij wordt meestal een onderscheid gemaakt tussen welzijnseffecten zoals hinder en slaapverstoring enerzijds en meer klinische gezondheidseffecten zoals gehoorschade en hart- en vaatziekten anderzijds. De Wereldgezondheidsorganisatie en de Gezondheidsraad hebben geconcludeerd dat er voldoende bewijs bestaat voor het ontstaan van gehoorschade door extreem hoge geluidsniveaus, en voor gezondheids- en welzijnseffecten zoals hinder, slaapverstoring, hoge bloeddruk en andere hart- en vaatziekten (Passchier-Vermeer, 1993) (Gezondheidsraad, 2004) (Berglund et al., 1999) (WHO, 2009) (WHO, 2011). Dat heeft veel ziekte (inschaling categorie E, >10.000 YLD) en ongeveer 60 sterfgevallen per jaar (categorie B, YLL ruim 700, cat C, tezamen B/C) tot gevolg. Slaapverstoring en hinder, voornamelijk gerelateerd aan geluid van wegverkeer, vormen het grootste aandeel (in heel West-Europa)(WHO, 2011). Op deze berekende getallen is een aantal zaken aan te merken. De WHO (World Health Organization) is op dit moment bezig met het opstellen van nieuwe gezondheidkundige richtlijnen. De belangrijkste kanttekening is dat het waarschijnlijk een onderschatting betreft omdat niet de gehele bevolking en niet alle bronnen van geluid zijn meegenomen. Ook bestaat er enig, zij het niet consistent, bewijs voor cognitieve effecten zoals verminderde leesvaardigheid bij kinderen (WHO, 2011).

2.2.6 Ultraviolette straling (UV)

Blootstelling aan UV-straling is de belangrijkste oorzaak van huidkanker. Een klein deel daarvan komt door gebruik van zonnebanken (ongeveer 5%, EC SCHEER 2016) Het aantal gevallen van huidkanker is de laatste decennia zeer sterk toegenomen. Ten opzichte van begin jaren negentig is het aantal gevallen van huidkanker met een factor drie tot vier toegenomen, en deze stijging is veel sneller dan voor alle andere vormen van kanker (Nederlandse Kankerregistratie 2016; Slaper et al 2017). UV-blootstelling kan ook tot andere gezondheidseffecten leiden, zoals (zon)verbranding en sneeuwblindheid enkele uren na de blootstelling en huidveroudering en staarvorming op langere termijn. Daartegenover staat dat enige UV-blootstelling van de huid van belang is voor de aanmaak van vitamine-D, dat essentieel is voor een gezonde botopbouw en mogelijk gunstige effecten heeft op een aantal chronische ziekten.

De belangrijkste bron voor UV-blootstelling is de zomerzon, en naast de zonnehoogte wordt het stralingsniveau op leefniveau direct beïnvloed door de dikte van de ozonlaag (ozonkolom), bewolking en aerosolen⁵ en

⁵ Mengsel van stofdeeltjes of vloeistofdruppels (zoals rook en roet, maar ook wolken, mist en zeezout)

zomersmogvorming⁶. UV-stralingsniveaus op leefniveau vertonen dan ook een relatie met diverse milieuaspecten, waaronder de aantasting van de ozonlaag, klimaatverandering en luchtvervuiling (Slaper et al 2017). De ozonlaag lijkt zich nu, door de mondiaal genomen maatregelen, langzaam te herstellen (Van Dijk et al 2013), maar interacties tussen ozon- en klimaat problematiek en de mogelijke invloed van klimaatverandering op bewolkingspatronen maken de toekomst nog ongewis.

De sterke stijging van het aantal gevallen van huidkanker in de afgelopen decennia heeft waarschijnlijk grotendeels te maken met veranderend gedrag: meer zon blootstelling bij hoogstaande zon door toegenomen hoeveelheid vrije tijd, zonzakanties en de weinig bedekkende badmode. Aantasting van de ozonlaag in de afgelopen decennia en mogelijk ook klimaatverandering versterken mogelijk de gedragseffecten in de komende decennia, zodat een verdere toename van de huidkankerincidentie verwacht mag worden.

In totaal zijn er nu jaarlijks circa 50000 nieuwe gevallen van huidkanker in Nederland, waaronder meer dan 5000 melanomen, de meest gevaarlijke vorm van huidkanker⁷. Jaarlijks overlijden meer dan 900 personen (categorie C) aan de gevolgen van huidkanker (merendeel door het melanoom). De YLL voor huidkanker bedraagt jaarlijks 16678 (cat E) (Slaper et al 2017), daarom is de score voor "sterfte" in de overzichtstabel D. Het effect op ziekte (YLD) is 4822 ziektejaren (cat D). Teveel aan UV-straling behoort daarmee tot de top van milieufactoren die van invloed zijn op gezondheid.

2.2.7 *Elektromagnetische velden* **Hoogspanningslijnen**

Uit wetenschappelijke onderzoeken die groepen kinderen vergelijken die dichtbij en veraf van een bovengrondse hoogspanningslijn wonen, komen aanwijzingen naar voren dat de kinderen die gemiddeld over een jaar boven 0,3 à 0,4 microtesla blootgesteld worden, mogelijk een hogere kans hebben om leukemie te krijgen. Het is wetenschappelijk niet bewezen dat het magneetveld hiervan de oorzaak is. De getallen die hier gepresenteerd worden zijn schattingen, met als belangrijkste vooronderstelling dat het magneetveld wel de oorzaak is. De schattingen van het aantal extra gevallen van leukemie (maximaal één kind in de twee jaar) zijn in RIVM-rapporten gepubliceerd (Van der Plas et al., 2001; Pruppers, 2003). Voor het berekenen van het aantal extra sterfgevallen per jaar moet een aanname worden gemaakt over het aantal kinderen met leukemie dat deze ziekte overleeft en tevens op latere leeftijd niet aan de mogelijk gevolgen overlijdt. Met een overlevingskans van 80% zou het om 0,1 extra sterfgeval per jaar gaan, ofwel één sterfgeval in tien jaar. Onder de aanvullende aanname dat een overleden kind gemiddeld 70 jaar verliest, kan het jaarlijks aantal verloren levensjaren (YLL) als gevolg van wonen bij bovengrondse hoogspanningslijnen in Nederland worden geschat op ongeveer 7

⁶ Belangrijke componenten van zomersmog zijn stikstofoxiden, fijnstof en koolwaterstoffen, die afkomstig zijn uit de industrie en het verkeer. Een zwakke oostelijke of zuidelijke wind zorgt voor relatief hoge concentraties van deze stoffen. Onder invloed van veel zonlicht reageren stikstofoxiden en koolwaterstoffen met elkaar tot ozon.

⁷ http://www.rivm.nl/Onderwerpen/U/UV_ozonlaag_en_klimaat/Effecten

verloren levensjaren (categorie A). Let wel, dit is nog steeds onder de vooronderstelling dat het magneetveld de oorzaak is, hetgeen niet is bewezen. Ook is hier geen rekening gehouden met verloren levensjaren door aandoeningen die op latere leeftijd zouden kunnen ontstaan als gevolg van de leukemie in de kinderjaren. Een schatting van het aantal ziektejaarequivalenten (YLD) voor de kinderen die de ziekte overleven wordt mede daarom hier achterwege gelaten.

Andere bronnen van elektromagnetische velden

Het is wetenschappelijk niet bewezen dat omgevingsblootstelling aan elektrische, magnetische en elektromagnetisch velden van andere bronnen effecten op de gezondheid heeft, dus is het niet mogelijk aantallen sterfgevallen dan wel ziektelast te rapporteren. Uit de metingen blijkt dat de hoogste blootstelling aan laagfrequente magnetische velden met een frequentie van 50 hertz optreedt bij bovengrondse hoogspanningslijnen. Maar ook dichtbij sommige apparatuur met elektromotoren, zoals scheerapparaten en opladers voor laptop of telefoon. Voor radiofrequente elektromagnetische velden levert mobiel bellen de grootste bijdrage aan de blootstelling, gevolgd basisstations voor mobiele telecommunicatie. Gezondheidseffecten op de lange termijn zijn onvoldoende bekend. Voor de meeste bronnen blijken de aanbevolen limieten niet te worden overschreden⁸. Sommige mensen ervaren gezondheidsklachten als zij in de buurt komen van bronnen die elektromagnetische velden produceren. Dit verschijnsel wordt ook wel aangeduid met 'elektrogevoeligheid'. Voorbeelden van gezondheidsklachten die mensen melden zijn hoofd-, spier- en gewrichtspijn, hartritmestoringen, huidproblemen, moeheid en concentratieproblemen. Deze klachten zijn reëel en kunnen ernstig zijn en de kwaliteit van leven nadelig beïnvloeden. Er zijn onvoldoende gefundeerde cijfers beschikbaar om hiervoor een ziektelast te schatten. Zie in dit verband het discussiepunt over 'somatisch onvoldoende verklaarde lichamelijke klachten' (SOLK) in de paragraaf "conclusies en discussie".

2.2.8 Ioniserende straling

Iedereen staat dagelijks bloot aan geringe hoeveelheden ioniserende straling, vaak ook aangeduid als radioactieve straling of kortweg straling. Het merendeel van die straling (meer dan 60%) is van natuurlijke oorsprong⁹, maar is gedeeltelijk beïnvloed door menselijke activiteiten en leefwijzen. Een overzicht van de belangrijkste stralingsbronnen en de gemiddelde blootstelling in Nederland is te vinden op www.rivm.nl/stralingsbelasting. Het grootste niet-natuurlijke aandeel aan de stralingsbelasting komt voor rekening van medische stralingstoepassingen. Dit aandeel is groeiende. Van de in Nederland gemiddelde jaarlijkse stralingsblootstelling is circa 38% afkomstig van medisch diagnostische toepassingen. Daarbij zijn therapeutische behandelingen met ioniserende straling, bijvoorbeeld met radio-isotopen, niet meegenomen¹⁰.

⁸ http://www.rivm.nl/Onderwerpen/E/Elektromagnetische_Velden/EMV_in_het_dagelijks_leven

⁹ http://www.rivm.nl/Onderwerpen/S/Stralingsbelasting_in_Nederland ;

http://www.rivm.nl/Onderwerpen/S/Stralingsbelasting_in_Nederland/Afbeeldingen/Stralingstaart_2016

¹⁰ http://www.rivm.nl/Onderwerpen/S/Stralingsbelasting_in_Nederland/Aandeel_per_stralingsbron

Radon en thoron

Radon en thoron in het binnenmilieu zijn de belangrijkste bron van straling van natuurlijke oorsprong, en zijn beïnvloedbaar door bouwwijzen, ventilatie en bewonersgedrag. Radon en thoron dragen in Nederland ruim 25% bij aan de totale stralingsblootstelling. Radon en thoron zijn radioactieve edelgassen die van nature ontstaan in de bodem en in daaruit vervaardigde materialen. Als edelgas kunnen ze vrijkomen uit de bodem en uit bouwmaterialen en zich verspreiden in de lucht. Radon en thoron veranderen van nature in andere niet-gasvormige radioactieve stoffen die zich aan stofdeeltjes hechten. Na inademing geven die straling af in de longen en verhogen zo de kans op longkanker. Vergeleken met het buitenland is de situatie in Nederlandse woningen gunstig. Dat komt vooral door een gunstige bodemgesteldheid (Smetsers 2017). Door de samenstelling zit er weinig radon in de bodem, waardoor weinig radon vanuit de bodem in de woning komt. In Nederlandse woningen zijn ook bouwmaterialen een belangrijke bron van radon. Dat geldt met name voor thoron, dat vrij kan komen uit afwerkklagen op muren en plafonds. Bij radon zijn er regionale verschillen: in Zuid-Limburg is de gemiddelde concentratie tweeënhalf keer zo hoog als het landelijk gemiddelde. Dat heeft te maken met verschillen in bodemtype. Maar in vergelijking met andere regio's in Europa, bijvoorbeeld in de Ardennen, is de radonconcentratie in Nederlandse woningen laag.

Naast radon en thoron is (gamma)straling vanuit bouwmaterialen goed voor circa 14% van de in Nederland gemiddelde stralingsblootstelling. Externe straling vanuit de van nature in de bodem aanwezige radioactieve stoffen draagt ook nog 1% bij aan het totaal¹¹. Daarnaast dragen kosmische straling, voor circa 9%, en voedsel voor circa 12% bij aan de gemiddelde blootstelling. Ook deze beide bronnen zijn van natuurlijke oorsprong. Lozingen van industrieën en fall out van kernongevallen (Tsjernobyl, Fukushima) en atoombomproeven dragen bij elkaar minder dan 1% bij aan de totale stralingsblootstelling in Nederland.

Kerncentrales en kernreactoren

Het woord kerncentrale wordt gebruikt voor een nucleaire installatie die energie opwekt en het woord kernreactor beschrijft een nucleaire installatie waar experimenten worden uitgevoerd en/of radioactieve stoffen worden geproduceerd voor industrieel of medisch gebruik. De emissies van radioactieve stoffen uit kerncentrales en kernreactoren bij regulier bedrijf zijn erg laag, en leiden tot een zeer geringe blootstelling van de bevolking. De blootstelling van de bevolking die het gevolg is van de emissies van nucleaire installaties is overal in Nederland minder dan één duizendste van de dosis die we normaal al opdoen ten gevolge van alle andere bronnen van ioniserende straling. De bedreiging van de leefomgeving door nucleaire installaties is vooral gelegen in de mogelijke ongevallen waarbij na zware beschadiging van de installaties grote hoeveelheden radioactieve stoffen in het milieu kunnen komen. Dit zou impact hebben op gezondheid, ecologie en

¹¹ Dat dit zo weinig is komt vanwege afscherming door bouwmaterialen en het feit dat we het grootste deel van de tijd binnen verblijven

economie en beslist leiden tot maatschappelijke onrust. Wereldwijd hebben zich twee zeer grootschalige kernongevallen voorgedaan¹²: het kernongeval met de centrale in Tsjernobyl in 1986 en in 2011 het kernongeval met de centrales in Fukushima Daiichi, Japan. Ter voorkoming van (verdere) blootstelling aan straling van de bevolking zijn daarna grote gebieden voor langere tijd (decennia) geëvacueerd. De impact van een kernongeval op of nabij Nederlands grondgebied is recent geëvalueerd in het project Nationaal Veiligheidsprofiel (NVP) (NVP 2016).

2.2.9

Omgevingsveiligheid

Omgevingsveiligheid (ook wel 'externe veiligheid' genoemd) richt zich op het risico van overlijden van personen in de omgeving van een risicovolle activiteit, als direct gevolg van een ongeval met gevaarlijke stoffen. Het gaat om bedrijven met gevaarlijke stoffen en om transport van gevaarlijke stoffen (weg, water, spoor, buisleiding). Het omgevingsveiligheidsbeleid kent voor deze activiteiten een risicobenadering waarbij de risico's worden gekwantificeerd om de ruimtelijke inpasbaarheid ervan te kunnen bepalen. Om de risicobenadering te operationaliseren zijn twee risicomaten bepaald: het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR). Het plaatsgebonden risico gaat over de overlijdenskans van een onbeschermd persoon op een bepaalde plaats als direct gevolg van een incident met gevaarlijke stoffen bij een activiteit. Dit leidt tot een risicoafstand t.o.v. een risicobron in de vorm van een risicocontour. Met de norm van een sterftekans van 1 op miljoen (10^{-6}) per jaar voor het plaatsgebonden risico, wordt een maximaal toelaatbaar risico (MTR), of minimum beschermingsniveau, gesteld voor de (burger in de) omgeving van een bedrijf of transportas of buisleiding. Het groepsrisico betreft de kans op overlijden van een groep personen als direct gevolg van een incident met gevaarlijke stoffen. Achterliggende gedachte hierbij is dat als door 1 incident 100 mensen overlijden dit meer maatschappelijke ontwrichting/impact geeft, dan 100 incidenten waarbij elke keer 1 persoon overlijdt. Momenteel loopt er het programma Modernisering Omgevingsveiligheid (MOV) vanuit het ministerie van IenM. Eén van de onderwerpen die hierin bekeken wordt is een alternatieve invulling van het groepsrisico.

Er zijn relatief weinig grootschalige ongevallen of incidenten waarbij mensen in de omgeving van een risicovolle activiteit overlijden, wat ongetwijfeld samenhangt met de overheidsinspanningen rondom dit onderwerp, zodat er nauwelijks gegevens zijn die in deze scan gebruikt kunnen worden. De scores in tabel G10, die de huidige effecten op gezondheid weergeven, staan dus op nul. Er is daarom bij dit onderwerp uitgegaan van inschattingen en scenario's. Een voorbeeld van een grootschalig incident in Nederland is de vuurwerkcramp in Enschede (ruim 20 slachtoffers).

2.2.10

Stoffen

Van de vele honderdduizend chemische stoffen die bekend zijn, zijn er naar huidige inzichten enkele duizenden die we gevaarlijke chemische

¹² Dit zijn de enige ongevallen met een hoogste score van 7 (categorie 'major accident') op de INES-schaal

stoffen noemen. Deze vormen een bedreiging van de gezondheid als mensen er rechtstreeks via lucht, water of bodem, of indirect via bijvoorbeeld voeding, aan worden blootgesteld. In Europa geldt voor het gebruik van chemische stoffen dat aangetoond moet zijn dat dit gebruik veilig is voor mens, dier en milieu. Voor diverse productcategorieën geldt specifieke regelgeving die erop gericht is het gebruik van stoffen te reguleren. Uit diverse studies kan worden afgeleid dat blootstelling aan chemische stoffen slechts voor een klein percentage bijdraagt aan de totale sterfte. Binnen de groep van chemische stoffen zijn blootstelling aan brandstof, luchtvervuiling, meeroken, beroepsmatige blootstelling, en acute vergiftigingen de belangrijkste oorzaken. Bekende stoffen waaraan mensen via hun omgeving bloot staan zijn benzeen, lood, en dioxines. De uitstoot van deze stoffen wordt al langere tijd teruggedrongen. Benzeen, dat in drukke straten door aanwezigheid van uitlaatgassen kan voorkomen (al is dat veel minder dan vroeger) veroorzaakt leukemie. De inschatting is dat via deze weg benzeen enkele dodelijke slachtoffers per jaar veroorzaakt (categorie A). Lood veroorzaakt IQ verlies (vooral bij kinderen), ontwikkelingsachterstand en hoge bloeddruk, wat geen sterfte maar wel ziekte (YLD in categorie D) geeft. Dioxines kunnen effecten hebben op het immuunsysteem, de hersenontwikkeling en de voortplanting. Blootstelling via het milieu gebeurt hoofdzakelijk via voedsel, waarvoor strenge productnormen zijn opgesteld. Of inname van dioxine bijdraagt aan kanker is zeer onzeker (Hänninen et al 2014). Op basis van deze gegevens is de voorzichtige inschatting dat de milieu-(omgeving)-gerelateerde sterfte aan alle stoffen (naast luchtverontreiniging en asbest, die apart besproken worden) in categorie A of B (1-100) thuishoort.

2.2.11 *Asbest*

Voor asbest wordt een onderscheid gemaakt in beroepsmatige en milieu-gerelateerde blootstelling. Beroepsmatige blootstelling heeft geleid, en leidt nog steeds, tot jaarlijks honderden slachtoffers. Ten gevolge van blootstelling aan asbest kunnen een aantal levensgevaarlijke ziekten ontstaan, namelijk maligne mesotheliom (meest voorkomend), asbestose, longkanker, pleuraverdikking, asbestpleuritis en keelkanker (IES 2015). In het algemeen is de spreiding binnen een land of regio sterk bepaald door de locaties van de voormalige asbestindustrie en het voorkomen van scheepswerven en zware industrie. De latentietijd voor het krijgen van mesotheliom is tenminste 40 jaar. Daarom is het te verwachten dat er de komende jaren eveneens honderden mesotheliom-slachtoffers te betreuen zullen zijn. De piek in de toepassing van asbest, voor het verboden werd, lag in het midden van de jaren zeventig, zodat binnen enkele jaren wellicht een afname in het aantal mesotheliom-slachtoffers te verwachten is. Er zijn echter een aantal voorspellingen over mesotheliom in de toekomst opgesteld die niet erg uit bleken te komen (o.a. Burdorf et al, 1997). In Segura et al (2003) worden deze schattingen sterk naar beneden bijgesteld. IES (2015) schat op grond van latentietijd, de ontwikkeling in het asbestgebruik en het effect van de wet- en regelgeving op de productie en toepassing van asbest dat de mesotheliom-piek in 2015 ligt. De vraag is of dit enigszins betrouwbaar is, omdat het moeilijk in te schatten is, met name omdat de cijfers over werkdensiteit - en tijd met asbestmaterialen op de scheepswerven en

de bouw niet bekend zijn. Deze scan gaat verder niet in op arbeidsgerelateerde blootstelling.

Milieu-gerelateerde blootstelling is de blootstelling aan asbest die gerelateerd is aan het voorkomen van asbest in de lucht (als gevolg van verwaaiing van losgekomen vezels uit asbesthoudende materialen) en in de bodem (dat na opwaaiing en binnenlopen bij de mens kan komen). In enkele specifieke gevallen is het asbestrisico verhoogd ten gevolge van hoge gehalten asbest in de bodem (weg- en erfverharding). In de regio Goor bijvoorbeeld, waar tenminste in de periode 1935-1975 asbest werd uitgedeeld om wegen en erven te verharderen, is het voorkomen van longvlies-mesothelioom voor vrouwen vijf maal hoger en voor mannen twee maal hoger dan het landelijk gemiddelde (Burdorf et al 2005a). De verhoging voor vrouwen kan voornamelijk worden verklaard door blootstelling vanuit het milieu (Burdorf et al 2005b). Ten opzichte van de kwart tot driekwart extra sterfgevallen per jaar ten gevolge van milieu-gerelateerde blootstelling geldt in deze regio's dus 1 tot 4 extra vrouwelijke sterfgevallen per jaar en een half tot anderhalf extra mannelijke sterfgevallen per jaar, ten gevolge van milieu-gerelateerde blootstelling. De milieu-gerelateerde blootstelling, die door het verbod op gebruik van asbest en het verwijderings- en saneringsbeleid afneemt, resulteert in enkele doden per jaar, de beroepsmatige in honderden per jaar. In de figuren is alleen de milieu-gerelateerde (extra) sterfte weergegeven van een kwart tot driekwart extra sterfgevallen per jaar (categorie A in tabel G10).

2.2.12

Wegverkeer

Verkeersdoden

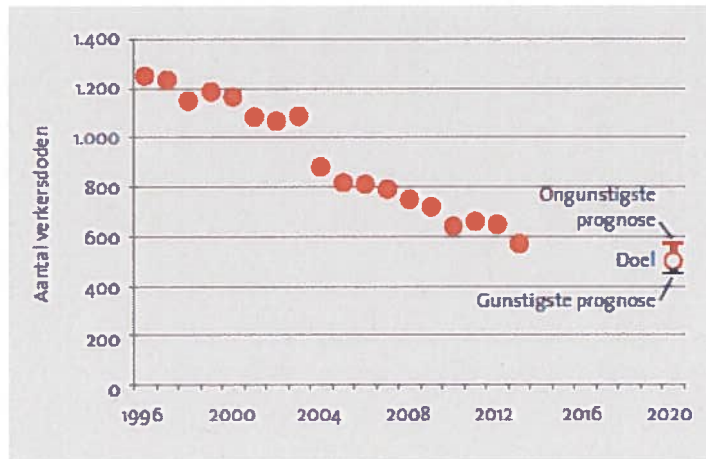
Een verkeersdode is iemand die als gevolg van een verkeersongeval overlijdt, binnen 30 dagen na dat ongeval. Het aantal verkeersdoden wordt vastgesteld op basis van drie bronnen (SWOV 2014):

- de doodsoorzakenstatistiek
- rechtbankverslagen en
- Bestand geRegistreerde Ongevallen in Nederland (BRON).

Het aantal doden (621 voor 2015) valt in categorie C. Het aantal verloren levensjaren (YLL per jaar) is 19.818 (categorie E), voor sterfte in het verkeer wordt categorie D daarom aangehouden in de overzichtstabellen.

Jaar	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Verkeersdoden ¹³	720	640	661	650	570	570	621

¹³ SWOV-Rapport 'Opschakelen naar meer verkeersveiligheid', R-2014-37



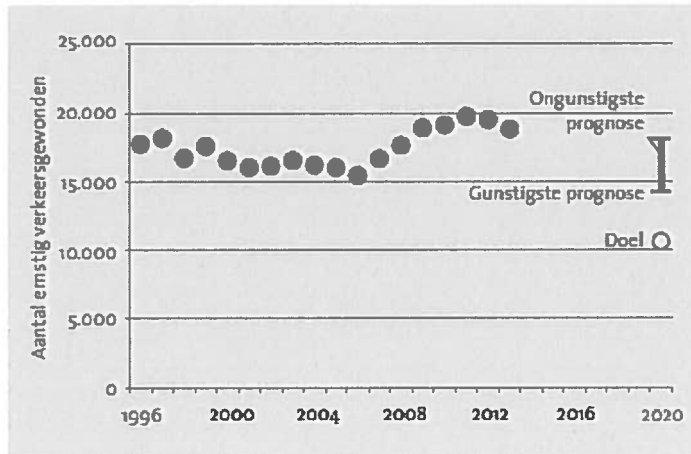
Figuur G7 (Bron SWOV 2016). Ontwikkeling in aantallen verkeersdoden en de prognose voor 2020 bij verschillende mobiliteits-scenario's in relatie tot de doelstellingen in 2020 (maximaal 500 doden).

Verkeersgewonden

Het aantal ernstig verkeersgewonden (EVG) is een belangrijke indicator voor de verkeersveiligheid. Het aantal EVG laat zich bepalen op basis van twee gegevensbronnen: politieregistraties en gegevens van ziekenhuisopnamen. Uiteindelijk wordt EVG berekend conform een internationale code. Het beleidsdoel voor 2020 (maximaal 10.600 ernstig verkeersgewonden) lijkt volgens een recente prognose van het SWOV niet gehaald te gaan worden (zie figuur). In 2014 was het ziektejaarequivalent (YLD) 30.964, waarmee verkeer in de hoogste categorie (E) valt.

Jaar	2009	2010 ^(*)	2011 ^(*)	2012 ^(*)	2013	2014
Ernstig verkeersgewonden	18.800	19.100	19.700	19.500	18.800	20.700

^(*) Getallen (bron: SWOV 2015) zijn berekend aan de hand van een herziene schatting. Deze aantallen moeten echter met de nodige voorzichtigheid gehanteerd worden, vanwege de beperkte kwaliteit van de koppeling van records (bijv. ziekenhuis- en politie-registratie) en vanwege de overgang naar een nieuwe codering van letselernst sinds 2012.



Figuur G9 (Bron SWOV 2015). Ontwikkeling in aantallen ernstig verkeersgewonden en de prognose voor 2020 bij verschillende mobiliteits-scenario's in relatie tot de doelstellingen in 2020 (maximaal 10.600 EVG's)

2.2.13 Verkeer op het water

Gegevens betreffende dodelijke slachtoffers en gewonden op het water zijn opgeteld voor de 4 geregistreerde categorieën: visserij (1 dode, 7 gewonden), overig/zeilvaart (3 doden/7 gewonden), koopvaardij (13 doden/34 gewonden), passagiersvaart (0 dode/1 gewonden). Deze gegevens zijn uit 2013, dat een redelijk gemiddeld jaar lijkt (17 doden, Inspectie Leefomgeving en Transport 2014) en dat daarom als ijkjaar is gekozen voor verkeer op water (tabel G10). Hetzelfde jaar is gekozen voor slachtoffers op het spoor en in de luchtvaart. Individuele gewonden zijn niet gedifferentieerd naar verloren levensjaren en ziektejaarequivalenten (YLL en YLD) voor andere soorten verkeer dan wegverkeer.

2.2.14 Spoorverkeer

Het aantal ongevallen waarbij reizigers (zwaar)gewond raken, is meestal laag. Wat dat betreft was 2013 een representatief jaar (Bron: jaarverslag 2013 van de Nationale Veiligheidsinstantie Spoor). En dat terwijl het aantal treinbewegingen toeneemt, per miljoen treinkilometers zijn er dus minder (dodelijke) ongelukken. In deze rapportage hebben we ook ongelukken op overwegen meegenomen (14 doden in 2013, categorie B, tabel G10), maar arbeidsgerelateerde ongevallen en zelfmoorden buiten beschouwing gelaten.

2.2.15 Luchtverkeer

In 2013 waren er geen ongevallen in de commerciële luchtvaart op NL grondgebied. Wel in de kleinere luchtvaart, met andere luchtvaartuigen waarvan het gebruik is toegenomen (zoals zweefvliegtuigen, helikopters, luchtballonnen): totaal 6 doden, categorie A (Inspectie Leefomgeving en Transport 2014).

2.2.16 Nieuwe biotechnologie

In de afgelopen 10 jaar volgen de ontwikkelingen op het gebied van de nieuwe biotechnologie elkaar in steeds hoger tempo op. Niet alleen neemt ons vermogen om in te grijpen in de DNA-code en de expressie hiervan met grote sprongen toe. Ook is de kennis over de werking, en

samenhang van de daaruit volgende biochemische processen sterk gegroeid, mede door ontwikkelingen als digitalisering en robotisering. Dit heeft geresulteerd in nieuwe technieken, zoals CRISPR-Cas9, gene drives en synthetische biologie (Trendanalyse biotechnologie 2016).

Nieuwe biotechnologie biedt een scala aan (mogelijke) toepassingen in verschillende sectoren o.a. in de gezondheidszorg, industrie, energie, voedingsindustrie, biobased economy en circulaire economie. Voorbeelden van toepassingen zijn nieuwe medicijnen geproduceerd door micro-organismen, genterapieën, biosensoren en gene-drive muggen en muizen. Kortom het toepassingsbereik is groot en moeilijk weg te denken uit onze samenleving. Dit blijkt ook uit de hoeveelheid wetenschappelijke publicaties en onderzoek investeringen. Ook in de media is een toename te zien in aandacht voor onderwerpen zoals gene-drives en CRISPR-Cas9 (zie bijvoorbeeld Heselmans 2017; Keulemans 2016a-b; Keulemans 2015).

Bij de meeste toepassingen gaat het om genetisch gemodificeerde organismen. Voor dit soort toepassingen geldt een toelatingssystematiek, waarbij de producten verplicht op veiligheid en gevolgen voor het milieu worden beoordeeld (veiligheidsbeoordeling). Verwaarloosbaar risico is hierbij het uitgangspunt. Voor toepassingen waarbij biotechnologie als middel wordt gebruikt voor de productie van bijvoorbeeld chemische stoffen, geldt dat schade aan mens en milieu niet specifiek vanuit het perspectief van biotechnologie wordt beschouwd. Biotechnologie is hier dan een productiewijze.

Daarnaast leiden toepassingen soms, naast ethische vragen, tot vragen over mogelijke risico's voor de fysieke leefomgeving, in het bijzonder voor de humane gezondheid en het milieu. De ontwikkeling van organismen (o.a. muggen en muizen) met een gene-drive is hier een recent voorbeeld van.

Voor toepassingen met genetisch gemodificeerde organismen is het risico voor humane gezondheid en milieu verwaarloosbaar klein. Zoals ook in de Trendanalyse biotechnologie 2016 is opgemerkt, is het wetenschappelijk onderscheid tussen genetische modificatie en andere biotechnologische technieken echter meer en meer aan het vervagen en zijn de verschillende producten niet of nauwelijks van elkaar of van 'natuurlijke' producten te onderscheiden (Trendanalyse biotechnologie 2016). De snelheid van de ontwikkeling van nieuwe biotechnologische toepassingen – die buiten de GGO-definitie vallen – maakt dat het belangrijk is om goed te kijken in hoeverre de manier waarop risico's worden beoordeeld en de huidige wet- en regelgeving toekomstbestendig zijn. Vanwege deze onzekerheden is in tabel G10 de (potentiële) impact op sterfte en ziekte weergegeven als onbekend.

In haar reactie op de Trendanalyse geeft het kabinet aan dat het noodzakelijk is om het veiligheidsbeleid en de regelgeving tegen het licht te houden en waar nodig te moderniseren (Beleidsreactie Trendanalyse Biotechnologie 2016).

2.2.17 *Nanomaterialen*

Nanomaterialen zijn materialen die voor tenminste 50% bestaan uit ultrakleine deeltjes (1 tot 100 nanometer groot). Ze hebben andere eigenschappen dan de chemische basisstof, waardoor ze nieuwe toepassingsmogelijkheden hebben. Nanomaterialen worden toegepast in onder andere de gezondheidszorg, de aanpak van milieuproblemen, het benutten van natuurlijke hulpbronnen, constructiematerialen, voeding, kleding, schoonmaak- en verzorgingsproducten, en elektronica. Zo worden nanomaterialen bijvoorbeeld gebruikt als bestanddeel in polymeren om het materiaal lichter en sterker te maken (zoals in tennisrackets en autobumpers), in cosmetische producten om de functionaliteit en de antibacteriële werking te verbeteren (bijvoorbeeld in zonnebrand, lotions en make-up), in de voedingsindustrie (bijvoorbeeld in toevoegingen), in verpakkingen (ter versteviging en ter verbetering van de barrièrefunctie), bij de oppervlaktebehandeling van textiel (tegen kreuken, vlekken en bacteriën), en als coating op ramen, lenzen en schermen (om het oppervlak waterafstotend, ontspiegeld of zelfreinigend te maken). De vele toepassingen maken dat nanomaterialen nog moeilijk weg te denken zijn uit onze samenleving.

Vanwege deze nieuwe eigenschappen wordt door wetenschappers en bedrijven veel in onderzoek en productie geïnvesteerd. Het aantal wetenschappelijke publicaties en octrooien weerspiegelt de nadruk die in de afgelopen decennia is gelegd op nanomaterialen in onderzoek en ontwikkeling. Het aantal nanogereleerde octrooien in 2010 lag 4,3 maal hoger dan in 2001, en het aantal nanogereleerde publicaties zelfs 4,9 maal hoger.

De huidige modellen en technieken die nodig zijn voor een goede risicobeoordeling van nanomaterialen zijn nog niet voldoende geschikt en/of geharmoniseerd om te beoordelen of, en in hoeverre ze schadelijk zijn voor mens en milieu. Er zijn wel aanwijzingen dat sommige nanomaterialen schadelijke eigenschappen hebben, maar het is onbekend in welke mate mens en milieu werkelijk aan deze nanomaterialen worden blootgesteld. Momenteel hebben we namelijk maar een zeer beperkt beeld van de producten op de markt die nanomaterialen bevatten en van de mate waarin die materialen (kunnen) vrijkomen. In tabel G10 is daarom de impact op sterfte en ziekte weergegeven met een vraagteken: onbekend. Duidelijk is dat de ontwikkeling van wetenschappelijke kennis nodig voor risicobeoordeling geen gelijke tred houdt met de snelheid waarmee nieuwe categorieën nanomaterialen met onbekende eigenschappen (zoals zelforganiserende eigenschappen) worden ontwikkeld en op de markt komen.

2.2.18 *Hormoonverstorende stoffen*

Hormoonverstorende stoffen zijn in de jaren 80 in beeld gekomen in verband met afwijkingen aan geslachtsorganen bij in het wild levende dieren in gebieden met hoge uitstoot aan industriële chemicaliën. In de jaren 90 werd gerapporteerd over verminderde spermakwaliteit bij de mens en werd een verband met hormoonverstorende stoffen gesuggereerd. Dit heeft tot op vandaag geleid tot een stroom aan wetenschappelijk onderzoek en een intensief maatschappelijk debat. Een hormoonverstorende stof is gedefinieerd als een stof die via verstoring van de hormoonbalans leidt tot een schadelijk

gezondheidseffect. Veel stoffen kunnen de hormoonbalans beïnvloeden. Het is in de praktijk lastig om vast te stellen of een schadelijk gezondheidseffect causaal gerelateerd kan worden aan hormoonverstoring (in tabel G10 is de impact op sterfte en ziekte weergegeven als onbekend). Daarvoor zijn geen afdoende methoden beschikbaar. De vraag doet zich vervolgens voor of de blootstelling ook zodanig hoog is of kan zijn, dat dit tot schadelijke gezondheidseffecten leidt.

Hormoonverstoring wordt (al of niet terecht) in verband gebracht met een groot scala aan chemische stoffen. Daaronder horen onder meer dioxines, PCBs, verschillende pesticiden, ftalaten, bisfenolen en parabenen. Een aantal van deze stoffen zijn om verschillende redenen niet meer toegelaten. Andere stoffen worden in een verscheidenheid aan consumentenproducten toegepast, waaronder verpakkingen, kunststof producten, en zonnebrandcrèmes. Vanwege hun brede toepassing vertegenwoordigen een aantal van deze stoffen mogelijk een groot economisch belang. Vervangers zijn niet altijd eenvoudig te vinden. Vanwege de grote onzekerheden over de mogelijke gezondheidsschade door hormoonverstorende stoffen is een goed onderbouwde schatting daarvan op dit moment niet te maken.

2.2.19

Microplastics

Rond 2008 verscheen de eerste wetenschappelijke publicatie over microplastics. De notie dat plastic zwerfvuil uiteen kon vallen in kleine deeltjes, en dat die kleine deeltjes andere effecten hebben dan grotere plastics, leidde er toe dat er een speciale term "microplastics" aan werd toegekend. Tegelijkertijd werd erop gewezen dat deze deeltjes in de voedselketen terecht komen. In 2010 werden microdeeltjes en met name plastic opgenomen in de Kaderrichtlijn Mariene Strategie als één van de indicatoren voor de ecologische toestand van het mariene milieu. In Nederland is het onderwerp microplastics op de kaart gezet door de 'Beat the microbead'-campagne van de Plastic Soup Foundation in 2012.

De focus verschoof toen van een secundaire bron als plastic zwerfvuil naar een primaire bron als cosmetica. Vele Kamervragen en krantenartikelen volgden. De roep om maatregelen is groot, terwijl de wetenschappelijke onderbouwing van risico's voor de humane gezondheid nog ontbreekt (in tabel G10 is de impact op sterfte en ziekte weergegeven als onbekend). Geleidelijk aan zijn ook andere bronnen naar voren gekomen, zoals plastic pellets, kledingvezels, verfslijtsel, autobandenslijtsel en instrooirubber voor sportvelden. Bij het beoordelen van risico's is de afbakening van de deeltjesgrootte van groot belang. Naast de bovengrens van 5 millimeter is er geen ondergrens gedefinieerd en vallen nano-plastics onder de definitie van microplastics.

Veel studies zijn gepubliceerd, maar er zijn nog veel onzekerheden, o.a. over de kwaliteit van de studies en de gebruikte analysemethoden (in tabel G10 is de impact op sterfte en ziekte weergegeven als onbekend). Voorlopig zijn er geen concrete aanwijzingen dat er bij de huidige concentratieniveaus, en blootstelling na opeten of na inhalatie, grootschalige effecten op de gezondheid optreden.

2.2.20 *Drones/RPAS*

Voor het toepassen van drones zijn geen effecten op de gezondheid te rapporteren (ILT 2014). In populaire media zijn recentelijk de eerste berichten verschenen over risico's (in tabel G10 is de impact op sterfte en ziekte weergegeven als onbekend), zoals mensen die geraakt worden door een drone en gevaarlijk gebruik van drones vlakbij een vliegveld. Er zal allicht een toename komen in het aantal ongevallengezinen het toenemende gebruik van drones.

2.2.21 *Olivijn*

Voor het toepassen van olivijn als middel om CO₂ te binden zijn geen effecten op de gezondheid te rapporteren (in tabel G10 is de impact op sterfte en ziekte weergegeven als onbekend). Het wordt in Nederland al wel op land toegepast, bijvoorbeeld in de gemeente Rotterdam om CO₂ vast te leggen en het wordt via internet en bijvoorbeeld tuincentra verkocht als bodemverbeteraar.

2.2.22 *Zelfsturende auto's*

Voor het rijden met zelfsturende auto's zijn geen effecten op de gezondheid te rapporteren (in tabel G10 is de impact op sterfte en ziekte weergegeven als onbekend), de eerste experimenten vinden nu in Nederland plaats.

2.2.23 *Schaliegas*

Schaliegas is aardgas dat zit opgesloten in hard gesteente in de diepe ondergrond. Het kabinet heeft in juli 2015 besloten dat deze kabinetsperiode geen boringen naar schaliegas zullen plaatsvinden. Effecten op de gezondheid staan in tabel G10 weergegeven als onbekend.

2.3 **Conclusies en discussie impact op gezondheid**

Voor het weergeven van effecten in de invalshoek gezondheid zijn veel verschillende indicatoren mogelijk. In de thema's zoals in deze rapportage geëvalueerd kwamen vooral "aantal sterfgevallen per jaar", "risico op sterfte", "verloren levensjaren (YLL)", "aantal gewonden per jaar" en "ziektelast (YLD)" voor. Met de indicatoren die voor de meeste thema's gegevens bevatten, te weten "aantal sterfgevallen per jaar", YLL en YLD, is onderstaande overzichtstabel (G10) opgesteld. De effecten zijn weergegeven in een schaal van A t/m E, waarbij A het kleinste effect is, en E het grootste.

Het overzicht is niet compleet, omdat van een aantal onderwerpen niet bekend is wat de effecten zijn. Hierbij valt te denken aan thema's als hormoonverstorende stoffen, en in het bijzonder aan de veiligheidsproblemen die draaien om het toepassen van nieuwe stoffen en technologieën (zoals nieuwe biotechnologie, schaliegas en zelfrijdende auto's), die allemaal per definitie gescoord zijn op onbekend ("?"). Ook zijn van sommige onderwerpen wel gegevens beschikbaar maar niet weergegeven in de hier gebruikte maat YLD (weergegeven met "#").

De scores in onderstaande tabel zijn niet direct onderling te vergelijken, omdat het om verschillende typen gegevens gaat. Zo zijn er de direct telbare (op basis van casuïstiek) dodelijke slachtoffers (bv wegverkeer)

maar ook epidemiologisch vastgestelde en berekende aantallen slachtoffers (bv lucht, geluid). De onderwerpen waar "nul doden" staat betreffen deels veiligheidsproblemen waar het aan preventie te danken is dat er geen slachtoffers vallen (het voorkómen van slachtoffers bv bij bodemkwaliteit). Bij onderwerpen als waterveiligheid en omgevingsveiligheid waar ook "nul" gescoord wordt kan een enkel incident echter leiden tot grote aantallen slachtoffers.

Tussen "aantal sterfgevallen per jaar" en "verloren levensjaren (YLL), die tezamen "sterfte" vormen, zit in de scores voor hetzelfde onderwerp soms verschil. Zo valt voor zowel UV-straling als wegverkeer het "aantal sterfgevallen per jaar" in categorie C, terwijl de "verloren levensjaren" (YLL) in categorie E valt. In dit soort gevallen is de tussenliggende score (in dit voorbeeld: D) genomen als eindscore. Voor Legionella in water is zo eindscore C tot stand gekomen. Wanneer het aantal sterfgevallen per jaar bijvoorbeeld cat. B gaf, en YLL cat. C (zoals bij geluid), is de gecombineerde eindscore "B/C" weergegeven. Voor radon/thoron levert dit eindscore C/D op. Voor bodem betreft het expert-schattingen voor VOC's (cat. B) en metalen (cat. A), tezamen A/B.

Tabel G10: Overzicht van effecten op gezondheid: sterfte en ziekte.

Onderwerp	Score gezondheid	
	(vroegtijdige) Sterfte	Ziekte(jaarequivalenten)
Asbest	A	#
Bestrijdingsmiddelen (in water)	0	?
Bodemkwaliteit (inclusief grondwater)	A/B	?
Drones/RPAS	?	?
Elektromagnetische velden (EMV)	A	?
Geluid	B/C	E
Hormoon verstorende stoffen	?	?
Kerncentrales	0	0
Ioniserende straling	C/D	C
Luchtkwaliteit	E	E
Microplastics	?	?
Nanomaterialen	?	?
Nieuwe biotechnologie	?	?
Olivijn	?	?
Omgevingsveiligheid	0	0
Schaliegas	?	?
Chemische Stoffen	A/B	D
Ultraviolette straling	D	D
Verkeer lucht	A	#
Verkeer water	B	#
Verkeer spoor	B	#
Verkeer weg	D	E
Waterkwaliteit	C	C
Waterveiligheid	0	0
Zelfsturende auto's	?	?

Schaalindeling	Kleur	Aantal doden / YLL / YLD
?	?	Onbekend / onzeker
#	#	Wel data, niet in juiste (YLD) maat
0		Geen
A		0-10
B		10-100
C		100-1000
D		1000-10.000
E		>10.000

2.3.1 Aandachtspunten bij sterfte

Luchtkwaliteit geeft de hoogste sterfte (inschaling: E). Van fijnstof en NO₂ kan je ziek worden en (vroegtijdig) sterven. Het aantal (vroegtijdige) doden per jaar (16.000) is echter een orde-grootteschatting, de getallen zijn berekend en de mensen die het betreft zijn niet aan te wijzen. Het is gebruikelijker om de effecten van luchtverontreiniging in verlies van levensjaren uit te drukken (YLL). Verder valt sterfte door UV-straling op (inschaling: D). Blootstelling aan UV-straling is de belangrijkste (en toenemende) veroorzaker van huidkanker (50.000 nieuwe gevallen per jaar, 900 doden). De belangrijkste bron voor UV-blootstelling is de zomerzon, en naast de zonnehoogte wordt het stralingsniveau op leefniveau direct beïnvloed door de dikte van de ozonlaag (ozonkolom), bewolking en aerosolen en zomersmogvorming. UV-stralingsniveaus op leefniveau vertonen dan ook een relatie met diverse milieuaspecten, waaronder de mondiale milieuproblemen aantasting van de ozonlaag en klimaatverandering. Ook wegverkeer is ingeschaald op D, met jaarlijks honderden (direct telbare) dodelijke slachtoffers (die binnen 30 dagen na het ongeval overlijden). De blootstelling aan radon/thoron veroorzaakt longkanker en 400 doden per jaar (cat C/D), vooral onder rokers. Ook Legionella, vaak in (drink)water in het buitenland opgedaan, veroorzaakt jaarlijks sterfte (categorie C). En tenslotte valt op dat blootstelling aan geluid (in deze scan voornamelijk door wegverkeer) via klinische gezondheidseffecten (zie hieronder) tot sterfte van tientallen mensen per jaar kan leiden (categorie B/C). Ook hier gaat het weer om berekende aantallen, de mensen die het betreft, zijn niet individueel aanwijsbaar.

2.3.2 Aandachtspunten bij ziekte

Het aantal jaren geleefd in ziekte (YLD) is voor de meeste veiligheidsproblemen waar het gaat om chronische/langdurige blootstelling (zodat ziekte kan ontstaan) bekend, en daar valt qua omvang naast luchtkwaliteit vooral geluid op. Beide leveren naast sterfte (zie hierboven) vooral veel jaren geleefd in ziekte (ziektejaarequivalenten YLD) op. Langdurige blootstelling aan geluid kan tot uiteenlopende gezondheidseffecten leiden, te onderscheiden in welzijnseffecten (zoals hinder en slaapverstoring) enerzijds en meer klinische gezondheidseffecten (zoals gehoorschade en hartvaatziekten) anderzijds. Verder valt verkeer op, dat veel gewonden veroorzaakt, en tenslotte, UV-straling, chemische stoffen en Legionella.

2.3.3 *Algemene aandachtspunten*

- Gegevens uit de verschillende onderwerpen zijn lastig direct met elkaar te vergelijken. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat onderwerpen een verschillende plek hebben in de oorzaak-gevolg-keten. Sommige vormen een directe bedreiging (zoals "chemische stoffen"), sommige vormen een achterliggende oorzaak, of ze vormen een combinatie van beide. Dat laatste geldt voor wegverkeer, dat direct verkeersslachtoffers veroorzaakt, maar ook indirect via luchtverontreiniging ziekte en sterfte veroorzaakt.
- De (deel)onderwerpen vallen uiteen in twee categorieën; zaken waar al blootstelling aan is (bv luchtvervuiling) en zaken waarbij het draait om het voorkomen daarvan (bv omgevingsveiligheid of waterveiligheid). De (beleids)respons is daarbij anders: van mitigatie en/of sanering (van reeds bestaande effecten) tot preventie en zonering (van mogelijke toekomstige effecten).
- Zo zijn er bijvoorbeeld in het verkeer direct aanwijsbare, telbare slachtoffers, maar zijn het bij bijvoorbeeld geluid berekende aantallen slachtoffers. In andere thema's zijn aantallen slachtoffers epidemiologisch vastgesteld, of staat het aantal slachtoffers dat niet mag gaan vallen centraal (preventie).
- Niet alle gegevens zijn van dezelfde kwaliteit. Deze exercitie betreft een eerste orde schatting met zwakke punten en ook daarom zijn de gegevens van verschillende onderwerpen niet goed onderling te vergelijken binnen de invalshoek "gezondheid". Sinds enkele jaren worden voor veel onderwerpen de onderliggende gegevens niet meer in reguliere kennisvragen voor het ministerie van IenM doorgerekend. Dit veroorzaakt fragmentatie van kennis, en maakt de noodzaak zichtbaar van het opnieuw vaststellen van de relaties. In een intern RIVM-project dat net gestart is (COST2HALE) zal een scan als deze breder en geharmoniseerd gedaan gaan worden zodat een betere vergelijking mogelijk zal zijn. Met de huidige stand van zaken is het echter wel mogelijk om zichtbaar te maken waar we te maken hebben met een eventueel omvangrijk en relevant probleem.
- Het presenteren van de ziektelast in verloren levensjaren (YLL) en ziektejaarequivalenten (YLD, samen DALYs) heeft een groot voordeel: het vat informatie over de omvang, ernst en duur van verschillende aandoeningen samen, waardoor de gezondheidseffecten van verschillende milieublootstellingen met elkaar vergeleken kunnen worden. De schattingen zijn een vereenvoudigde weergave van een complexe werkelijkheid. Daarom is het belangrijk om de achtergrond van de schattingen te schetsen; bijvoorbeeld hoe 'het milieu' gedefinieerd is (afbakening) en welke effecten (gedeeltelijk) niet konden worden uitgerekend door een gebrek aan gegevens. De statistische onzekerheid in de schattingen wordt vaak wel vermeld door een boven- en ondergrens aan te geven, maar dat is maar een heel beperkt deel van de totale onzekerheid (Knol, AB 2009 Env Health 2009, 8:21). Door verschillen in afbakening en aannames kunnen DALY's uit verschillende studies niet goed met elkaar vergeleken worden. Dit is bijvoorbeeld beschreven in een studie waarin binnenmilieu DALY's van de internationale EnVIE studie

voor Nederland zijn vergeleken met binnenmilieu DALY schattingen van het RIVM (Schram-Bijkerk et al 2012). De schatting van de totale ziektelast door het binnenmilieu uit de EnVIE studie was 1,5 keer zo hoog als de bovengrens van de RIVM-schatting (73.000 vs 7.000-52.000) en ook de ordening van blootstellingen naar omvang van de effecten verschilde. De belangrijkste oorzaak van dit verschil was dat EnVIE ook de blootstelling aan luchtverontreiniging binnenshuis, geproduceerd door bronnen buitenshuis, meenam in de berekeningen. RIVM deed dit niet, om een dubbeltelling te voorkomen met de ziektelast door luchtverontreiniging in de buitenlucht. In deze beleidsonderbouwing zijn de belangrijkste aannames bij de verschillende DALY-studies vermeld in de tekst. Voorzichtigheid blijft dus geboden bij het trekken van conclusies omtrent bijvoorbeeld de rangordering van belangrijke veroorzakers van milieu-gerelateerde ziektelast, zeker als ze uit verschillende studies komen.

- De cumulatie van risico's is niet meegenomen in deze scan. In een andere studie die in het kader van BOV is uitgevoerd is dit aspect besproken (Kleinjans et al. 2016).
- In dit hoofdstuk zijn zoveel mogelijk harde wetenschappelijke gegevens verzameld over gezondheid. Bij gezondheid echter speelt de "zachte kant", in BOV de *mindware* genoemd, vaak een cruciale rol, hoe worden risico's beleefd en geaccepteerd? Zo is er een groot verschil tussen al dan niet vrijwillig een risico lopen. De risico's van het verkeer waarbij iemand zelf kiest achter het stuur van een auto te stappen worden anders ervaren dan de risico's m.b.t. een kerncentrale of wonen op vervuilde grond. De "zachte kant" speelt ook een rol in zogenaamde 'somatisch onvoldoende verklaarde lichamelijke klachten' (SOLK), ook wel aangeduid met 'niet-specifieke lichamelijke klachten'. Naar schatting is een derde van de klachten die bij de huisarts gepresenteerd worden niet voldoende verklaard m.a.w. zonder duidelijke diagnose. Vaak schrijven mensen zelf de klachten toe aan externe factoren zoals laag frequent geluid, chemische stoffen, of elektromagnetische velden (zie bijvoorbeeld Baliatsas et al., 2012). Er wordt in dat geval wel gesproken over Hypersensitiviteit voor milieufactoren of Idiopathische Milieuintoleranties (WHO). Deze klachten worden vaak niet serieus genomen en behandeling ervan wordt niet vergoed, maar er zijn wel financiële implicaties (denk aan ziekteverzuim, alternatieve geneeskunde, beschermingsmaatregelen). Over de ziektelast is kwantitatief nog weinig bekend, terwijl een stijging van dit type klachten gaande lijkt (bijvoorbeeld gerelateerd aan nieuwe technologie, onvermijdbare blootstellingen, inenting etc.). In Hoofdstuk vier over maatschappelijke impact komt een aantal aspecten van "mindware" aan bod.

2.4 Referenties

Inleiding

- RIVM Volksgezondheid Toekomst Verkenning (VTV) 2014 "Een gezonder Nederland" <http://www.eengezondere nederlandse.nl/>

Lucht

- P.H. Fischer, M. Marra, C.B. Ameling, G. Hoek, R. Beelen, K. de Hoogh, O. Breugelmans, H. Kruize, N. A.H. Janssen, D. Houthuijs. Air Pollution and Mortality in Seven Million Adults: The Dutch Environmental Longitudinal Study (DUELS). Environ. Health Perspect. 2015 123(7): 697-704. doi:10.1289/ehp.1408254.
- Gezondheidsraad. Meewegen van gezondheid in omgevingsbeleid. Evenwichtig en rechtvaardig omgaan met risico's en kansen. Den Haag: Gezondheidsraad, 2016; publicatienr. 2016/12.
- O. Hänninen, A.B. Knol, M. Jantunen, T. Lim, A. Conrad, M. Rappolder, P. Carrer, A. Fanetti, R. Kim, J. Buekers, R. Torfs, I. Iavarone, T. Classen, C. Hornberg, O.C.L. Mekel, the EBoDE Working Group. Environmental Burden of Disease in Europe: Assessing Nine Risk Factors in Six Countries. Environ. Health Perspect. 2014;122(5):439-46. doi: 10.1289/ehp.1206154.
- Knol A, van Velze K, Fischer P, Kunseler E, van Bree L. Interpretatie van vroegtijdige sterfte door luchtverontreiniging, Milieu Dossier 2009; 15(1): 20-22.
- RIVM, Luchtkwaliteit en gezondheidswinst, 2015 ([http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen Actueel/Uitgaven/Milieu Leefomgeving/Gezondheidswinst door schone lucht](http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Uitgaven/Milieu_Leefomgeving/Gezondheidswinst_door_schoonere_lucht))
- Roels et al. (2014). Gezondheid en veiligheid in de omgevingswet. Doelen, normen en afwegingen bij de kwaliteit van de leefomgeving. RIVM Rapport 2014-0138.

Bodem

- Biometals (2004). <http://www.springerlink.com/content/ugn3nm34l85xulx1/> 2004. Themanummer over gezondheidsaspecten van Cd-verontreiniging via bodem en andere routes, nierschade en botaandoeningen, itai-itai, zijn de bekendste gezondheidseffecten van cadmium.
- Compendium voor de leefomgeving (2015). <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0261-Risico%27s-van-bodemverontreiniging.html?i=3-125> (gezien 9 april 2015).
- EFSA (2010). Scientific opinion on lead in food. The EFSA Journal Volume 8, Issue 4, April 2010.
- EFSA (2014). Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. The EFSA Journal 12 (3):3597.
- Fast T, Van den Hazel PJ, Van de Weerd DHJ (2012). Gezondheidseffectscreening, Gezondheid en milieu in ruimtelijke planvorming. GGD-publicatie, Versie 1.6, juni 2012.
- Integraal Kankercentrum Zuid (2007). Cadmium in de Kempen: een statistische analyse van kankerincidenties. Integraal Kankercentrum Zuid, Eindhoven, 29 januari 2007, ML/07.052ond

- Natuur- en Milieu Planbureau (2006). Maatschappelijke Kosten Baten Analyse Bodemsanering (MKBA – BOSA). Plan van Aanpak / Probleemafbakening. Rapport 500122001/2006 en 2007 (inclusief herziening).
- Naujokas MF, Anderson B, Ahsan H, Aposhian HV, Graziano JH, Thompson C, Suk WA (2013). The broad scope of health effects from chronic arsenic exposure: update on a worldwide public health problem. *Environ. Health Perspect.* 121, 295–302.
- Nawrot T, *et al.* (2006). Environmental exposure to cadmium and risk of cancer: a prospective population-based study. *Oncology.thelancet.com* online publication January, 16, 2006.
- Oomen AG *et al.* (2007). Cadmium in de Kempen: een integrale risicobeoordeling. RIVM Rapport 320007001.
- Oomen AG, Bukkers, BGH, Baars AJ, Versluijs CW, Otte PF (2010). Relatie bodemverontreiniging en gezondheid : Wat zijn de mogelijkheden om de gezondheidsrisico's door bodemverontreiniging te kwantificeren? RIVM Rapport 607050006.
- Otte *et al.* (2015). Diffuse loodverontreiniging in de bodem: advies voor een gemeenschappelijk beleidskader. RIVM Rapport 2015-0204.
- Staessen JA, Roels HA, *et al.* (1999) Environmental exposure to cadmium, forearm bone density and risk fractures. A prospective population study in Belgium, *Lancet* 353, 11400-1144.
- Swartjes FA, Cornelis C (2011). Human health risk assessment. Chapter 5 in Swartjes FA, editor. *Dealing with Contaminated sites. From theory towards practical application.* Springer publishers, Dordrecht; 2011.
- Van Wezel RAP, Franken OG, Drissen E, Versluijs CW, Van den Berg R (2007). Maatschappelijke Kosten-BatenAnalyse van de Nederlandse bodemsaneringsoperatie (Herziene versie). MNP Rapport 500122002/2007.

Waterkwaliteit

- Bijkerk *et al.* (2015). State of Infectious Disease in The Netherlands. RIVM Report 2016-0069.
- Inspectie Leefomgeving en Transport (2015). De kwaliteit van het drinkwater in Nederland in 2014.
- Teirlinck *et al.* (2016) Annual report: Surveillance of influenza and other respiratory infections in the Netherlands: winter 2015/2016. RIVM Report 2016-0071.
- Versteegh JFM, Brandsema PS, Van der Aa NGFM, Dik HHJ, De Groot GM (2007) Evaluatie legionellapreventie Waterleidingwet. RIVM rapport 703719020/2007.

Waterveiligheid en natuurrampen

- Nationaal Veiligheidsprofiel 2016. Een All Hazard overzicht van potentiële rampen en dreigingen die onze samenleving kunnen ontwrichten. Analistennetwerk Nationale Veiligheid
- PBL, Maatschappelijke ontwrichting en overstromingen, 2014
- PBL, Van Risicobeoordeling naar adaptatiestrategie - Risicobeoordeling klimaateffecten bij rapport 'Aanpassen aan klimaatverandering', Achtergrondstudie, 2015

- Nationale Risico Beoordeling 6. Analistennetwerk nationale Veiligheid. Editor M.G. Mennen. RIVM 2014.

Geluid

- O. Hänninen, A.B. Knol, M. Jantunen, T. Lim, A. Conrad, M. Rappolder, P. Carrer, A. Fanetti, R. Kim, J. Buekers, R. Torfs, I. Iavarone, T. Classen, C. Hornberg, O.C.L. Mekel, the EBoDE Working Group. Environmental Burden of Disease in Europe: Assessing Nine Risk Factors in Six Countries. Environ. Health Perspect. 2014;122(5):439-46. doi: 10.1289/ehp.1206154.
- Gezondheidsraad: Commissie geluid en gezondheid. Geluid en gezondheid. Den Haag: Gezondheidsraad, 1994.
- Gezondheidsraad. Over de invloed van geluid op de slaap en de gezondheid. Den Haag: Gezondheidsraad, 2004.
- Berglund B, Lindvall Th, Schwela DH (eds), Guidelines for community noise. 1999, World Health Organization: Geneva.
- World Health Organization, Night noise guidelines for Europe. 2009, Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- World Health Organization, Burden of disease from environmental noise - Quantification of healthy life years lost in Europe. 2011, WHO Regional Office for Europe: Copenhagen.

Straling

- European Commission, Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks. Opinion on Biological effects of ultraviolet radiation relevant to health with particular reference to sunbeds for cosmetic purposes, 17 November 2016.
- http://www.rivm.nl/Onderwerpen/U/UV_ozonlaag_en_klimaat
- [http://www.rivm.nl/Onderwerpen/S/Stralingsbelasting_in Nederl and](http://www.rivm.nl/Onderwerpen/S/Stralingsbelasting_in_Nederl_and)
- [http://www.rivm.nl/Onderwerpen/S/Stralingsbelasting_in Nederl and/Afbeeldingen/Stralingstaart 2016](http://www.rivm.nl/Onderwerpen/S/Stralingsbelasting_in_Nederl_and/Afbeeldingen/Stralingstaart_2016)
- [http://www.rivm.nl/Onderwerpen/S/Stralingsbelasting_in Nederl and/Aandeel per stralingsbron](http://www.rivm.nl/Onderwerpen/S/Stralingsbelasting_in_Nederl_and/Aandeel_per_stralingsbron)
- Nederlandse Kankerregistratie (2016), beheerd door IKNL; <http://www.cijfersoverkanker.nl> (raadpleging april 2016)
- Slaper, H, A van Dijk, P den Outer, H van Kranen, L Slobbe (2017). UV-straling en gezondheid: Probleemveld en kennisbasis bij RIVM, RIVM rapport 2017-0074, 2017
- Smetsers et al. (2015). Radon en thoron in Nederlandse woningen vanaf 1930: Resultaten RIVM-meetcampagne 2013-2014. RIVM Rapport
- Smetsers, R. (2017). Woningen in Nederland met mogelijk hogere radonconcentraties. RIVM rapport 2017-0032
- Van Dijk A. et al (2013). Skin cancer risks avoided by the Montreal protocol - Worldwide modelling Integrating coupled Climate-Chemistry Models with a risk model for UV, Photochemistry and Photobiology,89:234-246.

Elektromagnetische velden

- Van der Plas M, Houthuijs DJM, Dusseldorp A, Pennders RMJ en Pruppers MJM (2001) Magnetische velden van hoogspanningslijnen en leukemie bij kinderen. RIVM rapport 610050007.

- Pruppers MJM (2004). 'Blootstelling aan extreem laag frequente elektromagnetische velden van hoogspanningslijnen' - Herberekening naar aanleiding van het KEMA/RIVM onderzoek naar de kosten en baten van maatregelen ter beperking van magnetische velden bij hoogspanningslijnen. RIVM Briefrapport 032/2003.
- http://www.rivm.nl/Onderwerpen/E/Elektromagnetische_Velden/EMV_in_het_dagelijks_leven
- Baliatsas C, Van Kamp I, Lebet E, Rubin GJ. Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): a systematic review of identifying criteria. BMC Public Health. 2012 Aug 11;12:643. doi: 10.1136/bmjopen-2013-002933.

Kerncentrales

- Website over stralingsbronnen:
http://www.rivm.nl/Onderwerpen/S/Stralingsbronnen_reguleerbaar/Stralingsbelasting/Nucleaire_installaties
- Website over stralingsbelasting:
<http://www.rivm.nl/stralingsbelasting>
- Analistennetwerk Nationale Veiligheid (2016). NVP Themarapport Themarapportage Zware ongevallen,
https://www.nctv.nl/binaries/Nationaal%20Veiligheidsprofiel%202016_tcm31-232083.pdf

Stoffen:

- O. Hänninen, A.B. Knol, M. Jantunen, T. Lim, A. Conrad, M. Rappolder, P. Carrer, A. Fanetti, R. Kim, J. Buekers, R. Torfs, I. Iavarone, T. Classen, C. Hornberg, O.C.L. Mekel, the EBoDE Working Group. Environmental Burden of Disease in Europe: Assessing Nine Risk Factors in Six Countries. Environ. Health Perspect. 2014;122(5):439-46. doi: 10.1289/ehp.1206154.

Asbest

- Burdorf, A., e.a., (1997). Schatting van asbestgerelateerde ziekten in de periode 1996-2030 door beroepsmatige blootstelling in de periode 1996-2030 door beroepsmatige blootstelling in het verleden, Vuga, 's Gravenhage.
- Burdorf, A., S. Siesling, H. Sinninghe Damsté (2005a). Regionale spreiding van het maligne mesothelioom. Deelrapport 1.
- Burdorf, A., S. Siesling, H. Sinninghe Damsté (2005b). Invloed van milieublootstelling aan asbest in de regio rond Goor op het optreden van maligne mesothelioom onder vrouwen. Deelrapport 2.
- Dahhan, M., A. Burdorf, P. Swuste (2003). Beroepsachtergrond van patiënten met asbestgerelateerde ziekten in Nederland. Tijdschrift voor toegepaste Arbowetenschap (2003) nr 3: 59-64
- Gezondheidsraad (2010). Asbest: Risico's van milieu- en beroepsmatige blootstelling. Gezondheidsraad, Den Haag. Publicatie nr. 2010/10
- IES (2015). Website Instituut Asbestslachtoffers.
<http://www.asbestslachtoffers.nl/CMS/show.do?ctx=637278,364853&anav=644058> (bezoekt 18 maart 2015)

- Segura, e.a., (2003). Update of predictions of mortality from pleural mesothelioma in the Netherlands, *Occup Env Med* (60):50-55.
- Tempelman J, P.C. Tromp, F.A. Swartjes, A.B. Knol (2010). Praktische consequenties van het advies van de Gezondheidsraad inzake asbest 2010. TNO-034-UT-2010-01344 / RIVM 607647001 Een gezamenlijk rapport van TNO en RIVM 10 augustus 2010.

Wegverkeer

- De verkeersveiligheid in 2020 en 2030, Prognoses voor de aantallen verkeersdoden en ernstig verkeersgewonden. SWOV 2015.
- Ernstig verkeersgewonden 2014; schatting van het aantal ernstig verkeersgewonden in 2014. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid. Rapport-2015-18.

Spoorverkeer

- Jaarverslag 2013 van de Nationale Veiligheidsinstantie Spoor, Inspectie voor de Leefomgeving en Transport.

Verkeer op water

- Staat van de veiligheid in de leefomgeving en het transport, publicatie van de Inspectie voor de Leefomgeving en Transport, 2014.

Luchtverkeer

- Staat van de veiligheid in de leefomgeving en het transport, publicatie van de Inspectie voor de Leefomgeving en Transport, 2014.

Nieuwe biotechnologie

- Beleidsreactie Trendanalyse Biotechnologie (2016), Kamerstukken 27 428, nr. 330.
- Commissie Genetische Modificatie (COGEM), Gezondheidsraad (2016). Trendanalyse biotechnologie 2016, Regelgeving ontregeld. COGEM; Bilthoven.
- Heselmans, M. (2017). Genetische verandering in een hogere versnelling, NRC (1 april).
- Keulemans, M. (2015). Wetenschap zet rem op 'superbaby'-techniek, de Volkskrant (5 december).
- Keulemans, M. (2016a). Nog even en deze biotechnologie laat lelies naar rozen ruiken, de Volkskrant (13 februari).
- Keulemans, M. (2016b). De wetten van de erfelijkheid zijn gekraakt, de Volkskrant (26 augustus).
- RIVM website:
<http://www.rivm.nl/Onderwerpen/B/Biotechnologie> (bezocht oktober 2016)

Nanomaterialen

- Bleeker et al. (2015). Assessing health & environmental risks of nanoparticles: Current state of affairs in policy, science and areas of application. RIVM Report 2014-0157.

Conclusies en Discussie

- D. Schram-Bijkerk, E.E. van Kempen, A.B. Knol. The burden of disease related to indoor air in the Netherlands: do different methods lead to different results? *Occup. Environ. Med.* 2013;70(2):126-32. doi: 10.1136/oemed-2012-100707.
- Baliatsas C, Van Kamp I, Lebret E, Rubin GJ. Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF): a systematic review of identifying criteria. *BMC Public Health.* 2012 Aug 11;12:643. doi: 10.1136/bmjopen-2013-002933.
- Kleinjans et al (2016). Cumulatie in risico- en veiligheidsvraagstukken. Verkenning.

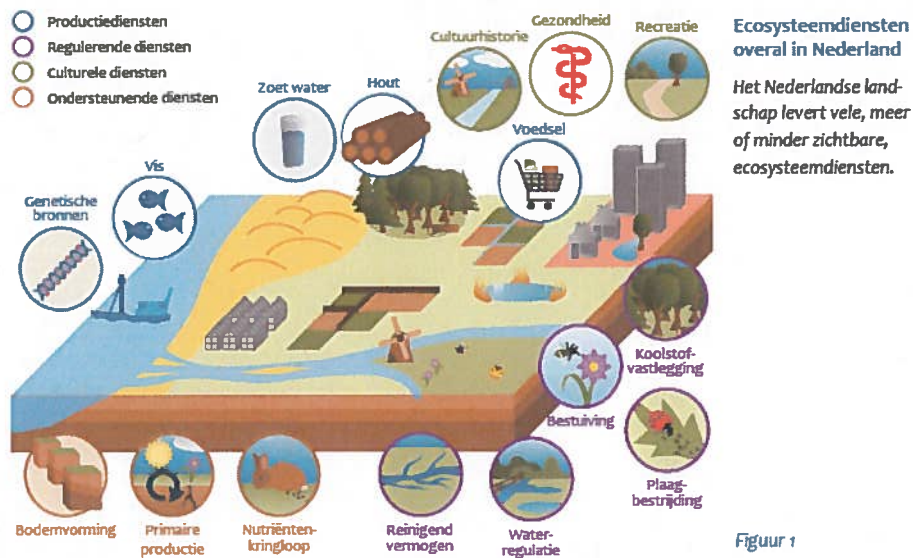
3 Impact op ecologie

3.1 Inleiding

De veiligheidsbenadering in het Nederlandse milieu- en veiligheidsbeleid gaat ver terug. De Nederlandse grondwet stelt: "De zorg van de overheid is gericht op de bewoonbaarheid van het land en de bescherming en verbetering van het leefmilieu". De Europese samenwerking richt zich eveneens op een hoog niveau van bescherming van mens en milieu. Naast de zorg voor veiligheid tegen bedreigingen vanuit de leefomgeving kennen we al lang en breed de zorg voor veiligheid van de leefomgeving. Op internationaal niveau is deze zorg gaandeweg onderstreept door de invoering van het sleutelbegrip 'ecosysteemdiensten' door de Verenigde Naties. Het gaat bij ecosysteemdiensten om de volgende diensten):

- Productiediensten: ecosystemen leveren producten, zoals voedsel, water, hout en genetische bronnen.
- Regulerende diensten: mensen benutten het regulerende vermogen van ecosystemen, bijvoorbeeld bij biologische plaagbestrijding in de landbouw, het vastleggen van koolstof door bomen of bestuiving door insecten.
- Culturele diensten: ecosystemen leveren niet-materiële diensten, zoals recreatie, gezondheid, historische, ethische en esthetische zaken.
- Ondersteunende diensten: zoals bodemvorming, de nutriëntenkringloop en de primaire productie, noodzakelijk voor de andere ecosysteemdiensten.
- Nederlandse ecosystemen leveren al sinds jaar en dag diensten met een maatschappelijk belang. Het zijn niet alleen ecosystemen in natuurgebieden die dergelijke diensten leveren. Ook het agrarisch gebied, rivieren, zee en de stad leveren ecosysteemdiensten.¹⁴

¹⁴ <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/500414002.pdf>



Figuur E1: Ecosysteemdiensten in Nederland. Bron: PBL¹⁴

Het is dus zaak om het milieu te beschermen en zo ons 'life support system' in stand te houden. Zo kunnen we blijven profiteren van de producten en diensten die ecosystemen ons leveren. De bescherming van de leefomgeving (het milieu) en zijn ecosysteemdiensten tegen negatieve effecten van activiteiten is een van de maatschappelijke opgaven voor het veiligheidsbeleid. De onderwerpen zoals genoemd in tabel E2 zijn het vertrekpunt voor een inventarisatie van effecten en van indicatoren voor een goede toestand. Om te komen tot een wetenschappelijk onderbouwde typering en beoordeling worden zowel evaluaties van meetgegevens als *expert judgement* gebruikt. De inventarisatie is niet gericht op een alomvattende 'staat van de leefomgeving'. Het gaat om een scan van de impact van de maatschappelijke activiteiten. Hiertoe zijn de volgende stappen gemaakt:

1. Eerste analyse door RIVM experts: wat kenmerkt de activiteit?
2. Beschrijving bedreigingen in kenmerken en kentallen,
3. Waarderen en karakteriseren van de effecten / risico's.

3.1.1 Eerste 'expert elicitation' door RIVM experts

De eerste beoordeling van het ecologische effect per activiteit (tabel E2) heeft plaatsgevonden middels een 'expert elicitation' met experts op het gebied van bodem, water, lucht en biodiversiteit (experts van RIVM, domein Milieu & Veiligheid)¹⁵. Hierbij stond centraal hoe groot het ecologisch effect in Nederland dat met deze onderwerpen wordt geassocieerd, is, en wat kenmerkend is voor een waardering van een bepaald onderwerp. Tijdens de werksessie zijn de onderwerpen in groepsverband bediscussieerd. De uitkomsten van de werksessie reflecteren een consensus beoordeling van de groep RIVM experts. Daarin zijn ook andere onderwerpen benoemd, die relevant zijn voor het

¹⁵ Werksessie op 5 april 2016. Experts: Prof Dr D van de Meent; Dr J-P Hettelingh; Dr M Rutgers; Prof Dr AM Breure, Drs T Schouten.

perspectief ecologie. Hierbij is gebruik gemaakt van de onderstaande schaalindeling (tabel E1). Deze eerste beoordeling geeft een indruk van de mate van ecologisch effect van maatschappelijke activiteiten en van de complexiteit van het perspectief ecologie. Deze opbrengst is als basis voor de verdere uitwerking genomen.

3.1.2 *Beschrijving in kenmerken en kentallen*

Per activiteit is vervolgens geschetst hoe de beleidsdoelen geformuleerd zijn en vertaald zijn naar maatregelen of naar indicatoren van succesvol beleid. Het beleid is gericht op het beheersen van de bronnen die het milieu beïnvloeden, of op het verbeteren van de kwaliteit van milieucompartimenten. Beleidsdoelen blijken doorgaans in termen van maatregelen, emissies of immissies geformuleerd te zijn, maar zelden in termen van ecologische effecten of ecosysteemdiensten. Dit maakt een vergelijking tussen onderwerpen op beleidsdoelen of op daadwerkelijke ecologische effecten moeilijk. De onderwerpen kunnen wel kwalitatief langs meerdere assen vergeleken worden door gebruik te maken van de milieufactoren die van oudsher onderscheiden worden in het milieubeleid¹⁶:

- versnippering, verdroging, (infra)structurele ingrepen (ruimte)
- vermesting en verzuring (nutriënten),
- aanwezigheid van milieugevaarlijke stoffen (stoffen),
- klimaatverandering (klimaat).

Deze milieufactoren hebben invloed op de toestand en ontwikkeling van de natuur, of vormen een (potentieel) ecologisch risico. Daarin wordt ook overwogen of het oordeel over het ecologisch effect gebaseerd is op de actuele situatie (effect: de situatie is goed/slecht) of op het vermogen om de ecologie te verstoren (risico: de condities zijn goed/slecht). Vaak zijn fysieke ingrepen bepalender dan nutriënten en die weer bepalender dan stoffen, maar per type ecosysteem en per locatie zal deze hiërarchie van milieufactoren verschillen.

Tabel E1: Schaalindeling ecologisch effect of risico

Schaalindeling	Omschrijving
?	Onbekend of weinig bekend effect
0	Geen (noemenswaardig) effect
A	Klein effect
B	Matig effect
C	Aanzienlijk effect
	Groot effect
E	Zeer groot effect

3.1.3 *Waarderen en karakteriseren van de risico's*

Het resultaat is een overzicht van de onderwerpen met een kwalitatieve effectscore, met een nadere aanduiding welke milieufactoren een rol spelen. De scores worden gekwalificeerd worden met beschikbare informatie (zoals evaluaties van meetgegevens en trendberekeningen) en de overwegingen van experts (duiding). Op deze manier wordt hier een beeld geschetst van de relevantie van een onderwerp voor de

¹⁶ <http://www.clo.nl/indicatoren/nl1091-inleiding-natuur-en-milieu?i=9-55>

invalshoek ecologie. Tegelijk laat deze beoordeling de diversiteit en complexiteit van het perspectief ecologie zien.

Tabel E2: Beoordeling van ecologische effecten per onderwerp

Onderwerpen	Score
Asbest	0
Bestrijdingsmiddelen (in water)	E
Bodemkwaliteit (inclusief grondwater): metalen en organische stoffen	C
Drones/RPAS	0
Elektromagnetische velden (EMV)	A
Geluid	B
Hormoonverstorende stoffen	
Nucleaire installaties	A
Stralingsbronnen	0
Luchtkwaliteit	C
Microplastics	?
Nanomaterialen	?
Nieuwe biotechnologie	A
Olivijn	?
Omgevingsveiligheid	A
Schaliegas	?
Stoffen	C
Ultraviolette straling	0
Verkeer lucht	A
Verkeer spoor	
Verkeer water	
Verkeer weg	
Waterkwaliteit	E
Waterveiligheid	C
Zelfsturende auto's	0

Tabel E3: Andere relevante onderwerpen vanuit de invalshoek ecologie.

Onderwerp	Score
Bodem structuurverandering:	
- Bedekken van de bodem	E
- Bodembewerking	C
- Bodemdaling	E
- Broeikasgassen	E
- Compactie van de bodem	C
- Ontgraven	
Geneesmiddelen in oppervlaktewater	
Ruimtegebruik (infrastructureel)	

3.2 Veiligheidsproblemen gewogen

De in tabel E2 gepresenteerde beoordelingen per onderwerp zijn tot stand gekomen in de hierboven beschreven eerste, RIVM-interne, werksessie met experts. De uitkomsten van de werksessie reflecteren een consensus beoordeling van de werkgroep. Tijdens de werksessie kwamen diverse onderwerpen naar voren die niet direct geassocieerd konden worden met de in tabel E2 aangereikte onderwerpen, maar die wel van significant belang zijn voor ecologie. Deze onderwerpen zijn hierboven in tabel E3 weergegeven. Tijdens de beschrijving van de

onderwerpen is ook nog overwogen of bepaalde veiligheidsproblemen voldoende aan bod zijn gekomen, en of de selectie nog uitgebreid of aangepast kon worden. Dit is ook verwerkt in tabel E3. De emissie van geneesmiddelen naar het watermilieu is later toegevoegd als bedreiging. Het onderwerp Ruimtegebruik (infrastructureel) is niet meegenomen in de verdere beschrijving omdat het als milieufactor betrokken wordt in de beoordeling. De activiteiten die de bodem betreffen zijn gegroepeerd onder Bodem.

3.3 Groepering van onderwerpen

Op basis van de scores zijn de onderwerpen gegroepeerd in onderwerpen met en zonder relevantie voor het perspectief ecologie. In tabel E4 staan de onderwerpen waarvoor de inschatting is dat het belang voor ecologie afwezig tot matig is. Deze aandachtsgebieden worden in dit hoofdstuk niet verder beschreven.

In tabel E5 staan de activiteiten en onderwerpen waarvoor de inschatting is dat het belang voor ecologie aanzienlijk tot ernstig is. Microplastics en nanomaterialen zijn benoemd als relevante, maar nog onzekere risico's. Bij schaliegas werd opgemerkt dat het nu niet wordt toegepast – maar in potentie grote risico's met zich zou meebrengen.

Tabel E4: Groepering van onderwerpen zonder (tenminste) aanzienlijk effect of risico voor de ecologie. Toegevoegd is op welke milieufactoren de activiteit impact heeft [X].

Onderwerp	Score	Milieufactoren			
		Ruimte*	Nutriënten	Stoffen	Klimaat
Asbest	0 of A of B			X	
Drones/RPAS					
Elektromagnetische velden (EMV)					
Geluid		X			
Kerncentrales en stralingsbronnen					
Nieuwe biotechnologie				X	
Olivijn				X	
Omgevingsveiligheid				X	
Verkeer lucht		X			X
Ultraviolette straling					
Waterkwaliteit - drinkwater					
Zelfrijdende auto's					

* Ruimte = versnippering, verdroging, geluid, en (infra)structurele ingrepen

Per veiligheidsprobleem genoemd in tabel E5 wordt hieronder geschetst hoe de beleidsdoelen geformuleerd zijn en vertaald naar maatregelen of naar indicatoren van succesvol beleid. Daarin wordt steeds overwogen of het oordeel over het ecologisch effect gebaseerd is op de actuele situatie (effect) of op het vermogen om de ecologie te verstoren (risico). Dit levert in paragraaf 3.3.1 tot en met 3.3.14 een bundel van korte verhalen op, waarin we niet streven naar volledigheid, maar wel naar een begrip van de belangrijkste gegevens.

Tabel E5: Groepering van onderwerpen met (tenminste) aanzienlijk effect of risico voor de ecologie.

Onderwerp	Score	Milieufactoren			
		Ruimte*	Nutriënten	Stoffen	Klimaat
Bestrijdingsmiddelen (in water)	E			X	
<i>Bodem structuurverandering</i>	<i>C-E</i>	X			X
Bodemkwaliteit (inclusief grondwater) – metalen en organische stoffen	C			X	
<i>Broeikasgassen</i>	<i>E</i>				X
<i>Geneesmiddelen in water</i>	<i>D</i>			X	
Hormoonverstorende stoffen	D			X	
Luchtkwaliteit	C		X		
Microplastics	?			X	
Nanomaterialen	?			X	
Schaliegas	?			X	
Stoffen (ZZS)	C			X	
Verkeer spoor	D	X			X
Verkeer water	D	X	X	X	X
Verkeer weg	D	X			X
Waterkwaliteit oppervlaktewater (mest E, organische stoffen D, metalen D)	E		X	X	
Waterveiligheid	C	X			

* Ruimte = versnippering, verdroging, geluid, en (infra)structurele ingrepen

3.3.1 *Bestrijdingsmiddelen in water*

- Het onderwerp biociden gaat over chemische stoffen en micro-organismen die gebruikt worden om organismen te bestrijden buiten de landbouw. Gegevens over de vrachten ontbreken. Het gaat met name om desinfectie, conservering, plaagdierbestrijding, en antifouling.
- Het onderwerp gewasbeschermingsmiddelen gaat over chemische stoffen en micro-organismen die gebruikt worden om organismen te bestrijden in de landbouw. Het gaat om grote hoeveelheden stoffen (verbruik ca 10 miljoen kg actieve stof in 2014)¹⁷, in principe toxisch, die wijdverbreid in het milieu worden gebracht. De emissie naar water wordt geschat op 17 ton per jaar.
- Gewasbeschermingsmiddelen en biociden mogen alleen worden verhandeld en gebruikt in Nederland, als ze zijn toegelaten. Daartoe beoordeelt het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb) de middelen op werking en (ecotoxicologische) risico's. Om de beoordeling uit te voeren maakt het Ctgb gebruik van een toetsingskader: wet- en regelgeving, nationaal en internationaal beleid en wetenschappelijk-inhoudelijke richtsnoeren. In principe leidt het

¹⁷ <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0015-afzet-gewasbeschermingsmiddelen-in-de-land--en-tuinbouw>

gebruik volgens het gebruiksvoorschrift niet tot onaanvaardbare effecten op het milieu. Het beleid is Europees geharmoniseerd en beoogt een hoog niveau van bescherming middels het systeem van voorafgaande goedkeuring, de uitgebreide gegevensvereisten en de besluitvorming op basis van een risico- en gevarenanalyse.

- Daarnaast voert de overheid een beleid om het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen te verduurzamen, zoals vastgelegd in de Nota 'Gezonde groei, duurzame oogst'¹⁸. Doelen als waterkwaliteit en biodiversiteit zijn direct relevant voor de invalshoek ecologie. In 2023 mogen 'nagenoeg geen overschrijdingen meer plaatsvinden van de milieukwaliteitsnormen'. Eventuele risico's en effecten van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen op de biodiversiteit ('niet-doelwit flora en fauna') worden zo veel mogelijk voorkomen. Het beleid stimuleert vrijwillige verbreding van de teeltvrije zones en inrichting voor functionele agrobiodiversiteit door telers. Het percentage locaties met één of meer overschrijdingen van de milieukwaliteitsnormen bedroeg in 2009 circa 55 procent¹⁹. In welke mate de normoverschrijdingen leiden tot ecologische effecten, is niet vastgesteld.
- Het Beleidsprogramma Biociden²⁰ richt zich op een adequaat middelenpakket en een juist gebruik van toegelaten middelen. Een beleid gericht op verduurzaming wordt zowel nationaal als Europees verkend. Er zijn geen flankerende milieudoelstellingen in het beleid geformuleerd. Biociden zoals antifoulings en rodenticiden zijn bekende toepassingen die in het verleden tot effecten hebben geleid (bijvoorbeeld de effecten van tributyltin op wulken), of berekende risico's hebben (doorvergiftiging van roofvogels met rodenticiden), wat tot een verbod op of beperkingen in het gebruik heeft geleid.

3.3.2 Bodem (structuurverandering)

- De overheid werkt aan beleid voor duurzaam gebruik van de bodem. Dat betekent dat de bodem zo wordt gebruikt dat het de mogelijkheid voor de volgende generaties om in hun behoeften te voorzien niet in gevaar brengt. Ook zij moeten de bodem kunnen gebruiken voor landbouw, natuur, drinkwater en bijvoorbeeld woningbouw.²¹ De kwaliteit van bodem en grondwater zijn nauw verbonden. Verontreiniging van bodem en grondwater door aanvoer via lucht, mest, water, of ander afvalmateriaal dat op de bodem wordt gebracht, laat zich moeilijk reinigen. Fysieke bodemaantasting laat zich moeilijk herstellen. Het bodembeschermingsbeleid richt zich op het voorkómen van het ontstaan van emissies richting de bodem, van immissies van verontreinigende stoffen en op het ontstaan van bodemaantasting door bodembedreigende activiteiten.²² Saneren

18 <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2013/05/14/gezonde-groei-duurzame-oogst-tweede-nota-duurzame-gewasbescherming>

19 http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL2012-evaluatie-duurzame-gewasbescherming-500158001_0.pdf

20 <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-81811.pdf>

21 <http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bodembeleid/>

22 <http://www.bodemrichtlijn.nl>

van ernstig verontreinigde grond is een van de recente speerpunten van het beleid.

- Veranderingen in de structuur van de bodem kunnen grote invloed hebben op de ecologische kwaliteit en langdurig merkbaar zijn. Bodemdaling treedt op bij mijnbouw (gaswinning), inklinken van veen, en ontwateren van klei. Inklinken is het gevolg van de mineralisatie van de veenlaag en draagt bij aan de netto emissie van broeikasgassen. Verzilting van het grondwater is ook daarmee verbonden. Compactie is het verdichten van de bodem door externe krachten (bv landbouwvoertuigen). Het gevolg is dat er minder macroporiën zijn waardoor het voor planten en dieren moeilijker is om er te aarden. Ontgraven is een saneringstechniek waarbij de bodemverontreiniging fysiek verwijderd wordt door middel van graven. Omgekeerd is de suppletie met (zout) zand een activiteit die de bodemkwaliteit raakt. Bedekken van de bodem met mulch of plastic beoogt de teeltomstandigheden voor het gewas te verbeteren. Deze veranderingen kunnen zowel lokaal als regionaal de bodemkwaliteit bepalen. Bodemdaling in veengebieden vraagt om een proactief langetermijnbeleid, in stedelijke gebieden gericht op het vermijden van kosten en in het landelijk gebied gericht op het verbinden van maatregelen tegen bodemdaling met maatschappelijke doelen als natuur- en landschapskwaliteit en het beperken van CO₂-emissie²³.

3.3.3 Bodemkwaliteit – metalen en organische stoffen

- Zware metalen komen van nature voor in de bodem. Daarnaast komen zware metalen in landbouwgronden terecht via kunst- en dierlijke mest, en in bosgronden via de lucht. Hoge zware metaalgehalten in de bodem hebben een negatieve invloed op bodemecosystemen. Hoge (en toenemende) gehalten in de landbouwbodem kunnen bovendien een bedreiging gaan vormen voor de kwaliteit van landbouwgewassen.
- Het beleid is er op gericht om op lange termijn voor alle stoffen de achtergrondwaarde niet te overschrijden. Wanneer de gemeten gehalten aan de achtergrondwaarde worden getoetst, wordt vooral de achtergrondwaarde voor chroom overschreden, op 45% van de bemonsterde locaties. Ook de achtergrondwaarden voor cadmium (12,6%) en lood (11,6%) worden relatief vaak overschreden. De Interventiewaarden, zoals in de Circulaire Bodemsanering 2009 (VROM, 2009) beschreven, worden nergens bereikt. Balansberekeningen laten een daling zien van de netto toevoer van zware metalen naar landbouwgrond. Het laatste decennium ligt de netto toevoer op een stabiel niveau²⁴.
- De gehalten van een aantal persistente organische bestrijdingsmiddelen (organochloorverbindingen als DDT, lindaan en drins) in de bodem liggen in veel gevallen onder de achtergrondwaarde, maar sommige liggen in een deel van Nederland erboven. De Interventiewaarden worden nergens

23 <http://themasites.pbl.nl/balansvandeleeftomgeving/jaargang-2016/themas/water>

24 <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0265-jaarlijkse-ophoping-van-zware-metalen-in-de-bodem?i=11-14>

bereikt. Het beleid is er op gericht om op lange termijn het niveau van de achtergrondwaarde niet te overschrijden. De genoemde stoffen zijn inmiddels verboden²⁵.

3.3.4 Broeikasgassen

- Volgens het IPCC (2007) is het zeer waarschijnlijk (meer dan 90 procent kans) dat het grootste deel van de opwarming van de aarde in de laatste vijftig jaar is toe te schrijven aan door de mens uitgestoten broeikasgassen als kooldioxide, methaan en lachgas.²⁶ Deze opwarming heeft effect op het klimaat en daarmee op zowel de natuur als de veiligheid voor mensen. De leefgebieden voor koude- en warmte-tolerante soorten verschuiven, terwijl de bestaande populaties zich niet (tijdig genoeg) kunnen verplaatsen. De ontwikkelingsperiode van prooien en predators kunnen uit de pas raken. Nieuwe (of invasieve) soorten kunnen zich snel uitbreiden en tot plaagvorming leiden, bij gebrek aan natuurlijke vijanden. Nieuwe ziekteverwekkers (en hun vectoren) kunnen zich vestigen. Veranderingen in het weer en neerslagpatronen kunnen onder andere de voedselveiligheid (security) en waterveiligheid bedreigen. Doelstellingen om de emissie van broeikasgassen te verminderen zijn gericht op het beperken van de temperatuurstijging op termijn, niet op het volledig voorkomen ervan. Effecten van deze opwarming zijn reeds merkbaar.²⁷
- In Nederland wordt het de laatste jaren warmer. In de afgelopen eeuw is de jaargemiddelde temperatuur met ongeveer 1,5°C gestegen. De tien warmste jaren sinds 1901 vallen alle na 1989. De natuur reageert op deze klimaatverandering. De planten- en diersoorten die zich de afgelopen eeuw in Nederland gevestigd hebben, zijn voor een groot deel afkomstig uit warmere, zuidelijke streken, terwijl er maar weinig soorten van noordelijke herkomst zijn verschenen.
- Er zijn vele voorbeelden van toename van zuidelijke soorten voorhanden bij allerlei soortgroepen, zoals de wespenspin, de eikenprocessierups, het plooiwaaierje (een paddenstoel) en diverse soorten korstmossen. Ook in het zoute water zijn soorten van zuidelijke herkomst in opkomst, zoals de kleine heremietkreeft en de druipzakpijp en de vissoorten schurftvis en kleine pieterman.
- Niet elke toename van zuidelijke soorten in Nederland is toe te schrijven aan klimaatverandering. Een aantal nieuwkomers heeft een voorkeur voor steden en industriegebieden. Deze 'versteende' gebieden hebben door hun aard een warmer klimaat dan het omringende platteland.
- Behalve het veranderen van het verspreidingsgebied van soorten verschuiven ook het tijdstip van groeien en bloeien van planten en het broedseizoen van vogels. Dat zou gevolgen kunnen krijgen voor de broedvogelstand, vooral bij soorten die in Afrika overwinteren.

25 <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0264-bestrijdingsmiddelen-in-de-bodem?i=11-14>

26 <http://www.clo.nl/onderwerpen/klimaatverandering>

27 <http://www.clo.nl/indicatoren/nl1091-inleiding-natuur-en-milieu?ond=20883>

- Deze meest recente internationale afspraken (Parijs) zijn gericht op het beperken van de gemiddelde temperatuurstijging met 1,5 tot 2 graden.

3.3.5 *Resten van geneesmiddelen*

- Gerekend in kilogrammen werkzame stof is de geschatte belasting van geneesmiddelen op het oppervlaktewater ongeveer 10 keer hoger dan dat van gewasbeschermingsmiddelen. De geschatte belasting van het oppervlaktewater door industriële stoffen is wederom vele malen (circa 10x) hoger dan de belasting van geneesmiddelen, maar geneesmiddelen en bestrijdingsmiddelen zijn gemaakt om biologisch actief te zijn en hebben doorgaans zeer lage veilige concentraties. De emissies van industriële stoffen en gewasbeschermingsmiddelen naar water zijn de afgelopen jaren gedaald. Het gebruik en de belasting door geneesmiddelen nemen toe, terwijl de emissies van gewasbeschermingsmiddelen lijken te stabiliseren – en het beleid gericht is op een verregaande reductie daarvan.
- Geneesmiddelen worden niet uitgebreid en stelselmatig gemonitord. Slechts enkele waterkwaliteitsnormen voor geneesmiddelen zijn beschikbaar. Van een vijftal geneesmiddelen is bekend dat ze in concentraties gemeten worden boven de veilige concentratie.

3.3.6 *Hormoonverstorende stoffen*

- Hormoonontregelaars kunnen ernstige gevolgen hebben voor het milieu. De Europese Commissie heeft in juni 2016 een voorstel gepresenteerd voor wetenschappelijke criteria voor de identificatie van hormoonverstorende stoffen. Wanneer de criteria eenmaal zijn vastgesteld, zullen deze worden gehanteerd bij de goedkeuring van chemische stoffen op Europees niveau.²⁸
- Daarnaast worden hormoonverstorende stoffen ook gebruikt in medicijnen (o.a. tegen diabetes), voedingssupplementen (fyto-estrogenen bij overgangsklachten), en worden aanzienlijke vrachten natuurlijke hormonen zoals estradiol en estron via mest en rioolwaterzuivering in het milieu gebracht.

3.3.7 *Luchtkwaliteit*

- Het doel van het Europese, en daarmee het Nederlandse, luchtkwaliteitsbeleid is om duurzame beschermingsniveaus voor de gezondheid van de mens en de natuur te bereiken. Hiervoor wordt beleid ingezet dat erop is gericht om de emissies te verminderen en de luchtkwaliteit te verbeteren. Voor de stoffen zwaveldioxide (SO₂), stikstofoxiden (NO_x), ammoniak (NH₃) zijn emissiedoelstellingen geformuleerd²⁹. Deze stoffen staan ook centraal in milieufactoren vermessing en verzuring (nutriënten). De atmosferische depositie met nutriënten als SO₂, NO_x en NH₃, wordt als beperkende factor gezien voor het herstel en voortbestaan van (schrale) natuurgebieden. In potentie is de

28 http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-2152_nl.htm

29 <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0230-nationale-luchtkwaliteit-beleid?i=14-65>

voortdurende emissie van deze stoffen een aanzienlijk risico voor het perspectief ecologie (score C).

- De emissies van zwaveldioxide, stikstofdioxide, ammoniak, fijn stof en vluchtige organische stoffen (methaan uitgezonderd: NMVOS) zijn sterk afgenomen sinds 1990. Met uitzondering van ammoniak liggen de emissies in 2014 allen onder het Europese afgesproken National Emission Ceiling (Nationaal emissieplafond) (NEC) vanaf 2010³⁰. Ammoniak zit nog ongeveer 5% boven de NEC.
- Met behulp van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) meet het RIVM de luchtkwaliteit in Nederland.³¹

3.3.8 *Microplastics*

- Microplastics komen op grote schaal in het milieu voor. De microplastics zijn kleine vaste kunststof deeltjes (kleiner dan 5 millimeter) en zijn slecht oplosbaar in water en niet afbreekbaar.
- De inschatting is dat microplastics een aanzienlijk risico voor het milieu vormen. Doordat microplastic een verzamelterm is voor zeer diverse materialen³², is het niet bekend bij welke concentraties van microplastic er effecten op het ecosysteem ontstaan.

3.3.9 *Nanomaterialen*

- Nanomaterialen worden niet gereguleerd binnen een eigen wet- en regelgeving. Binnen de huidige wettelijke kaders (zowel binnen Nederland als binnen de EU) zijn producenten en importeurs van stoffen (inclusief nanomaterialen) wel verplicht om veilige producten op de markt te brengen³³.
- Het is duidelijk dat nanomaterialen zich anders gedragen dan 'gewone' stoffen, waardoor onzeker is of de bestaande methoden voor risicobeoordeling adequaat zijn. Het RIVM is volop bezig met het ontwikkelen van methoden voor risicobeoordeling.

3.3.10 *Schaliegas*

- Schaliegas is aardgas dat zit opgesloten in hard gesteente in de diepe ondergrond. Het kabinet heeft in juli 2015 besloten dat deze kabinetsperiode geen boringen naar schaliegas zullen plaatsvinden. Commerciële opsporing en winning van schaliegas wordt de komende 5 jaar in Nederland niet toegestaan. Eerder verleende vergunningen worden niet verlengd. Ook worden er geen nieuwe vergunningen vergeven.³⁴
- Ecologische risico's van schaliegas worden –potentieel- als aanzienlijk geschat. Deze hangen samen met het gebruik van chemicaliën in het proces van fracking, en de kans op verontreiniging van grondwater en oppervlaktewater als dit proces wordt toegepast.³⁵

30 <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0183-verzuring-en-grootschalige-luchtverontreiniging-emissies>

31 <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0230-nationale-luchtkwaliteit-beleid>

32 <http://www.rivm.nl/Onderwerpen/M/Microplastics>

33 http://www.rivm.nl/Onderwerpen/N/Nanotechnologie/Beleid_en_wetgeving

34 <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/schaliegas/inhoud/wat-is-schaliegas>

35

<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/schaliegas/documenten/rapporten/2015/07/10/publiekssamenvatting-planmer-schaliegas-en-verkenning-van-maatschappelijke-effecten>

3.3.11 *Stoffen*

- Productie, vervoer, en gebruik van chemische stoffen is Europees geregeld en is gericht op het voorkómen van risico's. Het veiligheidsprobleem gaat over alle stoffen die worden gebruikt in de samenleving.
- Voor de zeer zorgwekkende stoffen (ZZS) is het doel deze zoveel mogelijk uit de leefomgeving te weren. Op internationaal niveau zijn er verschillende verdragen en wettelijke kaders met een soortgelijk doel. Deze kaders richten zich ieder op een bepaald deel van het milieu en een beperkte groep stoffen. Het ZZS beleid combineert de zorgstoffen uit deze kaders³⁶. De identificatie van zeer zorgwekkende stoffen volgt uit selectiecriteria: kankerverwekkend (C), mutageen (M), giftig voor de voortplanting (R), persistent, bioaccumulerend en giftig (PBT), zeer persistent en zeer bioaccumulerend (vPvB), of van soortgelijke zorg (zoals hormoonverstorende stoffen).

3.3.12 *Verkeer weg, water en spoor*

- Het milieubeleid ten aanzien van verkeer en vervoer in Nederland volgt in grote mate internationaal beleid³⁷. Dit zijn voornamelijk normstellingen voor de emissies van motoren, brandstofsamenstelling en luchtkwaliteit eisen^{38 39 40}. Daarmee is er een directe link met het thema Luchtkwaliteit.
- Mobiliteit over weg en spoor is verantwoordelijk voor 23% van de totale CO₂-uitstoot in Nederland in 2011. Daarvan is 95% op conto van het autoverkeer. Daarnaast draagt mobiliteit nog steeds voor een aanzienlijk deel bij aan de totale uitstoot van stikstofoxiden (62%) en fijn stof (31%). Dit is nog exclusief internationale scheepvaart en luchtvaart.⁴¹
- De akoestische kwaliteit in de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) is in het begin van deze eeuw gelijk gebleven⁴².
- Door middel van het Meerjarenprogramma Ontsnippering (MJPO) wordt er beleid gevoerd om de versnippering van natuurgebied door infrastructurele werken op te lossen⁴³. In 2018 is waarschijnlijk 85% van de beoogde knelpunten opgelost. Met de huidige inzet blijft de planning voor 2018 net buiten bereik⁴⁴. Uit inventarisaties blijkt dat de ecoducten gebruikt worden. Naar de ecologische betekenis daarvan loopt nog (internationaal) onderzoek.⁴⁵
- Het waterbeleid ligt vast in nationale plannen (zoals het Nationaal Waterplan 2016-2021), maar ook in regionale, zoals de

36 http://www.rivm.nl/rvs/Stoffenlijsten/Zeer_Zorgwekkende_Stoffen

37 <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0502-Beleid-en-maatregelen-voor-verkeer-en-vervoer.html?i=23-102>

38 <http://www.infomil.nl/onderwerpen/integrale/handboek-eu/lucht-industriële/emissies-afkomstig/>

39 <http://docplayer.nl/7701788-Beleidsnota-verkeersemissies-met-schonere-zuiner-en-stillere-voertuigen-en-klimaatneutrale-brandstoffen-op-weg-naar-duurzaamheid.html>

40 <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0230-nationale-luchtkwaliteit-beleid?i=14-65>

41 <http://www.pbl.nl/infographic/mobiliteit-veroorzaakt-uitstoot-van-broeikasgassen>

42 <http://themasites.pbl.nl/balansvandeleeftomgeving/2010/landelijk-gebied/natuur/geluid-in-de-ecologische-hoofdstructuur-ehs>

43 <http://www.mjpo.nl/over-mjpo/>

44 <http://themasites.pbl.nl/balansvandeleeftomgeving/jaargang-2016/themas/natuur/ontsnipperende-maatregelen-bij-infrastructuur>

45 <http://www.mjpo.nl/downloads/278/mjpo-jaarv-2014.pdf>

stroomgebiedbeheersplannen en plannen van de individuele waterschappen en gemeenten.

- Het Werkprogramma Schoon Water voorziet in het afsluiten van Green Deals met scheepvaart en visserij om microplastics terug te dringen.
- Het gebruik van antifoulingverven op schepen leidt tot directe belasting van het water met zink, koper en andere werkzame stoffen, maar ook met microplastics. Koper en zink zijn prioritair stoffen onder de KRW. Antifoulingverven met werkzame stoffen worden als biociden gereguleerd. In principe mag het gebruik niet tot onaanvaardbare effecten leiden. In deze regulering worden zeehavens niet als milieucompartiment aangemerkt en is er (internationaal) discussie over het beschermdoel van havens en waterlopen. In de praktijk speelt mee dat de belasting van het water vanuit de internationale scheepvaart niet door middel van de nationale regulering van chemische stoffen beheerst kan worden.

3.3.13 Waterkwaliteit Oppervlaktewater

- De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) richt zich op de bescherming van water in alle wateren en stelt zich ten doel dat alle Europese wateren in het jaar 2015 een 'goede toestand' hebben bereikt en dat er binnen heel Europa duurzaam wordt omgegaan met water. Deze termijn kan worden verlengd met maximaal twee periodes van zes jaar, waarmee de uiterste datum op 2027 komt. De bescherming van alle wateren heeft zowel betrekking op rivieren, meren, kustwateren als op grondwater.⁴⁶
- In de Kaderrichtlijn Water KRW is een methode vastgesteld voor de beoordeling van het oppervlaktewater gebaseerd op biologie en toxische stoffen. De kwaliteit van het oppervlaktewater wordt uitgedrukt in de chemische kwaliteit en de ecologische kwaliteit, ook chemische en ecologische toestand genoemd. De ecologische kwaliteit wordt vooral bepaald door de biologische kwaliteit en daarnaast door de beoordeling van de overig relevante verontreinigende stoffen en de fysisch-chemische kwaliteit.
- De meeste waterlichamen voldoen niet aan de gewenste waterkwaliteit in de KRW beoordeling, de chemische kwaliteit voldoet meestal niet, de ecologische kwaliteit is matig, ontoereikend of slecht. Dit komt vooral door de geringe biologische kwaliteit.⁴⁷ De belangrijkste oorzaken voor de matige tot slechte kwaliteit van het Nederlandse oppervlaktewater zijn:
 - persistente stoffen waarbij de concentraties te hoog zijn door emissies in het verleden
 - vermesting met de nutriënten stikstof en fosfor
 - bestrijdingsmiddelen zorgen voor sterfte, vooral door piekbelasting sterven watervlooien
 - inrichting van het water (oevers, kanalisering) en versnippering door de aanwezigheid van gemalen en stuwen

⁴⁶ <http://www.clo.nl/indicatoren/nl1412-kaderrichtlijn-water>

⁴⁷ <http://www.clo.nl/indicatoren/nl1438-kwaliteit-oppervlaktewater-krw>

(deze oorzaak hoort meer bij de onderwerpen waterveiligheid en verkeer water).

- Op 27 mei 2015 hebben vertegenwoordigers van Rijk, provincies, waterschappen, gemeenten, bedrijven en maatschappelijke organisaties in de Verklaring van Amersfoort afgesproken welke ambities, verwachtingen en plannen ze hebben voor de aanpak voor schoon en voldoende water. Met de Delta-aanpak (voorheen: werkprogramma schoon water) werken alle partijen gezamenlijk aan de overkoepelende ambitie voor voldoende chemisch schoon en ecologisch gezond water voor duurzaam gebruik. Voor de drie prioriteiten nutriënten/mest, gewasbeschermingsmiddelen en medicijnresten is gezamenlijk geformuleerd welke lopende acties en welke extra acties cruciaal zijn en wat daarbij de ambities en de allianties zouden moeten zijn.⁴⁸

3.3.14 Waterveiligheid

- Het beleid voor waterveiligheid is uitgewerkt in een Deltaprogramma en heeft een wettelijke basis in de Deltawet waterveiligheid en zoetwatervoorziening⁴⁹. Het doel is dat de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening in 2050 duurzaam en robuust zijn, zodat ons land de grotere extremen van het klimaat veerkrachtig kan blijven opvangen. Er komen nieuwe normen voor waterveiligheid: deze hangen niet alleen samen met de kans op een overstroming, maar ook met de gevolgen van een overstroming (risicobenadering). De omvang van de gevolgen bepaalt daarbij de hoogte van de norm. De beschikbaarheid van zoetwater voor landbouw, industrie en natuur wordt voorspelbaarder. De ruimtelijke inrichting wordt klimaatbestendiger en waterrobuuster. Infrastructurele aspecten hebben naar verwachting sterke invloed op de ecologie: kanalisatie en meanderen, vistrappen, sluizen (op een kier) en zandsuppletie. Deze bepalen in hoge mate de leefbaarheid voor organismen, de waterkwaliteit (zout/zoet) en de bereikbaarheid van leefgebieden.

3.4 Waarden en karakteriseren van de effecten en risico's

Hierboven zijn gegevens over, of inschattingen van, effecten van maatschappelijke activiteiten vanuit de invalshoek ecologie gepresenteerd, zonder nauwkeurige kwantificering. Dit was een pragmatische keuze. Het effect van een milieufactor is afhankelijk van het natuurype en de kwaliteit van het ecosysteem in kwestie. Het belang van het effect is weer afhankelijk van het doeleinde dat voor het ecosysteem in kwestie wordt nagestreefd. Zowel de doeleindes als effecten zijn vaker niet dan wel kwantitatief vastgesteld of gemeten. Beleidsdoelen zijn vaak geformuleerd in termen van maatregelen. Het oordeel over daadwerkelijk effect of over het mogelijke risico van een activiteit leunt daarom in deze verkenning op het *expert judgement* van het RIVM. De parate kennis en ervaring waren leidend in de interpretatie

48 <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2016/06/08/waterbeleid>

49 <http://www.deltacommissaris.nl/deltaprogramma/inhoud/wat-is-het-deltaprogramma>

en de vergelijking van de diverse kwalitatieve en semi-kwantitatieve informatie.

Diverse activiteiten raken het domein ecologie op verschillende manieren, en op verschillende schalen. Toekomstige effecten van voorgenomen maatregelen kennen een 'zwakste-schakel' effect. Bijvoorbeeld, om het doelbereik voor de waterkwaliteit te vergroten is in de eerste plaats integratie nodig van het mest- en het waterbeleid⁵⁰. Als nutriënten-last momenteel een groot effect heeft, hoeft terugdringing van uitsluitend die last niet noodzakelijkerwijs tot herstel van milieukwaliteit te leiden: er kan een 'next-weakest link' tevoorschijn komen. Maatregelen hebben doorgaans betrekking op het handhaven of realiseren van een gewenste ruimtelijke kwaliteit, op de toevoer van nutriënten en op die van andere versturende (toxische) stoffen. Ruimte, nutriënten en stoffen zijn randvoorwaarden voor de ontwikkeling van ecosystemen en daarmee het leveren van ecosysteemdiensten. Klimaatverandering is van een andere orde. Niet alleen heeft deze invloed op de ruimtelijke kwaliteit (denk aan temperatuur, maar ook aan ingrepen die nodig zijn om de fysieke veiligheid te waarborgen), maar ook op de soorten en de onderlinge verhoudingen binnen de ecosystemen.

In de Balans voor de Leefomgeving 2016 constateert het PBL dat de Nederlandse natuur voorzichtige tekenen van herstel vertoont, maar de ruimtelijke en milieucondities zijn nog onvoldoende voor het herstel dat nodig is om de binnen Europa afgesproken doelen te realiseren. Hoewel de emissies onder of nabij de Europese emissieplafonds liggen, is de emissie van stikstof is nog te hoog voor het bereiken van natuurdoelen⁵¹. Met de huidige inzet blijft de planning voor ontsnippering per 2018 net buiten bereik⁵². Naar verwachting worden in 2027 in slechts 15% van de regionale wateren en 55% van de rijkswateren alle biologische doelen van de Europese Kaderrichtlijn Water volledig gehaald. In de nieuwe Delta-aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater wordt de noodzaak van en bereidheid voor extra inspanning door de stakeholders onderschreven. Dit biedt ruimte om de benodigde aanvullende stappen te zetten⁵³.

50 <http://themasites.pbl.nl/balansvandeleeefomgeving/jaargang-2016/themas/water>

51 <http://themasites.pbl.nl/balansvandeleeefomgeving/jaargang-2016/themas/natuur/milieuecondities-natuur>

52 <http://themasites.pbl.nl/balansvandeleeefomgeving/jaargang-2016/themas/natuur/ontsnipperende-maatregelen-bij-infrastructuur>

53 <http://themasites.pbl.nl/balansvandeleeefomgeving/jaargang-2016/themas/water/kwaliteit-oppervlaktewater>

4 Impact op economie

4.1 Aanpak

Voor het bepalen van de financiële schade door omgevingsfactoren is allereerst gekeken naar wat er in officiële statistieken en in verschillende studies aan schattingen is gemaakt over de feitelijke financiële schade door omgevingsrisico's. Bij financiële schade onderscheiden we in dit hoofdstuk de volgende aspecten:

- materiële schade aan bijvoorbeeld gebouwen of infrastructuur of productieverlies door ziekteverzuim en waardedaling bijvoorbeeld van een stuk grond in de buurt van hoogspanningslijnen dat niet bebouwd kan worden;
- verlies aan levensjaren als indicatie voor verloren arbeidspotentieel (waarbij is een verloren jaar kan worden gewaardeerd conform de MKBA-richtlijn);
- herstelkosten, ofwel de kosten die gemaakt moeten worden bij het ontbreken van het (voldoende) bronbeleid, zoals de kosten van bodemsanering, extra natuurbeheer of van aanpassing van de omgeving (zoals geluidisolatie of dijkverhoging).

4.2 Resultaten

De beschikbare gegevens over financiële schade zijn samengevat in tabel EN1. De getallen in tabel EN1 moeten worden opgevat als een indicatie van de orde van grootte van de jaarlijks optredende schade. Sommige posten zijn nooit geheel toe te rekenen aan omgevingsfactoren. Zo zijn de kosten van natuurherstel ook het gevolg van de versnippering van natuurgebieden en niet alleen van de belasting van water en bodem met depositie vanuit de lucht of de verlaging van de grondwaterstand.

De totale jaarlijkse materiële schade bedraagt naar schatting ruim €8 mld per jaar. De kosten voor herstel en preventie bedragen jaarlijks ruim €13 mld. Tezamen gaat het om € 21 mld die in de economische statistiek is terug te vinden. Als de in geld uitgedrukte verloren levensjaren zouden worden meegeteld is de totale jaarlijkse schade ruim €32 mld. Maar die laatste schadevorm zou alleen bij een bredere welvaartsbenadering meegeteld kunnen worden en is qua berekeningswijze eigenlijk niet goed vergelijkbaar met de andere schadeposten. Vandaar dat in tabel EN1 het in geld uitgedrukte verlies aan levensjaren tussen haken is geplaatst. Overigens is lang niet alle schade in geld uit te drukken. Een verkeersongeluk kan er bijvoorbeeld voor zorgen dat iemand tijdelijk arbeidsongeschikt raakt. De productiviteitsschade die daaruit voortvloeit, kunnen we in euro's uitdrukken, maar dat geldt niet voor de immateriële schade die een ongeluk veroorzaakt (zoals verlies van welzijn of geluk).

Materiële schade

De onderwerpen waar - bij bestaand beleid - sprake is van substantiële materiële schade zijn: verkeers(on)veiligheid, luchtverontreiniging, aardgaswinning, industriële ongevallen en branden, overstromingen en

(in beperkte mate) waterverontreiniging (bijvoorbeeld voor visserij, mosselteelt of recreatie).

Tabel EN1: Gemiddelde jaarlijkse financiële schade in miljoen euro per jaar⁵⁴

Onderwerp	Materiële schade	Verlies levens jaren	Herstel kosten	Totaal	Score	Bron / opmerkingen
Asbest		(450)	100	100	A	Schatting
Bestrijdingsmiddelen (in water)	pm			pm	A	
Bodemkwaliteit: saneringskosten			300	300		CLO (data 2009)
Bodemkwaliteit: preventiekosten			3600	3600	D	CLO (data 2011)
Bodemkwaliteit: natuurherstel			500	500		CLO (data 2011)
Drones	0			0	0	nog geen substantiële schade gerapporteerd
Elektromagnetische velden	pm		pm	pm	A	kosten zonerings
Geluid	200	(50)	200	400	B	CLO, kosten isolatie
Hormoonverstorende stoffen	pm			pm	?	mogelijk productiviteitsverlies door lagere intelligentie
Kerncentrales	pm			pm	?	miljarden schade bij ongevallen in buitenland
Straling door radon/thoron	pm	(420)		pm		kosten gezondheidszorg
Luchtkwaliteit	1700	(7000)	1000	2700	E	CLO, EMRC, WHO, PBL (data 2013)
Microplastics	pm		pm	pm	?	opruimactie in Stille oceaan
Nanomaterialen	0			0	0	nog geen schade gerapporteerd
Nieuwe biotechnologie	0			0	0	nog geen schade gerapporteerd
Olivijn	0			0	0	nog geen schade gerapporteerd
Omgevingsveiligheid	pm		10	10	A	Dings et al (data zoneringskosten 2003)
Schaliegas	pm		1500	1500	C	Schade aardbevingen gaswinning FD22juni2015
Stoffen	pm	(400)	660	660	C	Boog/Krop (data 2014),

⁵⁴ Getallen tussen haken betreffen het welvaartsverlies dat niet in de economische statistiek wordt meegenomen en dat is bepaald via enquêtes naar de betalingsbereidheid voor langer gezond leven; "pm" wil zeggen "schade niet denkbeeldig, maar onbekend".

Ultraviolette straling	pm	(650)		pm	A	kosten gezondheidszorg
Verkeer lucht	pm			pm	A	Vergl schadeclaims Bijlmerramp 1992: \$30 mld.
Verkeer water	pm			pm	A	Miljoenschade stuw Grave FD 3-1- 2017
Verkeer spoor	pm			pm	A	Miljoenschade Harmelen (1962), Amsterdam (2012)
Verkeer weg: verkeersongevallen	6200	(1000)		6200	E	SWOV (data verkeersongevallen 2014)
Verkeer weg: tunnelveiligheid			630	630		MIRT2011 meerkosten tunnelveiligheid
Waterkwaliteit: drinkwater			1100	1100	C	Vewin water in zicht (data 2012)
Waterkwaliteit			2700	2700	D	CLO (data 2011)
Waterveiligheid	pm ¹⁾		1200	1250	C	Deltaprogramma 2015
Zelfsturende auto's	0			0	0	nog geen substantiële schade gerapporteerd
Total	8150	(10240)	13500	21650		

1) zie ook tabel G3 en G4 voor schade in buitenland

De schade door verkeersongevallen springt eruit, zelfs als de in geld uitgedrukte schade door vroegtijdige sterfte (in tabel EN1 in de derde kolom opgenomen) niet zou worden meegenomen. Het gaat hierbij om de materiële schade aan voertuigen, infrastructuur, files (reistijdverlies) en om ziekteverzuim als gevolg van ongevallen.

De schade door **luchtverontreiniging** is vooral aanzienlijk als de in geld uitgedrukte vroegtijdige sterfte (uit tabel EN1 kolom 3) wordt meegenomen. De materiële schade bestaat uit ziekteverzuim, ziektekosten en schade aan gewassen. Herstelkosten die samenhangen met luchtverontreiniging betreffen de extra kosten van natuurbeheer door overmatige toevoer van stikstof (uit met name de landbouw) en van het herstel van gebouwen en materialen (zoals stalen constructies) die aangetast zijn door luchtverontreiniging.

De totale materiële schade door branden in Nederland bedraagt circa €1 miljard per jaar. Een (van jaar tot jaar verschillend) deel daarvan is toe te rekenen aan **industriële branden**. Een grote industriële ramp of ongeval met een kerncentrale kan potentieel een veelvoud van dit schadebedrag opleveren. Onduidelijk is of branden in kantoren, scholen en woningen vermijdbaar zijn met omgevingsbeleid. Mogelijk zou elektrificatie van ruimteverwarming en kooktoestellen hier winst kunnen opleveren.

In een aantal gevallen is door **overstromingen** en overvloedige neerslag de afgelopen jaren schade ontstaan aan infrastructuur en bezittingen. De schade loopt gemiddeld over een reeks van jaren al gauw in de miljoenen per jaar. In extreme gevallen, zoals het overstromen van de Randstad, kan het potentieel gaan om meer dan honderd miljard (ofwel 15-20% van het nationaal inkomen). Zie onder andere de tabellen G3 en G4 voor schade die in het buitenland door overstromingen is veroorzaakt.

Bij de **toelating van stoffen** is het uitgangspunt dat gezondheidsrisico's van stoffen lager is dan een jaarlijks individueel sterfterisico van 1 op de 1 miljoen. Als dat beleid goed werkt zou er nauwelijks schade aan gezondheid, ecologie, maatschappij of economie optreden. Het voeren van toelatingsbeleid kost op zich natuurlijk wel geld. De directe kosten zijn €425-670 miljoen per jaar. De indirecte kosten, zoals de niet gerealiseerde economische opbrengst van een nieuwe stof, kunnen hoger zijn. Dat is de prijs die we betalen om erger te voorkomen. Kosten-batenanalyses van het stoffentoeelatingsbeleid geven aan dat de economische besparingen door potentiële schade te vermijden, groter zijn dan de kosten (Okopol, 2007, ECHA 2015).

Kennislacunes en tegenstrijdige wetenschappelijke bevindingen willen er nog wel eens toe leiden dat achteraf geconstateerd wordt dat er ondanks het strikte toelatingsbeleid mogelijk toch schade optreedt (recente voorbeelden zijn neonicotinoïden en bisphenol-A (BPA)). Bij BPA en andere hormoonverstorende stoffen speelt momenteel de hypothese dat ze kunnen leiden tot een daling van het intelligentiequotiënt en daardoor een vermindering van de arbeidsproductiviteit en een verlies van 1,5-2% van het nationaal inkomen (IRAS, 2016). Over deze bevindingen bestaat nog geen wetenschappelijke overeenstemming.

Voor sommige schadecategorieën bestaan er in Nederland geen ervaringsgegevens. Met name voor **grote rampen** zoals met een kerncentrale is de financiële schade potentieel aanzienlijk. Als we bijvoorbeeld kijken naar de ervaringen rond Tsjernobyl of Fukushima kan het gaan om tientallen procenten van de hele Nederlandse economie.

Voor de schade als gevolg van aardbevingen door **schaliegaswinning of CO2-opslag** zijn geen ervaringsgegevens beschikbaar. Als benadering daarvoor kunnen we wel gebruik maken van de aardbevingsschade door de aardgaswinning in Groningen. Die wordt geraamd op zo'n €30 mld (FD 22 juni 2015). Dat zou neerkomen op €1,5 miljard per jaar.

Waardevermindering van bezittingen

De aanwezigheid van omgevingsgeluid, geurhinder, asbest, bodemverontreiniging, risicovolle activiteiten of hoogspanningsleidingen in de omgeving of aardbevingsrisico's kunnen leiden tot een waardevermindering van bezittingen, zoals woningen of grond.

In sommige gevallen wordt zonering ingezet om waardedaling voor nieuwe woningen bijvoorbeeld in verband met **geurhinder** rondom

stallen, of om de risico's van materiële schade of gezondheidsschade te vermijden rond **gevaarlijke installaties** of vervoerslijnen van gevaarlijke stoffen. In zulke gevallen zal de waarde van de grond lager zijn, dan zonder zoneringsbeleid het geval zou zijn. De landbouwgrond, of de vrijgevallen industriegrond in steden, kan dan immers niet voor woningbouw worden gebruikt. Bij zonering zal de waardevermindering van de grond naar verwachting opwegen tegen de kosten die zou kunnen ontstaan door gezondheidsschade of waardeverlies van woningen. Bij bronbeleid (bijvoorbeeld minder megastallen, minder vervoer van gevaarlijke stoffen) zal de waardevermindering van de grond lager kunnen zijn.

De verloren gegane grondopbrengsten door zonering rond gevaarlijke activiteiten komen volgens schattingen van het CE uit op gemiddeld circa €10 mln per jaar. Ter vergelijking de externe schade van de Moerdijkbrand in 2011 was volgens de getroffen schikking € 4 mln. De externe materiële schade van de vuurwerkexplosie in Enschede in 2000 was naar schatting €500 mln. De kosten van zonering lijken hier op te wegen tegen afwezigheid van beleid, maar zouden nog lager kunnen zijn bij meer nadruk op veiligheid bij de bedrijven zelf.

Hoogspanningsleidingen kunnen mogelijk leiden tot gezondheidsklachten die samenhangen met elektromagnetische velden. Bij transport van wisselstroom via **hoogspanningsleidingen** is zoneringsbeleid van toepassing om gezondheidsrisico's uit te sluiten. De waardevermindering van grond door de (aanbevolen) zonering rond hoogspanningsleidingen is lastig in te schatten. De schade is potentieel groot, want het gaat om duizenden kilometers aan leidingen, maar het overgrote deel van de betrokken grond heeft als bestemming landbouw of natuur. Onbekend is in welke mate daadwerkelijk van bouwprojecten is afgezien als gevolg van de zonering.

Herstelkosten

Herstel- of adaptatiekosten ontstaan wanneer de milieudruk niet of onvoldoende bij de bron wordt aangepakt. Bij verdergaand bronbeleid zouden deze kosten kunnen verminderen. Zo zal meer **waterzuivering** bij bedrijven, de kosten van collectieve waterzuivering of drinkwaterzuivering verminderen; en kunnen bij een lager aanbod van huisvuil de kosten van **afvalverwijdering** door de overheid dalen. Deze herstelkosten kunnen derhalve worden gezien als een schadepost door onvoldoende bronbeleid.

Tabel EN2: Inschaling van de impact op de economie

Schaalverdeling	Financiële schade
?	Onzeker
0	minder dan €50 miljoen per jaar
A	€50 tot 250 miljoen per jaar
B	€250 miljoen tot 1 miljard per jaar
C	€1 tot 2,5 miljard per jaar
D	€2,5 tot 5 miljard per jaar
E	meer dan €5 miljard per jaar

De herstel- of adaptatiekosten zijn in beginsel lager dan de schade die zou ontstaan zonder zulke ingrepen (anders zouden we – vanuit een rationele benadering – de kosten er niet voor maken). Zo wegen de

gemaakte jaarlijkse kosten van **dijkverhoging en dijkonderhoud** op tegen de schade die zou ontstaan bij een overstroming van de Randstad. Veelal komen de kosten van herstel of adaptatie voor rekening van de overheid. In sommige gevallen (zoals bij geluidisolatie van woningen, bodemsanering, asbestverwijdering) treden ook private kosten op.

Tabel EN3: Scores financiële schade per onderwerp

Onderwerp	Score	Toelichting
Asbest	A	herstelkosten (sanering)
Bestrijdingsmiddelen (in water)	A	Schade aan visserij en recreatie
Bodemkwaliteit (incl. grondwater)		Herstelkosten (bodemsanering, drinkwatervoorziening), waardedaling woningen
Drones/RPAS	0	geen data
Elektromagnetische velden (EMV)	A	Mogelijk waardedaling grond bij zonering
Geluid	B	Herstelkosten (isolatie en geluidschermen), waardedaling woningen
Hormoon verstorende stoffen	?	Potentieel verlies arbeidsproductiviteit door IQ daling
Nucleaire installaties	?	Geen voorvallen in Nederland. Kans op zwaar ongeval met aanzienlijke schade is zeer gering.
Luchtkwaliteit		Ziekteverzuim, ziekenhuiskosten, vroegtijdig overlijden, gewasschade, herstelkosten natuur en materialen
Microplastics	?	Potentieel saneringskosten
Nanomaterialen	0	geen data
Nieuwe biotechnologie	0	geen data
Olivijn	0	geen data
Omgevingsveiligheid	A	Waardedaling grond door zonering. Potentieel schade bij calamiteiten
Schaliegas	C	Potentieel aardbevingsschade en schade aan drinkwatervoorziening

Stoffen	C	Herstelkosten waterzuivering, afvalverwerking, kosten beoordeling nieuwe stoffen
Ultraviolette straling (UV)	A	Ziektekosten
Stralingsbronnen Radon/Thoron	0	Ziektekosten
Verkeer lucht	A	Potentieel grote schade bij calamiteit
Verkeer water	A	Potentieel grote schade bij aanvaring schepen met gevaarlijke stoffen
Verkeer spoor	A	Potentieel grote schade bij treinongelukken
Verkeer weg		Blikschade, ziektekosten, ziekteverzuim, vroegtijdig overlijden
Waterkwaliteit - drinkwater	C	Ziektekosten, herstelkosten (drinkwaterzuivering)
Waterkwaliteit		schade aan visserij en recreatie, kosten waterzuivering
Waterveiligheid	C	Herstelkosten (waterbeheer)
Zelfsturende auto's	0	Geen data

Ook de kosten van **bodempreventiebeleid** en **tunnelveiligheid** zullen lager zijn dan de schade die zou ontstaan als deze risico's niet zouden worden geëlimineerd. Maar, ze zouden verlaagd kunnen worden met bronbeleid, zoals minder gebruik van chemische stoffen of minder autoverkeer.

4.3 **Discussie en conclusies**

De inschaling van de financiële schade voor de geselecteerde onderwerpen is weergegeven in tabel EN3. Om schijnnaauwkeurigheid te voorkomen zijn de bedragen daarbij verdeeld in 6 schadeklassen. Daarbij is een (semi-logaritmische) schaalverdeling gebruikt, om verschillen tussen onderwerpen te accentueren (tabel EN2).

De gebruikte data verschillen sterk van elkaar. Zoals vermeld zijn er soms harde gegevens beschikbaar over de daadwerkelijke schade, bijvoorbeeld voor verkeersongevallen en luchtkwaliteit. Soms is uitgegaan van de herstelkosten, bijvoorbeeld voor geluidsoverlast (de kosten van geluidsschermen) of de waardedaling van de grond of bebouwing in zone rond gevaarlijke activiteiten. In weer andere gevallen is een schaderaming niet goed mogelijk omdat de risico's dankzij preventief beleid de afgelopen jaren in Nederland nauwelijks meer waarneembaar zijn. Per bedreiging zou dan een worst case scenario ontwikkeld moeten worden om een inschatting te kunnen maken van mogelijke toekomstige schade (bijvoorbeeld voor nanomaterialen, microplastics, drones, zelfsturende auto's of olivijn), teneinde te kunnen bepalen of de kosten van aanvullend beleid lager zijn dan de schade die ermee wordt vermeden. Dit is bijvoorbeeld gedaan voor waterveiligheid. In de kosten-batenanalyse voor waterveiligheid, is gekeken naar de kans op een overstroming met de ergst denkbare schade. Die kan oplopen tot €120 miljard, ofwel 15-10% van het nationaal inkomen (PBL, 2014).

4.4 Referenties

- Basisnet transport gevaarlijke stoffen, <http://www.risicokaart.nl/>
- CBS, Brandschadestatistiek, 2008
- CLO, Compendium voor de Leefomgeving, <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/>
- Dings, J et al. Internaliseren van externe kosten bij vervoer gevaarlijk stoffen, CE, 2003
- Deltaprogramma 2015, Werk aan de delta - De beslissingen om Nederland veilig en leefbaar te houden
- DHI, The impact of REACH on the environment and human health, ENV.C.3/SER/2004/0042r, 2005
- Boog J, Krop, H., Nalevingskosten REACH 2014 en doorkijk naar de toekomst, Panteia/IVAM, 2014
- ECHA, Valuing selected health impacts of chemicals, 2015
- EMRC, Cost-benefit Analysis of Final Policy Scenarios for the EU Clean Air Package, Version 2
- Corresponding to IIASA TSAP Report #11, March 2014
- IRAS, Health costs that may be associated with Endocrine Disrupting Chemicals, April 11, 2016
- Linde G van der, et al, Veiligheid in Maatschappelijke Kosten-Baten Analyse, werkdocument 1 februari 2012, Rijkswaterstaat, Dienst Verkeer en Scheepvaart en ECORYS Nederland
- Ökopol, Analysis of studies discussing benefits of REACH, 2007
- PBL, Kosten en baten van strengere emissieplafonds voor luchtverontreinigende stoffen. Evaluatie in samenwerking met RIVM, 2012
- PBL, Maatschappelijke ontwrichting en overstromingen, 2014
- Rijksbegroting, Uitgaven overheid externe veiligheid en risico's, 2015
- SWOV, Factsheet Kosten van verkeersongevallen, maart 2014
- Tweede Kamer, Meerkosten tunnelveiligheid, Bijlage bij "Quick scan tunnelprojecten (TK 29269, nr 7) blg-119915, MIRT, 2011
- Vewin, Water in zicht - 2012, Bedrijfsvergelijking drinkwatersector, 2013
- WHO, OECD, Economic cost of the health impact of air pollution in
- Europe: Clean air, health and wealth. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2015

5 Impact op maatschappij

5.1 Maatschappelijke impact: definitie en operationalisering

Er bestaat geen universele, algemeen geaccepteerde definitie van maatschappelijke impact. Daarom is eerst bepaald hoe we het begrip maatschappelijke impact binnen de context van dit project op een eenduidige manier kunnen operationaliseren. Hiertoe is gebruik gemaakt van de methodiek die wordt toegepast in de strategie Nationale Veiligheid.

In de Nationale Veiligheid methodiek wordt onder impact, in algemene zin, verstaan: de 'gevolgen' of 'effecten' van een ramp, dreiging of crisis op gezondheid, welvaart, staatsysteem, reputatie van ons land, openbare orde en veiligheid, territorium, landgebruik, vitale infrastructuur, economie, financieel systeem, milieu, natuur en onze maatschappelijke kernwaarden. Die impact is meetbaar gemaakt met behulp van een aantal criteria waarvan enkele betrekking hebben op sociaal maatschappelijke effecten, zoals de verstoring van ons dagelijkse leven, angst en onrust onder de bevolking, functioneren van ons bestuurs- en rechtssysteem en de sociale en politieke stabiliteit van ons land.

De Nationale Veiligheid methodiek is gericht op grote rampen, dreigingen en crises die tot potentiële ontwrichting van onze samenleving kunnen leiden. In het BOV programma gaat het echter ook, zelfs vooral, om andere risico's zoals de gevolgen van permanente blootstelling aan fijn stof in de lucht of van incidenten van beperktere omvang zoals verkeersongevallen. Om maatschappelijke impact meetbaar te maken voor de onderwerpen is een specifieke lijst met indicatoren opgesteld, die is afgeleid uit verschillende bronnen: de criteria van de Nationale Veiligheid methodiek (Leidraad 2013), documenten uit het I&M traject Bewust omgaan met veiligheid (Rode Draden 2015), het rapport Nuchter omgaan met risico's (2003), het IRGC raamwerk (IRGC), en gestolde ervaring met de diverse thema's.

Een werkgroep van experts van het RIVM, de GGD Amsterdam, de GGD Groningen, de VU en Itineris (het betrof experts uit het domein milieu, gezondheid, veiligheid en maatschappij) heeft in een iteratief proces van een aantal sessies de set indicatoren vastgesteld inclusief een indeling in klassen die de mate van impact weergeven. Door per indicator een score toe te kennen op basis van die indeling en de scores vervolgens bijeen te voegen, kan de maatschappelijke impact per fenomeen⁵⁵ in beeld worden gebracht.

5.2 De indicatoren en klassenindeling

Er zijn acht indicatoren gedefinieerd die samen een zo dekkend mogelijk beeld geven van de potentiële maatschappelijke impact. Een indicator

⁵⁵ Onder een fenomeen verstaan we in dit kader een verschijnsel of type risico binnen een veiligheidsprobleem, bijvoorbeeld verkeersongevallen (thema Verkeer weg), blootstelling aan fijnstof, NO₂ en andere stoffen in de lucht (thema Luchtkwaliteit) of overstromingen (thema Waterveiligheid).

Tabel M1. Overzicht van de indicatoren voor maatschappelijke impact

Nr	Indicator	Type	Omschrijving
1	Ontwrichting dagelijks leven	Effect	Ontwrichtende effecten op het dagelijkse leven van mensen (gedurende enige tijd niet naar werk, school, sport, culturele voorzieningen e.d. kunnen gaan).
2	Angst, bezorgdheid	Toestand Determinanten Gedrag	Negatieve emoties zoals angst, verdriet en bezorgdheid. <ul style="list-style-type: none"> Mate van gepercipieerd gevaar of (gepercipieerde) gezondheidsklachten. Mate van onbekendheid met een risico (men kan zich een bepaald soort ramp en de gevolgen daarvan niet voorstellen of men kan zich niets voorstellen bij een 10^{-6} contour of een Maximaal Toelaatbare Risico norm). Ontbreken of beperkt beschikbaar zijn van mogelijkheden de situatie te beheersen. Vlucht- en ontwijkgedrag, uitingen van onrust en bezorgdheid, eigen maatregelen ter (vermeende) bescherming
3	Gevoel van onrechtvaardigheid, irritatie, woede	Toestand Determinanten Gedrag	Negatieve emoties zoals woede, irritatie en gevoel van onrechtvaardigheid. <ul style="list-style-type: none"> Mate van (on)duidelijkheid over verantwoordelijkheden: wie dragen de risico's (lasten) en wie profiteren ervan? Wordt dit als rechtvaardig gezien? Gebrek aan informatie, onduidelijke informatie of incorrecte informatie (dan wel als zodanig gepercipieerd) (Gevoel van) gebrek aan betrokken worden. Individueel en groepen die (georganiseerd) voor belangen op komen. Protest tegen beleid en uitingen daarvan (acties, demonstraties, maar ook 'stil' protest zoals het voeren van rechtszaken, beïnvloeden van media, ...). NIMBY gedrag, afname van sociale cohesie, tolerantie en solidariteit.
4	Apathie, gelatenheid	Toestand Determinant Gedrag	Negatieve emoties zoals apathie en gelatenheid. <ul style="list-style-type: none"> Ontbreken of onvoldoende beschikbaar zijn van handelingsperspectieven om met de situatie om te kunnen gaan of de lasten te verminderen. Zie ook de determinanten bij de indicatoren 2 en 3. Passiviteit, gebrek aan betrokkenheid en solidariteit, afname sociale cohesie, afkeer van overheid en instanties.
5	Verlies van vertrouwen	Effect Determinanten	Verlies van vertrouwen in overheid, instanties of bedrijven. <ul style="list-style-type: none"> (Langdurige) ontkenning van de problematiek door bestuurders, beleidsmakers en/of bedrijven (in de ogen van burgers en belanghebbenden). Maatschappelijke of wetenschappelijke controverses met (zichtbare) uitstraling op beleving door het publiek, bestuurders en belanghebbenden. Gevolgen van emoties bij de indicatoren 2, 3 en 4.
6	Hinder,	Effect	Mate van (ervaren) hinder, overlast en verstoring van activiteiten. Voorbeelden: Niet kunnen werken of les kunnen

	overlast, verstoring		krijgen door veelvuldige geluidsoverlast. Ernstige, vermijdbare stankoverlast bij bodemsanering.
7	Druk op het bestuurlijke, ambtelijke en rechtssysteem	Effect <i>Determinant</i>	(Buitenproportionele) druk op het bestuurlijke en ambtelijke systeem, bijvoorbeeld vanwege lange beleid- en besluitvormingsprocessen, aanvechten van vergunningen, lange gerechtelijke procedures, overmatig gebruik van de WoB. <ul style="list-style-type: none"> • <i>Omvang en (ervaren) complexiteit van wet –en regelgeving. (Ervaren) overmaat aan regels.</i> • <i>Gevoel van onrechtvaardigheid. (Gevoel van) niet of onjuist geïnformeerd worden.</i>
8	Commotie in de media	Effect	Commotie in de media, waaronder ook sociale media, websites e.d. (sterke piekmomenten en/of langdurig in de aandacht).

kan een effect zijn of een toestand, die wordt bepaald door determinanten of drijfveren en die wordt gekenmerkt door zeker gedrag. De indicatoren zijn beknopt beschreven in Tabel M1, inclusief – voor zover van toepassing – voorbeelden van determinanten en/of gedrag.

Wij realiseren ons dat er sprake is van overlap en samenhang tussen een aantal indicatoren. Dat is gelet op de complexiteit en veelzijdigheid van het begrip maatschappelijke impact onvermijdelijk. Naar inschatting van de werkgroep die de set heeft opgesteld omvat de totale set het spectrum aan de verschillende aspecten die thuis horen onder maatschappelijke impact in voldoende mate en zou, aan de andere kant, het elimineren of samenvoegen van één of meer indicatoren tekort doen aan het totaalbeeld. Dit werd bevestigd door de groep experts die de scores heeft getoetst en bijgesteld (zie onder "Vaststellen van de maatschappelijke impact: methode en proces").

Om de impact meetbaar te maken, zodat de verschillende fenomenen kunnen worden beoordeeld en onderling vergeleken, is een algemene schaalverdeling opgesteld met – naast de opties 'niet van toepassing' en 'geen effect (0)' – drie gradatieniveaus (zie Tabel M2). Een fijnere schaalverdeling, bijvoorbeeld met vijf gradatieniveaus (boven 0), werd gezien het grofmazige en indicatieve karakter van de methode (die hieronder verder wordt uitgelegd) niet zinvol gevonden.

Tabel M2. Algemene niveaus van gradatie per indicator

X	niet van toepassing
0	wel van toepassing, maar geen (noemenswaardig) effect
A	klein of matig effect
B	aanzienlijk effect
C	(zeer) groot effect

Vervolgens is per indicator bepaald wat wordt verstaan onder matige, aanzienlijke of grote impact. Moeten we als maat voor indicator 6 bijvoorbeeld 5000 klachten per jaar over geluidsoverlast rond een vliegveld beschouwen als matig, aanzienlijk of groot? En hoe verhoudt zich dat tot hinder, overlast en verstoring door verkeerslawaai (weg, luchtvaart, spoor en maritiem)?

De gradaties blijken niet eenvoudig te kwantificeren en zelfs als dat zo zou zijn, ontbreekt veelal de kwantitatieve informatie (data) om de score ondubbelzinnig vast te stellen. In de tabellen M3 tot en met M5 zijn drie voorbeelden gegeven van een indeling in gradaties (scoreklassen) voor drie indicatoren uit de lijst. In enkele van deze voorbeelden staan weliswaar getallen of semi-kwantitatieve aanduidingen (zoals *maximaal enkele dagen*), maar deze moeten als indicatief en richtinggevend worden opgevat en niet in absolute zin.

De voorbeelden dienen om een beeld te vormen van wat matige, aanzienlijke of grote impact is en om de graduele verschillen tussen deze niveaus duidelijk te maken. Deze verschillen zijn niet lineair, maar eerder exponentieel van aard (bijvoorbeeld: lokaal, regionaal, nationaal of <10.000, 10.000-100.000, >100.000 personen).

Voor de andere indicatoren geldt een vergelijkbare indeling en duiding.

Tabel M3. Indicator 1: Ontwrichtende verstoring dagelijks leven

X	niet van toepassing: ontwrichting van het dagelijkse leven speelt niet bij dit fenomeen
0	wel van toepassing: maar geen duidelijk merkbaar effect
A	Minder dan 10.000 mensen worden gedurende enkele dagen tot een week beperkt in hun dagelijkse leven (= niet naar werk, school, sport, culturele voorzieningen e.d. kunnen gaan)
B	10.000 tot 100.000 mensen worden gedurende enkele dagen tot een week beperkt in hun dagelijkse leven (of < 10.000 meer dan een week....)
C	Meer dan 100.000 mensen worden gedurende langere tijd beperkt in hun dagelijkse leven

Tabel M4. Indicator 5: Verlies van vertrouwen in instanties

X	niet van toepassing: fenomeen of incident heeft geen effect op vertrouwen van mensen in instanties
0	wel van toepassing: maar nauwelijks merkbaar of alleen licht sluimerend effect
A	Beperkt deel van de samenleving (bijvoorbeeld bepaalde groepen) heeft vertrouwen in instanties verloren (of een aanzienlijk deel, maar gedurende beperkte tijd en niet structureel)
B	Een deel van de samenleving heeft vertrouwen in instanties verloren (niet alleen specifieke groepen) en dit verlies is structureel
C	Groot deel van de samenleving heeft vertrouwen in instanties verloren; experts en politici buitelen over elkaar heen; draagvlak voor beleid is zoek

Tabel M5. Indicator 8: Commotie in de media

X	niet van toepassing: geen berichtgeving in de media of op sociale media als gevolg van fenomeen of incident
0	wel van toepassing: zeer beperkte berichtgeving in de media of op sociale media als gevolg van fenomeen of incident, en berichtgeving niet (sterk) negatief
A	Gedurende beperkte tijd (max. enkele dagen) berichtgeving in de landelijke media en op sociale media als gevolg van fenomeen of incident, veelal negatief of kritisch (<i>of langere periode maar dan alleen lokaal</i>)
B	Gedurende minimaal een week (of enkele dagen 'hot news') berichtgeving in de landelijke media en op sociale media als gevolg van fenomeen of incident, negatief of kritisch (<i>of langere periode maar dan alleen lokaal</i>)
C	Gedurende minstens een week veel berichtgeving ('hot news') in de landelijke en eventueel internationale media en op sociale media als gevolg van fenomeen of incident, veelal negatief of kritisch

5.3 Veiligheidsproblemen en fenomenen

De veiligheidsproblemen in het programma BOV omvatten gezamenlijk een breed spectrum, variërend van verkeersveiligheid op de weg (ongevallen en onveilige situaties), luchtkwaliteit, asbest en geluidshinder tot omgevingsveiligheid (risico's op ongevallen met gevaarlijke stoffen) en waterveiligheid (overstromingen). Om een uitspraak te kunnen doen over de maatschappelijke impact in relatie tot de verschillende **veiligheidsproblemen** is het belangrijk om eerst vast te stellen welke relevante, te onderscheiden **fenomenen** en kenmerken in elk thema typerend en bepalend zijn voor die impact. Daarbij moet een afweging worden gemaakt tussen het beperkt houden van het aantal fenomenen en het zo goed mogelijk in beeld hebben van het hele spectrum, in de wetenschap dat een volledige dekking over de hele bandbreedte van het spectrum meestal niet mogelijk is. De keuzes voor de fenomenen zijn mede gebaseerd op onder andere de thema-indeling in het Milieucompendium, ervaring van betrokken experts en beleidsmatige overwegingen.

In bijvoorbeeld het thema *Verkeer weg* hebben we voor wat betreft veiligheid te maken met ongelukken, verkeersdoden, verkeershinder, onveilige situaties, schade, enzovoorts. Op basis van de bovengenoemde afweging onderscheiden we hierbij in het thema *Verkeer weg* twee fenomenen⁵⁶ (allebei typen incidenten):

- Verkeersongevallen met gewonden, blikschade en maximaal een klein aantal dodelijke slachtoffers plus onveilige verkeerssituaties.
- Zware verkeersongevallen, zoals kettingbotsingen en ongelukken met bussen en touringcars, waarbij in een keer een groot aantal slachtoffers valt.

Het eerste type komt jaarlijks veelvuldig voor, het tweede zelden.

Op vergelijkbare wijze is voor elk thema een onderverdeling gemaakt in één of meer fenomenen. Bij elkaar zijn er ongeveer 45 fenomenen onderscheiden in de 25 veiligheidsonderwerpen. De fenomenen zijn te onderscheiden in de volgende *categorieën*:

- Incidenten die frequent gebeuren, zoals lichte verkeersongevallen.
- Incidenten die af en toe gebeuren, zoals luchtvaartongevallen.
- Incidenten (of beter gezegd rampen) met een zeer kleine kans, zoals een nucleair ongeval of grote overstroming.
- Min of meer permanente situaties, bijvoorbeeld blootstelling aan fijn stof via de lucht of de aanwezigheid van een risicovol object zoals een buisleiding of BRZO-bedrijf. In deze categorie vallen ook de bezorgdheid en angst voor grote ongevallen of rampen en het beleid om zulke rampen te voorkomen.
- Nieuwe risico's waar (nog) zeer weinig ervaring mee is, zoals zelfrijdende auto's en het gebruik van met mineraal olivijn als CO₂-binder (een voorbeeld van geo-engineering).

⁵⁶ Luchtkwaliteit en geluidshinder, ook belangrijke aspecten van wegverkeer, zijn aparte onderwerpen. De fileproblematiek, een ander belangrijk aspect, heeft nauwelijks affiniteit met veiligheid.

Dit onderscheid in enerzijds fenomenen (ongeveer 45) en anderzijds categorieën (5) is voor de overall beoordeling en het begrijpen van verschillen in de maatschappelijke impact van belang, zoals bij de bespreking van de beoordeling duidelijk zal worden gemaakt.

5.4 Vaststellen van de maatschappelijke impact: methode en proces

Om de overall maatschappelijke impact van de verschillende fenomenen in vergelijkend perspectief te plaatsen is eerst voor elk fenomeen een score per indicator toegekend conform de schaalindeling in Tabel M2, waarna de scores op de afzonderlijke indicatoren zijn opgeteld op basis van een 3-machtsfunctie (klasse C is drie maal zwaarder dan klasse B, klasse B is drie maal zwaarder dan klasse A, enz.). De gradatie 'drie maal zwaarder dan' moet kwalitatief worden opgevat, want het is niet mogelijk 'harde' kwantitatieve scores aan deze indicatoren toe te kennen (zoals dat wel mogelijk is voor bijvoorbeeld aantallen slachtoffers of verloren levensjaren). Vervolgens is de som van de gewogen scores gedeeld door het aantal indicatoren tot een eindscore. Aan de eindscore is weer een klasse toegekend: 0 (niet relevant), A (klein), B (matig), C (aanzienlijk), D (groot) en E (zeer groot). Voor de eindscores is een indeling in vijf klassen gebruikt, in lijn met de indeling bij de andere soorten impact (gezondheid, economie en ecologie).

Het vaststellen van de scores is als volgt gedaan. Eerst heeft een team van vertegenwoordigers uit de werkgroep die de set indicatoren heeft opgesteld een voorlopige score per indicator en per fenomeen bepaald. Daarbij is gebruik gemaakt van beschikbare gegevens en documentatie uit verschillende onderzoeksprogramma's binnen het RIVM en haar netwerk (bijvoorbeeld resultaten van onderzoek naar perceptie en beleving van milieu- en gezondheidsrisico's, thema analyses in het kader van de Nationale Risicobeoordeling en data uit het Milieucompendium).

We merken op dat er gezien het tijdpad en de reikwijdte van dit project voor is gekozen geen uitputtende analyse te verrichten om elke afzonderlijke indicatorscore te onderbouwen, bijvoorbeeld met data uit bestanden van het CBS of uit meldsystemen van overheden, monitorsystemen (zoals de CBS Veiligheidsmonitor), uitgebreide casuïstiek, modellen en enquêtes. Een bijkomende overweging is dat de hoeveelheid beschikbare data en de kwaliteit ervan voor elk van de fenomenen sterk verschillen.

Vervolgens zijn de scores in een interactieve meeting ('expert elicitation' methode⁵⁷) voorgelegd aan een team van experts, elk met brede kijk op de materie en praktijkervaring met minimaal een aantal van de veiligheidsproblemen⁵⁸. Aan de experts is gevraagd niet alleen de afzonderlijke scores op de indicatoren te toetsen, maar ook te beoordelen of het overall beeld overeenkomt met de praktijk en 'het

⁵⁷ In science, engineering, and research, **expert elicitation** is the synthesis of opinions of authorities of a subject where there is uncertainty due to insufficient data or when such data is unattainable because of physical constraints or lack of resources. Expert elicitation is essentially a scientific consensus methodology. It allows for parametrization, an "educated guess", for the respective topic under study. Expert elicitation generally quantifies uncertainty.

⁵⁸ De geraadpleegde experts zijn werkzaam bij het RIVM (Centrum veiligheid en Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid), de GGD (adviseurs medische Milieukunde), de Vrije Universiteit, de Rijksuniversiteit Groningen en het domein van regionale en nationale crisisbeheersing (Itineris en Instituut voor Fysieke Veiligheid).

gevoel' en of er moeilijk verklaarbare uitbijters tussen zitten. De meeste scores werden door de experts onderschreven en de bijstellingen betroffen kleine aanpassingen (bijvoorbeeld van B naar A of X naar 0).

5.5 Maatschappelijke impact in vergelijkend perspectief

De resultaten van de beoordeling van de maatschappelijke impact bespreken we langs twee hoofdlijnen. Eerst vergelijken we de overall impact scores op de fenomenen binnen elke categorie (waarbij in de overzichten en discussie enkele categorieën om praktische redenen zijn samengevoegd). Vervolgens brengen we de impact in beeld langs de lijn van de veiligheidsproblemen.

5.5.1 Categorieën 'situaties' en 'nieuwe risico's'

In Tabel M6 zijn de overall impact scores gegeven van de fenomenen in de categorieën (min of meer permanente) 'situaties' (dat wil zeggen de niet incident gerelateerde fenomenen) en 'nieuwe risico's', in volgorde van hoogste (C = aanzienlijk) naar laagste (0 = niet relevant) score. De fenomenen die er qua impact uit springen zijn grofweg in vier groepen in te delen:

- Geluidhinder en luchtverontreiniging door verkeer: de impact wordt gedomineerd door op grote schaal (landelijk) voorkomende hinder en overlast, in combinatie met gevoelens van onrechtvaardigheid en daar aan gekoppelde irritatie, en enige mate van bezorgdheid bij het publiek vanwege gezondheidseffecten. De impact van hinder bij bodemsaneringen is vergelijkbaar voor wat betreft de relevante indicatoren, maar minder groot (eindscore A), omdat het aantal lopende saneringen waar sprake is van hinder (vooral stankoverlast en gepercipieerde gezondheidseffecten) beperkt is. We merken op dat voor wat betreft de luchtkwaliteit de maatschappelijke impact voornamelijk wordt bepaald door fijn stof en stikstofdioxiden (uitstoot door vooral wegverkeer en luchtvaart) en niet door bijvoorbeeld ozon. Dat heeft mogelijk te maken met het feit dat de concentraties fijn stof en stikstofdioxiden dicht tegen de normen aan liggen en die soms op bepaalde locaties (zoals straten met veel verkeer) overschrijden.
- Schallegas en nieuwe biotechnologie: de impact wordt vooral bepaald door een grote mate van angst, bezorgdheid en onzekerheid onder een deel van de bevolking, gebrek aan vertrouwen in de overheid en de betrokken private sectoren (die wordt gevoed door het gevoel onvoldoende of onjuist te worden geïnformeerd), NIMBY gedrag en commotie in de media.
- Aanwezigheid kerncentrales en inrichtingen of transport(routes) met gevaarlijke stoffen: Ook hier zijn angst en bezorgdheid in combinatie met afnemend vertrouwen in garanties rond de veiligheid bepalende factoren. De angst zit hem vooral in de dreiging dat er iets mis kan gaan en de enorme gevolgen daarvan (nucleair ongeval, zware explosie of vrijkomen van een radioactieve wolk). Die angst wordt gevoed door de ongevallen bij Tsjernobyl en Fukushima, signalen en geruchten van onveiligheid en de berichtgeving in de media. Ook heerst de misperceptie dat bij een kernongeval een nucleaire explosie plaatsvindt waarbij onmiddellijk en in een groot gebied een groot

- aantal doden zal vallen⁵⁹. Die angst en bezorgdheid zijn veel geringer als het gaat om dreigingen op een overstroming.
- Elektromagnetische velden (hoogspanningslijnen, zendmasten en andere bronnen): Dominante indicatoren zijn de druk op het ambtelijke en bestuurlijke systeem, angst en bezorgdheid om gezondheid (bij een relatief kleine groep) en gebrek aan vertrouwen en de mogelijkheden mee te beslissen. Sociale amplificatie speelt eveneens een rol.
 - We merken op dat bepaalde incidenten waarbij, soms éénmalig en soms met zekere regelmaat, omwonenden worden blootgesteld aan stoffen uit (meestal industriële) installaties en daardoor zorgen hebben over hun gezondheid of daadwerkelijk hinder ervaren ook maatschappelijke impact genereren. Hoewel het om incidentele emissies gaat, rekenen we deze groep tot de categorie 'situaties', omdat de emissies worden veroorzaakt door een permanent aanwezige bron en de maatschappelijke reactie vaak wordt bepaald door de context en niet alleen de incidenten *an sich*. Dit type kan onder verschillende thema's worden geschaard: luchtkwaliteit (daar gaat het vaak om), stoffen en/of omgevingsveiligheid. De impact wordt geschat op A tot B, afhankelijk van de situatie.

Voor de overige fenomenen in Tabel M6 is de maatschappelijke impact klein of verwaarloosbaar. Een aantal indicatoren is wel van toepassing, maar in geringe mate of op beperkte schaal (bijvoorbeeld bij een klein deel van de bevolking, een beperkt aantal locaties of slechts sporadische commotie in de media). Toepassing van olivijn en zelfsturende auto's bevindt zich nog in een onderzoeks- en experimenteerfase en zeker voor olivijn speelt mee dat hier nauwelijks bekendheid over is bij het publiek.

Tabel M6. Indicatie van de maatschappelijke impact voor de categorieën 'situaties' (S) en 'nieuwe risico's' (N) in volgorde van hoogste naar laagste score.

Veiligheidsprobleem	Cat	Fenomeen	Impact
Geluid	S	Hinder door frequent intensief geluid (vliegvelden, wegen, spoorwegen, industrieterreinen, ...)	C
Schaliegas	N	Commotie rond mogelijk winning van schaliegas en de schadelijke gevolgen daarvan	C
Luchtkwaliteit	S	Blootstelling aan (ultra)fijn stof en NO ₂ (vooral verkeer gerelateerd; overlast stoken houtkachels inbegrepen)	B
Omgevingsveiligheid	S	Aanwezigheid (in buurt of stad) van BRZO bedrijf, buisleiding, gevaarlijke stoffen route	B
Kerncentrales	S	Aanwezigheid kerncentrale of kernreactor (inclusief dreiging kernongeval of ander stralingsincident)	B
Elektromagnetische velden	S	Aanwezigheid (nabijheid) elektromagnetische velden: hoogspanningslijnen	B
Elektromagnetische velden	S	Aanwezigheid (nabijheid) elektromagnetische velden: overige bronnen	B

⁵⁹ <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0011.pdf>

Veiligheidsprobleem	Cat	Fenomeen	Impact
Nieuwe biotechnologie	N	Potentiële blootstelling en gezondheidsrisico's (nieuwe) schadelijke biologische agentia; mogelijke effecten op het ecosysteem	B
Bodemkwaliteit (inclusief grondwater)	S	Bodemsaneringen (hot spots)	B
Luchtkwaliteit	S	Geurhinder en stankoverlast (industrie, veehouderijen, e.d.)	A
Straling	S	Radon en thoron in woningen	A
Stoffen	S	Blootstelling aan en gezondheidsrisico's van risicovolle stoffen zoals CMR, benzeen, lood, dioxine en andere zeer zorgwekkende stoffen	A
Hormoonverstorende stoffen	S	Blootstelling aan en gezondheidsrisico's van hormoonverstorende stoffen	A
Waterkwaliteit - oppervlaktewater	S	Risico's chemische verontreiniging in oppervlaktewater: (potentiële) effecten op gezondheid en ecosysteem	A
Bodemkwaliteit (inclusief grondwater)	S	Effecten van de bodembelasting met fosfaten, stikstofverbindingen, zware metalen, PAK en bestrijdingsmiddelen	A
Bestrijdingsmiddelen (in water)	S	Risico's biociden en gewasbeschermingsmiddelen in oppervlaktewater: (potentiële) effecten op gezondheid en ecosysteem	A
Nanomaterialen	N	(Potentiële) blootstelling en gezondheidsrisico's van nanodeeltjes in lucht, via voeding, huidcontact e.d.	A
Microplastics	S	Vervuiling oceanen en milieu en potentiële gezondheidsrisico's (op langere termijn) via voedselketen	A
Bodemkwaliteit inclusief grondwater	S	Effecten van verdroging en uitputting grondwatervoorraad	0
Luchtkwaliteit (algemeen/overig)	S	Blootstelling aan luchtverontreiniging (onder meer ozon, CMR, SO ₂ en vluchtige organische verbindingen) uitgezonderd (ultra)fijn stof en NO ₂	0
Waterkwaliteit – drinkwater	S	Risico's op verontreiniging drinkwater (chemisch; biologisch): (potentiële) effecten op gezondheid	0
Waterveiligheid	S	Kans op of dreiging van een overstroming	0
Ultraviolette straling	S	Blootstelling aan en gezondheidsrisico's van UV straling	0
Olivijn	N	Gebruik van het mineraal olivijn als CO ₂ -binder (in onderzoek; wordt nog niet toegepast)	0
Zelfsturende auto	N	Toepassing van zelfsturende auto's (in onderzoek- en testfase)	0

5.5.2

Categorie frequente incidenten

In Tabel M7 staan de overall impact scores van incident gerelateerde fenomenen zoals het vrijkomen van asbest bij branden en bouwwerkzaamheden, en verkeersongevallen op de weg, in volgorde van hoogste (C = aanzienlijk) naar laagste (0 = niet relevant) score. Het

betreft incidenten die regelmatig of minstens enkele malen per jaar voorkomen en waar het publiek min of meer mee bekend is en een relatief grote kans heeft betrokken te raken. In deze categorie springen twee fenomenen er uit qua maatschappelijke impact in verhouding tot de andere, namelijk Asbest en Legionella.

- **Asbest:** Incidenten en activiteiten waarbij asbest vrijkomt, komen veelvuldig voor. De reactie en aanpak van overheidsinstanties – en soms ook bedrijven – bij zulke incidenten varieert nogal, van slecht informeren van betrokkenen tot het nemen van buitenproportionele maatregelen zoals het gedurende enkele dagen afsluiten van een stadsdeel. In combinatie met het feit dat de schadelijkheid van asbest algemeen bekend is, kan dit tot (overmatige) bezorgdheid leiden, tot irritatie van getroffenen en tot stevige commotie in de media. Daarnaast leidt het mitigatiebeleid rond asbest tot veel druk op het bestuurlijke en ambtelijke systeem en op toezichthouders, handhavers en hulpdiensten.
- **Legionella:** Mede na het ernstige incident in Bovenkarspel (1999), waar 32 doden en ruim 200 ernstig zieken vielen door blootstelling aan Legionella uit een aantal bubbelbaden, zijn vele maatregelen genomen en is een streng beleid gevoerd om de vorming van Legionella in waterleidingen en installaties te voorkomen of beperken. Toch komen er af en toe Legionella incidenten voor waarbij soms mensen ziek worden, veelal door nalatigheid of gebrek aan expertise. Ook zorgt het beleid voor stevige druk op het ambtelijke systeem.

De impact van de andere typen incidenten is beperkt, omdat het publiek er bekend mee is (en er daardoor minder angst voor bestaat) en ze als acceptabele risico's worden beschouwd of omdat ze betrekkelijk weinig voorkomen of weinig mensen treffen. Ook is er meestal weinig tot geen commotie in de media.

5.5.3 *Categorieën overige incidenten (waaronder rampen)*

Tabel M8 toont de overall impact scores van incident gerelateerde fenomenen zoals nucleaire ongevallen, zware verkeersongevallen en overstromingen, in volgorde van hoogste (E = zeer groot) naar laagste (B = matig) score. Het betreft incidenten en rampen die weinig voorkomen of die in de afgelopen decennia überhaupt niet zijn voorgekomen maar in potentie kunnen gebeuren (maar met een zeer lage kans). Kenmerkend voor deze categorie is dat de effecten in termen van slachtoffers, fysieke en economische schade, verstoring en ontzetting (versterkt door beeldvorming in de media) tot een forse maatschappelijke impact leiden in het geval een dergelijk incident of ramp zich voltrekt.

Daarnaast is het voor het merendeel van het publiek, en ook voor diverse instanties, moeilijk zich zo'n ramp en de gevolgen ervan op korte en lange termijn goed te kunnen voorstellen⁶⁰.

⁶⁰ We merken op dat dit verschilt per fenomeen. Nederland is vertrouwd met water en in het Deltaprogramma wordt gewerkt aan zowel het verlagen van de kans op overstromingen als het beter bewust maken van het publiek over de risico's overstromingen. Ook zijn overstromingen, in verschillende mate van ernst, regelmatig voorgekomen. Daarentegen heeft een kernongeval in Nederland nooit plaatsgevonden en worden de

Tabel M7. Indicatie van de maatschappelijke impact voor frequent voorkomende incidenten in volgorde van hoogste naar laagste score.

Veiligheidsprobleem	Fenomeen	Impact
Asbest	Vrijkomen van asbest (bij onder meer bouwwerkzaamheden en branden): risico's voor de gezondheid en effecten van maatregelen	C
Waterkwaliteit - drinkwater	Legionella incidenten en maatregelen ter preventie	B
Verkeer weg	Verkeersongevallen op de weg met maximaal enkele slachtoffers; onveilige situaties	A
Waterkwaliteit- drinkwater	Incidenten met chemische verontreiniging in drinkwater	A
Waterkwaliteit - oppervlaktewater	Tijdelijk zwemwaterverbod vanwege ondeugdelijke kwaliteit (bijvoorbeeld door botulinevorming of blauwalg)	A
Verkeer spoor	Treinongevallen met maximaal enkele slachtoffers; onveilige situaties	A
Omgevingsveiligheid	Ongevallen met gevaarlijke stoffen (zonder of met maximaal een enkel slachtoffer)	A
Verkeer lucht	Ongevallen met kleine vliegtuigen (maximaal enkele slachtoffers)	0
Verkeer water	Ongevallen met schepen (maximaal enkele slachtoffers)	0
Drones/RPAS	Hinder of ongevallen vanwege onjuist gebruik drones door particulieren	0

Vrijwel alle indicatoren zijn van toepassing op de fenomenen in deze categorie. Er is sprake van ontwrichtende verstoring van het dagelijkse leven, angst, gevoelens van onrechtvaardigheid ("waarom overkomt dit mij of ons?") en grote commotie in de media. Veelal speelt ook gebrek aan handelingsperspectieven een rol en is er in de nasleep een grote druk op het bestuurlijke en ambtelijke systeem en kan onjuist handelen vanuit de overheid en instanties tot gebrek aan vertrouwen leiden (het omgekeerde kan ook).

De verschillen in de impactscores zitten hem vooral in de omvang en het in brede zin ontwrichtende effect van de diverse typen rampen. Een overstroming, nucleair ongeval of groot chemisch ongeval gaat gepaard met een groot aantal slachtoffers en langdurige onbruikbaarheid van een groot gebied, met alle gevolgen van dien (domino-effecten zoals economische schade en langdurige evacuatie van getroffenen). Bij grote verkeersongevallen, of ze nu in de lucht, op het water, op het spoor of de weg gebeuren, zijn er wel veel slachtoffers, maar zijn het getroffen gebied en de domino-effecten veel kleiner. In het geval van langdurige droogte en dreigend drinkwatertekort kan tijdig worden geanticipeerd op maatregelen en daardoor is ook voor dit fenomeen de maatschappelijke impact, hoewel nog altijd aanzienlijk, kleiner dan bij een overstroming of nucleair ongeval.

rampen met de centrales in Chernobyl en Fukushima door velen gezien als 'ver van mijn bed'. Hoewel er wel degelijk zorgen zijn over kernongevallen, heeft men het nimmer aan den lijve ondervonden.

Tabel M8. Indicatie van de maatschappelijke impact voor incidenten en rampen met een (zeer) lage kans

Veiligheidsprobleem	Fenomeen	Impact
Waterveiligheid	Grote (ergst denkbare) tot middelgrote overstroming ⁶¹	E
Kerncentrales of kernreactoren	Groot ongeval met een kerncentrale of kernreactor, waarbij een groot gebied voor langere tijd radioactief besmet raakt	E
Omgevingsveiligheid	Groot ongeval met gevaarlijke stoffen, waarbij minstens 10 slachtoffers vallen en een gebied zwaar beschadigd of besmet raakt	D
Verkeer spoor	Groot treinongeval, waarbij minstens 10 slachtoffers vallen, veel fysieke schade ontstaat en het treinverkeer lange tijd gestremd is (en/of andere domino effecten)	C
Verkeer water	Groot scheepvaartongeval, waarbij minstens 10 slachtoffers vallen en veel fysieke schade ontstaat (plus eventuele domino effecten)	C
Verkeer lucht	Groot luchtvaartongeval, zoals een neergestort vliegtuig, waarbij minstens 10 slachtoffers vallen en veel fysieke schade ontstaat (plus eventuele domino effecten)	C
Waterveiligheid	Periode van langdurige droogte en (dreigend) tekort aan drinkwater	C
Waterveiligheid	Overstroming van beperkte omvang ⁶² of een dreigende overstroming ⁶³	C
Verkeer weg	Zware verkeersongevallen zoals kettingbotsingen en ongelukken met bussen (minimaal 10 slachtoffers)	B
Andere stralingsbronnen	Kleine stralingsincidenten, waarbij een beperkte hoeveelheid radioactiviteit vrijkomt en er geen slachtoffers vallen	B

We benadrukken dat voor al deze fenomenen alleen sprake is van grote maatschappelijke impact als ze zich voordoen. De kans daarop is zeer klein, mede vanwege het intensieve veiligheidsbeleid op pro-actie en preventie en de vele maatregelen die zijn getroffen als gevolg van lessen uit voorgekomen rampen. De (ervaren) dreiging van zulke rampen is behandeld in de categorie 'situaties'.

Kleinere (en bijna) overstromingen en radiologische incidenten zijn ook vermeld in Tabel M8 omdat ze niet vaak voorkomen. Hun impact is vanzelfsprekend beperkter dan die van hun 'grote varianten'.

5.5.4

Vergelijking impact voor de verschillende onderwerpen

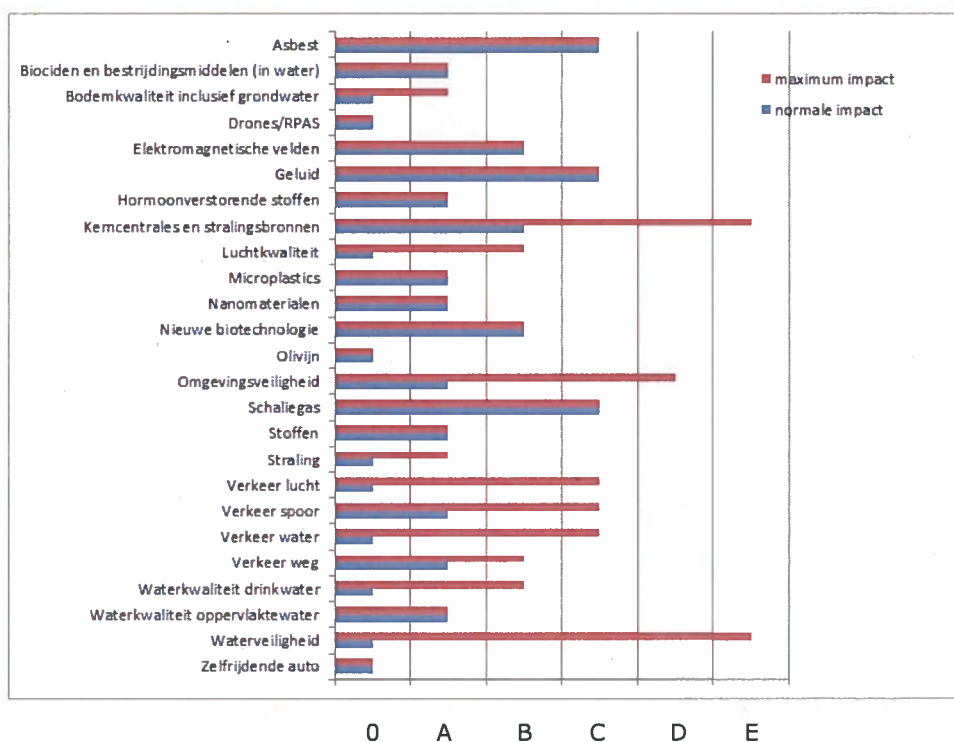
In Figuur M1 zijn de overall impact scores per thema weergegeven en de variatie daarin voor de verschillende fenomenen. Bij de incident gerelateerde onderwerpen zien we steeds twee, veelal uiteenlopende

⁶¹ Zie bijvoorbeeld de scenario's uit het programma Veiligheid Nederland in Kaart.

⁶² Bijvoorbeeld de overstroming in 2003 in Wilnis, veroorzaakt door een kadebreuk door een verschuivende veendijk.

⁶³ Bijvoorbeeld de evacuatie van het Rivierenland in 1995 vanwege extreem hoogwater in de Maas en Waal.

waarden: de 'normale' (blauw) en de maximum impact (rood). De 'normale' impact wordt bepaald door incidenten die relatief vaak voorkomen (grote kans) en de maximum impact door incidenten (vaak rampen) met potentieel (zeer) grote gevolgen maar een zeer kleine kans. Zo varieert de impact voor het thema Kerncentrales en stralingsbronnen van B (voor kleine stralingsongevallen; 'normale' impact) tot E (voor een nucleair ongeval; maximum impact). Binnen de groep incident gerelateerde veiligheidsproblemen zijn er wel duidelijke verschillen. De verkeersthema's scoren lager (hoogste scores C) dan de rampen, omdat er bij grote verkeersongevallen wel sprake is van veel slachtoffers, maar het getroffen gebied en de domino-effecten veel kleiner zijn dan bij bijvoorbeeld een kernongeval of een overstroming.



Figuur M1. Vergelijking van de (variatie in) maatschappelijke impact voor de verschillende veiligheidsproblemen

In Figuur M1 is ook de impact van niet-incident gerelateerde bedreigingen (zoals Geluid en Drones/RPAS) weergegeven. Omdat dit meestal om een en hetzelfde fenomeen gaat, is er geen verschil tussen 'normale' en maximum impact. Een uitzondering hierop vormen de thema's Luchtkwaliteit en Bodemkwaliteit. De luchtkwaliteit over het algemeen baart mensen niet veel zorgen (score 0), maar de maatschappelijke impact over (ultra)fijn stof en NO_2 in de lucht is substantieel (B).

Het overall overzicht van de scores in Figuur M1 biedt de mogelijkheid de maatschappelijke impact voor alle veiligheidsproblemen in vergelijkend perspectief te beschouwen. Dat laat zien dat thema's en fenomenen met ernstigere effecten (zoals dodelijke slachtoffers) niet per definitie hoger scoren op maatschappelijke impact dan fenomenen met

minder ernstige effecten. Zo wordt de totale maatschappelijke impact van geluidsoverlast, onder andere door het zeer grote aantal mensen dat geluidhinder ervaart, als groter beschouwd dan de maatschappelijke impact van verkeersveiligheid (waarbij doden, letsel en economische schade niet onder maatschappelijke impact, maar onder gezondheid en economie vallen).

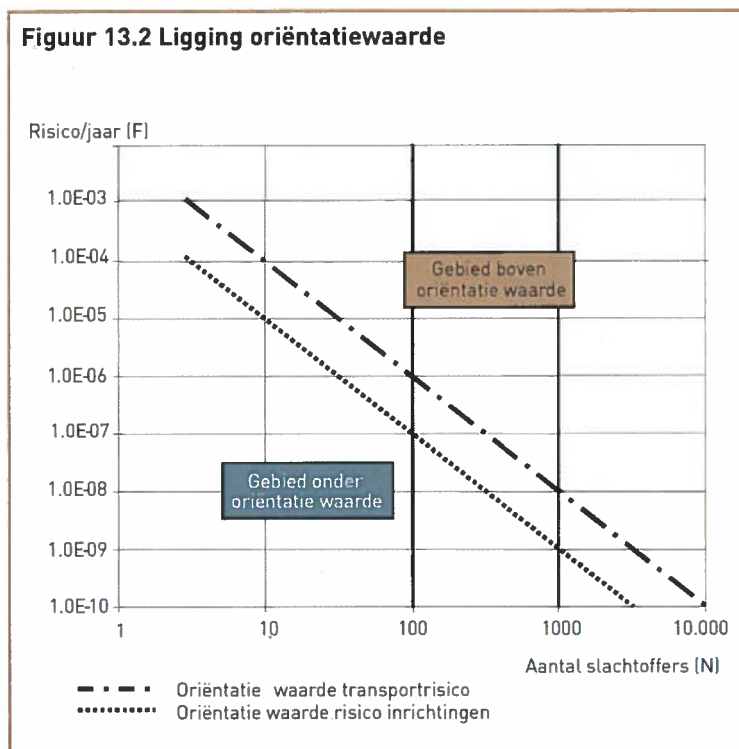
Het is voor diverse veiligheidsproblemen lastig om te spreken over **de** maatschappelijke impact. Voor een aantal thema's geldt namelijk dat de *huidige* maatschappelijke impact beperkt is, maar de *maximale* (*potentiële*) impact (zeer) groot is. Dit geldt voor waterveiligheid, kerncentrales/kernreactoren en omgevingsveiligheid, zoals ook in Figuur M1 is te zien. Omdat er zich recent geen grootschalige overstromingen, nucleaire ongevallen of grote rampen met chemische stoffen hebben voorgedaan, is de huidige maatschappelijke impact beperkt. Als we echter alleen naar de huidige maatschappelijke impact zouden kijken en de potentiële impact buiten beschouwing zouden laten, dan is het resultaat van beperkte waarde voor het maken van afwegingen. Het is immers bekend dat een ongeval of ramp met in één klap veel slachtoffers niet alleen absoluut, maar ook relatief veel meer maatschappelijke impact heeft dan meerdere kleine ongevallen met in totaal evenveel slachtoffers. Een vuurwerkcramp met 23 dodelijke slachtoffers heeft veel meer maatschappelijke impact dan de 30 à 40 dodelijke slachtoffers die er gemiddeld *elk jaar* vallen bij woningbranden.

Dit gegeven is één van de pijlers van het omgevingsveiligheidsbeleid en zien we bijvoorbeeld terug in de wettelijke verantwoordingsplicht voor overheden ten aanzien van het groepsrisico (zie figuur M2). Voor een situatie met een gecumuleerde kans op een ernstig ongeval met gevaarlijke stoffen met 100 dodelijke slachtoffers, wordt in het omgevingsveiligheidsbeleid een 100 maal kleinere kans 'geaccepteerd'⁶⁴ dan de gecumuleerde kans op een ernstig ongeval met 10 dodelijke slachtoffers.

Het ijkpunt voor het groepsrisico is bij tweemaal zoveel doden viermaal zo scherp. Grotere gevolgen krijgen dus een groter gewicht. Dit wordt aangeduid met de term 'risicoaversie' (denk aan de vuurwerkcramp Enschede, met 23 doden in een klap, dat meer maatschappelijk ontwrichting gaf dan tientallen branden met één tot enkele doden per keer).

Het is bij het beschouwen van maatschappelijke impact van verschillende thema's dus belangrijk om niet alleen naar de huidige maatschappelijke impact te kijken van fenomenen die zich continu, regelmatig of incidenteel voordoen, maar ook naar de potentiële maatschappelijke impact van fenomenen die zich zelden of recent helemaal niet hebben voorgedaan.

⁶⁴ Het betreft hier de verantwoordingsplicht voor overheden bij overschrijding van de oriëntatiewaarde t.a.v. het groepsrisico.



Figuur M2. De ligging van de oriëntatiewaarde voor risico in relatie tot het aantal slachtoffers per situatie.

We zien dat maatschappelijke impact niet alleen wordt bepaald door objectieve factoren als kans, ernst en omvang, maar ook door subjectieve factoren als de verdeling van lasten en baten, (vermeende) vrijwilligheid van blootstelling, vertrouwdheid en (on)bekendheid van risico's, beheersbaarheid en zelfredzaamheid (o.a. MNP, 2003), en media aandacht. Zo mag ondergrondse CO₂-opslag door deskundigen als zeer veilig worden beschouwd, de maatschappelijke impact van het traject van vergunningverlening voor een relatief kleinschalig proefproject was al dusdanig groot, dat het gehele project is afgeblazen. Genoemde factoren zijn meegenomen bij de ontwikkeling van de acht indicatoren voor maatschappelijke impact, en zijn dus mede bepalend voor de uiteindelijke scores.

Zoals eerder opgemerkt is er geen eenduidige methode om 'maatschappelijke impact' objectief vast te stellen. Hoewel er getracht is om tot een dekkende set aan criteria te komen, en de scores in een workshop met verschillende deskundigen zijn bepaald en onderbouwd op basis van ervaring en een beknopte hoeveelheid literatuur, kan niet worden uitgesloten dat een andere set of weging van criteria tot andere uitkomsten zal leiden.

5.6 Referenties

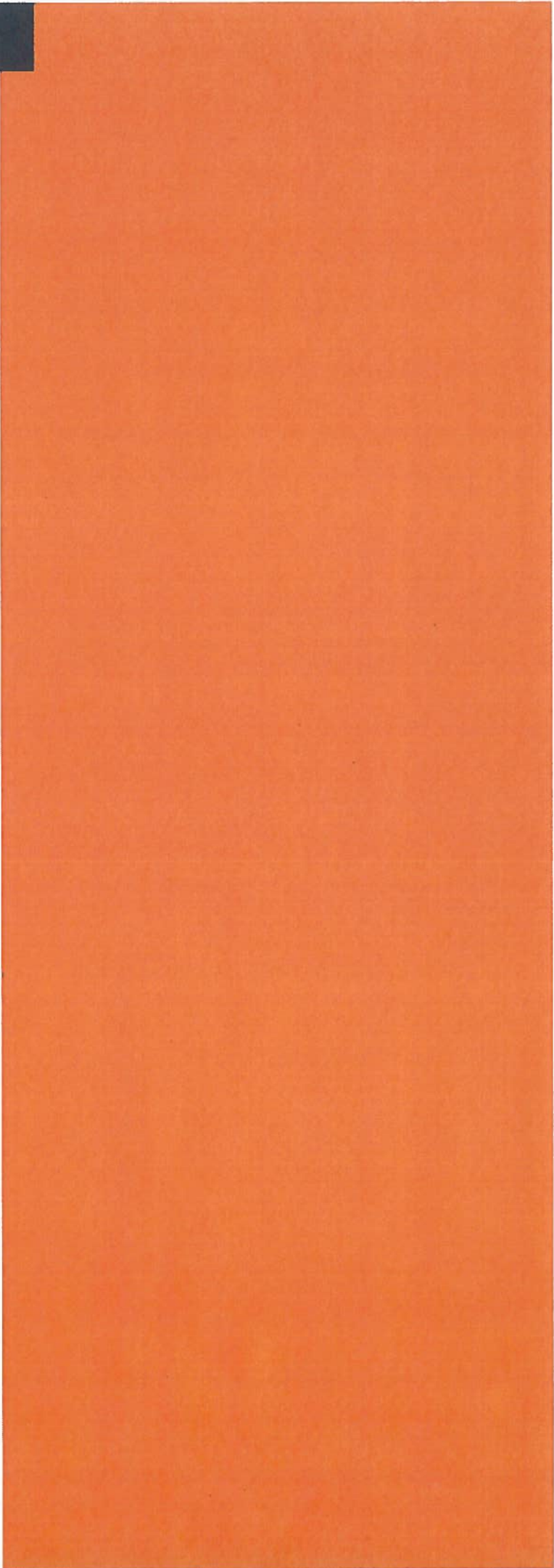
- L. Claassen et al. (2016). Risicocommunicatie over stralingsongevallen en de verspreiding van jodiumtabletten. RIVM Rapport 2016-0011, <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0011.pdf>
- Nationaal Veiligheidsprofiel 2016. Een All Hazard overzicht van potentiële rampen en dreigingen die onze samenleving kunnen ontwrichten (2016). Analistennetwerk Nationale Veiligheid. RIVM.
- Leidraad Werken met scenario's, risicobeoordeling, en capaciteiten in de Strategie Nationale Veiligheid (2013). Ministerie van Veiligheid en Justitie.
- Bewust Omgaan met Veiligheid: Rode draden (2015). Ministerie van I&M, en Briefadvies Consistent maatwerk (juni 2014). WRR.
- Nuchter omgaan met risico's (2003). Rapport nummer 251701047/2003. Milieu en Natuur Planbureau en RIVM.
- IRGC-framework <https://www.irgc.org/risk-governance/irgc-risk-governance-framework>

Bijlage 1: betrokken experts

De hoofdstukken in deze scan zijn tot stand gekomen onder redactie van Maaïke van Zijverden (gezondheid), Rob Maas (economie), Marcel Mennen (maatschappij) en Mark Montforts (ecologie). Deze bijlage geeft een overzicht van overige experts die een bijdrage hebben geleverd aan dit onderzoek.

Cindy Bekker
Petra Brandsema
Ton Breure (RIVM / RU)
Liesbeth Claassen (RIVM / VU)
Elias de Valk
Marion Drijver (GGD)
Anne Dijkstra (UT)
Paul Fischer
Miriam Gerlofs
Leendert Gooijer
Frans Greven (GGD)
Aukje Hassoldt
Jean-Paul Hettelingh
Ruud Houdijk (Itineris)
Danny Houthuijs
André Krom
Erik Lebret (RIVM / UU)
Petra Loeff
Birgit Loos
Caroline Moermond
Leo Posthuma (RIVM / RU)
Mathieu Pruppers
Jan Roels
Michiel Rutgers
Ton Schouten

Dieneke Schram
Harry Slaper
Korienke Smit
Anita Suijkerbuijk
Frank Swartjes
Daniëlle
Timmermans (RIVM/VUmc)
Theo van Alphen
Dik van de Meent (RIVM / RU)
Frans van de Put (ANVS)
Wim van der Hoek
Jacqueline van Engelen
Irene van Kamp
Elisa van Kempen
Lars Roobol
Ric van Poll
Aad Sedee (ANVS)
Ronald Smetsers
Theo Vermeire
Anja Verschoor
Ans Versteegh
José Vos
Léonie Wolters (ANVS)
Bart Walhout
Jaco Westra



RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag